

*que
sais-je?*

**LES ÉTAPES
DE
LA BIOLOGIE**

PAR MAURICE CAULLERY



**PRESSES UNIVERSITAIRES
DE FRANCE**

EXTRAIT DU CATALOGUE DE LA COLLECTION

Nos 101 à 200

- | | |
|---|--|
| <p>101. La littérature allemande (J.-F. ANTONIOL).</p> <p>102. Les émissions de l'Allemagne.</p> <p>103. Les îles (M. DAVOISIN).</p> <p>104. Les solitaires (A. BOYERATO).</p> <p>105. Les œuvres d'art (P. DUVATREX).</p> <p>106. Les œuvres de l'Homme (G. ARMANDOUCHE).</p> <p>107. Littérature des Régions (P. LARAZOU).</p> <p>108. Les étapes de la poésie française (H. LALOU).</p> <p>109. Histoire de la féminité (F. MARCIHAD).</p> <p>110. Les industries de l'alimentation (G. RAY).</p> <p>111. La monopoleuse (J. FOUCAUTÉ).</p> <p>112. La prévision économique (A. SAUVY).</p> <p>113. Quantitative et hardie (M. GAUILLER).</p> <p>114. La littérature espagnole (J. GAMP).</p> <p>115. République (L. GAUFRÉ).</p> <p>116. La république (R. GENLAUD).</p> <p>117. La restauration (L. GALLARD).</p> <p>118. Restaurante du cinéma (Lo Droto).</p> <p>119. Les salons (J. MARYNCKE).</p> <p>120. La bataille des fruits (H. PERYER).</p> <p>121. L'assurance professionnelle (G. BISSON).</p> <p>122. Le feu (H. BACONIER).</p> <p>123. Le fonctionnement français (Ph. VAN TEEGHEM).</p> <p>124. La fédération (P. Q. DAUSARD).</p> <p>125. L'organisation syndicale du travail (J.-P. PALWACK).</p> <p>126. Histoire des techniques (P. DECASSE).</p> <p>127. Histoire de la Normandie (E.-G. LEONARD).</p> <p>128. La littérature française du siècle philosophique (V.-L. BAULIEU).</p> <p>129. La diplomatie française (C. LAROCHE).</p> <p>130. Les étapes de la médecine (M. FOILL).</p> <p>131. L'astronomie (L. LAVAUZ).</p> <p>132. La vie au moyen âge (G. d'HAPOTER).</p> <p>133. Physiologie du sport (Dr G. LAPORTA et A. FAVEROLLE).</p> <p>134. L'entomologie de métallurgie (L. GUILLER).</p> <p>135. Les astéros (J. LAMANY).</p> <p>136. L'entomologie (A. CAUVALIERET J. LAROCHE).</p> <p>137. Histoire de la Justice (M. ROUSSELET).</p> <p>138. Les missions des nos bons (Dr P. CHAUCHARD).</p> <p>139. La santé (A. CIEVREAU).</p> <p>140. Histoire de la Suisse (Ch. GILLIARD).</p> <p>141. L'origine des espèces (B. GIYENOR).</p> <p>142. La révolution française (P. NICOLLE).</p> <p>143. Peufs vierges et bois tropicaux (A. CHEVALLARD et D. NOUANNO).</p> <p>144. Bulletin de l'Avergne (R. RICODON).</p> <p>145. La littérature française du Royen Age (V.-L. BAULIEU).</p> <p>146. Les races humaines (H.-V. VALLOIS).</p> <p>147. Histoire de la Bretagne (H. W. WAQUET).</p> <p>148. La population (A. SAUVY).</p> <p>149. Histoire de la Provence (R. BUSQUET et V.-L. BIOMAILLY).</p> <p>150. Les grands explorateurs (M. GRATTE).</p> <p>151. Histoire de la Savoie (R. AVIZON).</p> <p>152. La Vie des avingts (P. HESSET).</p> | <p>153. L'affiche (No DUCAS).</p> <p>154. Les alcaloïdes et les plantes alcaloïfères (F. MOREAU).</p> <p>155. L'unité française (R. PERNOD).</p> <p>156. La littérature française du siècle romantique (V.-L. SAVILLE).</p> <p>157. Les croisades (R. GIROUDET).</p> <p>158. Le pétrole (E. DALEMON).</p> <p>159. La littérature anglaise (R. LALOU).</p> <p>160. Histoire du théâtre (R. PUNARRE).</p> <p>161. L'occidentale devant la science (M. BOUILL).</p> <p>162. Les constitutions de France (M. DUVERGER).</p> <p>163. La chimie des êtres vivants (M. DUVILLER).</p> <p>164. Histoire du travail (F. BARRET).</p> <p>165. Les étapes de l'astronomie (P. CORDERO).</p> <p>166. La médecine du travail (Dr R. BARTHÉ).</p> <p>167. Les étapes de la langue française (A. DAUTZAT).</p> <p>168. La numismatique antique (J. BABELON).</p> <p>169. Les avions (R. PIGNAIRE).</p> <p>170. La philosophie française (A. CRESSON).</p> <p>171. Les éléments et l'organisme humain (E. DUNOR).</p> <p>172. Les étapes de l'aviation (M. JEANTYAN).</p> <p>173. Les alliages métalliques (L. GUILLET).</p> <p>174. La photographie et ses applications (J. PREVET).</p> <p>175. L'électricité et son utilisation industrielle (M. GRANGER).</p> <p>176. Les noms de lieux (Ch. ROSAING).</p> <p>177. Histoire du ballet (P. MICHAUD).</p> <p>178. Les régimes alimentaires (Dr P. CHUFER).</p> <p>179. L'économie de l'U. R. S. S. (P. GEORGE).</p> <p>180. Histoire du syndicalisme français (R. BOUTREAU).</p> <p>181. Le moteur vivant (P. CHAUCHARD).</p> <p>182. Les grands problèmes de l'économie contemporaine (B. NOGAKO).</p> <p>183. Histoire de l'U. R. S. S. (J. BRETHAU).</p> <p>184. La physique de la vie (A. BOUTARIC).</p> <p>185. Les civilisations anciennes du Proche-Orient (G. CORREAU).</p> <p>186. Histoire de l'Allemagne (J. DROZ).</p> <p>187. L'urbanisme (G. BARDET).</p> <p>188. La psychophysiologie humaine (J. DELAY).</p> <p>189. L'analyse clinique (Cl. DUVAT).</p> <p>190. Les Jacobins (GASTON-MARRE).</p> <p>191. L'économie française dans le monde (J. FOURASTIE et H. MONTER).</p> <p>192. La chasse en plaines et au bois (F. VIDRON).</p> <p>193. Le charbon (J. ROMSEUP).</p> <p>194. Le sang (L. VAN DEN BERGH).</p> <p>195. Le droit romain (M. VALLET).</p> <p>196. Technique de la danse (M. BOURGAT).</p> <p>197. Géographie sociale du monde (P. GEORGE).</p> <p>198. Histoire du calcul (R. TATON).</p> <p>199. Les pêches maritimes (E. DARDÉ).</p> <p>200. Histoire des postes jusqu'à la Révolution (E. VAILLÉ).</p> |
|---|--|

LES ÉTAPES DE LA BIOLOGIE

« QUE SAIS-JE ? »

LE POINT DES CONNAISSANCES ACTUELLES

DU MÊME AUTEUR

- Les problèmes de la Sexualité*, 1 vol. (Bibliothèque de Philosophie Scientifique, Flammarion), 1913.
Les conceptions modernes de l'Hérédité, 1 vol. (*Ibid.*), 1935.
Les progrès récents de l'Embryologie expérimentale, 1 vol. (*Ibid.*), 1939.
Le problème de l'Evolution, 1 vol. (Payot), 1931.
Le Parasitisme et la Symbiose, 1 vol. (Encyclopédie scientifique, Doin), 1922.
Histoire des Sciences biologiques (in G. HANOTAUX, *Histoire de la Nation française*, t. XV), 1925.
La Science française depuis le XVII^e siècle, 1 vol. (Collectif, Armand Colin), 1933.
Les Universités et la vie scientifique aux Etats-Unis, 1 vol. (Armand Colin), 1917.
L'Embryologie, 1 vol. (Collection « Que sais-je ? »), Presses Universitaires, 1942.
Génétique et hérédité, 1 vol. (Collection « Que sais-je ? »), Presses Universitaires, 1943.
Biologie des jumeaux (Polyembryonie et gemellité), 1 vol. (Collection « La science vivante »), Presses Universitaires, 1945.

LES ÉTAPES DE LA BIOLOGIE

par

Maurice CAULLERY

Professeur honoraire à la Sorbonne
Membre de l'Institut

(Avec 12 figures)



PRESSES UNIVERSITAIRES DE FRANCE
108, BOULEVARD SAINT-GERMAIN, PARIS

1954

TRENTE-TROISIÈME MILLE

AVANT-PROPOS

On s'est efforcé, dans ce petit livre, de montrer comment nous sommes arrivés à la connaissance que nous avons présentement des phénomènes de la Vie, de faire saisir les notions définitivement acquises et ce qui reste enveloppé, sinon de mystère, du moins d'incertitude et d'obscurité.

Cette histoire des Etapes de la Biologie remonte, en réalité, aux premiers âges de l'Humanité. L'homme primitif a dû, sans s'en rendre compte, faire œuvre de biologiste pour se défendre contre la Nature et pour subsister. Il a été dans la nécessité d'observer les êtres qui l'entouraient, pour se protéger et se nourrir, de pratiquer ainsi la chasse, la pêche, la récolte des fruits et bientôt la culture et l'élevage. Chacune de ces activités lui fournissait des connaissances d'ordre biologique, fondées sur l'observation et bientôt sur l'expérimentation. En même temps se posaient à son esprit les problèmes les plus généraux : ce qui oppose l'être vivant à la matière brute, l'origine de la Vie, l'énigme de la mort. Nos lointains ancêtres nous ont laissé des traces de toutes ces préoccupations, témoignant de leurs facultés d'observation ; telles sont les peintures des grottes, les gravures rupestres, les figurines qu'ils ont modelées, ou gravées sur l'os et l'ivoire.

Ils ont bientôt utilisé, sans doute empiriquement, mais à partir d'essais de nature expérimentale, des

DÉPOT LÉGAL,
1^{re} édition 2^e trimestre 1941
7^{es} — 1^{er} .. 1954

TOUS DROITS

de traduction, de reproduction et d'adaptation
réservés pour tous pays

COPYRIGHT
by Presses Universitaires de France, 1941

qu'en retracer les très grandes lignes, avec l'espoir d'inciter le lecteur à les mieux connaître.

Nous avons donc éliminé systématiquement toute analyse détaillée, en nous bornant strictement aux faits capitaux, en eux-mêmes ou par les répercussions qu'ils ont entraînées. Mais nous avons cru nécessaire de ne jamais séparer les découvertes de la personnalité des auteurs qui ont le plus contribué à les réaliser. *La Science, une fois élaborée, devient indépendante des ouvriers qui l'ont construite.* Mais, d'une part, il est juste de ne pas oublier ces bons artisans et, de l'autre, l'évocation de leurs personnes constitue, pour le lecteur, autant de points de repère qui aident à assimiler l'œuvre collective à laquelle participent les générations successives d'hommes de science. Il est significatif également de constater, comme nous le ferons, que chacune de ces générations est prisonnière de son temps et que les esprits les plus affranchis et les plus novateurs ne peuvent jamais s'en émanciper totalement. Chaque découverte gagne donc à être replacée dans l'ambiance où elle s'est produite. Et ainsi s'anime un exposé qui perdrait beaucoup d'intérêt à être limité au seul enchaînement logique des choses. Les Etapes de la Biologie sont inséparables de ceux qui les ont accomplies.

substances animales ou végétales dans des buts thérapeutiques, ou comme des poisons. Aujourd'hui encore les peuplades restées à l'écart de la civilisation nous montrent des faits du même ordre et des cas particuliers nous prouvent que, pour être empiriques, certaines des notions acquises ainsi ont cependant une précision pratique qui est loin d'être négligeable. Les propriétés thérapeutiques du quinquina (1) ont été connues et employées par les Indiens du Pérou, avant de l'être, au XVII^e siècle, par les Européens et de conduire, au XIX^e siècle, PELLETIER et CAVENTOU à l'extraction d'alcaloïdes, dont la quinine. Le curare, dont les physiologistes ont pu tirer un parti précieux, est un poison de flèches des tribus indiennes du centre du bassin de l'Amazone, préparé avec une précision qui en a fait une substance de choix pour nos laboratoires. Dans nos sociétés civilisées modernes elles-mêmes, jusqu'il y a peu de générations, les populations des campagnes, par la culture et l'élevage, avaient réalisé et se transmettaient une biologie empirique, riche en données positives. C'est de ce fonds populaire de toutes les époques et de toutes les sociétés humaines que s'est peu à peu dégagée la Biologie scientifique.

Comment cet édifice prodigieusement complexe s'est progressivement élevé, grâce à l'observation précise, avec l'aide incertaine de la spéculation philosophique et de l'intuition, enfin avec le sévère contrôle de l'expérimentation, c'est là une aventure multisectoriale, dont les péripéties, — d'autant plus savoureuses qu'on les examine de plus près, — dépassent en intérêt les romans les plus attachants. Nous ne pourrons ici

(1) LA CONDAMINE, *Sur l'arbre du Quinquina (Hist. Acad. Roy. des Sciences, pour 1738, p. 226-243, pl. V et VI).*

de véritables hôpitaux. Hippocrate de Cos (460-380 av. J.-C.), a synthétisé toutes les connaissances acquises par ses prédecesseurs dans une sorte d'encyclopédie médicale, qui, non seulement, est parvenue jusqu'à nous, mais a exercé sur les modernes une forte influence jusqu'au XVII^e siècle et même postérieurement. La sagacité de l'intuition y avait supplié pratiquement à l'insuffisance des connaissances positives. La santé était conçue comme un équilibre entre les humeurs, la maladie comme une altération de celles-ci. Il y a là toute une physiologie, sans doute périmentée, mais qui n'en était pas moins une sorte de biologie. Et il y avait, parallèlement, une thérapeutique, d'où est sortie la botanique. À toutes les époques, d'ailleurs, les médecins ont été parmi les pionniers de la biologie.

Aristote. — Aristote (384-322 av. J.-C.), dont le nom domine les sciences naturelles dans l'antiquité, appartenait lui-même à une famille d'Asclépiades. Il a synthétisé les connaissances spéculatives acquises à l'école de PLATON et les données positives résultant de l'observation, coordonnant celles-ci par celles-là. Son œuvre, qui ne nous est pas entièrement parvenue, est basée sur des observations personnelles et condense tout ce qu'avaient acquis ses prédecesseurs ; ses divers traités exposent, dans leur ensemble, autant de parties déjà constituées de la Biologie : une anatomie (*Traité des parties des Animaux*), l'*Histoire des Animaux* (1), *Descriptions anatomiques* (celles-ci perdues), une em-

CHAPITRE PREMIER

LA SCIENCE GRECQUE ET LA BIOLOGIE

En nous restreignant à notre civilisation méditerranéenne, nous voyons les Egyptiens (qui sont, d'autre part, les initiateurs de la Géométrie) être de bons observateurs et connaisseurs de la Nature qui les environnait ; leur sculpture, la décoration de leurs tombeaux (en particulier ceux de l'Ancien Empire à Sakkara, 3000-2500 av. J.-C.) en témoignent et Hérodote, en visitant l'Egypte (500 av. J.-C.), a consigné dans ses *Histoires* nombre de données zoologiques tirées de la vie égyptienne, dont Et. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, lors de l'expédition de Bonaparte, devait souligner l'exactitude dans l'observation.

Mais c'est surtout dans la Grèce ancienne que nous devons chercher les origines directes de notre Biologie. Les philosophes grecs, et aussi les médecins, ont fait sortir de l'amas des connaissances pratiques ancestrales un corps de données et de principes constituant cette fois une science véritable et étendue. Trois grands noms en marquent la synthèse : HIPPOCRATE, ARISTOTE et GALIEN.

Hippocrate. — Il y a eu une médecine grecque fortement élaborée, pratiquée par la corporation des Asclépiades, et les temples d'Esculape étaient

(1) Je signale comme particulièrement compétente du point de vue scientifique, texte et notes, la traduction en anglais de l'*Histoire des Animaux*, par Sir D'ARCY W. THOMPSON, à la fois éminent zoologiste et excellent helléniste (*The works of Aristotle*, t. IV, Oxford, Clarendon Press, 1910).

bryogénie (*Traité de la génération des Animaux*), une botanique (*Histoire des Plantes*), également perdue, mais à qui supplée celle de son élève THÉOPHRASTE (370-263 av. J.-C.). L'œuvre d'Aristote contient, surtout en zoologie, un corps considérable de données positives, dont beaucoup n'ont été réalisées qu'au cours des derniers siècles. L'anatomie et surtout la physiologie d'ARISTOTE nous apparaissent nécessairement loin de nos conceptions modernes ARISTOTE ne disposait pas là, de bases solides suffisantes, — il n'y avait alors ni véritable physique, ni véritable chimie constituées, — et il y suppléait par l'hypothèse ou la spéculation, à l'aide de la pure logique et de conceptions de principes dont l'influence s'est fait sentir, — parfois très lourdement, — jusqu'à la fin du xv^e siècle. Il imaginait la Vie comme un principe immatériel animant la matière et la Nature comme ordonnée par une intelligence suprême en vue d'un but, d'où le rôle primordial des causes finales. Animisme et finalisme sont les fondements de ses conceptions biologiques et l'histoire de la Biologie la plus moderne pourrait presque se résumer dans l'élimination graduelle de ces deux conceptions fondamentales. Si, aujourd'hui, elles sont écartées de la science positive, elles ont encore des défenseurs, au moins dans la philosophie scientifique.

Les esprits supérieurs de la Grèce antique n'étaient en rien inférieurs aux hommes de génie de notre temps. Ils ne connaissaient du monde concrét qu'un nombre limité de faits, perçus de façon superficielle. Ils n'en avaient que plus d'aisance pour concevoir de vastes synthèses, où l'intuition jouait le rôle principal ; elle leur suggérait souvent des solutions qui nous paraissent aujourd'hui fantaisistes, mais qui, parfois, s'accordent,

dans leur texture générale, avec celles auxquelles nous sommes conduits sur une base plus solide. C'est ce qui fait que les constructeurs de la science antique ont été tous des philosophes s'appuyant sur des systèmes généraux de tendances variées, les uns imbus d'une large mystique, les autres d'esprit beaucoup plus positif, comme c'était le cas pour DÉMOCRITE et pour EPICURE, qui, par là, se rapprochent beaucoup plus de l'esprit moderne. Leur pensée, affranchie de tout mythe, a conçu des hypothèses cosmiques (telles qu'atomes et molécules), voisines de nos idées modernes.

La Science antique, surtout pour la Biologie, ne s'est pas arrêtée avec ARISTOTE. Après Alexandre, le centre de l'intellectualité grecque s'est trouvé transporté à Alexandrie, et tout le monde connaît la grande bibliothèque qui y avait été constituée et qui contenait tout le trésor des connaissances acquises de tous genres. Elle ne nous est pas parvenue. À Alexandrie toutefois, la pensée grecque s'adultéra au contact des mystiques orientales. Mais, dans un domaine particulier, celui de la médecine, le progrès continua dans une voie vraiment scientifique pendant quelques générations. Les médecins alexandrins, — parmi lesquels se détachent les noms d'EROPHILE et d'ERASISTRATE, — pratiquèrent la dissection du cadavre humain et firent faire de grands progrès à l'anatomie, en particulier à celle du système nerveux et de l'appareil circulatoire. Ils expérimentèrent même, semble-t-il, sur l'homme vivant. Leurs œuvres sont perdues ; nous ne les connaissons que par des allusions (en particulier de GALIEN).

GALIEN. — C'est à cette école que se rattache, au second siècle de notre ère, GALIEN (130-200), méde-

ein de Pergame, dont les Attalos avaient fait une rivale d'Alexandrie, pourvut elle aussi d'une vaste bibliothèque. GALIEN, médecin et chirurgien, avait écrit de très nombreux ouvrages, dont nous ne possédons qu'une partie ; ils formaient une vaste encyclopédie médicale, de tendances éclectiques, qui, jusqu'à après la Renaissance, a été la base de la médecine. Il avait disséqué de nombreux Mammifères, parmi lesquels l'éléphant et des singes. Il a été un véritable physiologiste expérimentateur, pratiquant la vivisection et il a ainsi créé la physiologie nerveuse, réformant largement les conceptions d'ARISTOTE. « Les nerfs, dit-il, jouent le rôle de conduits apportant aux muscles la force qu'ils tirent du cerveau comme d'une source. » Il a produit des paralysies par des sections des nerfs et de la moelle, montré que les artères contiennent du sang et non de l'air, fait la distinction du sang artériel et du sang veineux. Tout novateur qu'il fut, il n'a, cependant, pas su s'affranchir des idées d'ARISTOTE et s'est laissé aveugler par le principe des causes finales et par l'animisme, comme il a été égaré par l'abus du raisonnement *a priori* et de la dialectique. Il a construit ainsi un système dogmatique, dominant le corps de ses observations ou expériences et en faussant le sens. C'est ainsi que ses idées préconçues l'ont empêché d'analyser correctement le fonctionnement du cœur et, à l'encontre de la réalité patente, lui ont fait affirmer l'existence de pores imaginaires entre les deux ventricules, à travers la cloison qui les sépare, afin que ce qu'il considérait, suivant la doctrine d'ARISTOTE, comme le principe essentiel, le souffle vital, pût passer d'un ventricule à l'autre. Mais GALIEN n'en reste pas moins le créateur de la méthode expérimentale en physiologie et il marque le sommet atteint par la biologie.

antique ; son système devait dominer la science de façon tyrannique jusqu'au seuil du xv^e siècle.

Avant de quitter la science antique, signalons encore que la Botanique, déjà fortement élaborée par ARISTOTE et THÉOPHRASTE, avait encore progressé par ses applications à la thérapeutique. À l'époque de Néron, un médecin grec servant dans les armées romaines, DROSORIDE, est l'auteur d'un traité de matière médicale où sont mises en œuvre les propriétés de plus de six cents espèces végétales et qui a, lui aussi, régné jusqu'à l'époque moderne. La Grèce antique est donc la mère des sciences biologiques, qu'elle a poussées assez loin. Rome n'a rien innové. Elle n'a fourni que des compilateurs dépourvus d'esprit critique, comme PLINE L'ANTIEN, ou des philosophes qui avaient assimilé la pensée grecque et l'ont exprimée dans des œuvres synthétiques. Tel est LUCRECE, dont le poème philosophique, *De natura rerum*, reflète surtout les vues d'EPICURE et renferme d'ailleurs des intuitions de caractère remarquablement moderne sur l'évolution de la Nature.

La décadence du monde gréco-romain ne devait pas tarder à tarir la source du progrès et la Science antique s'effondra avec l'Empire sous les coups des Barbares. La marche en avant ne devait reprendre qu'au xv^e siècle avec la Renaissance, qui, au sens propre du mot, était l'exhumation de la pensée de l'Antiquité.

d'ALBERT LE GRAND, de Thomas DE CANTINPÉ (De naturis rerum) et de Vincent DE BEAUVAS (Speculum maius tripartitum), mais sans étude directe de la nature.

C'est aussi la médecine arabe qui servit de véhicule de transmission à la médecine grecque, principalement par l'Ecole de Salerne, du X^e au XIII^e siècle; la synthèse en a été faite, en vers hexamètres, dans le *Regimen sanitatis salernitanum*, au début du XII^e. La médecine arabe fut aussi l'inspiratrice de l'Ecole de Montpellier, fondée au cours du XIII^e siècle et qui devait avoir une forte personnalité jusqu'à la fin du XVIII^e. La chirurgie, se heurtant à l'opposition de l'Eglise, fit péniblement ses premiers pas à la fin du Moyen Age. La Renaissance fut, avec la découverte directe de la science grecque dans les œuvres mêmes qu'elle avait produites, un retour à l'observation de la Nature et une réaction contre la mentalité scolaistique. A Paris, la fondation du Collège Royal (1530), — aujourd'hui le Collège de France, — par François Ier, marque la réaction de l'esprit libre contre l'Université (et surtout la Faculté de Théologie, la Sorbonne) asservie à la scolaistique.

Mais ce mouvement, d'où allait sortir l'esprit moderne, ne fut pas un affranchissement complet et immédiat. S'il émancipa la connaissance du monde scolaistique, il l'asservit en même temps à l'autorité tyannique de l'Antiquité, qui fut longtemps un rideau plus ou moins opaque interposé devant la nature réelle. Toute proposition résultant de l'observation directe, mais allant à l'encontre de l'autorité des Anciens, fut suspecte et plus ou moins proscrite. ARISTOTE et GALIEN, pour la Biologie, devinrent des obstacles à l'encontre du progrès. Les Universités italiennes ont été les protago-

CHAPITRE II

LA RENAISSANCE ET LE RÉVEIL DE LA SCIENCE ANTIQUE

Dans l'effondrement de l'Empire romain, — plus par la décadence de l'esprit et l'influence du christianisme que par l'action directe des Barbares, — la Science grecque s'éteignit avec la libre curiosité de l'esprit pour la Nature et l'abus général d'une vaine rhétorique, mais elle trouva pour son sommeil un asile matériel à Byzance et c'est de là qu'elle devait finalement reprendre le chemin de l'Occident. Le Moyen Age fut l'ère de la théologie, qui avait emprunté à la Philosophie grecque les formes du raisonnement, pour mettre celui-ci au service de la foi. Il en résulta la scolaistique, fondement de la culture médiévale.

La Science antique avait cependant trouvé, avant la Renaissance, un autre véhicule, celui de la science arabe, où elle s'était transposée, d'abord à Damas et à Bagdad, d'où elle avait été transportée ensuite en Espagne, à Cordoue. Les savants arables, comme AVICENNE (980-1037) et AVERROÈS (1120-1198), admirèrent et commentèrent l'œuvre d'ARISTOTE. Les œuvres des philosophes arables furent traduites par les Juifs d'Espagne et, de l'hébreu en latin, par les soins des archevêques de Tolède. ARISTOTE fut alors commenté par les grands docteurs chrétiens, Michel SCOR, Albert LE GRAND, saint THOMAS d'AQUIN et la biologie aristotélicienne fit le fond des grandes compilations du XIII^e siècle, celles

nistes de la Renaissance scientifique, qui, à partir d'elles, s'est propagée vers la France, les Pays-Bas, l'Allemagne et l'Angleterre. En ce qui regarde la Biologie, trois grandes voies se sont développées d'abord, celles de l'anatomie, celle de la botanique et celle de la zoologie.

L'ANATOMIE

L'anatomie a pour base la dissection du cadavre humain, à laquelle l'Eglise était hostile (comme étant en opposition avec le dogme de la résurrection) et qui fut longtemps clandestine, ou très parcellairement permise. Elle a été souvent pratiquée, avant le xvi^e siècle, sur des cadavres déterrés en secret, ou détachés des gibets. Peu à peu, à partir du xive siècle, ces difficultés s'atténuèrent et l'anatomie se répandit. Des artistes, comme Léonard de Vinci, la pratiquèrent. Au début, les traités d'anatomie furent surtout des commentaires de GALIEN : le plus célèbre est celui de MUNDINUS, professeur à Bologne, de 1315 à 1326. En France, le premier amphithéâtre d'anatomie fut celui de Montpellier, construit en 1556 par RONDELET, sur le modèle de ceux des Universités italiennes. A Paris, au xv^e siècle, s'illustrèrent comme anatomistes : Gonthier D'ANDERNACH, d'origine allemande ; Jacques DU BOIS (SYLVIUS), Charles ESTIENNE, Michel SERVET, ce dernier brûlé en 1553, à Genève, par ordre de Calvin. Les grands anatomistes italiens du même temps sont FALLOPE, Realdo COLOMBO, BOTAL, VAROLE, Fabrice D'AQUAPENDENTE et surtout VÉSALE, originaire de Bruxelles et professeur à Padoue, dont le célèbre traité, *De humani corporis fabrica* eut ses planches dessinées par un des meilleurs.

leurs élèves du TRIEN, Etienne DE CALCAR. VÉSALE a rectifié de nombreuses erreurs de GALIEN, dues à ce que celui-ci avait disséqué surtout des singes. Mais les corrections de VÉSALE déchaînèrent des tempêtes et des flots d'injures. La polémique scientifique de ce temps n'avait rien d'académique. Il est caractéristique, pour marquer la force qu'avait alors l'autorité des Anciens, que les adversaires de VÉSALE allèrent jusqu'à expliquer ses discordances avec les données de GALIEN, en alléguant que la structure de l'homme avait dû changer depuis son époque. Cela révèle l'état d'esprit à la Renaissance et les obstacles dont dut triompher l'observation affranchie de préjugés. Et cependant, VÉSALE, qui avait reconnu et proclamé l'inexistence des pores dans la cloison interventriculaire du cœur, et avait été, pour ce faire, copieusement vilipendé, n'avait contrebit GALIEN qu'avec timidité, oublié, comme l'avait été lui-même le pénétrant observateur qu'était GALIEN, par les doctrines aristotéliennes sur la vie en général.

Il fallut plus d'un siècle de discussions pour établir les conditions réelles de la circulation du sang et leur histoire est l'une des plus significatives pour mettre en évidence le pénible affranchissement de la pensée moderne par rapport à l'autorité des Anciens. Michel SERVET, vers 1550, avait découvert et compris la circulation pulmonaire ; il en avait tiré des conclusions qui le conduisirent au bûcher. Il restait, cependant galéniste et, pour sauver la doctrine, en l'absence de pores dans la cloison des ventricules, il admettait que celle-ci laissait transsuder un *esprit*. Realdo COLOMBO et Fabrice D'AQUAPENDENTE, sans citer SERVET, constatèrent à leur tour la circulation pulmonaire. Il fallut attendre William HARVEY pour que fut comprise la grande

M. CAULERY

circulation, exposée par HARVEY dans son célèbre ouvrage *Exercitationes de motu cordis et sanguinis in animalibus*, publié à Francfort en 1628, non sans de minutieuses précautions et après avoir fait, pendant une série d'années, l'objet de démonstrations au Collège des Médecins de Londres. Par la vivisection, HARVEY avait analysé tous les mouvements du cœur, reconnu que le pouls est dû à la propagation de l'onde sanguine dans les artères et compris, à l'aide d'expériences ingénieuses, que le sang, lancé par le cœur dans les artères, y revient par les veines. Ce fut seulement en 1661 que MALPIGHII, à Bologne, assista, sous le microscope, au cheminement du sang dans les capillaires faisant la jonction des artérielles aux veinules.

La découverte de HARVEY est une des grandes étapes de la Biologie, d'une part dans l'ordre des faits, de l'autre et surtout dans la mentalité scientifique. Elle eut pour complément celle de la circulation lymphatique, amorcée par ASEILLI, à Pavie, en 1622, et complétée à Montpellier, en 1647, par PACQUET, avec quelques compléments dus à RÜDBECK et à BARTHOLIN, dans les années suivantes. En 1669, par des expériences de respiration artificielle, LOWER prouvait que le changement de couleur du sang, connu depuis longtemps, se faisait dans les poumons, sous l'influence de l'air.

Cette lente révolution scientifique, qui s'opéra au milieu de résistances tenaces et de polémiques violentes, a en son écho dans la littérature du XVII^e siècle, dans les railleries de Molière à l'égard des médecins. La Faculté de Médecine de Paris fut un des milieux les plus obstinément fermés aux idées nouvelles. L'anatomiste RIOLAN y était le champion du galénisme et, comme la fondation du Collège de France au XVI^e siècle, celle du Jardin du Roi

(actuellement le Muséum d'Histoire naturelle) par Louis XIII, fut une victoire de l'esprit moderne. Au Jardin, il y avait un enseignement de l'anatomie, affranchi des servitudes intellectuelles de la Faculté.

LA BOTANIQUE

La Botanique a suivi, au XVI^e siècle, une marche parallèle à celle de l'anatomie. Là aussi les Arabes avaient assuré au Moyen Âge la transmission des connaissances anciennes. A la Renaissance, l'humanisme remit en honneur la botanique grecque et déclencha un mouvement tendant à retrouver et à identifier les plantes de la pharmacopée antique, d'où étaient extraits les simples. Nous trouvons, ici encore, à la fin du Moyen Âge, des compilations. La Botanique a sa place dans celles que nous avons déjà citées. Au XVI^e siècle, l'esprit d'observation se développa et l'exploration de la flore fut entreprise principalement par des médecins. En France, c'est Jean RUEL (RUELLIUS, 1479-1531), en Allemagne OTTO BRUNFELS, avec ses *Herbarum verae icones* (1530), Jérôme BOCK (TRAGUS, 1498-1554), qui publie, à Strasbourg, en 1539, un *Neues Kreuterbuch*, Leonard FUCHS, médecin, anatomiste et professeur à Tübingen, qui édite, en 1542, à Bâle, son *De Stirpium historia*, renfermant la description et la figuration d'après nature de 500 plantes de l'Allemagne du Sud, rangées par ordre alphabétique. Montpellier est le centre d'un grand mouvement botanique, sous l'impulsion de RONDELET. La plupart des grands botanistes du XVI^e siècle y sont passés : Charles DE L'ÉCLUSE (CLUSIUS, 1526-1609), d'Arras, Mathieu DE L'OBEL (LOBELIUS, 1538-1616),

tous deux médecins, explorèrent botaniquement la région montpelliéraise. DALESCHAMPS (1513-1588), de Caen, fit de même ; PLATTER de Zurich, Jean et Gaspard BAUHIN de Bâle, — le second est l'auteur du *Pinax theatri botanici*, renfermant 6.000 plantes, groupées déjà en familles naturelles. En Italie, Clément VIII, publie, à Florence, en 1583, les seize livres de son *De Plantis* ; les quinze premiers sont une botanique descriptive ; le seizième, une botanique générale, fortement imprégnée d'ailleurs d'aristotélisme et, en particulier, du principe des causes finales. La plante y est conçue comme un animal renversé, ses racines correspondant à la tête et l'âme siégeant à la limite de la tige et de la racine ; les enveloppes florales correspondent à celles du foetus.

Les Jardins botaniques étaient à l'ordre du jour. Il s'en créa à Padoue en 1545, à Pise en 1547, à Bologne en 1567. A Montpellier, Rondelet cultiva les plantes dans un jardin privé, mais, en 1593, un édit de Henri IV crée le Jardin botanique, dont le directeur est RICHER DE BELLEVAIL, avec une chaire d'anatomie et botanique. Ce Jardin se développera brillamment pendant les XVII^e et XVIII^e siècles et existe encore. A Paris, sous l'influence du médecin Jean Héroard, Louis XIII fonde, en 1626, le Jardin du Roi, dont le premier intendant sera GUY DE LA BROUSSÉ, et l'institution s'établit, en 1635, au quartier Saint-Victor, où elle est encore aujourd'hui. On y cultive non seulement des plantes indigènes, mais aussi des plantes exotiques, en particulier de l'Amérique du Nord. La découverte du Nouveau Monde a, d'ailleurs, été un facteur général important de l'essor des sciences biologiques. Le Jardin du Roi sera, au XVIII^e siècle, le principal foyer de la vie scientifique à Paris.

LA ZOOLOGIE

Reste à jeter un coup d'œil, pour la même période, sur la zoologie, où la marche des idées a été parallèle à ce que l'on vient de voir pour l'anatomie et la botanique.

Ici aussi, c'est vers le XVI^e siècle que l'observation reprend peu à peu ses droits, en se libérant de l'esprit d'autorité et de la légende. Dès la fin de l'antiquité, la base solide formée par l'œuvre d'ARISTOTE s'était adultérée de fables et de mythes, comme en témoignent l'*Histoire naturelle* de PLINE et le *Traité de la nature des Animaux* d'ELIEN. Tout le Moyen Age a vécu indirectement sur ces dernières œuvres. Au XVI^e siècle, les voyages ramènèrent à l'observation directe. En France, Pierre GUILLES d'ALBI (1490-1551), après avoir fait œuvre de compilateur, se rend dans le Levant et rentre en France en rapportant des observations sur divers animaux, publiées après sa mort. Pierre BELON (1517-1563) du Mans et Guillaume RONDELET de Montpellier (1507-1566) font œuvre de vrais zoologistes : le premier parcourt l'Orient méditerranéen et publie une série d'ouvrages, en particulier sur les animaux marins, d'après ce qu'il a pu observer lui-même, ainsi qu'une *Histoire de la nature des Oiseaux, avec leur description et naïfs pourtraits retirés au naturel*, publiée en 1555. Dans cette dernière, il compare le squelette à celui des Mammifères et à celui de l'homme, ce qui fait de ce livre un précurseur de l'anatomie comparée. Il étudie le développement du poulet et rejette maintes fables. RONDELET est l'auteur notamment d'une remarquable ichthyologie, *Libri de piscibus marinis, in quibus verae piscium effigiae expressae sunt* (1558). On remarquera l'analogie dans l'esprit

des titres des ouvrages de BELON et de RONDELET. Celui-ci a, lui aussi, voyagé et recueilli directement des matériaux qu'il a disséqués. Ses descriptions et ses figures sont assez fidèles pour qu'on puisse identifier sûrement ce qu'il a vu, — pas moins de 300 espèces de poissons. Son livre est l'œuvre d'un vrai naturaliste, mais qui sacrifie encore beaucoup au commentaire des Anciens et quelquefois à la légende. Il a abordé aussi l'étude des Invertébrés marins dans son *Universae aquatilium historiae pars altera* (1555), où on trouve la description de quelques formes assez rares, comme l'Argonaute. En Italie, SALVIANI, dans le même temps, publie aussi une Ichthyologie. Charles de L'ECLUSE, alors professeur à l'Université de Leyde, décrit également des animaux exotiques (*Exoticorum libri X.*, 1605), parmi lesquels figurent le Tatou, l'Emeu, les Oiseaux de Paradis, le Dromète (1), la Limule. En Suisse, Conrad GESNER est l'auteur d'une énorme encyclopédie zoologique, restée inachevée à sa mort (1565), qui sera suivie, à un demi-siècle, par celle d'ALDROVANDE de Bologne. Ces œuvres indigestes ont visé à incorporer tout ce qui avait été signalé de PLINE à RONDELET et à BELON ; elles ont eu, en dépit de leur ampleur, un succès indiscutable, attesté par leurs rééditions successives, mais elles ne représentent guère un progrès réel et reflètent bien plutôt l'esprit du passé, à l'encontre des tendances modernes. Le XVII^e siècle, d'ailleurs, n'apportera pas, au moins dans ses débuts, à la zoologie de progrès essentiels. On y voit s'éditer des ouvrages d'ensemble, comme l'*Histoire des Insectes* (1634), de Thomas MOUFFET, suite à GESNER et le *Theatrum universale animalium*, de

JOHNSTON. Des voyages lointains introduisent la connaissance des faunes exotiques. Telle est l'*Historia naturalis Brasiliæ* des Hollandais PISON et MARCGRAFF et l'ouvrage entomologique d'une femme Marie-Sybille de MÉRIAN (1647-1717), qui avait séjourné cinq ans à Surinam (la Guyane).

Il y a, dans tout cet ensemble, les fondations posées pour un édifice qui se construira réellement au XVIII^e siècle, en s'ébauchant dès la seconde moitié du XVII^e.

**

Signalons encore, avant de quitter la Renaissance et ses suites immédiates, l'œuvre d'un autodidacte, Bernard PALISSY (1510-1589), artisan non imprégné de culture classique, mais esprit probe et pénétrant, s'intéressant à tous les aspects de la Nature et de l'Art, opposant d'ailleurs, de façon pittoresque, l'école et la réalité, sous les traits de deux personnages *Théorique* et *Practique*. Il a touché à de multiples domaines, fait, en particulier, œuvre de vrai zoologiste dans sa province de Saintonge et, à Paris, il avait ouvert à la curiosité de ses contemporains un petit musée, fait des matériaux récoltés et interprétés par lui. Cette collection contenait des fossiles. Les Anciens, n'y avaient vu, en général, que des jeux de la nature, ce que répétait encore GESNER. PALISSY, avec FRACASTOR et Léonard de VINCI, reconnaît en eux des restes d'animaux, en particulier de coquilles marines, d'où il tira la conclusion que les mers avaient dû se déplacer et il est ainsi un des précurseurs de la Géologie et de la Paléontologie.

(1) Oiseau des îles Mascareignes, à ailes atrophées, qui devait être exterminé au cours du XVII^e siècle.

L'OBSERVATION MICROSCOPIQUE :

LEEUWENHOEK

CHAPITRE III

L'ELABORATION DE LA BIOLOGIE MODERNE
AUX XVII^e ET XVIII^e SIÈCLES

Descartes. — Au milieu du XVII^e siècle, l'effort de libération de la pensée par rapport à l'autorité des Anciens est, sinon totalement, du moins pour une bonne part, réalisé. DESCARTES (1596-1650) y a porté le dernier coup par son *Discours de la Méthode* (1636) et a essayé de ramener toute la conception de l'Univers à l'étendue et au mouvement. Il a touché lui-même à l'Anatomie, su comprendre d'emblée la découverte de la circulation du sang par HARVEY et constitué, de toutes pièces, une physiologie basée sur sa mécanique, et exposée dans sa *Description du corps humain* (1648). Dans la machine qu'est le corps, la chaleur est le grand ressort, le sang la convoie et ses parties les plus agitées et les plus ténues, portées au cerveau, y composent un air ou un vent très subtil, les *esprits animaux*, qui dilatent le cerveau et le rendent propre à recevoir les impressions des objets extérieurs et aussi celle de l'âme (qu'il sépare radicalement de la matière). C'est là une construction *a priori*, qui, malgré ses tendances novatrices, n'est pas sans se ressentir des conceptions d'ARISTOTE et de GALIEN et ne repose pas sur l'observation. Si le mécanisme de DESCARTES, qui a exercé une influence considérable et prolongée, est dans la ligne de la science moderne, il est une intuition hardie, mais non une acquisition positive.

Avec le milieu du XVII^e siècle, s'introduit un mode d'observation nouveau, qui va considérablement élargir la vision de l'observateur, c'est l'usage des lentilles grossissantes, de la loupe et du microscope composé, dérivant des travaux de GALLIÉE. C'est une innovation capitale. D'autres techniques vont également être une grande source de progrès, par exemple l'injection dans les vaisseaux de liquides solidifiables et colorés, procédé imaginé par BOYLE et par PECQUET, vers 1660, et qui, largement développé par SWAMMERDAM et par RUY SCH, permettra à l'anatomie des progrès considérables.

L'emploi de la loupe fournira à Roh. HOOKE (1637-1703), à Neh. GREW (1624-1711), en Angleterre et à Marcello MALPIGHI (1628-1694), en Italie, les notions fondamentales sur les structures des végétaux; SWAMMERDAM (1637-1680) étudiera, grâce à elle, les petits animaux et elle trouvera en Anton VAN LEEUWENHOEK (1632-1723) un observateur d'une exactitude et d'une habileté hors de pair, qui explorera, ainsi, tout un monde nouveau.

Malpighi est le créateur de l'anatomie microscopique. Il put, en 1661, observer directement le passage du sang dans les capillaires du poumon et dans ceux de l'aile tendue de la chauve-souris, achevant ainsi la vérification de la circulation du sang. Il déchiffrera la structure de la peau et des glandes, découvrira les corpuscules du tact, abordera la structure des nerfs et du cerveau, celle du rein et des viscères, observera de près et figura en une série de planches le développement du poulet, déchiffrera

l'anatomie des Insectes, en particulier découvrit leur système trachéen, enfin constata la structure cellulaire des plantes. Il est aussi le créateur d'autres techniques, comme la macération et la coction des tissus. C'est le précurseur de l'histologie.

Swammerdam a été un virtuose de la dissection et, par là, de l'anatomie fine, ainsi que de celle des petits animaux. Ses observations ont été extrêmement étendues. Il est mort, jeune encore, après avoir sombré dans le mysticisme et détruit lui-même une partie de ses manuscrits. Heureusement passa, après lui, aux mains de BOERHAAVE, qui les publia généreusement, en 1737, sous le titre de *Biblia Naturae*. SWAMMERDAM se servait de loupes qu'il confectionnait lui-même. Il est un des initiateurs et des virtuoses de la pratique des injections, un des pionniers de l'anatomie fine et de l'étude du développement des Insectes, en particulier de l'étude de leurs métamorphoses. Il a été aussi un des protagonistes de l'embryogénie, par ses expériences sur la grenouille.

Leeuwenhoek. — Quant à LEEUWENHOEK, c'est, comme l'a répété, après d'autres, son récent historiographe, CL. DOBELL (1), le père de la Protozoologie et de la Bactériologie, et, d'une façon plus générale, de toute la biologie microscopique, animaux et végétaux. Ce n'était pas un savant de profession ! Bourgeois de Delft, il avait été amené à l'observation microscopique par son métier de drapier, en

comptant les fils de ses tissus. Il construisait lui-même ses lentilles, sorties entre deux lames d'argent, — il en a fait plus de 400 (certaines ont

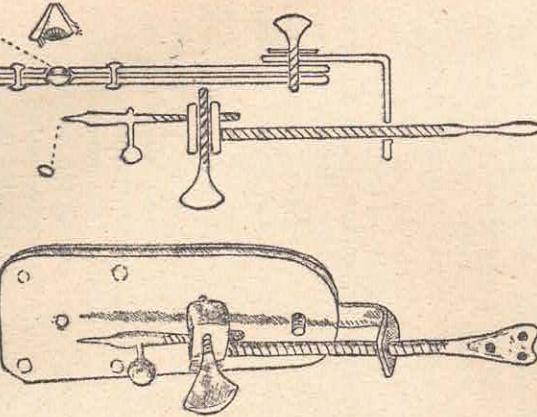


Fig. 1. — Le microscope (coupe simple) de LEEUWENHOEK.
(d'après la reproduction de CL. DOBELL)
A gauche, coupe postérieure de l'instrument;
à droite, coupe sagittale montrant son fonctionnement. *L*, lentille; *O*, point où se place l'objet à examiner. Les lentilles construites par LEEUWENHOEK avaient des grossissements linéaires allant jusqu'à 160.

un grossissement linéaire allant jusqu'à 160), — et il a pu, avec ces moyens rudimentaires, découvrir et interpréter tout un monde d'êtres extrêmement petits, jusqu'à des bactéries. Il les observait en particulier, à l'intérieur de tubes capillaires, explorant les milieux les plus divers, l'eau, des infusions variées, le contenu des organes, etc. Ses observations sont consignées dans des lettres d'après les sources originales est d'un haut intérêt pour la personnalité et l'œuvre de LEEUWENHOEK et pour l'atmosphère qui l'a entourée, hommes et institutions, ainsi que pour les origines de la microscopie.

(1) Clifford DOBELL, *Antony Van Leeuwenhoek and his little animals* (Londres, 1932). Cet ouvrage extrêmement documenté d'après les sources originales est d'un haut intérêt pour la personnalité et l'œuvre de LEEUWENHOEK et pour l'atmosphère qui l'a entourée, hommes et institutions, ainsi que pour les origines de la microscopie.

CHIENS et dont il fut nommé membre en 1680), en hollandais vulgaire, ne sachant pas d'autre langue. Elles ont été traduites en latin ou en anglais (1). C'est tout un monde nouveau qu'il a ainsi révélé : des Protozoaires de tous les groupes, libres et parasites, des bactéries des infusions, celles de la bouche, des formes anaérobies, des Invertébrés variés, comme les Rotifères. Il a découvert les spermatozoides (animalcules spermatisques), d'abord dans le sperme humain, puis chez une série d'animaux où il les a recherchées. Par la Société Royale, les découvertes de LEEUWENHOEK ont eu beaucoup d'écho ; elles ont été vérifiées et discutées par des hommes comme le physicien Rob. Hooke et comme Neh. GREW. Elles valurent à leur auteur une très grande notoriété. Il recevait à Delft la visite de nombreux personnages de marque, qui voulaient voir ses lentilles et, par elles, les animalcules. Parmi ces visiteurs, on trouve, en 1698, le tsar PIERRE LE GRAND, à qui LEEUWENHOEK montra la circulation du sang dans la queue de l'anguille ; le tsar consacra deux heures à ces observations microscopiques. On juge, par cet exemple, du retentissement des travaux de LEEUWENHOEK. Celui-ci était, dans toute la force du terme, un autodidacte, sur qui l'autorité des Anciens n'avait eu aucune prise, qui observait et décrivait ce qu'il avait vu sans préjugé, sans ordre méthodique, ni esprit de synthèse, mais avec une scrupuleuse honnêteté. Cet amateur a ainsi exercé une action considérable et durable sur la biologie.

(1) Ces lettres, au nombre de plus de 200, ont été presque toutes publiées dans les *Philosophical Transactions*, sauf les 27 premières, dont quelques-unes encore inédites en quatre volumes, publiées d'abord en hollandais, puis en latin (*Opera omnia, seu arcanta Naturae, ope exactissimorum microscopiorum detecta, etc.*, Leyde, 1722).

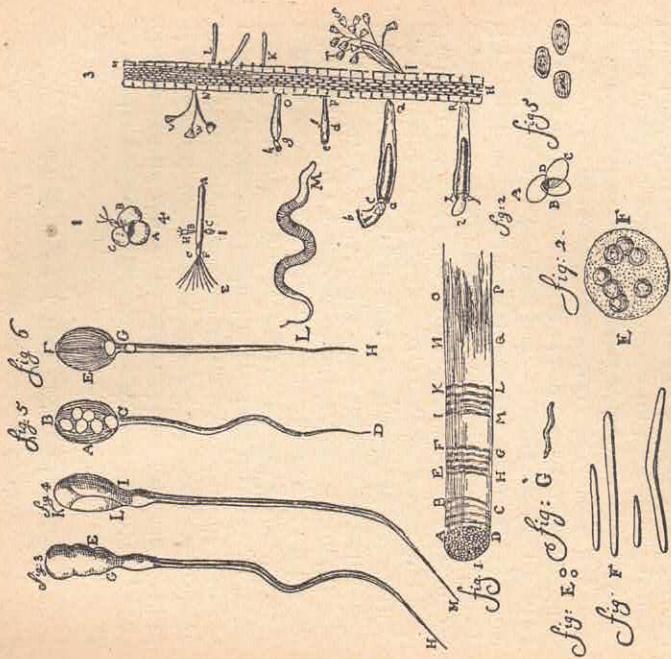


Fig. 2. — Quelques figures (réduites) de LEEUWENHOEK :

A. En haut, à gauche, Spermatozoides : fig. 3 et 4, de Chien : fig. 5 et 6, de Lapin (lettres 4, 1684).

B. En haut, à droite : 1, Lentilles d'eau (*Lemna*) ; 3, Racine de *Lemna* (remarquer le figure de la structure cellulaire), portant des Diatomées (K-L), des Vorticellens (*Cerchiium NVV* et IST), des Rotifères tubicole (*Raer* et *Quab*), *Meliceria*, des Infusoires (*Cochurnia, Paef* et *Ophi*) ; 4, Hydre en voie de boursonnement (lettres du 25-XII-1702, *Philos. Transact.* n° 283, reproduit d'après Cl. DOBELL.)

C. LM, Anguille du Vinaigre (lettres 43).

D. Sous les spermatozoides : fig. 1, Fibre musculaire de bœuf (lettres 34).

E. En bas, à gauche : Bactéries de la bouche ; fig. E, Microscopiques ; fig. F, *Lepiolithix buccalis* ; fig. G, Spirochète (lettres 39, 17-IX-1683, reproduit d'après Cl. DOBELL).

H. En bas, au centre : EF, Volvox (lettre 122, 2-I-1700).

G. En bas, à droite : Globules rouges du sang fig. 2, Grenouille (lettre 38) ; fig. 6, Poisson (lettre 34).

RÉAUMUR ET L'EXPÉRIMENTATION

De la personnalité de LEEUWENHOEK, rapprochons-en une autre, de nature très différente, plus jeune d'un demi-siècle et qui occupe, dans les progrès de la Biologie, une place plus considérable encore, celle de RÉAUMUR (1683-1757). Il est un des créateurs de la méthode expérimentale en Biologie, un des esprits les plus ouverts, les plus sagaces et les mieux équilibrés qui s'y soient illustrés. Issu d'une famille de magistrats, RÉAUMUR a eu une formation intellectuelle étendue, orientée surtout vers les Mathématiques et la Physique. Il vient de bonne heure à Paris et, à 23 ans, entre à l'Académie des Sciences, en qualité d'*élève mécanicien*, attaché à VARIGNON ; il y est élu membre à 28 ans et il y tiendra, pendant cinquante ans, une place hors de pair, par ses propres travaux et par son rôle d'animateur, non seulement dans son entourage immédiat, mais dans toute l'Europe. RÉAUMUR a été d'abord un grand *ingénieur* et physicien, créateur de multiples inventions, dans la métallurgie, dans la fabrication de la porcelaine, dans de nombreux problèmes de mécanique ; il perfectionne le thermomètre, inaugure l'emploi des mélanges réfrigérants, etc. Une pension royale de 12,000 livres récompense bientôt ses services et RÉAUMUR va mener, à Paris et dans ses terres, une existence calme et laborieuse, consacrée, dans une parfaite sévérité d'esprit, à l'observation des animaux aidée de l'expérimentation. Il est un des fondateurs de la physiologie et, plus généralement, le créateur de l'éthologie biologique. RÉAUMUR, par sa formation même, était un esprit positif, peu enclin à se perdre dans la spéulation, libre dans le

cadre de l'orthodoxie, et ne repugnant pas à accepter un arrangement provisoire de la Nature. Sur ces bases, il analysait le détail de celle-ci avec la seule préoccupation de la déchiffrer exactement. Pour ce faire, il employait intuitivement la méthode expérimentale et c'est ce qui fait que son œuvre a beaucoup moins vieilli que d'autres. Les problèmes qu'il a abordés et plus ou moins complètement résolus, sont ceux devant lesquels nous trouvons encore aujourd'hui et les solutions qu'il en a apportées, même quand de grands progrès ont été acquis depuis, ont gardé un caractère actuel et un aspect moderne. Dans sa vie calme et laborieuse, entièrement consacrée à la Science, RÉAUMUR a fait, sur le monde des Invertébrés, — des *Insectes* comme on disait alors, — une œuvre immense, manifestée par de très nombreux travaux publiés dans les *Mémoires de l'Académie des Sciences* et dans les six volumes de ses *Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes* (1734-1742), où nous trouvons toujours à glaner. Encore, cette œuvre est-elle restée en partie inédite, RÉAUMUR ayant été, à partir de 1742, entraîné dans d'autres directions. Il a laissé, sans les publier, toute une série de mémoires presque achevés, qui devaient notamment constituer les volumes suivants de son histoire des Insectes (1).

(1) Ces manuscrits inédits sont conservés dans les archives de l'Académie des Sciences. Un éminent biologiste américain, W. M. WHEELER, en a exhumé, en 1926, un magnifique mémoire (qui devait faire partie du tome VII), *L'Histoire des Fourmis*, où RÉAUMUR devançait son temps de plus d'un demi-siècle. La publication du tome VII des *Mémoires sur les Insectes*, presque entièrement achevé, avait été entreprise en 1928. J'ai moi-même écrit pour ce volume, une *Introduction* (*Les papiers laissés par D.E. RÉAUMUR et le tome VII des Mémoires pour servir à l'histoire des Insectes*, Paris, Lechevalier, 1929, 63 p.). La publication proprement dite n'en a malheureusement pas encore été réalisée. RÉAUMUR avait écrit aussi une *Histoire des Arts*, c'est-à-dire

D'autres œuvres de Réaumur sont encore plus strictement expérimentales et en font un précurseur de la physiologie proprement dite. Telles sont ses expériences sur la digestion des Oiseaux (il extrait leur suc gastrique à l'aide d'une éponge retenue par un fil), ses recherches sur la régénération, son *Traité de l'art de faire éclore les œufs des Oiseaux domestiques* par la chaleur, etc.

En outre, il était un merveilleux animateur, suivant, dirigeant et stimulant une foule de savants en tous points de l'Europe. Il n'a pas eu moins de vingt-huit correspondants, attachés à sa personne, suivant la constitution de l'Académie d'alors, parmi lesquels il suffira de citer Charles BONNET, de Genève, que la lecture des *Mémoires sur les Insectes* conduisit, à l'âge de 20 ans, à la découverte de la parthénogénèse des Pucerons (1742) ; Abraham TREMBLEY à La Haye, qui découvrit la multiplication des Hydres par morcellement ; Ch. DE GEER, de Stockholm, qui, à l'exemple de son maître, publia lui aussi des *Mémoires sur les Insectes* ; nombre de voyageurs sous les tropiques, qui lui envoyoient des matériaux, des observations thermométriques, etc. RÉAUMUR occupe ainsi une place des plus éminentes dans la biologie du XVIII^e siècle et dans l'histoire de la Biologie en général.

Des travaux de RÉAUMUR, on peut rapprocher, avec une envergure d'esprit notamment inférieure, ceux de ROESEL VON ROSENHOF (1705-1759), qui, lui aussi, avec beaucoup de fidélité et avec un sens artistique, observa et décrivit la vie de nombreux

Invertébrés, particulièrement des Insectes (*Insekten belustigungen*, 4 parties, 1746-1761) et celle des Grenouilles ; il n'eut pas le temps de finir un ouvrage analogue sur les Lézards. Ses livres sont magnifiquement illustrés, mais d'une conception générale assez naïve, tout imprégnée d'admiration pour l'ordre de la Nature et pour son Créateur.

LA GÉNÉRATION

La période à laquelle nous sommes arrivés fut importante pour le développement des connaissances sur la génération et l'embryogénie.

En premier lieu se dissipia, au moins provisoirement (la question devant renaître au XIX^e siècle), le fantôme de la *génération spontanée*, que les Anciens avaient communément admise. Pour ARISTOTE, par exemple, les anguilles naissaient du limon des fleuves. Il est vrai que la reproduction de l'anguille était, en réalité, hors de la portée de leurs observations et c'est seulement il y a quelques années, que son énigme a été déchiffrée par Joh. SCHMIDT ; les anguilles, pour se reproduire, descendent à la mer, y subissent de grandes transformations et vont pondre dans les abysses, au centre de l'Atlantique, d'où reviennent leurs larves (*Leptocéphales*), qui remontent les rivières à l'état de civelettes. LEEUWENHOEK ajoute encore foi à leur génération par la vase des marais. On admettrait aussi que les mouches naissent spontanément sur la viande en décomposition, ainsi que les vers dans les fruits. En 1668,

l'anatomiste italien REPI (1626-1698), un des meilleurs

loueurs biologistes de son temps, porta un coup, — sur le moment décisif, — à la génération spontanée, en

M. GAULLETT

montrant qu'il suffisait de protéger par une gaze la viande, ou de l'enfermer dans un flacon bouché, pour empêcher les vers d'y apparaître, en empêchant les mouches d'y pondre. Il n'osa pas cependant nier absolument la génération spontanée des vers parasites dans les viscères ni dans les galles des plantes. Les découvertes de LEEUWENHOEK allaient rendre à l'idée de la génération spontanée une nouvelle force, en révélant tout le monde d'animalcules microscopiques dont la reproduction ne pouvait être immédiatement comprise. Un prêtre irlandais, l'abbé NEEDHAM, zoologiste habile, à qui l'on doit des observations intéressantes et variées, crut démontrer que les animalcules des Infusions naissent spontanément, car ils apparaissent en masse dans des récipients hermétiquement clos, ou bien si l'on met dans l'eau bouillante du jus de viande, laissant ensuite le tout dans la cendre chaude. Ces animalcules, pour NEEDHAM, se formaient par des combinaisons de molécules organiques, sous l'empire de la force négative. La corruption des substances organiques produisait ainsi les formes inférieures de la Vie. BUFFON, en adoptant ces vues, leur donna une puissante diffusion, bâtiissant sur elles toute une théorie de la génération, qu'il n'y a pas lieu de reproduire ici en détail (1) : les molécules organiques, présentes partout et incorruptibles, s'associaient en vertu d'une force formative, constituant le moule interne des organismes et de leurs parties. Cette théorie bizarre fut l'objet des râilleries de VOLTAIRE et de RÉAUMUR, qui, avec le concours du P. DE LIGNAC, entreprit des expériences de réfutation

formant la base d'un ouvrage anonyme (1) (l'auteur est en réalité DE LIGNAC). Mais la réfutation décisive vint d'un savant que nous retrouverons un peu plus loin et qui est une des grandes figures scientifiques du XVIII^e siècle, l'abbé SPALLANZANI. Il montre, par des expériences bien conduites, qui sont une anticipation de celles de PASTEUR, que, moyennant un chauffage suffisant et un bouchage effectif, les infusions ne se peuplaient pas d'organismes, à quoi, d'ailleurs, NEEDHAM objecta que, dans ces conditions, le chauffage détruisait la force végétative.

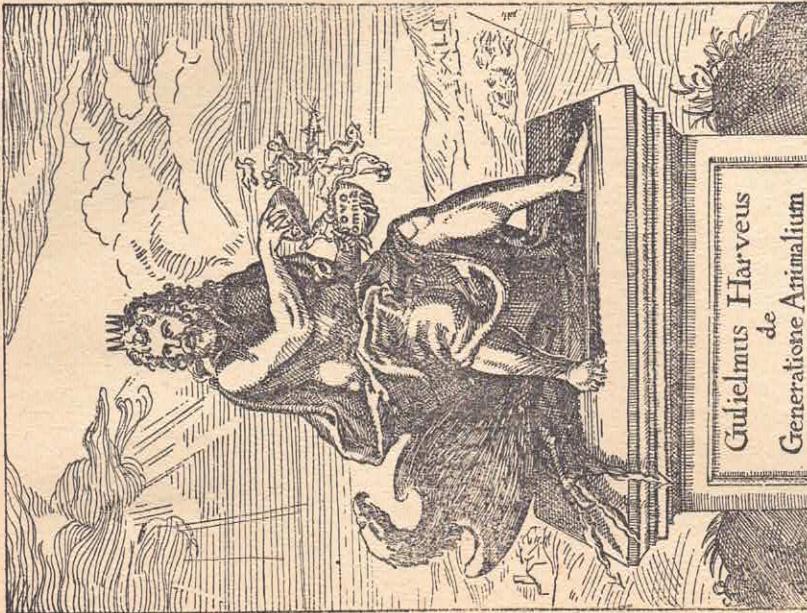
* * *

La connaissance de la génération proprement dite a fait, au XVII^e et au XVIII^e siècle, des progrès importants et très significatifs du point de vue des idées régnantes. Il faut citer d'abord ici, à nouveau, le nom de W. HARVEY et ses *Exercitationes de generatione animalium*, parues en 1651. Il y décrit le développement du Poulet et, point très important, combat l'idée que le poulet existerait déjà en miniature dans l'œuf; pour lui, sa réalisation est progressive, comme l'avait dit ARISTOTE; c'est la conception à laquelle il donne le nom d'*épigénèse* et qui s'opposera à celle de la *préformation*. Elle est conforme à la réalité. Grâce au roi CHARLES Ier, dont il était le médecin, HARVEY avait pu sacrifier et disséquer des biches du parc de Windsor, dans les jours et les semaines qui suivent l'accouplement et il avait été assez habile pour y découvrir, dans les cornes de l'utérus, de très jeunes embryons en voie de développement et non encore fixés à la paroi.

Il en avait conclu que « le premier produit de

(1) Pour toutes les théories sur la génération, se reporter à l'excellent ouvrage de J. ROSTAND, *La formation de l'être. Histoire des idées sur la génération*, Paris (Hachette), 1930.

(1) Lettres à un Américain sur l'*Histoire naturelle de M. de Buffon et sur les observations de M. Needham*, Hambourg, 1751.



la conception est toujours une espèce d'œuf » (1).

HARVEY a donc été, pour l'embryogénie comme pour la circulation, un grand observateur et un pionnier. Quelques années plus tard (1672), sur la voie ainsi tracée, un jeune anatomiste hollandais (on remarquera, en passant, le rôle éminent de la Hollande dans la science de cette époque), malheureusement à la veille de disparaître prématurément, Régnier DE GRAAF (1641-1673), réalisait un progrès considérable et crut avoir trouvé l'*œuf initial* des Mammifères. Dans un traité (2) où il étudie minutieusement l'appareil génital de la femme, il décrit, sur les ovaires de divers animaux (vache, brebis, lapine) et de la femme, des vésicules transparentes et turgescentes, remplies de liquide et qui, à un moment donné, se rompent. Il les interprète comme étant les œufs (*ova*). C'est, en réalité, ce que nous appelons aujourd'hui les *follicules de Graaf*, à l'intérieur desquels est l'œuf proprement dit, mis en évidence, comme on le verra plus loin, en 1827, par K. VON BAER, chez la chiienne. Il est intéressant de constater combien DE GRAAF a été près de la

(1) Le frontispice des *Exercitationes*, qui est reproduit ici (fig. 3), est orné d'une allégorie représentant Jupiter ouvrant une boîte ronde, l'œuf, avec l'inscription *Ex ovo omnia*; diverses créatures surgissent de la boîte. On a généralement transposé l'inscription de façon infidèle, en la formule *Omnis vivum ex ovo*, qui, si elle est conforme à la pensée de HARVEY, n'est cependant pas authentique. D'ailleurs, à la fin de l'*Exercitatio I^a*, discutant avec déférence les idées de son ancien maître Fabrice d'AQUAPENDENTE, HARVEY dit expressément: « Nos autem (ut ex dicendis constabili) omnia omnino animalia, etiam ovipara atque hominem ioco ipsum ex ovo progent, primosque eorum conceptus e quibus fetus fluit ipsius quaedam esse, ut et semina plantarum. » Ce texte montre quelle profonde intuition HARVEY a eue de la réalité. Ajoutons qu'à l'encontre de son maître, il rejette la génération spontanée et considère que les cas à elle attribués correspondent au fait que les parents différaient des descendants (*aequinocta, ut aiunt, generatione a parentibus sui dissimilatus*).

(2) Regnieri DE GRAAF, *De Mammorum organis generantibus inservientibus Tractatus novus, etc.*, Leyde, 1672. Ce traité comprend seize chapitres, dont le douzième est consacré aux ovaires (*De testibus mulieribus sive ovaris*) et le seizième : *Canticulum generationem semplicitur*.

Fig. 3. — Frontispice des *Exercitationes de generatione animalium* (éd. orig., Londres, 1651)

découverte complète, à laquelle il serait peut-être arrivé par la suite s'il avait vécu. Il a vu en effet que ces vésicules crevaient, en laissant sur l'ovaire des corps cicatriciels qui sont les corps jaunes

(fig. 1, BB) et il a eu le très grand mérite de faire de ces phénomènes une étude expérimentale (1) précise, en choisissant, par une intuition remarquablement heureuse, la lapine, chez laquelle, comme nous le savons aujourd'hui, la rupture des follicules est déterminée par l'accouplement avec le mâle. De GRAAF sacrifice méthodiquement des lapines avant l'accouplement et ensuite à une série d'intervalle gradués (1/2 heure, 6, 24, 27, 48, 52, 72 heures, puis chacun des jours suivants). Il a ainsi constaté la rupture des follicules sur l'ovaire (2) et, à partir du 3^e jour, il a trouvé dans l'utérus les jeunes embryons (qu'il appelle *ova*) de taille croissante et qu'il figure (pl. XXVI et XXVII) aux divers stades de leur développement.

En réalité, d'ailleurs, ces constatations capitales furent oubliées au XVIII^e siècle, par d'interminables discussions, touchant la nature même du développement, sur la *préformation* (réalisation complète de l'individu dans le germe dès le début) ou l'*épigénèse* (sa réalisation progressive, suivant l'opinion d'HARVEY). On ne peut entrer ici dans le détail de ces discussions. La conception de la pré-

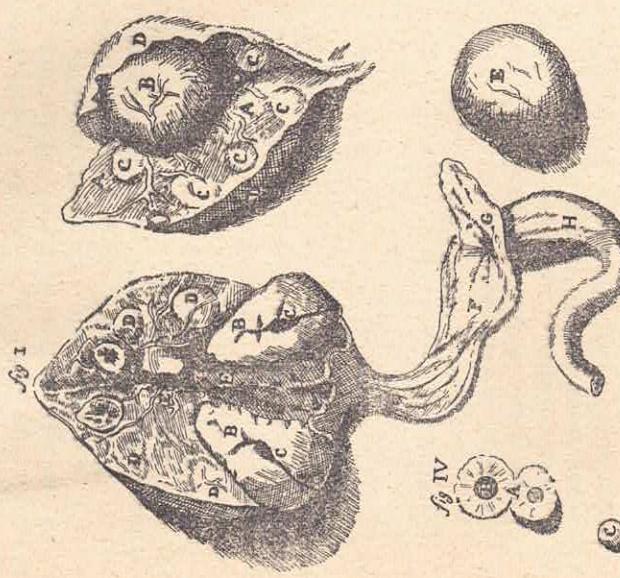


Fig. 4
En haut, à gauche : fig. I, Ovaire de Vache sectionné longitudinalement ; BB, Corps jaune ('glandula substantia quae post ovi expulsiōnem in testibus reperiuntur, per medium divisa') ; CC, Cavitas in qua ova contentum sunt, fore ovoidea ; DD, Follicules ('ova diverse magnitudinis in ovario contenita') ; E, vaisseaux sanguins ; F, H, trompe de Fallope ; G, orifice du pavillon.
En bas, à gauche : fig. IV, Follicule de l'ovaire de Brebis ouvert avant l'expulsion de l'œuf ('prout ovum adhuc continet') ; B, Locus ex quo ovum eamplum est ; C, Ovum ex eo exemplum (il est donc que ce soit vraiment l'œuf, d'après les dimensions).
En bas, à droite : Ovaire de Vache ouvert longitudinalement ; B, Ovum maximum seu maximum ('follicule mûr') in testiculo adhuc contentum ; D, membrane de Dartos.
En bas, à droite : E, follicule mûr extrait de l'ovaire.
(B. DE GRAAF, I. c., pl. XIV et XV.)

(1) Voici le début du *chap. XVI* que je traduis textuellement : « Comme tous les faits rapportés dans les chapitres précédents ne peuvent être constatés de vif chez l'homme, j'ai fait des dissections chez les animaux et j'en ai choisi dont je pouvais me procurer un grand nombre, dont l'accouplement pouvait être exactement suivi et qui produisent simultanément plusieurs *fœtus*, de façon à pouvoir observer sur l'un ce qui se passerait sur l'autre. C'est ce qui m'a conduit à m'adresser à la lapine. »
(2) Voici un passage textuel : « 52 heures après l'accouplement, nous avons exploré une lapine, où nous avons trouvé dans un testicule (ovaire) un et dans l'autre quatre follicules échauffés (immature) ; les deux derniers, nous y avons trouvée une substance quasi-glandulaire, avec au milieu une cavité étroite ; n'ayant consisté dans celle-ci aucune quantité notable de liquide, nous avons commencé à nous demander si la liqueur des follicules, qui est enfermée dans la paroi, ne serait pas expulsée par la rupture de celle-ci. »

rieur de laquelle il avait trouvé le papillon formé. On fut conduit à admettre cet emboîtement pour toutes les générations passées et futures. Préformation et emboîtement des germes résisteront au bon sens et à l'observation pendant près d'un siècle. Justice devait cependant en être faite, de façon irréfutable, dès 1759, par un jeune médecin allemand, G. F. WOLFF (1733-1794), dans sa thèse de doctorat, *Theoria generationis*, soutenue à Halle. Il y étudiait le développement du poulet, en décrivait les états successifs, montrant ainsi à l'évidence la réalisation progressive de la structure de l'embryon, conformément à la conception de l'épigénèse. Mais il fut loin de convaincre ses contemporains, même les plus illustres ; le physiologiste Albert de HALLER le réfuta en bonne et due forme et maintint la théorie de la préformation, en ralliant à son opinion des hommes de science éminents comme Ch. BONNET et SPALLANZANI (1).

Un autre champ de discussions naquit de la découverte, par LEEUWENHOEK, des animalcules spermatozoïdes. Les uns y virent le véritable germe, c'étaient les *spermatis* et, malgré leur petitesse, les préformationnistes y admettaient la présence de l'être complètement développé (2) ; pour

les autres, les *ovistes*, le véritable germe était fourni par la femelle, les animalcules spermatoïques servant seulement, par leurs mouvements, à provoquer l'exhalaison des esprits dans la liqueur séminale, *aura seminalis*, en harmonie avec les idées d'ARISTOTE et les conceptions de DESCARTES. De ces conceptions opposées et singulières sortit, au cours du XVIII^e siècle, une interminable série de controverses et d'ouvrages et c'est seulement au XIX^e que la réalité devait être comprise. Combien le voile jeté sur l'esprit par des idées théoriques préconçues peut être opaque, c'est ce qui ressort de la position prise par SPALLANZANI, en dépit d'expériences admirables.

Spallanzani (1729-1799), dont nous avons déjà vu le rôle à propos de la génération spontanée, a produit non seulement une œuvre biologique admirable, mais il est aussi l'auteur de remarquables travaux minéralogiques et géologiques. C'est cependant, avant tout, une des grandes figures de la Biologie et un des créateurs de la méthode expérimentale. Il a apporté des contributions majeures à l'étude de la digestion, de la circulation, à celle de la régénération et à celle de la réviscience, enfin à celle de la reproduction. C'est de ces dernières

matozoïde dans l'œuf par un pore et monospermie), il croit à la préformation et à l'emboîtement des germes et il représente (fig. 5) la structure théorique du spermatozoïde telle qu'il la conceoit, avec un homunculus tout constitué à son intérieur. Cela provoqua une sollicitation présentée pour qu'on s'y soit assez discrètement intéressé. Fr. DE PLANTADES, secrétaire de l'Académie des Sciences de Montpellier, écrivit, en effet, sous le nom de DALENPATRIUS (*Anagramme de Plantadeus*), une lettre en latin, publiée dans les *Nouvelles de la République des Lettres* (Amsterdam, L. 2, avril 1659), où il raconte gravement qu'il a vu, non sans surprise, sous le microscope, un spermatozoïde se libérer d'une huile et dégager ainsi un petit homme tout formé (2-3, fig. 5 : *clare ostendit ambas tibias, crura, pectus, gemina brachia et exanimatus protractum caput ad instar cuenillae obrubebat. Sexuum discrimina, prae-egregia, nosci non quitta sunt.*)

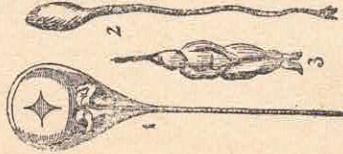


Fig. 5
1. le spermatozoïde théorique de HARTSOEKER ; 2-3. le spermatozoïde décrit par D. DALENPATRIUS.

(1) CUVIER, à la veille de sa mort, en 1832, se rattachera encore à la théorie de la préformation.
(2) NIC. HARTSOEKER (1656-1729), qui revendiqua, contre LEEUWENHOEK, la priorité de la découverte des spermatozoïdes, a exposé ses vues sur la génération à la fin de ses *Essais de Dioptrique* (1694). A côté d'intuitions intéressantes sur la fécondation (pénétration du sper-

recherches que nous nous occuperons ici. Il a choisi pour elles, avec une grande sagacité, les Batraciens, crapauds et grenouilles, où le mâle, placé sur le dos de la femelle, arrose de son sperme les œufs, au fur et à mesure de leur émission. SPALLANZANI a fait des expériences d'une sagacité et d'un enchaînement admirables, pour préciser les conditions dans lesquelles les œufs se développaient ou ne se développaient pas, montrant que le pouvoir fécondateur de la liqueur mâle était supprimé, si on empêchait le contact direct des œufs avec cette liqueur (il revêtait à cet effet le mâle d'un petit caleçon imperméable de taffetas ciré), ou si on la filtrait préalablement ; le liquide recueilli sur le filtre était fécondant et pouvait être dilué dans des proportions énormes ; il perdait sa propriété par le chauffage au-delà d'un certain degré. Ces expériences sont un modèle de logique, devant conduire à la conclusion que les spermatozoïdes sont les éléments fécondateurs, ceux dont l'accès à l'œuf est indispensable pour qu'il se développe. Cette conclusion, cependant, SPALLANZANI ne l'a pas tirée, parce qu'il était obscurément par la conception de la préformation, qu'il partageait avec ses amis HALLER et BONNET. Pour lui, au moment de la ponte, les œufs sont déjà des *fetus*, où le jeune animal est réalisé, quoique non apparent ; le rôle de la liqueur séminale devait être seulement de le *manifester*. On voit, sur cet exemple, combien un esprit éminent peut être aveuglé par des conceptions régnerantes. C'est seulement cinquante ans plus tard, en 1824, que PRÉVOST et DUMAS, à Genève, referont (indépendamment de SPALLANZANI) des expériences du même ordre et cette fois concluront au rôle fécondateur des spermatozoïdes, non sans soulever encore des contradictions. Et cependant, SPALLANZANI, se basant sur

ses expériences sur les Batraciens, avait prévu et réalisé la fécondation artificielle de la chienne, en lui injectant du sperme dans les voies génitales femelles.

Dans le bilan du XVIII^e siècle, en ce qui concerne la génération, il faut rappeler encore la belle découverte, établie sur des expériences irréfutables, de la parthénogénèse chez les Pucerons, par Ch. BONNET, à Genève, en 1742.

On voit, par ces trop rapides considérations, le poids dont ont pesé, pendant tout le XVIII^e siècle, à l'encontre de l'observation et de l'expérimentation, des conceptions théoriques arbitraires et erronées. Le XVIII^e siècle n'a été ainsi qu'une étape partielle et incomplète dans l'étude de la génération. Il lui manquait d'ailleurs une notion importante, celle de la valeur exacte des éléments reproducteurs.

LA PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE : LAVOISIER

Nous avons déjà vu quelques naturalistes du XVIII^e siècle, notamment RÉAUMUR et SPALLANZANI, employer la méthode expérimentale et ainsi jeter les bases de la physiologie. Des chirurgiens l'ont fait aussi à l'occasion. POURFOUR DU PETIT, en 1710, lèse, après trépanation, l'écorce cérébrale d'un côté, chez des animaux, et obtient ainsi la paralysie du côté opposé du corps. LORRY, explore, à l'aide de piqûres, la moelle allongée et découvre ainsi le noëud vital. Mais ce sont des trouvailles isolées. A la fin du XVIII^e siècle, au contraire, la physiologie est prête à prendre son essor sous l'impulsion d'un homme de génie, LAVOISIER (1743-1794) (1), qui est non seulement le créateur de la chimie moderne, mais aussi l'initiateur de la physiologie générale.

(1) Voir Ed. GRIMAUD. — LAVOISIER 1743-1749, d'après ses observations, etc. Paris, 1888.

Il a montré, en effet, en 1777, qu'à l'encontre des doctrines de l'antiquité encore persistantes, la respiration n'est pas destinée à refroidir le sang, mais qu'elle est une combustion effectuée à l'aide de l'oxygène de l'air et produisant de l'acide carbonique et qu'à l'oxydation du sang dans le poumon correspond son changement de couleur, comme l'avait déjà vu l'Anglais LOWER, en 1669. La respiration lui apparaît dès lors comme la base de la chaleur animale et, avec le grand mathématicien LAPLACE, plus tard avec SÉGUIN, il en fait une magistrale étude expérimentale. Il saisit le lien fondamental des fonctions de digestion, respiration et transpiration, grâce auxquelles se règle la température du corps et est assuré l'équilibre dynamique de l'organisme. Les aliments sont, suivant sa pittoresque expression, l'huile fournie à la lampe, qui s'éteindrait faute de nourriture. Par ces magnifiques recherches, basées sur une expérimentation aussi simple que rigoureuse et complètement exempte de spéculations creuses, LAVOISIER a fixé une des grandes étapes de la Biologie.

Il aurait été certainement plus loin, si la Révolution n'avait pas fait tomber cette tête géniale. Dans le programme d'un prix proposé par l'Académie des Sciences, pour 1794, — la suppression de l'Académie fit avorter le concours, — il mettait en évidence le mécanisme fondamental du cycle général de la matière vivante : « les végétaux, disait-il, puissent, dans l'air, l'eau et le règne minéral, les matériaux nécessaires à leur organisation ; les animaux se nourrissent de végétaux ou d'autres animaux, qui, eux-mêmes, se sont nourris de végétaux ; enfin, la fermentation, la putréfaction et la combustion rendent perpétuellement à l'atmosphère et au règne minéral les principes que les végétaux et les

animaux leur ont empruntés. Par quels procédés, ajoute-t-il, la nature opère-t-elle cette merveilleuse circulation entre les trois règnes ? C'est ce que, pour la plus large part, PASTEUR devait montrer au XIX^e siècle.

**

Il reste, pourachever le bilan de l'époque que nous étudions, à enregistrer les progrès de l'histoire naturelle descriptive. Le nombre des formes animales et végétales connues n'avait pas cessé de s'accroître depuis la Renaissance, tant en Europe qu'au Nouveau Monde et sous les tropiques gravénellement explorés par des voyageurs, sous l'attract de l'or ou des épices. La nécessité de classer toutes les formes ainsi découvertes conduisit progressivement à une notion précise du genre et de l'espèce. Elle se concrétise peu à peu au XVIII^e siècle avec G. BAUHIN, avec MORRISON et John RAY, en Angleterre, TOURNEFORT, en France, et d'autres. Au XVIII^e, LINNÉ (1707-1778) couronna tous ces efforts, en consacrant et subordonnant l'une à l'autre les notions de genre et d'espèce, en zoologie et en botanique et en établissant la nomenclature binominale, qui constituait un langage approprié, encore régnant aujourd'hui. La 10^e édition de son *Systema naturae* (1758) reste la base universellement adoptée pour la dénomination des animaux et des plantes et le système linnéen a permis de mettre et de maintenir de l'ordre dans la masse énorme des espèces successivement décrites.

Mais la description méthodique et la nomenclature ne suffisent pas à établir les affinités des espèces et des groupes qu'elles constituent, c'est-à-dire une classification naturelle. Le XVIII^e siècle a fait, à cet égard, un progrès considérable pour la Botanique, grâce aux

travaux des JUSSIEU, les frères Antoine (1686-1758) et surtout Bernard (1690-1777) de JUSSIEU et leur neveu Antoine-Laurent (1748-1836), dont le *Genera plantarum secundum ordinem naturales disposita* (1789) a été la base de la Botanique du XIX^e siècle.

Quelques autres découvertes, en Botanique, au XVIII^e siècle, méritent d'être rappelées ; d'abord celle du mécanisme de la reproduction des plantes. THÉOPHRASTE, dans l'antiquité, a eu l'intuition du rôle des étamines (1) dans la fécondation artificielle du palmier (pratiquée d'ailleurs de temps immémorial dans les oasis) et dans la capricification du figuier. Au XVII^e siècle, CH. DE L'ECLUSE distingue les fleurs du papayer en mâles et femelles ; mais CÉSALPIN, imbu des idées aristotéliennes, refuse encore toute sexualité aux plantes. Le rôle des étamines comme organes mâles fut plus ou moins discerné par divers botanistes, mais les expériences cruciales qui établirent leur nature furent celles de CAMERARIUS, de Tübingen, relatées dans son *Epistola de seu plantarum* (1694). Un demi-siècle plus tard, KÆLREUTER, à Carlsruhe, pratiqua systématiquement des hybridations entre espèces, jetant ainsi les fondements d'une science qui, à notre époque, constitue la Génétique. Si l'on embrasse d'un coup d'œil tout ce qui vient d'être dit sur la période étudiée, on voit l'ampleur des progrès réalisés depuis le milieu du XVII^e siècle par l'application de l'observation sans idée préconçue et de l'expérimentation.

(1) Voici ce que dit TRICOPHRASTE : « On prétend que le fruit du palmier n'atteint pas son complet développement lorsqu'on ne saupoudre pas la fleur femelle avec la poussière de la fleur male. Ce fait est étrange, mais il se rapproche de celui de la capricification des figues. On pourrait presque conclure de là que la plante femelle ne suffit pas à amener le germe à un développement complet. Mais ce phénomène ne doit pas être particulier aux plantes d'une seule espèce ; il doit exister chez tous les végétaux. »

CHAPITRE IV

L'ESSOR DE LA BIOLOGIE DU XIX^e SIÈCLE À L'HEURE PRÉSENTE

Le XVIII^e siècle avait, en quelque sorte, défriché, pour la Biologie, les abords des grandes voies que le XIX^e allait tracer et parcourir à une allure de plus en plus rapide. D'autre part, le domaine géographique de la recherche scientifique, qui, de l'Italie du XVI^e siècle, s'était étendu à l'Europe du XVIII^e, s'est encore énormément accru, et, en particulier, les Etats-Unis d'Amérique sont devenus de nos jours un champ de travail énorme, mettant au service de la Science des moyens matériels quasi-illimités. On pouvait résumer l'œuvre du XVIII^e siècle dans quelques grands noms. Il n'en est plus de même au XIX^e et nous devrons nous borner à caractériser les principaux courants de faits et d'idées, sans pouvoir évoquer directement tous ceux qui en ont été les animateurs.

Fait significatif, le mot de *Biologie* apparaît à l'aurore du XIX^e siècle, en 1802, créé simultanément par LAMARCK, en France, et par TREYIRANUS, en Allemagne. Il implique l'unité des processus de la Vie dans les deux règnes animal et végétal et aussi que les diverses façons de les étudier convergent vers une doctrine fondamentale unique. Deux grandes tendances, déjà existantes auparavant, vont se préciser de plus en plus, auxquelles correspondent des sciences particulières plus ou moins autonomes et des activités de savants de plus

en plus spécialisées, mais qui se rejoignent dans le fond des choses. D'un côté, l'étude de la structure particulière des divers êtres vivants, la *morphologie* (le mot est de GÖETHE, 1807) ; de l'autre, celle de leur fonctionnement, la *physiologie*. La première repose avant tout sur l'observation, et, en pratique, sur celle d'organismes morts et conservés ; elle est surtout d'ordre anatomique et elle aboutit à classer les êtres suivant leurs affinités réelles, résultant de la comparaison minutieuse de leur structure ; ses archives sont les Musées, qui prennent une extension parallèle à son développement.

La *physiologie*, qui allait se constituer véritablement, fixer ses méthodes et se développer au XIX^e siècle, a pour domaine propre l'étude de l'être vivant, par la voie de l'expérimentation. Elle déborde presque toujours l'objet particulier étudié, pour découvrir, à travers lui, des mécanismes s'étendant à tous les organismes, ou au moins à de vastes groupes d'entre eux.

En fait, ces deux courants pratiquement distincts convergent, par la nature même des choses et se complètent mutuellement, fondant la diversité dans l'unité et, aujourd'hui, le terme de *Biologie* tend souvent à caractériser la zone de contact de la morphologie et de la physiologie, où les résultats variés de la première sont envisagés des points de vue unitaires de la seconde. Les nécessités de l'exposition nous conduisent à considérer séparément ces deux domaines.

1. La Morphologie

L'organisation précise et une forme qui la traduit est une des caractéristiques essentielles des êtres vivants et est la base de la distinction des espèces et des groupes. L'inventaire général des espèces

animales et végétales, vivantes et fossiles, n'est pas encore terminé. Nombreuses sont les espèces nouvelles décrites encore chaque année ; mais les grandes lignes sont fixées, grâce à une hiérarchie peu à peu établie entre les groupes d'importance diverse : genres, familles, ordres, classes, embranchements. Si les limites entre les genres et les familles sont encore quelque peu flottantes, l'autonomie des groupes plus élevés est parfaitement nette, parce qu'ils sont séparés les uns des autres par des discontinuités dans l'organisation. L'anatomie comparée, expression de la morphologie, a donc été la base sur laquelle a été édifiée une classification générale rationnelle des organismes, classification dite *naturelle*, c'est-à-dire exprimant leurs affinités réelles. Nous avons vu comment, pour les végétaux, dès le XVIII^e siècle, les JUSSIEU en avaient fixé les grandes lignes, d'après le principe de la subordination des caractères distinctifs ; leur œuvre a été continuée au XIX^e et l'est encore aujourd'hui. Pour les animaux, le problème a été beaucoup plus complexe, du fait de leur diversité bien plus grande et aussi de l'insuffisance des connaissances. Beaucoup de types importants n'ont, en outre, été découverts qu'au cours du XIX^e siècle.

LES FONDATEURS : LAMARCK, CUVIER,
ÉTIENNE GEOFFROY SAINT-HILAIRE

À la fin du XVIII^e, en France, VICQ-D'AZYR (1748-1794), et KIELMEYER, en Allemagne, avaient déjà entrepris la tâche d'établir, sur des principes rationnels, la morphologie animale, en particulier sur la subordination des caractères. Cette tâche a été poursuivie, en France, en Allemagne et en Angle-

M. GAULLETT

terre, par une série de zoologistes, au premier rang desquels se placent Georges CUVIER (1769-1832), Etienne GEOFFROY SAINT-HILAIRE (1772-1844) et LAMARCK (1744-1829). On peut les considérer comme les fondateurs de l'anatomie comparée et de la morphologie générale. Ils en ont formulé les principes (particulièrement les deux premiers) et les ont brillamment mis en œuvre. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, spécialement, a établi celui des *connexions*, c'est-à-dire la constance absolue de la situation topographique réciproque des organes, qui est le guide fondamental en anatomie comparée ; partant de là, il a discerné l'importance majeure de la considération des organes rudimentaires et il a eu l'intuition de la valeur primordiale de l'embryogenie, comme complément et même comme base de l'anatomie. Il est aussi le fondateur de la tératologie. Il a poussé parfois ces idées à l'extrême, en dépassant la portée des faits. C'est ainsi qu'il est arrivé à la conception erronée de l'unité du plan de composition du règne animal et qu'il a cherché à ramener rigoureusement les Arthropodes (Insectes, Crustacés) au plan des Vertébrés. D'où sa célèbre discussion avec CUVIER, en 1830, qui retint l'attention de toute l'Europe savante et où CUVIER n'eut pas de peine à l'emporter.

Georges Cuvier a été incontestablement l'une des plus grandes illustrations de la zoologie. Esprit pénétrant et mesuré en même temps que hardi, clair et positif, attaché aux faits, mais habile à les subordonner et à les grouper, sachant merveilleusement les exposer comme professeur et comme écrivain, il domine par son œuvre tout le début du XIX^e siècle et son influence s'est fait sentir longtemps après lui. Il a tracé les grandes lignes de la classi-

fication du règne animal, le divisant en quatre embranchements, que le progrès des connaissances a conduit à morceler, mais qui marquent une étape importante de la connaissance du règne animal. Il a senti toute la valeur des *corrélations* entre les organes, une partie de l'organisation, dans un groupe donné, permettant ainsi de préjuger de la structure des autres. La dentition d'un Mammifère, par exemple, suffit à identifier le groupe auquel il appartient. Et c'est ainsi qu'étudiant les restes incomplets des Mammifères fossiles de la région parisienne, il a été le génial fondateur de la Paléontologie. Certes, les principes les mieux établis n'ont jamais une valeur absolue et l'application de celui des corrélations, si elle a été souvent révélatrice entre les mains de CUVIER, a conduit aussi à quelques erreurs, apparues par la suite sur des documents plus complets. Mais ces quelques erreurs ne pèsent guère devant la fécondité générale de l'idée. De même, CUVIER, qui se piquait d'être un esprit positif, ne quittant jamais le terrain solide des faits, s'est cependant laissé parfois entraîner par son imagination à des conclusions injustifiées, dépassant la portée des faits. C'est le cas pour son célèbre *Discours sur les Révolutions du Globe* et sa théorie des catastrophes soudaines et générales, anéantissant les faunes et introduisant ainsi des discontinuités dans la succession des êtres, idée qui, d'ailleurs, a été ultérieurement déformée et exagérée par Alcide d'ORBIGNY.

Lamarck a apporté, lui aussi, une contribution de premier ordre à la connaissance du règne animal, dans le domaine des Invertébrés. CUVIER et GEOFFROY SAINT-HILAIRE avaient pris possession de leurs chaires, au Muséum d'Histoire naturelle, en pleine

jeunesse. Lamarck, au contraire, âgé alors de 50 ans, avait déjà derrière lui une carrière féconde de botaniste. C'était un esprit audace et aventureux, formé à l'école de BUFFON et de la philosophie du xvii^e siècle, allant jusqu'au bout des idées, sans se préoccuper suffisamment de la solidité des fondements sur lesquels il construisait et, assez souvent, égaré ainsi dès le départ. Il a été, par exemple, le détracteur de la chimie de LAVOISIER et est resté fidèle aux erreurs qui l'avaient précédée. Dans l'état précaire des connaissances de son époque, il a conçu le fonctionnement général des organismes sur des bases souvent plus que fragiles et il en a tiré des conclusions souvent aussi caduques que hardies ; nous le retrouverons plus tard à propos du transformisme. Mais, à l'encontre de CUVIER, il a eu du passé de la Terre et de la Vie, des intuitions beaucoup plus proches de la réalité et il a été, en Géologie, le précurseur de LYELL et de la théorie des causes actuelles, qui est le fondement de la Géologie moderne.

Ces trois hommes sont, dans l'ensemble, les fondateurs de la morphologie moderne, alors qu'en Allemagne, la philosophie de la Nature allait s'égarter sur des idées métaphysiques dépourvues de toute réalité.

Les plus grands noms de la Zoologie hors de France, dans la génération suivante, se rattachent, en somme, à la voie tracée spécialement par Cuvier : ceux de R. OWEN et Th. HUXLEY, en Angleterre ; de K. VON BAER et de Joh. MÜLLER, en Allemagne, ce dernier avec des tendances plus physiologiques et d'ailleurs entachées de vitalisme.

L'EXPANSION DE LA ZOOLOGIE : LA ZOOLOGIE MARINE ET L'OCEANOGRAPHIE

Une des directions où la zoologie du xix^e siècle s'est le plus étendue est l'étude des faunes marines. Déjà, au xviii^e siècle, une série d'expéditions maritimes avaient été envoyées dans les mers australes et particulièrement dans le Pacifique, celle de BOUCAINVILLE, dont le passage à Tahiti avait eu un grand retentissement, de LA PÉROUSE, disparue en 1787, les voyages de COOK, etc. Toute une série d'expéditions françaises, à la fin du xvii^e et dans les premières décades du xix^e, ont suivi les mêmes routes et rapporté des matériaux abondants et précis. L'Angleterre faisait de même. D'autres expéditions de diverses nationalités s'engageaient dans l'Arctique, à la recherche du passage du N.-O. et du pôle.

Dans la seconde moitié du xix^e siècle, cette série s'est continuée, sur des programmes plus spécialement zoologiques, pour explorer les abysses, où l'existence d'une faune avait été révélée, vers le milieu du siècle, par la pose et l'entretien de câbles télégraphiques. La plus célèbre et la plus fructueuse fut celle du *Challenger* (1873-1876). Les Etats-Unis participèrent à ce mouvement par une série de grandes expéditions auxquelles sont particulièrement attachés les noms de DANA et d'AL. AGASSIZ (*Blake*, *Albatross*). Parmi les expéditions allemandes, il faut retenir surtout celle du *Valdivia*, dirigée par C. CHUN, et la *Plancton-Expedition*, consacrée spécialement à la faune flottante. Enfin, depuis le début du xx^e siècle, c'est vers la région antarctique qu'une série de grandes expéditions

a été organisée (le *Gauss* et d'autres, par l'Allemagne ; la *Belgica*, par la Belgique ; le *Pourquoi-Pas*, par la France, des expéditions anglaises, américaines et australiennes). Cette exploration intensive des grands fonds océaniques, et des régions lointaines a considérablement étendu la zoologie, non seulement dans la connaissance des formes adultes, mais aussi des formes larvaires et, parmi les plus récentes, celles organisées par le Danemark, avec Jos. SCHMIDT, a notamment résolu le problème de la reproduction de l'Anguille, en rapportant, en même temps, d'énormes et précieux matériaux, encore actuellement à l'étude.

Non moins féconde a été l'étude des faunes côtières ; déjà quelque peu pratiquée au XVIII^e siècle (RÉAUMUR en particulier en avait tiré nombre de résultats intéressants, et PEYSSONEL avait, dès 1723, établi la nature animale du corail), elle a été entreprise, après 1830, par H. MILNE EDWARDS sur les côtes de France, poursuivie sur les côtes européennes et méditerranéennes par de nombreux zoologistes, parmi lesquels il faut citer H. DE LACAZE-DUTHIERS, par les zoologistes napolitains, en particulier DELLE CHIAJE. De là est sortie, après 1860, l'organisation féconde de Stations zoologiques fixes en tous pays : en France (Roscoff, Concarneau, Wimereux, Banyuls, Alger, etc.), en Angleterre (Plymouth), en Allemagne (Helgoland), en Italie (Naples, organisée par l'Allemand Ant. DÖRRN et qui a eu une ampleur particulièrement marquée ; Messine), en Suède et en Norvège (Bergen), aux Etats-Unis (Wood's Hole, San Diego, Seattle, etc.), dans l'Inde et au Japon, etc. Il y a maintenant des stations zoologiques marines dans tous les pays et les travaux qu'elles ont permis ont apporté, non seulement à la connaissance systématique des animaux marins, mais aussi à

tous les problèmes de biologie générale, posés par leur développement et leur reproduction, une contribution dont l'ampleur et la fécondité ne sauraient être exagérées. La biologie marine est une des caractéristiques du XIX^e siècle, et la vie marine, beaucoup plus variée que la vie terrestre, offrant dans le domaine de l'embryogénie, en particulier, des possibilités très vastes, a été un champ d'études particulièrement précis et suggestif. Nombre de grands problèmes biologiques doivent à cette orientation d'avoir été posés et résolus ; la fécondité de ces recherches est loin d'être épuisée.

L'expansion politique et coloniale de l'Europe a eu, sur la Zoologie et la Botanique, une influence non moins favorable. L'expédition de BONAPARTE en Egypte, en 1798, a été l'occasion d'une grande étude scientifique de ce pays, à laquelle se rattachent, pour la zoologie, les noms d'ET. GEOFFROY SAINT-HILAIRE et de J.-C. SAVIGNY. Celle de Morée, en 1828, a suivi la même tradition ; l'Algérie, la Tunisie ont été plus tard l'occasion de travaux du même ordre. Les Indes néerlandaises et toute la Malaisie, l'Inde ont attiré nombre de zoologues et de botanistes et fourni des documents du plus haut intérêt. En 1898-99, l'expédition hollandaise du *Siboga*, organisée par MAX WEBER, a été particulièrement fructueuse. L'Indochine française a été le théâtre d'explorations zoologiques et botaniques importantes. À Java, TRÉUB avait organisé le grand jardin botanique de Buitenzorg, où sont venus travailler de nombreux botanistes et zoologues. De même, toutes les parties de l'Afrique tropicale et le Congo belge ont actuellement leurs laboratoires et leurs Parcs zoologiques et botaniques. Les problèmes relatifs à l'hygiène en ces pays ont été la source d'innombrables et importantes recherches et publi-

cations biologiques. Le percement du canal de Panama et la formation du lac artificiel de Gatun ont provoqué, dans une île de ce lac, l'organisation de la Station biologique de Barro-Colarado, particulièrement propre à l'étude de la biologie terrestre tropicale. Toute la Terre est devenue ainsi, avec le XIX^e siècle, un vaste champ d'études zoologiques et botaniques, qui ont démesurément agrandi les horizons de ces sciences. Des pays nouveaux sont devenus des foyers scientifiques actifs ; au premier rang figure le Japon.

LA PALÉONTOLOGIE

Le XIX^e siècle a ajouté à la documentation zoologique et botanique, tirée du monde actuel, un complément d'inestimable valeur, par la paléontologie, c'est-à-dire par l'étude des faunes et des flores des époques antérieures de la planète.

Les fossiles, très abondants dans certains dépôts géologiques, ont été observés dès l'antiquité, mais quelques esprits seulement en avaient reconnu la nature réelle et la valeur, notamment HÉRODOTE et STRABON ; à la Renaissance, Bernard PALISSY, FRACASTOR, Léonard DE VINCI ; au XVII^e siècle, SNÉNON et LEIBNIZ ; au XVIII^e, RÉAUMUR, BUFFON et un certain nombre de leurs contemporains ; c'est de cette dernière époque que datent les premières études précises à leur sujet. Mais la Paléontologie ne se constitue comme science qu'avec le XIX^e siècle ; ses créateurs sont : CUVIER, GEOFFROY SAINT-HILAIRE et LAMARCK pour les animaux, Ad. BRONGNIART pour les plantes. CUVIER met en valeur les Mammifères fossiles de la région parisienne, ainsi que des Reptiles. Son génie les interprète et les

replace dans la classification zoologique actuelle. Ses travaux paléontologiques, réunis dans ses *Mémoires sur les Ossements fossiles* (auxquels le *Discours sur les Révolutions du globe* sert d'introduction), est le premier grand ouvrage de Paléontologie (il a eu trois éditions, de 1812 à 1826) et crée un courant de recherches qui n'a fait que s'amplifier de plus en plus. GEOFFROY SAINT-HILAIRE a étudié surtout des Reptiles fossiles, LAMARCK a fait, pour les Invertébrés (Mollusques et Brachiopodes), une œuvre parallèle, dans son *Histoire naturelle des végétaux fossiles* d'Ad. BRONGNIART (fils d'Alex. BRONGNIART, le collaborateur de CUVIER), constitué, en 1828, les cadres généraux de la paléontologie végétale. La Paléontologie, dans ses origines, est une science française. Elle a un double aspect : d'une part, celui qui nous intéresse ici, zoologie et botanique du passé, indispensables à l'interprétation de la Nature actuelle ; d'autre part, combinée avec l'étude de la disposition des sédiments (stratigraphie), elle sert au géologue de points de repère pour dater les terrains qui renferment les fossiles. A chaque époque géologique correspondent une flore et une faune particulières et ainsi peut être établi le synchronisme de dépôts de constitution différente et situés dans des régions, parfois dans des continents distincts. La Paléontologie, en fait, s'est développée parallèlement à la Géologie. Vieille maintenant d'un peu plus d'un siècle, elle a produit déjà un grand nombre de savants illustres. Il suffira de citer, pour la paléontologie des Véritébrés, parmi les protagonistes, en France : Albert GAUDRY, Ch. DÉPÉRET, M. BOULE ; aux Etats-Unis : COPE, MARSH, LEDY, OSBORN, SCOTT ; en Angleterre : OWEN, T. HUXLEY ;

en Russie : W. KOWALEWSKY ; en Belgique, Dollo, qui a étudié les fossiles en se préoccupant partiellement de leur mode de vie, constituant ainsi une *Paléobiologie*, dont, après lui, O. ABEL est actuellement le plus brillant représentant. Pour les Invertébrés, les paléontologistes remarquables sont legion. Je me bornerai à rappeler, en France, les noms d'Alcide D'ORBIGNY, de BARRANDE, de MUNIER-CHALMAS, d'H. DOUTILLEU. De même, la paléontologie végétale a fourni nombre de grands découvreurs, tels qu'en France : B. RENAULT, Cyr. GRAND'EURIY, de SAPORTA, ZELLER, etc.

Si abondants que soient actuellement les documents paléontologiques (1), ils ne nous révèlent qu'une infime partie de ce qui a vécu. Il faut des circonstances tout à fait exceptionnelles pour qu'un être donné soit fossilisé, même s'il renferme des parties minérales dont la conservation est plus facile et, à plus forte raison, s'il n'a pas de squelette ou de carapace. Parfois cependant, grâce aux conditions spéciales du dépôt des sédiments, nous retrouvons, dans un état de conservation stupéfiant, des organismes délicats, ou des parties d'organismes, dont nous pouvons étudier la structure fine presque aussi bien que sur les êtres actuels à l'aide des meilleures techniques. Les sédiments nous permettent d'atteindre des formes qui ont vécu à une distance de nous dans le temps de l'ordre d'un milliard d'années et, cependant, nous sommes loin d'accéder ainsi à l'origine de la Vie sur le globe. Nous n'avons accès qu'à un monde biologique déjà très vieux. Nous voyons se succéder une série d'époques de durées inégales, dont chacune a sa faune et sa flore, qui

s'enchaînent régulièrement et, par des transitions assez ménagées, nous conduisent graduellement au monde actuel. Mais les grandes lignes du règne animal sont déjà tracées aux époques les plus anciennes et les divers groupes sont séparés les uns des autres par des discontinuités de l'ordre de celles que nous constatons aujourd'hui. Le nombre des formes réellement intermédiaires, — comme l'*Archaeopteryx* (du Jurassique) entre les Reptiles et les Oiseaux, — est extrêmement réduit. On connaît, d'une part, des types qui n'ont pour ainsi dire pas changé depuis les époques les plus anciennes (tels les Nautiles — depuis le Silurien — qui représentent, dans les Mollusques Céphalopodes, un des sommets des Invertébrés, les Lingules parmi les Brachiodépodes, les Scorpions). Quelques groupes seuls semblent avoir différencié tardivement (comme les Mammifères, au Tertiaire, tout en ayant derrière eux un long passé à peu près totalement inconnu). Le règne végétal, dont nous connaissons très mal les origines, semble avoir évolué, dans son ensemble, plus tardivement, encore que les Cryptogames vasculaires soient déjà bien caractérisés au début de l'ère primaire. Nous saisissons, à la fin de celle-ci, le passage de ces plantes aux Phanérogames (avec les Ptéridospermes) et les Angiospermes, actuellement prédominants, ne se montrent guère qu'à la fin du Jurassique, ou au début du Crétacé.

Mais, en somme, la plupart des types animaux ou végétaux remontent à un passé extrêmement lointain : nous ne les trouvons, en fait, qu'alors qu'ils sont déjà très vieux et nous ne les voyons pas subir de transformations fondamentales. Ce qui est peut-être le plus frappant, c'est, dans le cadre des grands groupes actuels, le nombre considérable de types, classes, ordres, familles, qui, après avoir

(1) Cf. M. BOULÉ et J. PIVETEAU. *Les fossiles. Éléments de Paléontologie*, Paris, 1935.

tenu une place considérable, ont complètement disparu : Echinodermes de l'époque primaire (Blastoïdes, Cystides), Ammonites et Bélemnites du Secondaire, toute une série d'ordres de puissants Reptiles, etc. De même, dans le règne végétal, il suffit de songer aux Cryptogames vasculaires arborescentes de l'époque houillère, ou, au début du Secondaire, au rôle joué par les Cycadées et les Ginkgoacées, aujourd'hui si réduits. Si fragmentaires que soient les documents paléontologiques dont nous disposons, par rapport à ce qui a réellement existé, leur révélation a élargi, cependant, beaucoup notre connaissance générale de la Vie sur la Terre et l'on peut encore, à cet égard, attendre beaucoup des trouvailles de l'avenir.

LA CONSTITUTION ÉLÉMENTAIRE DES ORGANISMES :

THÉORIE CELLULAIRE ET CYTOLOGIE

Le XIX^e siècle a vu s'accomplir une des étapes majeures de la Biologie, l'édification de la théorie cellulaire. Il a acquis la notion de la *cellule* et, avec elle, il a atteint l'unité structurale de tous les organismes, animaux et végétaux, acquisition primordiale pour la compréhension de la Vie.

Jusque-là on n'avait guère considéré l'organisme que dans son ensemble. Seuls quelques précurseurs avaient visé à en atteindre les éléments. LEEUWENHOEK, par exemple, dans ses investigations microscopiques, avait aperçu les globules sanguins et, dans ceux des Batraciens, il avait même entrevu, sans pouvoir en comprendre la valeur, une formation vésiculaire qui est le noyau. Il avait vu aussi

les fibres musculaires (cf. fig. 2, p. 29). Avant lui, en 1667, Rob. Hooke, plus physicien que naturaliste, faisant des sections minces du liège, avait constaté qu'il était formé par une aggrégation

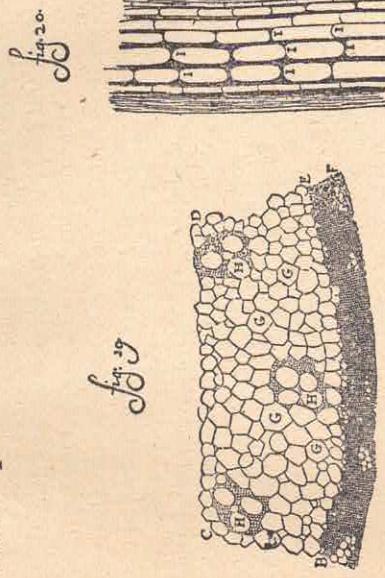


Fig. 6.— Structures cellulaires végétales figurees par LEEUWENHOEK
(lettre 29, 1679)

Fig. 19. Portion de coupe transversale d'une tige de Graminée (*ceulisdam straminis in transversum discissae*) ; *ABEP*, écorce ; *G*, vaisseaux ; *H*, autres vaisseaux mêlés aux précédents [*undiqueque repletæ exiguæ vacuolis* ; *in hec massa liquore, tempore quo stramen incrementum sole capere, rapidissime nidi influentem, etc.*] *fig. 20.* Coupe longitudinale des éléments *G* de la *fig. 19*. (*III* est *vulnularum locus, ibique massa sunt omnium angustissima*).

de petites cavités séparées par des cloisons et disposées comme les alvéoles d'un gâteau de cire ; il avait appelé ces alvéoles des *cellules* et il les avait figurées (1). MALPIGHI, en 1675 (2), représente

(1) Ces figures, d'ailleurs très grossières, sont reproduites dans les *Leçons sur la Cellule*, de L. F. HENNEQUY (1896, p. 4-5).

(2) *Anatomie plantarum, cui subjuncta appendix Iteratus et auctor ejusdem authoris de ovo incubato observationes continens* (un vol. in-10, Londres, 1675). Les planches 1-7 de l'appendice constituent un atlas très complet et très fidèle du développement du poulet depuis l'œuf.

très fidèlement, non seulement des cellules, mais les divers tissus végétaux (liber, bois, assises génératrices) et il en est de même de LEEUWENHOEK, comme le prouve la fig. 6 (et aussi la représentation de la racine de *Lemna*, fig. 2, p. 29). On s'étonne même que l'étude des tissus végétaux n'ait pas été immédiatement approfondie. C'est seulement au début du XIX^e siècle que le botaniste français MIRBEL porta son attention sur ces formations ; il les retrouva, en 1831, dans des Mousses inférieures, les Hépatiques, où il aperçut même les noyaux. TREVIRANUS, en 1808, et MEYEN, en Allemagne, un peu plus tard, DURROCHET et TURPIN, en France, en reprirent l'étude et formulèrent l'idée que les végétaux étaient des associations de cellules. DURROCHET étendit même cette conception aux animaux. TURPIN, en 1826, publia un mémoire dont le titre est significatif : *Observations sur l'origine et la formation primitive du tissu cellulaire, sur chacune des vésicules de ce tissu, considérées comme autant d'individualités distinctes ayant un centre vital de végétation et de propagation et destinées à former, par aggrégation, l'individualité composée de tous les végétaux dont l'organisation de la masse comprend plus d'une vésicule.* Ce titre énonce tout l'essentiel de la théorie cellulaire. En 1831, le botaniste anglais, Rob. BROWN, dans les cellules des poils staminaux des fleurs de *Tradescantia*, et dans l'épiderme des Orchidées, signala enfin la présence régulière et constante d'un corps sphérique différencié, qu'il appela le *noyau de la cellule*.

A cette même époque, le microscope composé était l'objet de progrès importants, en réalisant pour les lentilles de l'instrument, des combinaisons achromatiques, obtenues, depuis 1757, pour les lunettes

astronomiques. Cela permettait d'employer des grossissements de 400 à 500 diamètres, qui allaient permettre d'étudier, dans de bonnes conditions, la structure des organes.

D'autre part, au seuil même du siècle, BICHAT (1771-1802), trop tôt disparu, avait jeté les bases d'une science nouvelle, qui allait être l'histologie animale ; il publiait, à la veille de sa mort (1801), son *Anatomie générale appliquée à la physiologie et à la médecine*, dans laquelle il montrait que les divers organes sont constitués par des *tissus*, qui en forment les éléments et qu'il mettait en évidence, sur le cadavre, par des moyens divers : dessication, macération, coction, action des acides et des alcalis, etc. « La chimie, écrit-il, a ses corps simples... » l'anatomie a ses tissus simples, qui, par leurs combinaisons, forment les organes. » La mort l'a empêché d'atteindre à l'élément commun à tous ces tissus et l'a arrêté au seuil de cette science nouvelle, l'*Anatomie générale*.

En 1824, PRÉVOST et DUMAS, reprenant les expériences de SPALLANZANI, réalisent la fécondation de l'œuf de Grenouille et en aperçoivent la fragmentation progressive (nous disons maintenant la *segmentation*), en une série de sphères, dont ils ne saisirent pas la valeur précise, ne voyant en elles qu'un morcellement sans signification définie. C'étaient, en réalité, des cellules. En 1825, PURKINJE, observant l'œuf jeune de la Poule dans l'ovaire, y décrivait une sphère claire qu'il appelait la *vésicule germinative* et qui est, en réalité, le noyau. Enfin, en 1827, guidé par les constatations de PRÉVOST et DUMAS dans un excellent travail, un peu antérieur (1825), K. VON BAER, dans les follicules de Graaf de l'ovaire de la Chieme, distinguait l'œuf véritable

des Mammifères (1) et, quelques années plus tard, en 1834, COSTE y retrouvait la vésicule de Purkinje c'est-à-dire le noyau.

D'autre part, en 1835, Félix DUVARDIN, un des premiers à utiliser avec maîtrise le microscope récemment perfectionné, et l'un des fondateurs de l'étude des Protozoaires, étudiait, — notamment chez un Foraminifère, la Gromie et chez l'Amibe, — la substance vivante constituant ces êtres simples. Il lui donnait le nom expressif de *sarcide* (auquel s'est substitué, plutôt faussement, celui de *proto-plasma*, proposé par le botaniste H. von MOHL, en 1846). « Substance glutineuse, disait-il, insoluble dans l'eau, se contractant en masses globuleuses, s'attachant aux aiguilles de dissection et se laissant étirer comme du mucus, enfin se trouvant, dans les animaux inférieurs, interposée aux autres éléments de structure. »

C'est par ces deux séries d'observations, les unes sur les végétaux, les autres sur les animaux, que peu à peu avaient été reconnus les éléments de la cellule. La théorie cellulaire, elle-même, fut formée de façon dogmatique, en 1838, par le botaniste allemand SCHLEIDEN : « La cellule, dit-il, est un petit organisme. Chaque plante, même les plus élevées, est un agrégat de cellules complètement individualisées et ayant une existence propre. » L'anatomiste SCHWANN, en 1839, étendait cette

notion aux animaux, chez lesquels divers auteurs, VALENTIN, Joh. MÜLLER, HENLE, venaient, dans les mêmes années, d'apercevoir la structure cellulaire, telle que la décrivaient les botanistes, dans les épithéliums, les glandes, la corde dorsale, etc.

SCHLEIDEN et SCHWANN attribuaient une importance trop grande à la membrane et ils introduisaient, quant à la formation des cellules, des idées erronées. Ils concevaient, en effet, la formation des cellules comme une sorte de cristallisation au sein d'une substance mère, le *cytoblastème*, autour de granules, centres de concentration produisant des vésicules. Le granule initial était le nucléole, la vésicule formée, le noyau ; la cellule n'était vraiment réalisée que par la différenciation ultérieure de la membrane. Ces idées ont persisté jusqu'après 1870. Toutefois, en 1854, Max SCHULTZE définit la cellule « une petite masse de protoplasme renfermant un noyau », et, en 1855, R. VIRCHOW formule l'aphorisme « *Omnis cellula e cellula* », toute cellule provient d'une cellule antérieure.

Sur la base des diverses données précédentes, les observations se multiplientent en vue de ramener la constitution des divers tissus et organes à la structure cellulaire. L'histologie se développa très rapidement, grâce à la création et au perfectionnement de techniques spéciales de coloration élective du noyau et des autres parties de la cellule, après fixation par des réactifs appropriés, ou de dissociation des tissus, d'imprégnation de la membrane cellulaire par les sels d'argent et d'or, etc. Une technique s'élabora, en particulier, pour inclure les tissus dans des milieux solides très homogènes (paraffine, celloïdine), où ils peuvent être débités en coupes séries n'ayant que quelques millièmes de millimètre d'épaisseur, à l'aide de micromotomes qui ont

M. CAUVILLERY

(1) Dans sa célèbre lettre à l'Académie des Sciences de Saint-Pétersbourg, où il annonce sa découverte (1827), BAUER est encore influencé par l'idée ancienne que la vésicule de Graaf est l'œuf. Il la considère, dans ses conclusions, comme l'*œuf maternel renfermant l'œuf fétal*. « Les Mammifères, dit-il, ont donc un œuf dans l'œuf, ou, s'il m'est permis de me servir de cette expression, ils ont un œuf placé à la seconde puissance. » On voit là le poids dont pesent les idées reçues. C'est COSTE qui, en 1834, a éliminé cette singulière conception et définitivement identifié sans réserve l'œuf proprement dit et y a discerné les éléments qu'en font une cellule ; membrane, masse granuleuse (vitellus) et vésicule de Purkinje (noyau).

acquis une grande perfection. Par ces diverses techniques, toutes les questions, dans l'ordre de la structure, ont pu être étudiées à l'échelle cellulaire. Parmi les nombreux prospecteurs de l'histologie, je rappellerai le nom de KÖLLIKER et, à Paris, celui de RAVVIER, qui a su ne pas séparer la structure de la fonction et a été ainsi le créateur de l'histophysiologie. Il est impossible d'entrer ici dans le détail des progrès de l'histologie. Par elle a été déchiffrée et analysée la constitution de tous les tissus, en particulier des plus spécialisés, comme le tissu musculaire, le tissu nerveux et leurs connexions réciproques. En ce qui regarde le tissu nerveux, le plus complexe de tous, les progrès décisifs ont été dus à des techniques spéciales, auxquelles se rattachent les noms de RAVVIER, WEIGERT, NISSL, RETZIUS, APATHY, Golgi et surtout RAMON Y CAJAL, qui a définitivement établi l'individualité et les connexions des cellules nerveuses, ou *neurones*, suivant le terme créé par WALDEYER. Aujourd'hui, d'un bout à l'autre des deux règnes, tous les tissus, tous les organes, sont intégralement ramenés à la structure cellulaire. Elle est à la base de toutes les fonctions de l'organisme, quel qu'il soit. La Biologie moderne est la biologie cellulaire.

Un point capital de la théorie cellulaire est la formation de nouvelles cellules. Sur ce point, SCHLEIDEN et SCHWANN ont complètement erré. Les cellules dérivent, en réalité, les unes des autres par division. Cette division ne fut bien analysée qu'après 1870. Dans de rares cas, elle résulte simplement d'une élongation et d'un pincement simultanés du corps cellulaire et du noyau, c'est la division dite directe. Dans le cas général, celui de la division dite indirecte, le processus est beaucoup plus complexe et a reçu les noms de *mitose* ou

caryocinèse (1). Elle est déclenchée par des transformations du noyau. Celui-ci semble disparaître ; sa membrane se résorbe et son contenu se résout en un certain nombre de corps (nombre fixe dans tous les tissus de chaque espèce ; désignons-le par 2^n), prenant fortement les colorations basiques, ce sont les chromosomes. Ceux-ci sont des unités, apparentes seulement au moment de la division, mais que de nombreuses raisons amènent à supposer en réalité permanentes, sans être visibles. Au moment de la division, chaque chromosome se fend en deux longitudinalement et leurs moitiés ainsi formées se dirigent en sens opposés, vers deux pôles d'une figure formée de filaments très fins disposés en une sorte de barillet. Arrivés à ces deux pôles, chacun de ces deux groupes de 2^n chromosomes fils se reconstitue en un noyau nouveau et, en même temps, la cellule mère se divise par une cloison équatoriale en deux cellules filles. On peut donc compléter l'aphorisme de VIRCHOW par la formule *Omnis nucleus e nucleo*. Ce processus complexe n'a été analysé et généralisé que très progressivement, de 1870 à 1880, pour une large part, grâce à l'étude de la fécondation de l'œuf. Le mérite de l'avoir définitivement décrit et compris revient à deux biologistes allemands, le botaniste Ed. STRASBURGER et l'anatomiste W. FLEMMING. STRASBURGER, en particulier, a pu, le premier, en suivre *in vivo* toutes les phases (sur les cellules des poils des étamines de *Tradescantia*) ; la même étude *in vivo* a été faite sur de nombreux œufs d'animaux, sur des cellules épithéliales et sur les globules blancs des Batraciens ; plus récemment, tout ce processus a été cinémato-

(1) Ce terme, aujourd'hui consacré, est dû à W. SCHLEICHER (*Arch. f. mikr. Anat.*, t. 16, 1879, p. 262).

graphié. Nous verrons plus loin l'importance fondamentale de ces phénomènes pour l'étude du développement et de l'hérédité. Des travaux quasi innombrables ont été publiés, depuis 1880, sur la caryocinèse chez les animaux et chez les plantes (1).

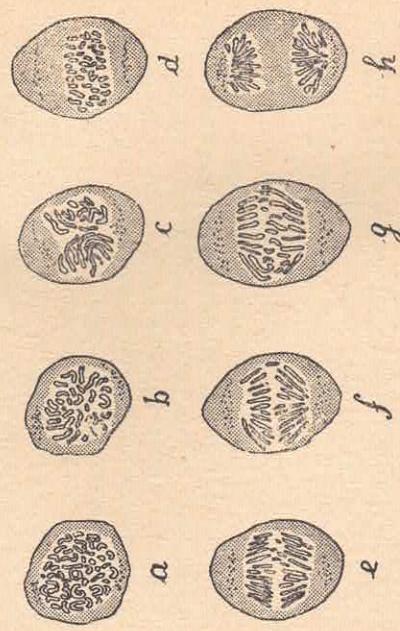


Fig. 7. — Les phases de la caryokinèse suivies *in vivo* sur une cellule épithéliale de la queue d'une larve de Salamandre. A partir du début : a, 1/2 h.; b, 1 h. 1/2; c, 2 h.; d, 2 h. 3/4; e-g, 3 h.; h, 3 h. 5' (FLEMMING, 1879, Arch. f. mikr. Anat., t. 19).

On comprend que tous les problèmes biologiques se posent, en dernière analyse, à l'échelle cellulaire. Toutes les fonctions ont un substratum cellulaire. C'est la cellule qui assimile, respire et élimine, réalise les synthèses et les dégradations de substances, directement ou par des agents qu'elle produit. L'étude de la vie de la cellule elle-même est

devenue une science particulière, la *Cytologie*, aujourd'hui en pleine expansion et qui est un des aspects fondamentaux de la biologie contemporaine. La cytologie a d'ailleurs ses laboratoires, ses traités (1), ses périodiques spécialisés et est, à elle seule, un vaste domaine.

La cytologie s'est développée et se développe principalement par l'observation, mais elle est devenue aussi, plus récemment, une science expérimentale. On analyse maintenant beaucoup de processus cellulaires, en les modifiant par des interventions variées. Je me bornerai ici à signaler qu'on a réussi à cultiver *in vitro* et à faire se multiplier indéfiniment les cellules des organismes supérieurs. L'expérience initiale dans cette direction appartient au biologiste américain R. G. HARRISON (sur les cellules nerveuses des embryons de Salamandre) ; la culture, proprement dite, réalisée en premier lieu sur des tissus d'embryons de poulet, est l'œuvre d'Alexis CARREL. Les tissus ainsi cultivés deviennent pratiquement immortels. CARREL a pu en faire se continuer la culture pendant plus de vingt ans, bien au-delà des limites de la vie d'une poule, sans que la vigueur et la capacité de multiplication des éléments ait faibli. On voit, par cet exemple, à quelles problèmes d'une exceptionnelle importance a mené l'étude de la cellule.

L'ŒUF ET LA FÉCONDATION

Un chapitre particulièrement important de la cytologie est l'étude de l'œuf et de la fécondation.

(1) On trouvera des exposés détaillés de la caryokinèse dans de nombreux traités (en particulier dans L. F. HENNEQUY, *Leçons sur la cellule* (Paris, 1896) et dans E. B. WILSON, *The cell in development and inheritance*, New York, 3^e éd., 1925).

(2) Voir, par exemple, A. GUILLERMOND, G. MANGENOT et L. PLANTEFOU, *Traité de Cytologie végétale*, Paris, 1923.

Il offre, dans ses lignes générales, une parfaite unité dans toute l'étendue des deux règnes et il a apporté une base positive à l'étude du problème de l'hérédité. Il y a, là aussi, une étape majeure de la biologie, parcourue de 1870 à l'époque présente.

Ex ovo omnia, inscrivait déjà, d'une façon quasi prophétique, comme nous l'avons vu, W. HARVEY, en 1651, au frontispice de ses *Experiments de generatione animalium*. Cet aphorisme n'a pris toute sa signification que par la théorie cellulaire. L'œuf, stade initial de tous les êtres, est une cellule, — comme COSTE allait le formuler explicitement en 1847 (1), — mais une cellule toute particulière, en ce qu'elle résulte de la fusion, par la fécondation, de deux éléments ayant chacun la valeur d'une cellule : les deux gamètes, le gamète femelle, ou oocyte (*oosphère* chez les plantes) et le gamète mâle, ou spermatozoïde (*anthérozoïde* chez les plantes). La fécondation résulte de la pénétration du gamète mâle dans le gamète femelle. Nous avons vu la découverte des spermatozoïdes par LEEUWENHOEK, en 1677, et les controverses auxquelles elle avait donné lieu pendant plus d'un siècle. C'est seulement dans la seconde moitié du XIX^e siècle qu'a été observée, sous le microscope, la pénétration du gamète mâle dans le gamète femelle : pour les plantes, en 1854, par le botaniste français THUNER, chez des algues brunes, communes de nos côtes, les *Fucus* ou

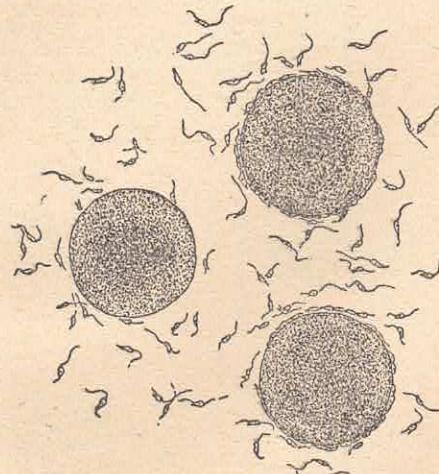


Fig. 8. — La fécondation chez *Fucus vesiculosus* (THUNER, 1854, Ann. Sci. nat., Botan., ser. 4, t. 2). 3 oosphères autour desquelles tourbillonnent des anthérozoïdes

l'opération commence. Il consiste en une succession de divisions cellulaires, isolant successivement 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128 cellules, etc., sous forme de petites sphères, comme PRÉVOST et DUMAS l'avaient constaté, en 1824, sur l'œuf de grenouille, sans en comprendre, à l'époque, la signification cellulaire. Ces cellules, d'abord semblables entre elles et de plus en plus petites, se différencient ensuite par groupes en les ébauches des organes de l'embryon. Le processus revêt des formes variées, en relation surtout avec les dimensions de l'œuf, c'est-à-dire avec

(1) Victor COSTE, *Histoire générale et particulière du développement des êtres organisés*. « La science moderne, en débarrant l'analogie qui existe entre l'œuf de l'homme, des mammifères et celui des ovipares, entre la cellule et l'œuf lui-même, consacre le vieil adage, *omne oviuum ex ovo* et lui donne tous les caractères d'une démonstration expérimentale. Ce que le grand Harvey ne pouvait exprimer, en effet, que comme une vue hardie de l'esprit, ou une généralisation prématûre, nous pouvons le dire aujourd'hui comme l'incontestable résultat de nos expériences et de nos dissections ; tout ce qui est vivant peut se développer d'une cellule ou d'un œuf. »

l'abondance des substances de réserve (*vitellos*) qui y sont incorporées.

La fécondation et le développement de l'œuf ont

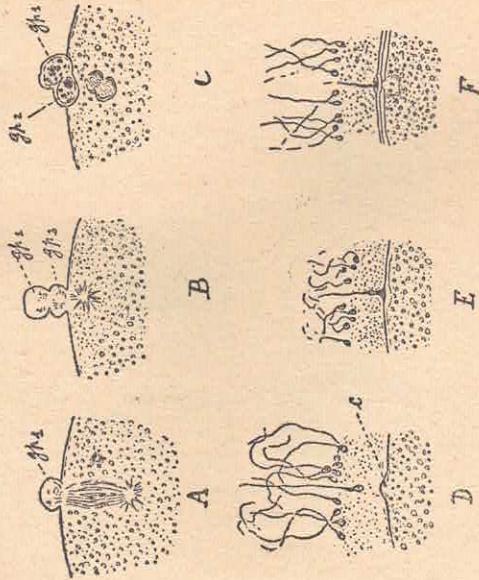


Fig. 9 — La première observation *in vivo* la pénétration (*D, E, F*) du spermatozoïde dans l'œuf chez une Etoile de mer (*Astéria glacialis*)
En haut (*A, B, C*), l'émission des globules polaires (Herm., For., 1877, Arch. Sci. Phys. Nat. Genève, t. 58).

été maintenant étudiés et suivis en détail sur un nombre énorme d'animaux et de plantes, dans tous les groupes, des Mammifères aux Invertébrés les plus inférieurs, des plantes supérieures aux Mousses et aux Thallophytes (algues et champignons). Un seul spermatozoïde pénètre dans l'œuf ; la fécondation est monospermique. L'œuf fécondé a acquis (même si on écarte la membrane formée) une véritable immunité contre toute autre fécondation ultérieure.

L'état initial unicellulaire de l'individu, dans les deux règnes, est une des grandes révélations de la biologie. Non moins significative est l'étude de la formation des oocytes et des spermatozoïdes dans les glandes qui les produisent (gonades : testicules chez le mâle, ovaires chez la femelle). Là aussi, les processus, très variés en apparence, ont été ramenés à une parfaite unité, que nous nous bornons ici à affirmer, mais nous devons y mettre en évidence un aspect spécial d'importance capitale.

Les gamètes résultent finalement de la multiplication, par une longue série de divisions cellulaires, des cellules germinales constituant l'ovaire et le testicule ; les spermatozoïdes, en particulier, sont produits en nombres énormes. Or, nous avons dit que, dans chaque espèce, lors de la division cellulaire, il se manifeste un nombre constant, $2n$, de chromosomes. Aux deux dernières divisions cellulaires aboutissant à la formation des gamètes mûrs, — les spermatozoïdes d'une part, l'œocyte ayant expulsé successivement (par deux divisions cellulaires) deux petits corpuscules, les globules polaires, — ce nombre de chromosomes est réduit de moitié, de $2n$ à n , grâce à un mécanisme spécial, uniforme et général dans cette double division cellulaire terminale. L'état cellulaire *diploïde* ($2n$ chromosomes) fait donc place, dans les gamètes, à un état *haploïde* (n chromosomes) ; ce processus est ce que l'on appelle la *réduction chromatique*, ou *méiose*. Par la fécondation, le spermatozoïde de fusionnant avec l'œocyte, les noyaux des deux gamètes se fusionnent, en additionnant leurs chromosomes respectifs, ($n + n = 2n$) et ainsi l'état diploïde est reconstruit dans l'œuf fécondé. La fécondation, précédée pour chaque gamète par la méiose, apparaît ainsi comme un processus général, assurant la cons-

tance du nombre des chromosomes à travers les générations successives. Ce mécanisme, précis et général dans les deux règnes, a nécessairement une signification considérable, que nous verrons à propos de l'hérédité. Il a été mis en lumière, à partir de 1875, concurremment avec l'étude de la caryocinèse, par

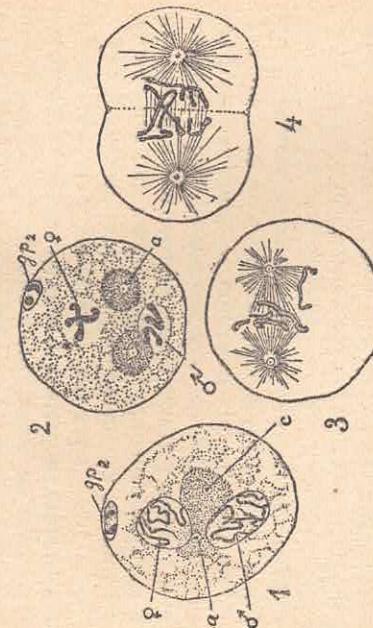


Fig. 10. — Les chromosomes paternels et maternels dans l'œuf fécondé d'*Ascaris megalopora*
(ED. VAN BENEDEN, 1883, BOVERI, 1887)

une longue série de travaux, dont les protagonistes ont été, pour les végétaux, STRASSBURGER et L. GUTIGNARD, pour les animaux Ant. SCHNEIDER, O. BIITSCHLI, O. et R. HERTWIC et surtout le zoologiste belge Ed. VAN BENEDEN, qui, en 1883, a décrit le mécanisme chromosomique de la fécondation dans toute sa netteté, sur un ver Nématode parasite de l'intestin du cheval, l'*Ascaris megalocephala*. Les faits ont encore été précisés, chez cet animal, par Th. BOVERI, en 1887, et depuis, chez des animaux et des plantes de tous les groupes. La mésose elle-même a été définitivement analysée vers 1910, où

elle a été exposée, d'une façon parfaitement claire et générale, par le botaniste belge GRÉGOIRE.

Je dois indiquer brièvement que la fécondation de l'œuf n'est pas une loi sans exceptions. Chez d'assez nombreux animaux ou plantes, le gamète femelle, l'ococyte, peut se développer sans fécondation, avec des modalités et dans des circonstances variées. C'est ce qu'on appelle la *parthénogénèse*, constatée pour la première fois, en 1740, par Ch. BOYNET, chez les pucerons. Mais, ici, des mécanismes compensateurs divers interviennent, qui pallient à la mésose, en l'absence de fécondation. On a même pu, à partir de 1900, par voie expérimentale, réaliser la parthénogénèse sur des œufs qui, dans les conditions naturelles, sont obligatoirement fécondés. La *parthénogénèse expérimentale* a été découverte par J. LOEB et réalisée ensuite sur des animaux très variés, par des processus divers. Parmi les auteurs des travaux les plus remarquables à cet égard, je citerai nos compatriotes : Yves DELAGE et E. BATAILLON. Ce dernier a réalisé, en 1910, la parthénogénèse expérimentale, chez la Grenouille, par une simple piqûre de l'œuf vienne et, tout récemment, un biologiste américain, PRINCUS a obtenu aussi la parthénogénèse expérimentale chez le lapin.

LES ORGANISMES UNICELLULAIRES ET LA PROTISTOLOGIE

Tout organisme est donc un édifice complexe d'innombrables cellules différenciées en les tissus qui constituent les organes. Mais un organisme peut se réduire à une cellule unique et il y a, en effet, un nombre énorme d'espèces, animales et végétales,

qui sont *unicellulaires*. Elles forment, pour les animaux, l'embranchement très varié des Protozoaires, et, chez les Végétaux, un grand nombre d'Algues sont unicellulaires. La limite entre les deux règnes, à ce niveau, est si difficile à tracer qu'on a proposé de réunir tous ces organismes inférieurs en un troisième règne, celui des *Protistes*. Sa connaissance précise a été l'œuvre du XIX^e siècle, mais déjà LEEUWENHOEK avait vu et décrit un assez grand nombre de ces types, notamment des Amibes et des Infusoires. DULJARDIN, à partir de 1830, a été l'un des tout premiers à les décrire de façon précise et c'est sur un Foraminifère d'eau douce, la Gromie, qu'il avait, comme nous l'avons dit, défini la substance cellulaire, sous le nom de *sarcodé*. Il avait très bien compris la simplicité de l'organisation de ces êtres inférieurs, alors qu'à la même époque un micrographe allemand, qui a laissé une œuvre importante et des plus estimables à l'heure d'aujourd'hui, EHRENBURG (1795-1876), leur attribuait une structure compliquée et parfaitement illusoire ; c'était le cas, en particulier, pour les Infusoires.

L'étude des Protozoaires s'est faite surtout dans la seconde moitié du XIX^e siècle, où a été constatée l'extrême diversité de leurs types, en dépit de leur commune unicellularité, et où a été mise en évidence la complexité, souvent très grande, des transformations qu'ils subissent au cours de leur multiplication. Beaucoup offrent, en effet, un cycle évolutif comportant des phases multiples et compliquées ; les processus de sexualité y présentent des caractères très spéciaux, dans leur nature et les circonstances de leur production. En outre, un nombre important de Protozoaires sont parasites, pullulent dans les organismes qu'ils infestent et constituent ainsi de redoutables agents pathogènes, déterminant des maladies

graves et épidémiques. C'est le cas de l'Amibe dysentérique, et de beaucoup de formes de la classe des Sporozoaires, parmi lesquels le genre *Plasmodium* ; celui-ci est le terrible agent du *paludisme*, ou *malaria*, qui a transformé, au cours de l'histoire, des régions peuplées en véritables déserts et qui a été l'un des plus sérieux obstacles, au siècle dernier, au peuplement du continent africain par les Européens. La propagation de ces formes parasites a été d'autant plus difficile à déchiffrer que leur cycle évolutif comporte, pour beaucoup, le passage alternatif par deux hôtes tout à fait différents, — le moustique et l'homme, par exemple, pour les *Plasmodium* du paludisme et les formes analogues.

Dans ce cas particulier, c'est le médecin français A. LAYERAN qui a découvert le *Plasmodium* dans le sang humain, comme agent de l'endémie palustre et le médecin anglais, R. Ross, qui a mis en évidence son passage par le moustique, qui l'inocule à l'homme par piqûre. L'étude du cycle évolutif des Protozoaires parasites a été un champ de travail très étendu depuis la fin du XIX^e siècle.

Anticipant sur la suite de cet exposé, indiquons que les Protistes, par leur structure unicellulaire, offrent des conditions particulièremment favorables à l'étude de la physiologie cellulaire et, en particulier, à celle de la nutrition et du métabolisme élémentaire. De nombreuses et fécondes recherches se poursuivent actuellement à cet égard.

D'une façon générale, l'étude des Protozoaires

s'est développée au point de constituer une science

spéciale, la *Protistologie*, qui correspond à un aspect

très spécial, et en même temps fondamental, de

la Vie.

LES FORMES LES PLUS SIMPLES DE LA VIE BACTÉRIOLOGIE, VIRUS FILTRANTS.

E. HAECKEL, dont nous rappellerons ultérieurement, à propos de l'Evolution, les anticipations hardies et souvent téméraires, avait affirmé que les formes les plus simples de Protistes étaient les Monères, simples masses de protoplasme sans noyau différencié ; mais on a trouvé un noyau bien constitué chez tous les Protozoaires et les Monères sont un mythe. Cependant, le problème s'est posé à propos des Bactéries, qui constituent un groupe d'organismes considérable se rattachant aux algues, — leur étude forme une science spéciale, la *Bactériologie*, — et chez lesquels il n'y a pas de noyau individualisé. Des recherches multiples ont été faites en vue d'y déceler un noyau, ou son équivalent. Le problème ne peut pas être considéré encore comme définitivement résolu. Cependant, s'il n'y a sûrement pas, chez les Bactéries, de noyau individualisé, comparable à celui des cellules de tous les autres organismes, on a pu caractériser, dans un certain nombre d'entre elles, par des colorations appropriées, des granulations dispersées dans leur cytoplasme et qui se groupent en une masse plus ou moins distincte, lors de la formation des spores, chez celles qui en présentent ; les propriétés de colorabilité de ces granulations semblent permettre de les considérer comme constituant, dans les Bactéries, l'équivalent de la substance formant les chromosomes des cellules proprement dites et, par conséquent, comme représentant un *noyau diffus* (1). Quoi qu'il en soit de

cette assimilation, il reste que les Bactéries représentent un état spécial de la substance vivante, morphologiquement plus simple que la cellule proprement dite, une forme de la Vie inférieure à celle-ci. Ajoutons que ce sont les plus petits de tous les organismes et que leur taille s'étage cependant sur une très vaste échelle, depuis des bâtonnets ayant plusieurs millièmes de millimètre (μ) de longueur, jusqu'au-delà des limites de visibilité aux plus forts grossissements du microscope ordinaire, en lumière ultra-violette, et maintenant du microscope électrique. Il y a donc des organismes *invisibles*, dont certains se révèlent par leurs propriétés pathogènes et constituent des virus bien définis. Le domaine de la Vie s'est donc considérablement étendu dans le sens des infinitésimales découvertes. On mesure ces êtres, sans les voir, par leur aptitude à traverser des filtres dont les pores ont une taille que l'on peut estimer. Ces êtres vivants descendent à des dimensions de l'ordre de grandeur de simples molécules et posent des problèmes entièrement nouveaux sur l'organisation de la substance vivante. Dans le cas de maladies transmissibles des plantes, comme la mosaïque (en particulier celle du Tabac), le biologiste américain, W. M. STANLEY, a pu, tout récemment (1936), isoler ces virus à l'état cristallisé. L'étude de ces *virus-ferments* (auxquels se rattachent les substances appelées *bactériophages* par d'HÉRELLE) est un des problèmes les plus récents, les plus activement étudiés et les plus importants de l'heure présente (1) et qui reporte les limites inférieures de la Vie, au-delà de la constitution cellulaire, à l'échelle simplement moléculaire.

(1) André BOVIN, *Constitution chimique et nature biologique des Virus* (Presse médicale, décembre 1940).

L'ÉDIFICATION DE L'ORGANISME.
EMBRYOLOGIE NATURELLE ET EXPÉRIMENTALE.
TÉRATOLOGIE

Après avoir ainsi poussé jusqu'à cette limite extrême dans la simplification de la substance vivante, revenons au domaine cellulaire pour situer brièvement une dernière branche de la Biologie qui, sans avoir, par sa nature même, une véritable atomique, n'en constitue pas moins une des disciplines les plus fécondes de la science actuelle, l'*Embryologie*.

La théorie cellulaire lui a donné une base définitive, l'*œuf*, stade initial des organismes, étant une cellule et le développement embryonnaire se résument en une succession de divisions cellulaires. D'autre part, les théories transformistes ont donné, comme nous le verrons plus loin, une importance majeure à l'étude de l'*Embryologie*, qui a été une des branches les plus intensément travaillées de la Biologie à la fin du XIX^e siècle, et les plus approfondies, grâce aux techniques de l'anatomie microscopique, et en particulier au microtome. On a pu, ainsi, suivre, cellule par cellule, la formation et la différenciation de l'*embryon*, dans son ensemble, dans chacun de ses organes et, d'une façon comparative, dans tous les groupes.

Le développement de chaque espèce est un mécanisme réglé avec une extrême précision. On a pu reconstituer le lignage cellulaire (*cell-lineage*) de tous les organes et constater qu'il présente une uniformité quasi absolue dans les grands groupes d'animaux ; la comparaison de ces résultats a permis de mesurer, avec une précision remarquable, les

affinités naturelles de ceux-ci et de donner à la classification une base solide. Au début du XIX^e siècle, K. von BAER avait déjà eu l'intuition de ce fait et, avec les maigres données dont il disposait, il avait transposé sur le plan embryogénique la classification de CUVIER.

Tout le développement de l'*embryogénie* a été la justification de la conception de l'*épigénèse*, telle que l'avait formulée, en 1759, C. F. WOLFF. Il s'est pourtant produit, à la fin du XIX^e siècle, une controverse parallèle à celle qu'avait vue le XVIII^e. La série des étapes et des différenciations du développement est-elle une succession de phases inéluctablement fixée dès le début et *inscrite, en quelque sorte, dans la structure de l'œuf*, ou bien est-elle une succession plus ou moins contingente, dépendant, dans une mesure plus ou moins large, des conditions extrinsèques où se trouvent l'*embryon* et ses diverses parties, au cours de ce développement ? Un éminent anatomiste allemand, W. HIRS, avait conçu l'*œuf* comme une *mosaïque* de parties, dont chacune représentait, par avance, une partie définie du futur *embryon* ; l'*œuf* était, pour lui, *anisotrope*. A cette conception s'opposait celle de l'*isotropie* de l'*œuf* et de l'équivalence de toutes ses parties. Cette alternative rappelait, sur le terrain de la biologie cellulaire, les conceptions antagonistes de la préformation et de l'*épigénèse*.

Dans les conditions normales, tout se passe suivant une succession définie, comme s'il y avait une stricte prédétermination. D'autre part, les œufs de certaines espèces sont manifestement anisotropes. L'*observation* a pu établir, de façon indiscutable, que certaines ébauches de l'*embryon*, et par suite les organes qui en dérivent, proviennent de cellules qui, elles-mêmes, dérivent de telle ou telle partie définie

de l'œuf. Pour trancher la question, il a fallu expérimenter sur l'œuf et les premiers stades de son développement. Ainsi s'est créée l'*embryologie expérimentale*, dont les fondateurs sont L. CHABRY (1855-1893), en France et W. ROUX (1850-1924) en Allemagne. Grâce à des procédés techniques ingénieux et variés, on a pu, soit enlever une partie de la substance de l'œuf, soit tuer, déplacer, ou écarter telle ou telle des premières cellules formées et ainsi créer des conditions nouvelles de développement. CHABRY avait déjà, en 1887, créé à cet effet, un *micromanipulateur*. D'autres ont été imaginés depuis et le plus élégant, à l'heure présente, est celui de M. DE FONBRUNE, qui permet de réaliser aisément, sous les forts grossissements du microscope, des *micromouvements* dans toutes les directions de l'espace (1). L'embryologie expérimentale a pu ainsi, par diverses techniques, entre des mains habiles, poser et résoudre une série de problèmes du plus haut intérêt, mais, dans le détail desquels nous ne pouvons entrer (2). Je relèverai seulement, dans ces dernières années, les travaux de H. SPEMANN en Allemagne et de Sv. HÖRSTADIUS en Suède. SPEMANN, en particulier, opérant sur des Batraciens (Tritons), a pu, en transplantant une parcelle déterminée de la lèvre antérieure du blastopore du stade gastrula, sur le flanc d'un embryon, déterminer, au point greffé, la différenciation d'un embryon accessible sur l'embryon normal. La parcelle greffée joue le rôle d'un *organisateur*, déterminant, en quelque sorte, une personnalité nouvelle. HÖRSTADIUS a

réussi (notamment sur des Oursins) à combiner de multiples façons des parties d'embryons en un embryon composite. L'analyse expérimentale de tous ces résultats est du plus haut intérêt et, si l'on en revient à la question posée au début de ce paragraphe, il résulte de toutes les observations et expériences effectuées, qu'en fait, sinon en principe, le développement de l'embryon est minutieusement ordonné dès le début et préparé par l'hétérogénéité de l'œuf fécondé (la fécondation elle-même apporte des remaniements importants dans la structure de l'œocyte). Les circonstances particulières dans lesquelles s'opère le développement permettent ou inhibent celui-ci, mais sans le diriger réellement; son déterminisme réel est intrinsèque, sans qu'on puisse pour cela, invoquer une prédestination d'ordre métaphysique ou télologique. On voit, par ces quelques indications, à quelles problèmes d'intérêt supérieur les recherches embryogéniques ont actuellement conduit.

Si bien réglée qu'elle soit par la Nature, l'embryogénie a ses anomalies et ses déviations, du fait de conditions extrinsèques, et ainsi se produisent les monstruosités, dont l'étude constitue la *téратologie*. Les monstres, chez l'homme et les animaux domestiques, ont frappé l'imagination depuis l'antiquité. La tératologie s'est constituée scientifiquement avec Et. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, qui a eu un continuateur dans son fils Isidore. Etienne GEOFFROY SAINT-HILAIRE a eu, relativement au déterminisme de la production des monstruosités, des intuitions remarquables, que l'application des méthodes expérimentales a consacrées. La production expérimentale des monstruosités, ou *tératogénie*, s'est développée au cours du XIX^e siècle, notamment par les travaux de Cam. DARESTE (1822).

(1) La commande unique de ces mouvements est assurée par un dispositif qui est la transposition, pour l'échelle des déplacements microscopiques, du *marche à balai* dans la direction des avions.

(2) Cl. M. CAULERY, *Les Progrès récents de l'Embryologie expérimentale*, Paris (Flammarion), 1939.

elle, celle de l'*iatromécanisme*, élaborée en Italie par BORELLI (1608-1670), et celle de l'*iastrochimie* due à SYLVIUS (François DE LA BOË, 1614-1672), en Hollande. Albert DE HALLER (1708-1777), dans les huit volumes de ses *Elementa physiologæ corporis humani*, fit un exposé général des connaissances de son temps, sans apporter d'idées ni de faits nouveaux essentiels. L'*animisme* des Anciens avait trouvé, d'autre part, au XVIII^e siècle, un renouveau assez outrancier, dans les théories de STAHL et une forme plus mesurée dans le vitalisme de l'école de Montpellier, avec BORDEU (1722-1776), BARTHEZ (1734-1806), etc. Une force spéciale, la *force vitale* réglait, pour eux, dans l'organisme, le jeu des forces mécanistes, en assurant la coordination et les effets. Il n'y a, dans toutes ces conceptions, que des articles verbaux dissimulant les difficultés à résoudre. La physiologie véritable ne pouvait sortir que de l'expérience et nous avons rencontré ses précurseurs en des hommes comme RÉAUMUR, SPALLANZANI et LAVOISIER. Le vitalisme trouva encore des défenseurs éminents pendant une grande partie du XIX^e siècle, notamment BICHAT, qui le décentralisa en quelque sorte, en admettant, au lieu d'une force vitale unique, dans les divers tissus, deux catégories de propriétés, les unes vitales, essentiellement instables; les autres propres au monde physique, fixes et susceptibles d'être soumises au calcul. La Vie elle-même, pour BICHAT, n'est que le conflit de ces deux ordres de forces, l'ensemble des fonctions qui résistent à la mort, celle-ci étant le triomphe définitif des forces physiques sur les forces vitales. Joh. MÜLLER (1801-1858), qui a exercé en Allemagne une influence considérable par son enseignement et ses élèves, — il suffira de citer parmi eux HELMHOLTZ, VIRCHOW, DU BOIS-REYMOND, BRÜCKE, SCHWANN,

1899), sur l'embryon de Poulet. Aujourd'hui, les techniques diverses de l'embryologie expérimentale permettent de réaliser à volonté, sur des animaux variés (particulièrement les Oiseaux, les Batraciens et les Echinodermes), les monstruosités les plus diverses et les plus instructives.

2. La Physiologie

La Vie est, avant tout, le fonctionnement de l'ensemble des appareils constituant l'organisme et dont la morphologie analyse la structure; l'étude de ce fonctionnement constitue la Physiologie, et suppose la connaissance des mécanismes essentiels des transformations de matière qui s'effectuent dans l'organisme. Il va de soi que la Physiologie ne pouvait se développer sur une base solide qu'après que la physique et la chimie eussent, elles-mêmes, suffisamment progressé, c'est-à-dire, en fait, au XIX^e siècle.

Avant ce moment, on a supplié à l'ignorance, en la masquant par des conceptions *a priori*, de nature purement verbale. Les différences manifestes entre les corps bruts et les corps vivants furent attribuées par les Anciens, à un principe spécial animant la matière dans l'organisme, le souffle vital (*pneuma*). Cette conception, l'*animisme*, régna jusqu'au XVII^e siècle. DESCARTES, tout en instaurant un mécanisme intégral, conserve, à part, le principe immatériel, l'âme; il bâtit, moyennant cette distinction, une physiologie où tout est ramené à la matière et au mouvement, dont le détail est grossier à nos yeux, comme il l'était déjà à ceux de PASCAL, mais qui renfermait cependant des intuitions profondes. Ces conceptions furent à l'origine de deux grandes écoles, qui s'épanouirent à la fin du XVII^e siècle.

HENLE, PFLÜGER, HAECKEL, — et qui est considéré encore par les biologistes allemands contemporains, notamment par VEWORN, comme un des grands promoteurs de la physiologie du XIX^e siècle, était resté vitaliste.

**LA CONSTITUTION ET L'EXPANSION
DE LA PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE :**
CLAUDE BERNARD

La réaction contre le vitalisme et l'essor réel de la physiologie, par l'établissement, sur des bases solides, de la méthode expérimentale, sont venus de France et, pour se borner à l'essentiel, ce grand mouvement a été d'abord l'œuvre de F. MAGENDIE (1783-1855) et surtout de son disciple Claude BERNARD (1813-1878). Le premier a fait de l'expérience la seule base de la physiologie, appliquant avec rigueur ce principe à l'étude d'une série de problèmes physiologiques. Typiques sont, à cet égard, ses travaux sur les fonctions des racines des nerfs rachidiens, qu'il a définitivement et complètement élucidées, indépendamment des travaux de Ch. BELL. Un grand physiologiste anglais, Aug. WALTER, en 1911, rendait pleine justice à MAGENDIE, à cet égard (1).

Claude BERNARD est incontestablement le plus grand maître de la physiologie du XIX^e siècle et, comme le disait DASTRE, à l'occasion de son centenaire, en 1913, « il en a chassé les fantômes qui l'encombraient. Elle était l'humble servante de la médecine. Il en a fait une science indépendante, ayant ses méthodes et son but. Il a accompli une

(1) *Meet. Brit. Assoc. Advanc. Science, Portsmouth, 1911.*

révolution dont les générations nouvelles ne se doutent pas, parce que les résultats en sont si bien acquis qu'ils font en quelque sorte partie de notre mentalité et que, suivant le mot de MONTAIGNE, l'habitude en ôte l'étrangeté ». Claude BERNARD a accumulé les découvertes fondamentales dans toutes les parties de la physiologie : fonctions des sucs digestifs, rôle du pancréas dans la digestion des graisses, découverte de la fonction glycogénique du foie et du métabolisme des sucres, rôle du glucose dans la production de la chaleur animale (ce qui complétait les découvertes antérieures de LAVOISIER), découverte et analyse du rôle des nerfs vaso-moteurs, physiologie du grand sympathique, étude du mécanisme des poisons (strychnine, curare, etc.), mécanisme de l'intoxication par l'oxyde de carbone, conception du milieu intérieur comme régulateur des diverses fonctions. Tout cela sans se laisser jamais entraîner à des généralisations intempestives ou à des illusions verbales, mais en établissant ses conclusions sur des expériences cruciales. Enfin, il a eu la conception parfaitement nette de la physiologie générale, commune aux animaux et aux végétaux, c'est-à-dire de la physiologie cellulaire, qui allait se développer après sa mort. Toutes ces découvertes, mises à jour d'abord dans des notes et mémoires spéciaux, ont été ensuite exposées par lui et coordonnées dans la magnifique série de volumes reproduisant ses cours au Collège de France. Un repos que lui imposa, en 1865, une défaillance de sa santé, le conduisit à faire un exposé de ses conceptions sur la méthode en physiologie. C'est l'*Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, livre immortel comme le *Discours de la méthode de DESCARTES*, où il a formulé pour toujours les règles primordiales et inébranlables de l'expérimentation physiologique ;

grâce à cela, il a établi que les phénomènes dont les corps vivants sont le siège obéissent à des lois aussi précises et aussi stables que ceux de la substance brute. Il a chassé définitivement la force vitale et le vitalisme du domaine de la physiologie. L'expérimentation physiologique est devenue aussi rigoureuse que celle du physicien ou du chimiste, une fois réalisées les conditions qui définissent le *déterminisme expérimental*; elles se résument à opérer toutes conditions égales et constantes, sauf celle dont on étudie le rôle. Des mécanismes multiples et délicats assurent dans l'organisme, des compensations, un équilibre et une harmonie qui donnent l'illusion d'une finalité intérieure, sans que rien permette d'y supposer une force spéciale. L'œuvre de Claude BERNARD fixe une étape décisive de la Biologie.

Après Claude BERNARD, la physiologie est une science exacte et positive. Il n'est pas inutile, d'ailleurs, de noter l'influence qu'a eue sur l'esprit du maître la philosophie positive d'Aug. COMTE, qui avait eu l'intuition, sans doute au contact de MAGEN-
DIE, des conditions de la recherche physiologique et qui, dès 1836, avait déclaré que le moment était venu, où la physiologie devait se libérer, non seulement de la métaphysique, mais aussi de la médecine.

A côté de Cl. BERNARD, il convient de rappeler le nom de FLORENS (1794-1867), auquel la physiologie doit des résultats importants, notamment pour le système nerveux (physiologie des canaux semi-circulaires). Cl. BERNARD a été le maître d'une série brillante de physiologistes : Paul BERT (1833-1886), A. DASTRE (1844-1917), N. GRÉHANT (1838-1910), A. D'ARSONVAL (1851-1940). A côté de son école, la physiologie française a produit J.-P. MAREY le maître de l'étude biologique du mouvement

(1830-1904) par la méthode graphique, créée par le physiologiste allemand, LUDWIG (1816-1895); MAREY a été le précurseur et presque le réalisateur du cinématographe, aujourd'hui précieux pour l'observation authentique des nombreux phénomènes biologiques ; Aug. CHAUVEAU (1827-1917), précurseur de PASTEUR dans l'étude des virus, a donné une grande impulsion à l'étude énergétique de l'organisme; enfin, BROWN-SÉQUARD (1819-1894), sur qui nous aurons plus loin à revenir.

Les divers pays ont fourni à la physiologie du XIX^e siècle des maîtres éminents : l'Allemagne avec LUDWIG, HELMHOLTZ, DU BOIS-REYMOND, BRÜCKE, PFLÜGER, RÜBNER, etc.; l'Angleterre avec SCHÄFER, SHERRINGTON, BAYLISS, STARLING, etc.; la Russie avec PAYLOFF; ces divers physiologistes ont emprunté leurs méthodes favorites, soit au domaine de la physique, soit à celui de la chimie.

On ne peut envisager ici tout ce que la physiologie doit à ces diverses tendances. L'électricité a fourni à l'étude du système nerveux des ressources considérables, entre les mains d'hommes comme LUDWIG, DU BOIS-REYMOND, HELMHOLTZ, SHERRINGTON, LAPICQUE. Elle permet actuellement, avec des instruments comme l'oscillographie cathodique, de suivre matériellement au passage le cheminement de la pensée. D'autre part, l'étude calorimétrique des échanges d'énergie a permis d'approfondir les problèmes de la nutrition et est arrivée à une perfection dont témoignent les travaux d'ATWATER et BENEDICT, de J. LIEFÈVRE et d'autres (1).

(1) On aura une bonne idée d'ensemble de l'état de la physiologie, il y a quelques années, par le *Traité élémentaire de Physiologie* de E. GLEY, Paris (Baillière).

**LA PHYSIOLOGIE CHIMIQUE : DIASTASES,
VITAMINES, HORMONES ET ENDOCRINOLOGIE**

Plus importante encore a été la fécondité des données et des techniques chimiques. Le terme de chimie organique correspond à l'idée, admise au début du XIX^e siècle, que les composés élaborés par l'organisme relevaient d'une chimie distincte. Dès le début de ce siècle, les chimistes avaient extrait des plantes un nombre considérable de corps spéciaux, tels que les alcaloïdes ; c'est de 1817 à 1822 que PELLETIER et CAVENTROU ont isolé la strichnine, la vératrine, la brucine, la quinine, etc. ; c'est à cette même date que CHEVREUL étudiait les graisses. En 1828, WÖHLER réussit à faire *in vitro* la synthèse de l'urée. Depuis cette date, on peut dire que, peu à peu, tous les composés produits par les cellules vivantes sont rentrés, par synthèse, dans les cadres de la chimie, en dehors des actions vitales. Il n'y a qu'une chimie. Mais l'organisme a des agents de synthèse ou de désintégration particuliers, réalisant, à la température et à la pression ambiantes, ce qui, dans le laboratoire, exige des moyens plus puissants et plus brutaux.

Les diastases. — Les agents de ces transformations *in vivo* sont, d'une façon générale, ce que nous appelons maintenant des catalyseurs, dont le type est constitué par les *diasates*. La première qui ait été mise en évidence et qui reçut ce nom, généralisé depuis, fut celle qui, dans l'orge en germination, saccharifie l'amidon et qui fut isolée du malt, par PAYEN et PERSOZ, en 1822. Toutes les transformations de la digestion ont été ramenées à des actions diastasiques. Toute la physiologie glandulaire y

entre également, en dernière analyse, sans que nous connaissions parfaitement encore la constitution des diastases ou *ferments solubles*. Les actions diastasiques ne sont pas toujours le fait d'un ferment unique, mais parfois de couples de fermentants, l'un activant l'autre. C'est ce qu'ont mis en évidence, dans ces dernières décades, les travaux de divers physiologistes, en particulier ceux de C. DELEZENNE (1868-1932). On a mis en évidence aussi le rôle important joué dans ces actions par certains corps simples à des doses infinitésimales, comme l'a montré G. BERTRAND, pour le manganèse dans le cas de la laccase, comme on l'a vu (JAVILLIER, DELEZENNE) pour le zinc, dans les venins des serpents. Nous aurons à revenir sur des processus du même ordre, à propos des vitamines et des hormones. Il reste comme propre à l'organisme, d'élaborer directement, ou de localiser dans des organes définis, ces agents spécifiques, dont dépendent les transformations de substances (*métabolisme*), qui sont un des éléments fondamentaux des mécanismes physiologiques.

Les vitamines. — On a eu, récemment, une illustration frappante de ces mécanismes spéciaux dans l'étude de la nutrition. L'ensemble des échanges énergétiques qui la constituent et se traduisent par la digestion, l'excrétion, la respiration et les échanges thermiques, s'effectue, en dernière analyse, par une série d'oxydations et de réductions, libérant des quantités d'énergie sous forme de calories. Il semblait donc aux chimistes et physiologistes de la fin du XIX^e siècle, que l'entretien de la machine vivante exigeait purement et simplement qu'on fournît à l'organisme de quoi produire la quantité de calories requises, — 2.500 en moyenne pour l'homme par 24 heures. Cette conception reste admissible en

termes généraux, mais le progrès de la physiologie a montré que le problème était beaucoup plus complexe, du point de vue qualitatif. L'étude expérimentale de certains troubles trophiques, — dits aujourd'hui maladies de carence, — telles que le béribéri, le scorbut, la pellagre, etc., a révélé que la cause de ces troubles résidait dans l'absence, dans le régime alimentaire, de certaines substances essentielles, quoique ne devant y figurer qu'à des doses infinitésimales. Elles ont reçu le nom de *vitamines*, et, dans la pratique, elles sont contenues dans les aliments frais usuels. On a pu ainsi caractériser un certain nombre de ces vitamines, — désignées d'abord par les lettres A, B, C, D, E, — l'absence ou l'insuffisance de chacune d'elles déterminant une des maladies de carence. On a pu, par des régimes alimentaires définis, provoquer ou guérir à volonté chacune de ces maladies, en supprimant de ces régimes, ou en y réintroduisant une vitamine déterminée. Il apparaît même présentement qu'un équilibre entre les quantités des diverses vitamines dans le régime est nécessaire. La rupture de cet équilibre produisant des syndromes de carence. Dans ces dernières années, les diverses vitamines ont pu être isolées à l'état de pureté chimique (ce sont des composés relativement simples, ternaires ou azotés) et être synthétisées *in vitro*. Il n'y a, dans cet aspect nouveau et très spécial des problèmes de la nutrition, aucun mécanisme spécifiquement vital, au sens ancien du vitalisme, mais une série de mécanismes physico-chimiques, assurés par des quantités infinitésimales de substances déterminées et liés au fonctionnement particulier de certains organes, comme le foie ou les capsules surrénales. L'organisme est un laboratoire très compliqué, qui a ses procédés propres et complémentaires de transformations de substances;

les vitamines y agissent essentiellement comme des catalyseurs. La ration alimentaire ne peut donc pas s'exprimer purement et simplement, comme on le croyait, par un nombre donné de calories ; elle a des exigences d'ordre qualitatif. La découverte des vitamines a ainsi une signification physiologique d'une haute portée ; elle forme, dans la science contemporaine, une acquisition du même ordre que la connaissance des diastases, il y a un siècle.

Les hormones et l'endocrinologie. — Le fonctionnement de l'organisme, avec son harmonie suggestive de finalités multiples, se ramène, chaque fois que les phénomènes sont bien analysés, au jeu de mécanismes physico-chimiques et c'est ce que la biologie contemporaine a mis une fois de plus en évidence, en faisant connaître une troisième catégorie de substances, agissant, comme les diastases et les vitamines, à des doses infinitésimales et assurant la coordination des organes et des fonctions. Ce sont les *hormones*. Leur découverte et leur étude, qui ne datent que du début du XX^e siècle, a créé toute une branche de la physiologie, qui en forme aujourd'hui un des domaines les plus féconds et les plus importants, l'*endocrinologie*. Nous allons en donner brièvement la substance.

On connaît toute une série d'organes glandulaires spéciaux, la glande thyroïde (et les glandes parathyroïdes), le thymus, l'hypophyse, les capsules surrénales, dont les fonctions étaient inconnues et qui, au point de vue de la structure, se distinguaient, d'une part par une vascularisation importante, de l'autre par l'absence de conduit excréteur. Claude BERNARD les avait appelées glandes à sécrétions internes (nous disons aujourd'hui glandes *endocrines*), par opposition aux glandes ordinaires ou

excrines, qui évacuent leur sécrétion par un canal, soit directement au dehors, soit dans le tube digestif. Il avait judicieusement aperçu que les substances élaborées par elles doivent être déversées dans le sang, c'est-à-dire dans le milieu intérieur et, par sa belle découverte de la fonction glycogénique du foie, il en avait donné, en 1850, un premier exemple. Le foie, par la sécrétion de la bile est une glande exocrine. Mais Cl. BERNARD avait montré qu'il emmagasine, dans ses cellules, le glucose apporté par la veine porte, sous forme de glycogène et qu'il restitue ce glycogène à la circulation, dans les veines sushépatiques, sous forme de glucose, en maintenant ainsi constant le taux de ce sucre dans le sang. Il a donc une sécrétion interne ou endocrinie. Des expériences de BROWN-SÉQUARD avaient montré, peu après, le rôle important des capsules surrenales, attesté par le fait que leur ablation entraîne rapidement la mort. La Pathologie avait aussi montré l'importance essentielle de la thyroïde et, plus tard, celle de l'hypophyse par les travaux de Pierre MARIE ; d'autres recherches avaient fait pressentir un rôle analogue pour le pancréas : mais toutes ces données restaient isolées et imprécises. Une généralisation abusive de la notion de sécretion interne avait été faite par BROWN-SÉQUARD, en l'étendant à tous les produits de désassimilation des tissus. Des expériences faites par ce savant sur lui-même, en 1889, allaient, par leur retentissement, assurer l'essor de l'endocrinologie et en préciser les mécanismes. S'étant fait des injections d'extraits de testicules d'animaux jeunes, il en avait éprouvé un renouveau de vigueur et comme un rajeunissement (il avait alors 72 ans), qu'il expliquait par l'action de substances produites par le testicule chez le sujet jeune, mais ne l'étant plus chez le vieillard.

Ces expériences eurent un grand retentissement ; elles firent l'objet de vives controverses et le point de départ d'une nouvelle thérapeutique, consistant à combattre les troubles dus à la déficience d'un organe, par l'injection, ou l'ingestion de produits extraits du même organe emprunté à des animaux sains ; c'est l'*opothérapie*, qui, si elle a conduit à des applications abusives, a cependant été très féconde. Cette technique nouvelle a, d'autre part, été la source de nombreux travaux sur les glandes à sécrétion interne, à partir de 1900.

La méthode a consisté à étudier les troubles consécutifs à l'ablation de ces organes, à voir dans quelle mesure on y paraît en pratiquant, après l'ablation, des greffes de ces mêmes organes, ou bien en administrant des extraits diversement préparés ; enfin, à chercher à isoler de ces extraits les substances actives. Ainsi a été élucidée la fonction principale, ou les fonctions multiples, des glandes à sécrétion interne, pour chacune desquelles ont pu être caractérisées, puis extraites chimiquement à l'état de pureté et le plus souvent obtenues directement par synthèse, une ou plusieurs substances, auxquelles est due leur action spécifique sur l'organisme. Ces substances sont les *hormones*. Pour la thyroïde, par exemple, l'hormone est la thyroxine, caractérisée par la présence de l'iode ; pour les glandes surrenales c'est l'adrénaline (la zone corticale de ces organes sécrète encore d'autres hormones connues très récemment et agissant sur les glandes génitales). On ne savait rien des fonctions de l'hypophyse ; elle apparaît maintenant comme un des organes les plus puissants, fabriquant toute une série d'hormones aux actions multiples. Du pancréas, on ne connaît que sa fonction exocrine (sécrétion du suc pancréatique, déversé dans l'intestin). Par les

méthodes indiquées plus haut, on lui a découvert (HÉDON) un rôle endocrine essentiel, émanant de groupes de cellules, les îlots de Langerhans (étudiés surtout par LACUSSÈSE), qui élaboreront une hormone spéciale, l'*insuline*, dont l'absence ou l'insuffisance détermine un diabète grave (auquel on remède par des injections de cette substance).

D'autres organes se sont encore révélés comme ayant, à côté de leur rôle exocrine, une ou des fonctions endocrines importantes. Telles sont les glandes génitales. On sait aujourd'hui que, dans les deux sexes, elles produisent, dans leur parenchyme, toute une série d'hormones identifiées chimiquement ; ce sont des stérols, dérivant de la cholestérine, dont la formule chimique est connue et qu'on produit maintenant par synthèse. Ces hormones sexuelles contrôlent la différenciation de nombreux caractères sexuels secondaires et le fonctionnement de l'appareil génital. Leur rôle est particulièrement intéressant chez la femelle des Mammifères, où ce sont elles qui assurent la coordination des transformations cycliques assurant la vie de l'embryon pendant son développement dans l'utérus (1). Le fonctionnement hormonal des glandes génitales est lui-même sous la dépendance étroite de l'hypophyse, qui est, en quelque sorte, leur animatrice, par l'intermédiaire d'autres hormones qu'elle produit elle-même (hormones gonadotropes, prolactin). Il y a là un des plus brillants chapitres de l'histophysiology contemporaine, dont les initiateurs ont été : pour les Mammifères, BOUIN et ANCEL ; pour les Oiseaux : en France A. PÉZARD, et GOODALE, aux Etats-Unis, et qui a suscité toute une légion de chercheurs éminents, embryologistes, histologues, chimistes,

physiologistes. Les actions de ces hormones sont généralement stimulatrices ; il en existe toutefois qui sont, au contraire, inhibitrices, et auxquelles on a attribué le nom de *chalones*.

Il est impossible d'entrer dans l'examen particulier de tous ces faits. Dégageons seulement l'idée que les hormones, produites dans un organe déterminé et déversées dans le sang, agissent ainsi à distance ; ce sont des *messagers chimiques*, qui, par leurs actions réciproques, harmonisent et coordonnent le fonctionnement des organes. Ce rôle semblait, précédemment, exclusivement dû au système nerveux. La découverte des hormones a ainsi révélé un aspect entièrement nouveau et capital de la physiologie générale.

Le fonctionnement du système nerveux lui-même paraît bien être sous la dépendance d'actions de nature hormonale, car ce semble bien être des substances de cet ordre (en particulier l'acetylcholine pour le grand sympathique), qui assurent la liaison entre les cellules nerveuses (*neurones*) à leurs articulations (synapses) et à leurs terminaisons dans les organes.

Enfin, le rôle des hormones apparaît aussi comme capital dans la différenciation des ébauches et des organes chez l'embryon ; l'action de l'*organisateur*, tel que l'a découverte SPEMANN (v. *supra*, p. 82), paraît bien s'y ramener (1) et, d'autre part, on a pu mettre récemment hors de doute l'action morphogène des hormones sexuelles dans la différenciation de l'appareil génital chez l'embryon.

Les hormones, qui, comme les vitamines et les diastases, agissent à doses infinitésimales, apparaissent

(1) Cf. M. CAULLERY, *Les progrès récents de l'embryologie expérimentale*, Paris (Flammarion), 1939.

sent donc comme constituant, dans le fonctionnement des organismes supérieurs tout au moins, — en attendant qu'on les mette en évidence chez les autres, — une catégorie d'agents exerçant un rôle primordial.

LES MICROBES ET LEUR ROLE
DANS LA NATURE.
PASTEUR

Nous avons signalé précédemment, dans l'œuvre de LAVOISIER, des aperçus exposés par lui au début de la Révolution et que la mort l'avait empêché de préciser, touchant au cycle général de la matière vivante dans la Nature et nous avons dit qu'il avait été réservé à PASTEUR d'en tirer tout le contenu et les conséquences. Indépendamment de son immense portée pour la médecine, l'œuvre de PASTEUR, trop bien connue pour qu'il faille la résumer ici une fois de plus, a apporté, sur les aspects fondamentaux de la Vie, une série de données qui font d'elle une des grandes étapes de la Biologie et c'est à ce point de vue que nous l'évoquerons rapidement.

Dès ses travaux chimiques sur l'hémidièdre des tartrates, PASTEUR avait vu que les transformations de substances effectuées par les organismes inférieurs (en l'espèce des champignons) étaient en rapports étroits avec la dissymétrie moléculaire et il apercevait là une des caractéristiques de la Vie. Ces notions ont eu, plus tard, une valeur énorme en chimie, mais n'ont pas été poussées plus avant au point de vue biologique.

Les travaux qu'il fit, un peu plus tard, à Lille, sur les fermentations, ont eu, au contraire, des conséquences biologiques capitales et immédiates. Ensuite

diant des fermentations alcooliques défectueuses, il montra que la cause en était dans une fermentation parasite, et il fut ainsi conduit à définir et à isoler, à l'état de pureté, le *ferment lactique*. De ce travail, publié en 1857, et qui n'a que quinze pages, a découlé toute la chimie des fermentations, la spécificité de celles-ci, chacune étant le résultat des échanges de nutrition d'un organisme déterminé et produisant des transformations chimiques définies d'une substance donnée. PASTEUR découvrait bientôt que certaines fermentations ne s'opèrent qu'à l'abri de l'air (fermentations anaérobies), par exemple la fermentation butyrique et les putréfactions.

La fermentation accomplie par la levure de bière correspond elle-même à la vie sans air pour cet organisme, qui, au contact de l'air, respire à la façon ordinaire en produisant de l'acide carbonique. Ces travaux sur les fermentations, qui ont transformé les industries basées sur elles, ont, en même temps, expliqué, au point de vue physiologique, ce phénomène lui-même, auquel de grands chimistes, comme LIEBIG et BERZELIUS, n'appliquaient que des considérations vitalistes, et, en même temps, était résolu le problème posé par Lavoisier du retour cyclique des substances organiques à la matière minérale. PASTEUR allait être amené, presque immédiatement, à s'occuper d'un autre grand problème, celui des *générations spontanées*, qui se posait à nouveau, soulevé, en particulier, par des expériences d'A. POUCHET, en 1857, dans un livre sur l'*Hétérogénéité*. Par des expériences aussi simples que cruciales, PASTEUR montra que, si un liquide fermentescible ou putréfiable est réellement mis à l'abri des germes de l'air, il reste indéfiniment stérile. Les prétdées générations spontanées étaient, en réalité, le résultat

de l'accès et de la multiplication de germes de l'air, introduits dans un liquide à l'insu de l'observateur. De là a découlé toute la technique de stérilisation des milieux fermentescibles et toute la technique bactériologique. Quelques années plus tard, cependant, la controverse reprit, en 1876, à l'occasion d'expériences de l'Anglais BASTIAN ; ce fut pour PASTEUR l'occasion de montrer que certains germes, à l'état de spores, résistent à la température de 100°, mais non à celle de 120° et de là est sorti l'*autoclave* de CHAMBERLAND, aujourd'hui dans tous les laboratoires. Ainsi, tout ce qui a été allégué comme génération spontanée n'est que développement de germes accidentellement introduits dans un milieu nutritif pour eux. Nous ne voyons jamais la vie commencer. Elle ne fait que se continuer.

Je n'insisterai pas ici sur les travaux de PASTEUR, relatifs aux maladies infectieuses, auxquels il a été progressivement amené (en particulier par ses recherches sur la *pébrine* des Vers à soie). Comme pour les fermentations, l'origine des maladies infectieuses a été ramenée à la contamination de l'organisme par des germes spécifiques et l'on sait aussi comment PASTEUR a imaginé des méthodes pour atténuer leur virulence et obtenir des vaccins qui en préservent.

Les conséquences pratiques de l'œuvre pastoriennne sont sans égales. Elles ont inauguré pour la médecine et pour la chirurgie une ère nouvelle ; elles ont transformé, ou créé une série d'industries. Nous n'en retiendrons ici que la notion du rôle des germes dans la Nature. Les organismes infiniment petits, les *microbes* comme on les a appelés, et dont les plus répandus et les plus importants sont les Bactéries, ont apparu comme jouant un rôle énorme dans la Nature et y constituant les agents de trans-

formations chimiques les plus puissants, en ce qui concerne les substances organiques. C'est donc, — et c'est ce point que je veux mettre en lumière ici, — un aspect général nouveau de la Vie, qui a été ainsi découvert et mis en valeur.

Les microbes sont à l'œuvre partout, en particulier dans la terre, où ils effectuent d'importantes transformations de matière, les unes constituant des dégradations de substances complexes, les autres des synthèses, comme celles de composés azotés à partir de l'azote atmosphérique. Leur rôle est donc apparu primordial pour les problèmes de nutrition des plantes par leurs racines. La physiologie végétale et l'agriculture sont donc sorties également transformées par les doctrines pastoriennes, et par les applications qu'en ont faites des chimistes et des agronomes, comme BOUSSINGAULT (1802-1887), Th. SCHLÖSING (1829-1919) et son fils A. T. SCHLÖSING (1856-1930), DEHÉRAIN (1830-1902), MÜNtz (1846-1917), S. WINOCRADSKY, etc. De grands laboratoires, aujourd'hui, comme celui de Rothamsted, en Angleterre, continuent à exploiter cette mine féconde.

Parmi les problèmes que l'on a été ainsi amené à étudier, se trouve celui de la nutrition, abordé par la voie synthétique, c'est-à-dire déterminer quelles sont les substances et les éléments nécessaires et suffisants pour le développement d'un organisme. Un élève direct de PASTEUR, RAVULIN (1836-1896), l'a résolu, avec une rare élégance et une grande précision, pour une moisissure, l'*Aspergillus niger* et, récemment, A. MAZÉ a appliqué la même méthode à une plante supérieure, le Mais. Aujourd'hui, de nombreuses recherches sont pratiquées, sur des Protozoaires ou des Thallophytes, pour déterminer, dans le cas de chaque espèce, les synthèses qu'elle

est capable d'effectuer et celles qu'elle ne réalise pas et auxquelles on doit suppléer, en lui fournissant certains composés tout formés et qu'on appelle des *facteurs de croissance*.

Chacun de ces travaux a pour résultat de ramener à des mécanismes physico-chimiques des phénomènes jusque-là paraissant relever uniquement de la Vie et, à cet égard, il faut évoquer brièvement la controverse qui opposa PASTEUR à Cl. BERNARD, après la mort de celui-ci (1878). La production de l'alcool par la levure, dans la fermentation alcoolique, apparaît comme résultant directement de la *vie* de la levure. PASTEUR n'en tirait aucune conclusion vitaliste, mais n'avait constaté aucun agent intermédiaire entre la substance vivante et les substances sucrées transformées. Cl. BERNARD, dans les derniers mois de sa vie, avait entrepris des expériences pour essayer de ramener ces transformations à un mécanisme purement physico-chimique. Les notes qu'il laissait furent publiées et provoquèrent de nouvelles expériences de PASTEUR, dans lesquelles il montra que les faits constatés par Claude BERNARD et *provisoirement* considérés par lui comme des transformations directes et purement chimiques du jus du raisin, étaient bien dues à l'intervention de levures. En protégeant les grappes, avant leur maturation, contre l'apport de germes de l'air et en particulier de la levure, qui, dans les conditions ordinaires, se trouve toujours à la surface du raisin, la fermentation obtenue par Cl. BERNARD ne se produit pas.

Mais le problème qui préoccupait Cl. BERNARD

devait recevoir sa solution quelques années plus tard, en 1897, sous un aspect qui correspondait à la fois à ses vues et aux faits analysés par Pasteur. BUCHNER a pu, en *écrasant* les cellules de levure,

extraire de la pulpe, qui n'est plus vivante, un ferment, la zymase, qui est l'agent réel de la transformation du sucre en alcool, et qui, normalement, reste à l'intérieur de la cellule vivante ; la fermentation, dans les conditions normales, se présente donc bien comme une opération vitale de la cellule, mais son agent réel est un ferment soluble du même ordre que ceux qui réalisent toutes les transformations de matière, dans la digestion, par exemple. Et l'on a là un exemple patent du progrès de l'étude des phénomènes vitaux, qui, successivement, sont ramenés à des mécanismes physico-chimiques.

3. La science de l'Hérédité. La Génétique

Les diverses disciplines biologiques dont il a été question jusqu'ici, sur le terrain morphologique ou physiologique, envisagent l'individu. Il reste à en examiner une, née pratiquement avec le xx^e siècle, et où, cette fois, sont considérées solidairement les générations successives. Il s'agit du problème de l'Hérédité et de la Génétique.

L'hérédité s'est imposée à l'esprit de temps immémorial. La similitude plus ou moins grande dans les générations successives des familles, les remarques faites sur les animaux domestiques et la création de races d'animaux ou de plantes appriées aux besoins ou à la fantaisie des éleveurs et des agriculteurs, surtout la transmission frappante de certaines anomalies, ont constitué des données de l'observation journalière dans la pratique; qui ont, l'observation journalière dans la pratique; qui ont, mis en évidence que les caprices infinis de l'hérédité, et c'est seulement depuis les dernières décades que celle-ci, sans avoir, et de loin, révélé tous ses secrets, se présente comme une discipline ordonnée.

née et susceptible de prévisions rationnelles (1).

Les processus biologiques se laissent analyser presque toujours, en raison de leur complexité, non dans leur fonctionnement normal, mais dans leurs anomalies. En matière d'hérédité, un cas abnormal est celui du croisement entre races, variétés, ou même espèces distinctes. Or, certains de ces croisements sont pratiqués de longue date, de façon courante. Il y a de nombreux siècles que l'homme a croisé l'âne et le cheval, pour obtenir mulots et mules ; mais ceux-ci sont invariablement stériles. On a fait aussi, depuis longtemps, des croisements entre races ou espèces de volailles, faisans, canards, chardonneret et serin, etc. Tout cela s'est fait de façon très empirique.

Au début du XVIII^e siècle, s'ouvre la voie qui, à la fin du XIX^e, conduira à la Génétique. On se rend compte, à ce moment, de la nature des étamines de la fleur, comme organes mâles de la plante. CÉSALPIN, sur la foi des doctrines aristotéliciennes, refusait toute sexualité aux plantes et TOURNEFORT voyait encore dans les étamines des organes d'excrétion ; cependant, dès l'antiquité, THÉOPHRASTE avait eu l'intuition, à propos de la production des fruits du palmier et de la caprifification du figuier, du rôle réel des étamines. C'est en 1691 que CAMERARIUS, à Tübingen, dans son *Epistola de sexu plantarum*, affirme leur nature d'organes mâles. En 1751, KÖLREUTER inaugure une méthode nouvelle, en utilisant le pollen d'une espèce à en féconder une autre. Il a ainsi croisé des tabacs (*Nicotiana rustica* × *N. paniculata*), obtenu des hybrides et une série d'une vingtaine de générations, en fécondant

ces hybrides par le pollen de l'une ou l'autre des espèces parentes ; les générations ainsi obtenues faisaient retour progressivement à l'une de celles-ci. Parmi ses successeurs on peut citer surtout le Hollandais GÄRTNER, qui, en 1844, a publié des travaux étendus sur l'hybridation. En France, en 1826, SAGERET avait fait une constatation judicienne, en croisant deux variétés de melons, le *châte* (*M*) et le *cantaloup* (*C*).

Les hybrides obtenus présentaient, juxtaposés, des caractères de chacune des espèces parentes : par exemple, une chair jaune (*M*), avec des graines blanches (*C*) ; un aspect brodé (*C*), des côtes intermédiaires entre *M* et *C*, une saveur acide (*C*) ; chez d'autres hybrides, les caractères des deux espèces parentes se répartissaient autrement. Rétentions ces *disjonctions* de caractères, qui font de SAGERET un précurseur.

L'année 1865 fut marquée par la publication indépendante et simultanée de deux travaux remarquables. A Paris, Ch. NAUDIN (1815-1899) publiait un mémoire, couronné du grand prix des Sciences physiques de l'Académie des Sciences et relatant des expériences d'hybridation sur de nombreuses espèces, mémoire dont l'intérêt reste considérable. D'autre part, à Brünn, en Moravie, le moine augustin Gr. MENDEL (1822-1884) donnait les résultats de croisements méthodiques entre variétés de pois (*Pisum sativum*) différent entre elles par un ou plusieurs caractères (tels que couleur des fleurs, graines lisses ou ridées, taille petite ou grande, etc.). NAUDIN et MENDEL arrivaient à des conclusions très semblables, mais ils se sont complètement ignorés. C'est chez MENDEL qu'elles se présentent, de la façon la plus catégorique, en raison de la forme statistique et mathématique qu'il leur a donnée.

(1) Cf. M. GAULLERY, *Les conceptions modernes de l'Hérédité*, Paris (Flammarion), 1935.

Résumons-les en quelques lignes, sur l'exemple le plus simple étudié par Mendel, le croisement entre pois à graines lisses *L* et à graines ridées *r*. A la première génération, *F*₁, nous obtenons 100 % de graines lisses, et, à la seconde, *F*₂ (résultant de l'autofécondation des plantes *F*₁), 75 % de graines *L* et 25 % de *r*. Le caractère *r* reparait donc ; il n'avait pas été supprimé en *F*₁, malgré les apparences. Chez l'hybride *F*₁, il était seulement masqué par le caractère *L*, qui est dit *dominant* et il y a, en *F*₂, une *disjonction*, qui fait reparaitre *r*. Ce dernier caractère est dit *récessif*. Tout s'explique en admettant que l'hybride *F*₁ a une constitution mixte *Lr*, mais que ses cellules reproductiveuses (*gamètes*) sont pures, *L* ou *r*, les deux catégories étant de fréquence égale. Dans les fécondations aboutissant aux graines *F*₂, les combinaisons entre gamètes *L* ou *r* se font au hasard et, par suite, d'après les probabilités, doivent donner : 1 *LL* : 2 *Lr* : 1 *rr* ; comme les *Lr* (en vertu de la dominance de *L*) sont lisses, nous devons avoir en apparence 3 *L* : 1 *r*. C'est ce qui a lieu effectivement. Si on cultive séparément les différentes graines *F*₂, on vérifie bien que 1/3 des graines lisses se reproduisent à l'état de pureté (ce sont les *LL*) ; que les deux autres tiers, au contraire, produisent de nouveau 3/4 de graines *L* et 1/4 de *r* et qu'enfin les graines ridées se reproduisent à l'état de pureté *r*. MENDEL avait fait aussi des croisements entre variétés de pois différente entre elles, non plus par un seul caractère, mais par plusieurs et constaté, avec la même précision, que les mêmes lois s'appliquaient, chaque couple de caractères différents se comportant comme s'il était seul en cause. Il était donc possible de prévoir, de façon précise, comment seraient constituées les diverses générations. Au caprice, qui, jusque-là, semblait le cauchemar

tère essentiel de l'hérédité, était substitué une partie régularité prévisible.

Il est tout à fait surprenant que des résultats aussi caractéristiques et aussi nettement formulés (et les conclusions de NAUDIN, sauf les résultats numériques, étaient tout à fait concordantes) n'aient trouvé aucun écho (1). Pendant trente-cinq ans, ils furent littéralement ignorés. Ce fut seulement en 1900 que trois botanistes, simultanément et de façon indépendante, les mirent en valeur et les confirmèrent sur divers exemples : H. DE VRIES, en Hollande ; C. CORRENS, en Allemagne ; E. VON TSCHERMAK, en Autriche. Cette fois le retentissement fut immédiat et considérable : un énorme mouvement expérimental se trouva déclenché et, en quelques années, les lois de Mendel se trouvèrent vérifiées sur des plantes et des animaux nombreux et variés. Il se créait une Science de l'Hérédité, la GÉNÉTIQUE, dont les protagonistes étaient, avec les trois auteurs précédents, W. BATESON, en Angleterre ; L. CUENOT, en France ; W. CASTLE et bientôt Th. MORGAN, aux Etats-Unis et beaucoup d'autres. Tous les faits ne se ramènent pas simplement au type résumé plus haut, qui reste fondamental et je ne puis, naturellement, pas entrer dans l'examen des diverses catégories qui se sont révélées (2) et qui constituent le contenu actuel de la Génétique. Je rappellerai seulement les magnifiques recherches de Th. MORGAN avec ses collaborateurs, C. BRIDGES, H. MÜLLER, A. STURTEVANT sur la *Drosophila melanogaster*, la mouche des vinaigries, qui s'est montrée, pour ces recherches, un matériel éminem-

(1) Quoique DARWIN ait discuté les travaux de NAUDIN, dans son ouvrage *Variations des Animaux et des Plantes*,
(2) Cf. M. CAULAINVY, *Les conceptions modernes de l'Hérédité*, Paris (Flammarion), 1935.

ment favorable, par la facilité de son élevage, la rapidité de sa reproduction et le grand nombre des individus produits. Dans les élevages, MORGAN a su discerner un grand nombre de variations brusques,

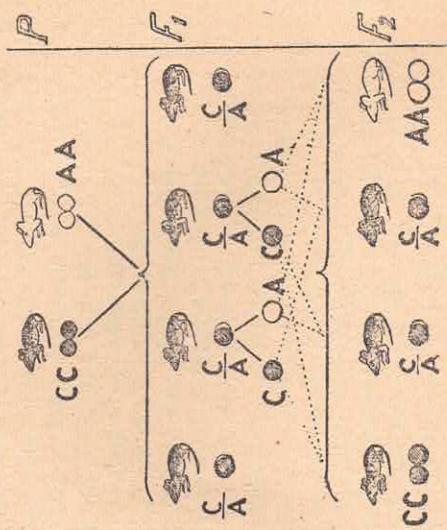


Fig. 11. — L'hérédité mendélienne
croisement souris grise x souris blanche (Cuénot, Génèse des Espèces)

Mais elle a permis, en outre, à MORGAN, de raccorder les lois de Mendel aux faits fondamentaux de la cytologie, en ce qui concerne les chromosomes du noyau (cf. p. 74) et de construire la *théorie chromosomique de l'hérédité*. Les 400 mutations dont la transmission héréditaire a été suivie, se répartissent, en effet, en quatre groupes numériquement inégaux et, pour chaque groupe, la transmission de deux quelconques des mutations qui les composent se fait solidairement. D'autre part, les noyaux de la Drosophile présentent quatre paires de chromosomes. Par des faits expérimentaux multiples, MORGAN a été conduit à reconnaître que les diverses *mutations*, obtenues et combinées par lui, sont déterminées par des altérations localisées des chromosomes du noyau, chacune correspondant à une unité définie ou *gène*. Et il a pu localiser ces gènes, dans les divers chromosomes, en *des points précis*. Il y a une concordance parfaite entre les résultats des expériences et la théorie ainsi établie. Tout ce que la cytologie nous a appris sur la constitution des cellules reproductrices et sur la fécondation se trouve être un moule parfaitement approprié pour représenter les résultats de la Génétique. Les chromosomes du noyau apparaissent, avec des gènes localisés sur eux, comme le support matériel des propriétés héréditaires.

Le contraste entre l'indifférence subie par NAUDIN et par MENDEL, en 1865, et le succès énorme de leurs conceptions en 1900, s'explique, en grande partie, par le fait que, dans l'intervalle, avaient été acquises toutes les données relatives à la division cellulaire, à la formation des gamètes et à la fécondation, qui en constituent une représentation adéquate. Il y a ainsi dans le développement des sciences, et en particulier de la biologie, des circonstances qui se conditionnent les unes les autres

— nous les retrouverons plus loin sous le nom de *mutations*, — qui sont héréditaires et suivent les lois de Mendel. La combinaison de toutes ces mutations entre elles a fourni à l'étude de l'hérédité des matériaux d'une ampleur énorme et d'une valeur primordiale. La Drosophile, du reste, est passée du laboratoire de MORGAN dans ceux du monde entier; et les conclusions obtenues sur elle ont été étendues à des plantes et à des animaux aussi nombreux que variés.

et dont dépend, en quelque sorte, la résonance des découvertes.

La Génétique a pris un développement énorme et cohérent depuis 1900. Cela ne veut pas dire que tous les problèmes de l'Hérédité soient définitivement et entièrement résolus. Les lois de Mendel, malgré l'extension énorme qui leur a été reconnue, ne représentent que la forme la plus simple de la transmission héréditaire et nous restons en face de faits plus complexes. La Génétique est sortie ainsi de l'étude expérimentale de croisements entre races ou variétés. Les croisements entre espèces, quand ils sont féconds, sont beaucoup plus complexes. Certains ont pu être analysés de façon approfondie chez les plantes, notamment entre des espèces d'*Antirrhinum* (Mullier), par Erw. BAUR. Chez les animaux, ces croisements sont presque toujours stériles, mais Mlle G. COUSIN, dans ces dernières années, a su découvrir un cas où ils sont féconds (entre deux espèces de grillons, *Gryllus campestris* et *Gr. bimaculatus*) et l'analyse promet d'en être très instructive. En tout cas, il y a maintenant une science de l'hérédité et c'est une des importantes étapes de la Biologie contemporaine.

Les origines en remontent au XVIII^e siècle, où s'est précisée la notion de l'espèce et où celle-ci s'est confrontée avec la tradition orthodoxe de la Genèse. « Il y a autant d'espèces, dit LINNÉ, que l'Etre infini en a créées à l'origine. » Mais, dès cette époque, surgit l'idée d'une formation progressive des espèces. BUFFON, qui a exercé une influence considérable sur son temps et a envisagé l'histoire naturelle d'une façon synthétique et philosophique, a eu l'intuition d'une longue histoire de la Terre (il croyait être hardi en l'évaluant à 60.000 ans, au lieu des 6.000 de la tradition, et nous comptons aujourd'hui par milliards d'années) et des phénomènes géologiques. Dans son *Discours sur la dégénération des animaux* (1), il déclare que « les deux cents espèces, dont il a fait l'histoire, peuvent se réduire à un certain nombre de familles qu de souches principales, desquelles il n'est pas impossible que toutes autres soient issues ». Il signale le parallélisme entre les quadrupèdes de l'Ancien et du Nouveau Monde et attribue les différences entre les deux séries à l'action du climat et des circonstances ; de même les animaux domestiques ont dû dégénérer sous l'action de l'homme. On retrouve des idées analogues chez CONDILLAC.

4. L'Évolution

Les exposés successifs qui précèdent nous montrent une convergence générale vers une compréhension synthétique de la Vie. Déjà, au XIX^e siècle, celle-ci s'était manifestée dans la théorie de l'Evolution (1).

(1) Cf. M. CAULÉRY, *Le Problème de l'Évolution*, Paris (Payot), 1931.

Lamarck et l'adaptation des organismes. — LAMARCK, — qui a été un des familiers de BUFFON, — a subi l'influence de sa pensée. Or, il est le fondateur incontestable des doctrines transformistes, exposées dans ses cours du Muséum, puis, d'une façon doctrinale, dans sa *Philosophie zoologique* (1809). Il conteste la valeur absolue de l'espèce, la seule réalité étant l'individu. Or, celui-ci subit l'influence des

(1) *Histoire naturelle*, t. 14.

conditions où il vit ; les besoins qu'il éprouve déterminent en lui des habitudes et, par suite, l'usage répété de certains organes, diminué de certains autres. De là, des hypertrophies ou des atrophies, par usage ou non-usage et ces modifications acquises sont transmises par l'hérédité. Ainsi, peu à peu, les types se modifient, en harmonie avec les conditions ambiantes, ce que, depuis Aug. COVETE, on appelle le milieu. D'où le caractère adaptatif de la structure des organismes, qui est un résultat et non l'expression *a priori* de la pensée créatrice. Il y a là une doctrine totale et cohérente. Du temps et des circonstances favorables suffisent à la Nature pour opérer, suivant LAMARCK, toutes les transformations. La Nature réalisait sans cesse des êtres simples qui, peu à peu, évoluaient en d'autres plus complexes. Appliquant les mêmes idées au monde minéral, il formule, plus justement, à l'encontre des catastrophes de CUVIER, ce qui allait devenir, en Géologie, avec LYELL, la théorie des causes actuelles. Telle est la conception de LAMARCK, novatrice, révolutionnaire. Elle se heurta à l'esprit positif et traditionnaliste de CUVIER, qui la combattit et la ruina dans l'esprit des contemporains. Il faut bien reconnaître d'ailleurs qu'à l'époque, les théories de LAMARCK ne pouvaient s'appuyer sur une base solide de faits et que les arguments qui l'étayaient, étaient souvent faibles et même puérils, ou invoquaient des données déjà périmées, comme la génération spontanée. Aujourd'hui même, l'hérédité des modifications acquises, pilier fondamental de la conception lamarckienne, reste un postulat qui se heurte à l'expérience. Et. GEOFFROY SAINT-HILAIRE, avec plus de prudence, aboutissait aussi à des conceptions évolutionnistes sur le plan anatomique, mais en les exagérant, d'autre part, dans l'idée de l'unité du

plan de composition du règne animal tout entier. Il avait, par contre, l'intuition de la valeur de l'embryogénie pour la détermination des affinités des organismes, celle de la valeur essentielle des organes rudimentaires comme vestiges d'états antérieurs et il en donnait des exemples saisissants, comme dans le cas des ébauches de dents chez les fétus de baleines. Enfin, il avait aussi aperçu, dans la tératologie, des déviations accidentelles de l'anatomie normale, pouvant éventuellement conduire à des formes nouvelles. GEOFFROY SAINT-HILAIRE doit donc être rangé parmi les fondateurs des doctrines transformistes.

Darwin et la sélection naturelle. — Sous l'influence de CUVIER, ces doctrines subirent une éclipse totale, pour reparaire et triompher, en 1859, avec l'*Origine des Espèces*, de Ch. DARWIN (1809-1882), sur une base toute nouvelle. Les conceptions de DARWIN sont nées des observations faites par lui, au cours de la croisière de circumnavigation du *Beagle* (1831-1836), surtout en Amérique du Sud et aux îles Galapagos. La comparaison précise des variations d'un même type dans les diverses îles de cet archipel, en particulier, lui avait suggéré l'idée de la variabilité générale de l'espèce. Rentré en Angleterre, et, à partir de 1842, vivant à la campagne, à Down, il se consacra à l'étude de cette variabilité. En 1838, la lecture de l'*Essai sur le principe de population* du clercyman MALTHUS (1798), lui suggéra l'importance de la *concurrence vitale entre les individus*, et entre les espèces, entraînant, comme conséquence la *survivance du plus apte*, ce qui équivaut à un choix automatique, par la Nature, des individus les mieux adaptés à leurs conditions d'existence, à une *sélection naturelle*. DARWIN, obser-

vateur scrupuleux et minutieux, chercha, dans le monde qui l'entourait, des faits du même ordre et les trouva dans les pratiques de l'élevage et de l'agriculture, très perfectionnées dans l'Angleterre de son temps, où l'homme choisit les reproducteurs, ou les graines, en vue de perpétuer et de développer des particularités déjà réalisées et qu'il juge utiles. C'est la *sélection artificielle*, consciente, qui apparut à DARWIN comme une image de la sélection naturelle. Dès lors, concurrence vitale et sélection furent pour lui les facteurs fondamentaux de la variation et de la transformation graduelle des espèces naturelles. À la différence de LAMARCK, DARWIN ne se préoccupa pas des causes des variations ; il accepte celles-ci comme fait d'observation et se préoccupe seulement de leur sort ultérieur. Il avait déjà recueilli, relativement à la sélection artificielle, une documentation énorme, quand, en 1858, les mêmes idées furent formulées, dans une lettre au géologue LYELL, par Alf. R. WALLACE (1823-1913), qui explorait zoologiquement la Malaisie. À la suggestion de LYELL, les deux mémoires de DARWIN et de WALLACE furent lus, en juillet 1858, à une séance de la Société Linnaéenne de Londres, et Darwin publia, en 1859, un livre contenant l'essentiel de ses idées, qui est l'*Origine des Espèces*. Les matériaux accumulés par lui formèrent ultérieurement la matière de ses deux volumes sur les *Variations des animaux et des plantes sous l'influence de la domestication* (1868).

Le retentissement de l'*Origine des Espèces* fut immense, et déchaîna d'ailleurs de nombreuses et longues polémiques, mais, cette fois, la cause du transformisme était gagnée et l'idée de l'Évolution allait dominer toute la biologie de la fin du XIX^e siècle. Dans un petit livre, publié en 1865, par un

éminent zoologiste allemand, vivant au Brésil, Fritz MÜLLER, sous le titre *Für Darwin*, la doctrine fut, en quelque sorte, transposée dans l'embryogénie ; les formes larvaires, très variées, par lesquelles passent beaucoup d'animaux marins (en particulier les crevettes de la famille des *Penaeidae*), furent considérées, par F. MÜLLER, comme représentant, de façon transitoire, des formes par lesquelles l'espèce avait passé antérieurement et le développement de l'individu (*ontogénie*), interprète comme une *récapitulation abrégée* de l'histoire antérieure de l'espèce (*phylogénie*). Une conception de cet ordre avait d'ailleurs été antérieurement formulée, sur un plan purement conceptuel, en Allemagne, par MECKEL, et en France par SERRES, disciple de GEOFFROY SAINT-HILAIRE. De l'idée développée par F. MÜLLER, E. HAECKEL fit la *loi biogénétique fondamentale*. HAECKEL la développa dans une série d'ouvrages, qui ont eu une énorme diffusion. Il a été le grand vulgarisateur de la théorie de l'Évolution et l'a orientée vers l'embryogénie, qui est devenue ainsi le champ de recherches zoologiques le plus cultivé des dernières décades du XIX^e siècle et a dû aux conceptions transformistes, les énormes progrès qu'elle a réalisés. Il apparaît bien aujourd'hui d'ailleurs, qu'il a été fait un abus de la loi biogénétique fondamentale. Si l'on peut trouver, dans l'embryon, des vestiges d'états antérieurs, l'embryogénie est essentiellement un processus *actuel* et non rétrospectif. Les vestiges qui y sont conservés sont ceux d'organes qui ont gardé des fonctions effectives, parfois nouvelles, ou qui ont servi de matériaux pour l'édification d'organes nouveaux, et non l'expression d'un principe récapitulatif. Néanmoins, la réaction formulée, à l'égard des idées de F. MÜLLER et de HAECKEL et contre l'idée même de l'Évolution, par

certains, tels que VIALLETON (1), est elle-même excessive. Non seulement l'embryogénie, mais l'anatomie comparée, la paléontologie animale et végétale, l'étude générale des faunes et des flores, ont apporté, dans l'ensemble, un appui impressionnant aux conceptions transformistes, qui apparaissent aujourd'hui comme la seule explication rationnelle possible de la Nature présente et passée.

DARWIN n'avait pas écarté les idées de LAMARCK. Il admettait même comme évidente l'hérédité des modifications acquises. HAECKEL avait remis en honneur toute l'œuvre de LAMARCK, dont les théories ont trouvé des défenseurs nombreux et éminents, comme A. GIARD, Ed. PERRIER, G. BONNIER, F. LE DANTEC, en France, EIMER, L. PLATE en Allemagne, etc.

Weismann et le dualisme somato-germinal. — Vers 1890, la position générale du problème fut renouvelée par A. WEISMANN, qui, constituant de toutes pièces une théorie nouvelle de l'hérédité, nia le fait et même la possibilité d'une transmission à la descendance des modifications acquises par l'individu et, par suite, la valeur des théories lamarciniennes. WALLACE prit, d'ailleurs, à l'égard de l'hérédité des caractères acquis, la même position. WEISMANN oppose les cellules reproductrices (*germen*), à l'ensemble du reste de l'organisme (*soma*). Le germe seul importe pour l'espèce, le soma n'étant qu'une enveloppe périsable, purement individuelle, et il n'aperçoit pas comment une modification localisée dans le soma pourrait s'inscrire comme telle dans le germe. Ces idées, appuyées sur les connaissances récentes et développées sur les connaissances récentes et développées avec beaucoup d'ingéniosité et de logique, ont exercé une très grande influence dans les cinquante dernières années. La critique des faits invoqués en faveur de l'hérédité des caractères acquis est, d'ailleurs, très pertinente et il faut reconnaître que, jusqu'ici, toutes les expériences tentées pour établir la réalité de la transmission des modifications acquises ont été vaines.

Hugo de Vries et le mutationisme. — Une nouvelle phase de l'histoire du transformisme s'est ouverte en 1900, avec la théorie des *mutations* de H. DE VRIES (1). DE VRIES considère aussi comme purement individuelles les variations provoquées par l'action du milieu et l'espèce comme normalement stable. Mais, à certains moments, se produisent, comme par une sorte d'explosion, des groupes de variations brusques, discontinues et héréditaires qui sont les *mutations* et qui réalisent des espèces élémentaires nouvelles, correspondant aux conception du botaniste français JORDAN. DE VRIES a fondé ses idées sur la discussion de faits connus, beaucoup de variétés stables ayant historiquement apparu de façon soudaine (un botaniste russe, KORSCHINSKI avait déjà réuni de nombreux faits de ce genre, groupés par lui sous le nom d'*hétérogenèse*). Mais surtout, DE VRIES crut trouver un exemple de ces variations multiples, discontinues et héréditaires dans une plante de la famille des Onagriées, l'*Enothera lamarckiana*, à laquelle il a consacré plus de vingt ans de recherches expérimentales du plus haut intérêt. La conception de l'évolution, telle que DE VRIES l'a formulée, d'après l'étude de cette plante, est aujourd'hui abandonnée. Les faits

(1) L. VIALLETON, *L'origine des êtres vivants : l'illusion transformiste*, Paris (Plon), 1929.

1) Hugo DE VRIES, *Die Mutationstheorie*, 2 vol.

signalés chez l'*Enothera lamarkiana* et plus ou moins retrouvés chez d'autres *Enotheres*, présentent un très grand intérêt et ont été l'objet de nombreux travaux, mais se rattachent à des processus d'hybridation. Ils constituent maintenant un chapitre important de la Génétique, mais on ne peut y voir la base d'une théorie générale de l'Evolution.

L'état actuel du problème. — Il résulte de l'exposé précédent que, si le fait de l'Evolution s'impose par l'ensemble de nos connaissances actuelles, la façon dont elle s'est accomplie est loin d'être éclaircie. La tendance présentement dominante, particulièrement en Angleterre, repose sur l'idée darwinienne de la sélection, appliquée aux variations brusques que sont les mutations (en laissant de côté celles du genre *Enothera*). Le lamarckisme est peu en faveur et cependant l'adaptation est un fait indéniable et d'ordre général (sans que toutes les particularités des organismes aient pour cela un caractère adaptatif), dont la réalisation par le hasard, est plus que problématique.

Non seulement, dans chaque organisme, existe une corrélation précise et harmonieuse des fonctions et des structures, mais la plupart des espèces offrent de nombreuses particularités correspondant étroitement aux conditions de vie de l'animal. Enfin fréquents sont aussi les exemples frappants de dispositifs spéciaux offrant un agencement de parties comparable à celui d'outils conçus par l'homme. C'est ce que Cuénor (1) a appelé des *coaptations*. Elles se trouvent réalisées de toutes pièces chez l'individu, au cours du développement, préalablement à tout usage. J'en donne ici un exemple

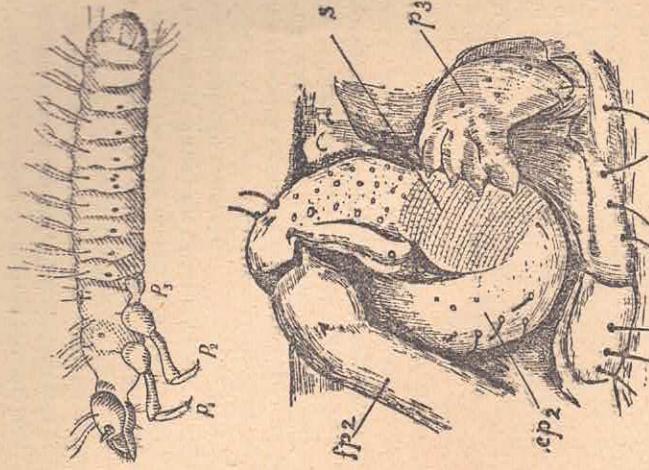


Fig. 12. — En haut, jeune larve (1^{er} stade) de *Passalus* (d'après R. Heymons); en bas, portion latérale du mésothorax et du métathorax d'une larve de Passalidae de Bourne (d'après David Sharp).
cp₂, fp₂, coxa et base du femur de la seconde patte (p₂) ; s, surface striée formant organe de stridulation ; p₃, troisième patte très courte avec grilles, gratifiant la surface s.

(1) Les Passalidae constituent une famille de grands Coléoptères Lamellocornes (environ 500 espèces, localisées surtout sous les troncs), creusant des galeries sous l'écorce des arbres morts. Leurs

(1) L., CUENOR, *L'Adaptation*, Paris, 1929, pp. 265 et suiv.

se terminant par des griffes qui raclent une portion striée de la base (*coxa*) de la seconde patte p_2 , placée juste au niveau convenable, le tout réalisant un organe stridulateur, rappelant un peu une guitare. Il y a là une disposition adaptative évidente, qui doit résulter d'une évolution (du reste on la retrouve, mais bien moins complète, dans des familles voisines de la précédente). Comment cette adaptation s'est-elle réalisée ? On ne sait, mais l'esprit se refuse à n'y voir que le simple résultat d'une série de hasards dans les variations de l'espèce.

La paléontologie apporte, à l'idée de l'Évolution, des arguments de fait multiples et décisifs, mais ne nous offre que des données fragmentaires et, comme il a été dit plus haut, elle ne nous montre, ni l'origine réelle des divers groupes, ni ne nous donne accès aux origines de la Vie (1). Tous ces problèmes fondamentaux restent donc encore, pour une large part, sur un terrain conjectural. L'Évolution appa-

(1) Sur l'origine de la Vie, voir les très intéressantes considérations, d'ordre chimique, formulées tout récemment par M. A. DAUVILLIER (A. DAUVILLIER et E. DESGRANGES, *Sur l'origine de la Vie* (Revue Scientifique, 1940, p. 292-296) et conduisant à admettre que la Vie aurait trouvé des conditions de réalisation par synthèse à une époque déterminée, ces conditions n'ayant plus été réalisées ensuite.

raît, en tout cas, comme un processus, s'étendant sur toute l'histoire de la Terre, mais qui ne se répète pas d'une façon continue et qui est irréversible. Par sa nature même, il n'est pas un problème totalement accessible à la méthode expérimentale et mieux vaut reconnaître la grande part d'inconnu qu'il comporte encore.

chimiques de plus en plus précises des diverses manifestations de la Vie. Mais ce dernier stade ne pouvait être atteint que dans la mesure où la physique et la chimie elles-mêmes avaient progressé. Ce n'est donc pas par une coïncidence fortuite que le xixe siècle a vu l'essor de la Biologie. Tout ce qui a précédé ne pouvait être qu'une préparation, où la description et l'observation passive permettaient à l'esprit des opérations provisoires de reconnaissances à travers la Nature, quelques hommes supérieurs, comme HARVEY, RÉAUMUR, SPALLANZANI, LAVOISIER, je-tant toutefois les bases de la méthode expérimentale, que le xixe siècle allait promulguer avec Cl. BERNARD et PASTEUR.

Il est significatif que le terme de *Biologie* ait été créé au début même de ce siècle, en 1802. L'un des traits dominants du xixe siècle a été, en effet, l'unification des sciences de la Vie, par la connaissance de la *cellule*, base commune de l'organisation et du fonctionnement de tous les organismes, des plus inférieurs aux plus élevés, à tous leurs états, depuis le stade unicellulaire qu'est l'œuf, jusqu'à l'extrême complication des organes et de l'ensemble de l'individu adulte. Tous les problèmes biologiques se sont trouvés ramenés à l'échelle cellulaire et à l'étude des mécanismes propres, mis en œuvre par la cellule, dans ses échanges avec le monde ambiant. Les pages précédentes donnent l'idée des progrès accomplis dans cette étude et de la convergence des notions acquises. Quelque important qu'ait été le chemin parcouru, nous ne nous en trouvons pas moins devant des inconnues nouvelles. Si, en effet, chacun des processus élémentaires de la Vie est plus ou moins complètement ramené à l'ordre physico-chimique, cela ne nous rend guère plus intelligible la réalisation de la coordination et

ÉPILOGUE

Nous sommes arrivés au terme de ce film rapide, où se sont déroulés les aspects multiples et les étapes successives du progrès de nos connaissances biologiques. Ses péripéties essentielles me semblent dérouler à la fois de circonstances contingentes et de conditions qui sont dans la nature des choses.

Les premières résultent de l'allure qu'a revêtue l'Histoire. Il y apparaît, en effet, comme une grande discontinuité, produite par l'effondrement de la civilisation gréco-romaine. De ce fait, il y a une science antique et une science moderne, séparées par l'hiatus du Moyen-Age et nous avons vu comment, avec la Renaissance, la science antique retrouvée a été, dans une certaine mesure, un frein au progrès, un rideau interposé devant la réalité et en retardant l'analyse.

Les secondes tiennent à la complexité même des processus vitaux. Les esprits supérieurs qui s'y sont attaqués ont été naturellement conduits à supposer à leur ignorance par des conceptions spéculatives. L'un des aspects essentiels de la marche en avant des sciences biologiques consiste dans le recul graduel et l'évanouissement de ces fantômes : animisme, vitalisme sous ses formes graduellement atténées, finalité, pour aboutir à des interprétations physico-

de l'harmonie dans l'ensemble et dans la succession de ces processus, ni comment ils aboutissent, à partir de la cellule initiale qu'est l'œuf, à la constitution rigoureusement définie, en même temps que prodigieusement hétérogène, qu'offre l'organisme adulte, à l'ajustement parfait de ses parties et à leur fonctionnement synergique. On ne peut se défendre d'évoquer, à cet égard, une certaine finalité, par laquelle la substance vivante se distingue du reste de la Nature.

Transportée du moment actuel dans le temps, l'éénigme n'est pas moins grande. Nous avons vu les obscurités qui subsistent dans le problème de l'Evolution et surtout dans celui de l'origine de la Vie. Celle-ci semble bien ne s'être réalisée qu'à une période infinitément lointaine, dans des conditions qui ne paraissent plus s'être rencontrées ensuite et qui nous restent, pour le moment, totalement inconnues. Depuis cette période et actuellement, sous nos yeux, la Vie se continue mais ne commence plus et cela explique pourquoi ses modalités essentielles restent pour nous fortement enveloppées d'une obscurité, que l'effort de chaque nouvelle génération scientifique dissipe sur certains points, sans l'empêcher de persister devant nous sous des formes nouvelles.

L'étape présente de la Biologie peut donc être caractérisée par une réduction de plus en plus parfaite des processus vitaux élémentaires à des mécanismes purement physico-chimiques, conquête scientifique d'importance majeure et d'un caractère général et définitif. Il reste, comme perspective d'étapes ultérieures, de pénétrer le secret de la vie en elle-même et de savoir si elle peut être réduite intégralement à une conception du même ordre. La solution radicale de cette énigme serait d'arriver

ver à créer de toutes pièces des substances ayant toutes les propriétés de la substance vivante, en réalisant cette génération spontanée, qui, jusqu'ici, n'a été qu'une illusion décevante et qui, peut-être, le sera toujours, si la Vie est réellement irréductible aux propriétés des substances non vivantes, quelle que soit la complexité de celles-ci.

La physique et la chimie nous offrent présentement le spectacle de la transmutation des éléments, — hier encore chimère des alchimistes, — effectuée au laboratoire à l'aide des radiations. Elles nous révèlent, en outre, que le déterminisme, au sens classique, n'a pas une valeur absolue et qu'il cesse d'exister dans le domaine et à l'échelle des atomes, où, au contraire, nous trouvons seulement incertitudes et probabilités, sur la base des quanta. N'y aurait-il pas, dans l'ordre des grandeurs de l'espace et du temps, une échelle, inverse en quelque sorte, embrassant l'infini du passé et où les lois du monde actuel ne s'appliqueraient plus rigoureusement, où surtout elles ne seraient pas applicables aux conditions initiales qui ont permis la réalisation de la Vie, avec les modalités spéciales qu'elle nous présente ? N'y aurait-il pas aussi, dans le monde présent, pour le fonctionnement physico-chimique élémentaire de la substance vivante, du fait même de la grandeur et de la complexité de ses molécules, des résultantes spéciales encore insoupçonnées, qui seraient à la base des particularités de la constitution des organismes et de l'Evolution qui nous déconcertent par leur irréductibilité aux lois du monde inorganique (1) ?

(1) Les physiciens quantistes se sont posé déjà le problème de l'incidence de la théorie des quanta sur les problèmes généraux de la Biologie. Mon confrère et ami Louis de Broglie m'a signalé un ouvrage de P. JORDAN (*Anschauung Quantentheorie*, Berlin, 1936), où

Nous arrivons ainsi, à la source des étapes futures de la Biologie, à une grande interrogation qui évoque le titre même de la présente collection : *Que sais-je ?*

TABLE DES MATIÈRES

P. 675	—	5
AVANT-PROPOS		
CHAPITRE PREMIER. — LA SCIENCE GRECQUE ET LA BIOLOGIE.....	8	
HIPPOCRATE. — ARISTOTE. — GALLEN.....	8	
CHAPITRE II. — LA RENAISSANCE ET LE RÉVEIL DE LA SCIENCE ANTIQUE.....	14	
L'ANATOMIE	16	
LA BOTANIQUE	16	
LA ZOOLOGIE	21	
CHAPITRE III. — L'ÉLABORATION DE LA BIOLOGIE MODERNE AUX XVII ^e ET XVIII ^e SIÈCLES	24	
DESCARTES	24	
L'OBSERVATION MICROSCOPIQUE : LEEUWENHOEK	24	
RÉAUMUR ET L'EXPÉRIMENTATION	25	
LA GÉNÉRATION : SPALLANZANI	30	
LA PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE : LAVOISIER.....	33	
	43	
CHAPITRE IV. — L'ESSOR DE LA BIOLOGIE, DU XIX ^e SIÈCLE À L'HEURE PRÉSENTE.	47	
1. La Morphologie.....	48	
LES FONDATEURS : LAMARCK, CUVIER, ET GEOFFROY SAINT-HILAIRE.....	49	
L'EXPANSION DE LA ZOOLOGIE : LA ZOOLOGIE MARINE ET L'Océanographie.....	53	

EXTRAIT DU CATALOGUE DE LA COLLECTION

PAGES

N° 401 à 500

LA PALÉONTOLOGIE.....	56
LA CONSTITUTION ÉLÉMENTAIRE DES ORGANISMES : THÉORIE CELLULAIRE, CYTOLOGIE.....	60
L'ŒUF ET LA FÉCONDATION.....	69
LES ORGANISMES UNICELLULAIRES ET LA PROTISTOLOGIE	75
LES FORMES LES PLUS SIMPLES DE LA VIE : BACTÉROLOGIE. — LES VIRUS FILTRANTS.....	78
L'EDIFICATION DES ORGANISMES : EMBRYOLOGIE NATURELLE ET EXPÉRIMENTALE ; TÉRATOLOGIE.....	80
LA CONSTITUTION ET L'EXPANSION DE LA PHYSIOLOGIE GÉNÉRALE : CLAUDE BERNARD.....	86
LA PHYSIOLOGIE CHIMIQUE ; DIASTASES, VITAMINES, HORMONES ET ENDOCRINOLOGIE.....	90
LES MICROBES ET LEUR RÔLE DANS LA NATURE : PASTEUR	98
3. La science de l'Hérédité, la Génétique	103
J.-B. LAMARCK. — Ch. DARWIN. — A. WEISMANN. — H. DE VRIES.....	110
4. L'Évolution	111
ÉPILOGUE	122

401. La géométrie contemporaine (A. DELAUNAY). 409. Histoire de la Lorraine (J. BONNOTON).
 402. Le gondron de boulle (J. BECQ). 461. La méthode statistique dans l'industrie (A.-G. LATOURNEY).
 403. L'économie du Commonwealth (P. CHODZER). 463. Histoire de la colonisation française (R. TEAUNAY).
 404. Industries et commerce du bois (J. CADINHODON). 465. Du jeu lunaire au radaroscope électronique (J. TEAUNAY).
 405. Histoires militaires françaises (J.-M. BIDAL). 466. Les institutions religieuses (M. PACAUT).
 406. Les placements (G. FARO). 468. Les eaux souterraines (P. THOMAS).
 407. La littérature américaine (J.-F. CAUDRE). 469. Histoire de la banque (A. DAUHANT-MEURISSET).
 408. Histoire du Droit privé (J. BOBERT). 470. Hygiène et nutrition (P. CHAUVARD).
 409. Fin des empires coloniaux (H. DUCLOMÉGÉ). 472. Psychologie sociale (L. MARQUETTE).
 410. L'électricité cérébrale (J. DULAY). 473. Histoire de l'écopage moderne (M. COURTOIS).
 411. Les navires (A. THOMAS). 480. Le goût et les saveurs (J. L. MAURIN).
 412. La métallurgie et le métal (E. REVERDY). 481. Le théâtre en France depuis 1940 (R. LAFON).
 413. La magie (J.-A. RICOUY). 482. Histoire de la Gasogénie (C. DAURELLARD).
 414. La presse dans le monde (P. DISROYEN). 483. L'Union sud-africaine (J.-A. LEMOINE).
 415. Les finances publiques (M. DIVIERS). 484. La faune (Ch. MARTRIN).
 416. Les tourbillons sommeilleux (L. LAMBERT). 485. Les mines (M. CAZETS).
 417. Troubadours et cours d'amour (J. LAFITTE-HOUSSAC). 486. Galien différentiel et intégral (A. DELAUNAY).
 418. Calcul vectoriel et calcul tensoriel (A. DELAUNAY). 487. Pasteur et la microbiologie (A. DELAUNAY).
 419. Psychologie des animaux (J.-C. FULVIOUX). 488. La biodynamie (H. ARVON).
 420. Géographie agricole de la France (J.-M. BOURLAIS). 489. Technologie de la banque (H. ARVON).
 421. Les étapes de la physique (P. GRAYDNER). 490. La balistique (A. DELAUNAY et J. TAILLÉ).
 422. Troubadours et cours d'amour (J. LAFITTE-HOUSSAC). 491. Charlemagne (J. CALAMESTE).
 423. Histoire de la sociologie (G. BOURRIOL). 492. La retranscription des couleurs (J. DOUBIGNON et P. KOWARIK).
 424. Histoire de la Gravure (Ch. DARTIGUE). 493. L'économie du Moyen-Orient (J. BEAUMAISIER).
 425. Psychologie des mouvements sociaux P. MAUROUX). 494. Le tonus mental (J.-C. FILLOYX).
 426. Louis XIV (H. MÉRIVIER). 495. L'hindouisme (L. RESCH).
 427. Histoire du protestantisme (E.-G. LÉONARD). 496. Le mahébisme séculaire (T. BALIN).
 428. L'Union française (H. CORNUAN). 497. L'entreprise dans la vie économique (J. RO-METZ).
 429. Histoire de la Russie (H. MICHEL). 498. Les formes de la musique (A. HONORÉ).
 430. Le vinaigre et ses applications (L. DUCROYER). 499. L'anarchisme (H. ARVON).
 431. La mer, source d'énergie (V. ROMANOVSKY). 500. La psychopharmacologie (G. PALMADÈ).
 432. Le surréalisme (Y. DUPLESSIS). 503. La prison (J. DÉSNAU).
 433. La condition ouvrière en France (P. LOUET). 506. Les industries mécaniques (M. HUNTER).
 434. Les distastas (J. SROLOWSKY). 507. Institutions universitaires (J.-B. PIOMETTA).
 435. Technique de la peinture (J. RUMET). 508. Les dents (P.-L. ROUSSEAU).
 436. La grande industrie chimique organique (G. CHAMPERTIER). 509. Histoire de l'Inde (P. MEILH).
 437. L'électrochimie (R. AUDIBERRE). 510. Histoire des Pays-Bas (M. BRAUN).
 438. Vagues, marées, courants marins (J. BOU-TELQUI). 511. La crise de la pensée (H. DIESTE).
 439. Le Maroc (J.-L. MIKE). 512. La faune de l'Afrique (J. PORQUER).
 440. La bière et la brasserie (J. VÉNE ET H. LE CORVAGISTER). 513. La châgne organique (R.-L. GUYOT).
 441. Histoire du Limousin et de la Marche (D. BIENGLARD). 514. Les prisons (J. VOULET).
 442. Biologie du vin (J. REINAUD). 515. La navigation intérieure en France (M. JORANDIER et L. MOREAU).
 443. Géologie de la France (J. GOCUEL). 516. Les sondages (P. ORLANS).
 444. Les sondes-ancres (P. ORLANS). 517. L'orchestre (L. ANDRE et M. LANDOWSKI).
 445. Probabilités et certitude (E. BOREL). 518. La révolte de l'Asie (THOM MONTE).
 446. Les origines de la vie (J. CARLES). 519. L'Amirauté (J. GRANIER et P. CAILLON).
 447. Les musées de France (G. POISSON). 520. Techniques de la navigation (P. VIALA).
 448. La propagande politique (J.-M. DOMENACH). 521. Littérature comparée (M.-P. GUTARD).
 449. Les arts ménagers (J. ET F. FORTASSE).
500. Les déserts (J. PORQUER).

1954. — Imprimerie des Presses Universitaires de France. — Vendôme (France)

IMP. N° 13.388

ÉDIT. N° 23.580

Que sais-je?

Collection dirigée par Paul Angoulvent

Derniers titres parus

- | | |
|--|---|
| 559. La navigation aérienne (G. COURTAUD et L. ANDLAUER). | 591. Histoire de la Pologne (A. JOFFRAY). |
| 560. La littérature grecque moderne (A. MIRAXHEU). | 592. Les pierres précieuses (N. et A. METZ). |
| 561. L'aérol (J. FEYRÉ et R. CHATEL). | 593. Histoire des idées en France (R. DAYAL). |
| 562. La glace et les glacières (V. ROMANOVSKY et A. CAILLEUX). | 594. Le paludisme (F. PARCÉ). |
| 563. L'enfance délinquante (J. CHAZAL). | 595. Les roches sédimentaires (Ch. POMEROL et R. FOURET). |
| 564. Courbes et surfaces (J. TAILLE). | 596. La vie à Rome dans l'Antiquité (P. GARNIER). |
| 565. L'équilibre sympathique (P. CHAUCHARD). | 597. L'Afrique occidentale française (J. PORQUEZ). |
| 566. Les tissus d'art (M. BEAUMELIEU). | 598. L'administration régionale et locale de la France (H. DERTON). |
| 567. Les civilisations précolombiennes (H. LEHMANN). | 599. La résistance des matériaux (A. DELACRE). |
| 568. La fauromathé (J. TESTAS). | 600. L'arrêt cardiaque (A. VITALENS). |
| 569. Les mouvements des végétaux (P.-E. PRIEUR). | 601. L'âge critique (P. GONZLY). |
| 570. La Linguistique (J. PERNOT). | 602. La structure moléculaire (B. PURLANS). |
| 571. Les nombres premiers (E. BOREL). | 603. Les terres australes (E. AUBERT DE LA RUE). |
| 572. Les méthodes en pédagogie (G. PALMADE). | 604. Le naturalisme (P. COORY). |
| 573. La Haute-Asie (L. HAMUS). | 605. Le calcul mental (R. TATON). |
| 574. Histoire du Mexique (P. WEMMERS). | 606. Les civilisations africaines (D. PAULI). |
| 575. Les Papes de la Renaissance (H. MARC-BONNER). | 607. Les épidémies (H. HARANT). |
| 576. Les sensations chez l'animal (E. BARTANGARDY). | 608. Les grands marchés du monde. (P. GEORGE). |
| 577. La guerre (G. BOUCHOU). | 609. Technique de l'urbanisme (R. AUZELLE). |
| 578. Histoire de la Grèce moderne (N. Svoronos). | 610. La chasse à courre (P. VIVRON). |
| 579. La mécanique des solides (J.-L. DESROUCES). | 611. Australie et Nouvelle-Zélande (A. HUNZ DE LEMPIS). |
| 580. Les Tsiganes (J. BLOCH). | 612. La justice en France (R. CHARLES). |
| 581. La Commune (G. BOURBAN). | 613. Physiologie des mœurs (P. CHAUDARD). |
| 582. La mythologie grecque (P. GRIMAI). | 614. L'hygiène de la vie (E. BAUMGARDT). |
| 583. L'énergie chlorophyllienne (J. CARLES). | 615. Optique théorique (J. TERRIEN et A. MARÉCHAL). |
| 584. Histoire de la médecine vétérinaire (A. SEVER). | 616. L'Etat (J. DONNEDIU DE VABRES). |
| 585. Le syndicalisme en France (G. LEFRAZ). | 617. La plasticulture (P. VIVREL). |
| 586. Les toxicomanies (A. POSTOR). | 618. L'art des jardins (P. GRIMAI). |
| 587. Le thiomane (P. GRASSEY). | 619. L'Océanie française (A. HUETZ DE LEANS). |
| 588. La céramique grecque (H. METZGER). | 620. Histoire du livre (E. DE GROLIER). |
| 589. L'exploration sous-marine (P. DROISE). | 621. Le fond des océans (J. HOURCAUT). |
| 590. Biogéographie mondiale (A. CAILLEUX). | |

ÉDIT.
23.680