

Boris RYBAK

*Professeur de Physiologie animale
à l'Université de Caen*

LA MÉGA-ÉVOLUTION

— A 349 —

UNIVERSITÉ DE PARIS
PALAIS DE LA DÉCOUVERTE
Avenue Franklin-D.-Roosevelt, Paris VIII^e

Boris RYBAK

*Professeur de Physiologie animale
à l'Université de Caen*

LA MÉGA-ÉVOLUTION

— A 349 —

Conférence donnée au Palais de la Découverte
le 22 mars 1969

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage, est interdite. Une copie ou une reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteur.

LA MEGA-EVOLUTION

COMME on peut le penser, dans le cadre de cette brochure il ne saurait être question de traiter avec beaucoup de détails un problème aussi complexe que celui de l'Evolution. Mon but est beaucoup plus de proposer une réflexion que d'en traiter exhaustivement.

TERMINOLOGIE

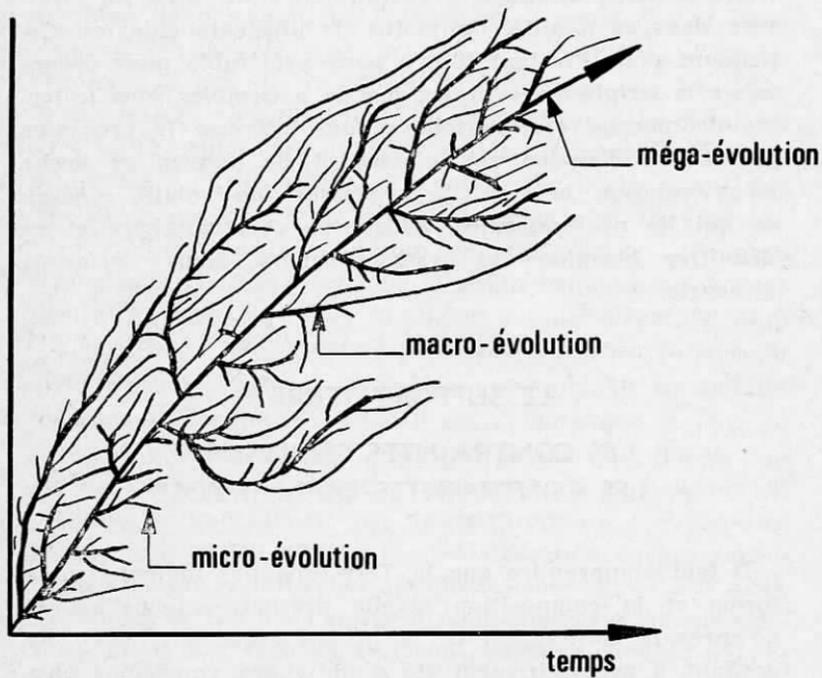
Le fait Evolution est attesté fondamentalement par des constatations d'anatomie paléontologique établissant l'existence de séries vivantes aux structures modifiées découlant d'archétypes. Les explications reposent soit sur l'influence du milieu — avec acquisition de caractères directement adaptés à ce milieu — soit sur l'interaction discriminative entre les structures héréditaires mutantes et l'adaptabilité ou l'inadaptabilité de ces mutants aux conditions du milieu, le milieu représentant aussi bien l'ambiance physico-chimique que l'environnement biotique d'où découlent des relations entre proie et prédateur, entre plus apte et moins apte, déterminant ainsi la sélection naturelle dont un problème particulier est représenté par l'isolement des populations. R. GOLDSCHMIDT a considéré qu'il convenait de distinguer les petites mutations qui portent sur l'intérieur de l'espèce et constituent la *micro-évolution*, et il a attribué à la formation massive d'une mutation d'ensemble — créant des « monstres » pérennant — l'apparition des espèces et des genres, phénomène qu'il a nommé *macro-évolution*. G.G. SIMPSON a désigné par *méga-évolution* les processus qui intéressent des phénomènes « conduisant à des caté-

gories taxonomiques beaucoup plus élevées ». Avant d'aller plus loin, il convient de rappeler qu'il existe trois règnes (animal, végétal, minéral) et, puisque mon propos est de m'intéresser plus spécialement à ce qui conduira à *Homo sapiens* — c'est-à-dire au psychisme — nous ne considérerons que le règne animal qui se subdivise en embranchements [Vertébrés, et aussi soit les trois types d'Invertébrés de Cuvier - 1812 - (les Mollusques, les Articulés et les Rayonnés), soit les sept à douze types généralement acceptés aujourd'hui d'Invertébrés (les Arthropodes, les Coelenthéris, les Echinodermes, les Mollusques, les Protozoaires, les Vers...) ou toute autre combinaison taxinomique]. Les embranchements se divisent en classes (par exemple chez les Mollusques : les Gastéropodes, les Lamellibranches, les Céphalopodes, etc... ; chez les Vertébrés : les Poissons, les Batraciens, les Reptiles, les Oiseaux, les Mammifères). Les classes se subdivisent en ordres (par exemple chez les Mammifères : les Marsupiaux, les Carnivores, les Rongeurs, les Ongulés, les Cétacés, les Primates, etc.) ; ces ordres se définissent non systématiquement en sous-ordres (par exemple si chez les Primates on distingue les Lémuriens, les Simiens et les Hominiens, chez les Rongeurs on ne distingue pas de sous-ordre). Viennent ensuite les familles (par exemple les Canidés) puis les genres (on peut ne pas parler des tribus) et pour les Canidés par exemple, le genre *Canis* comprend le Loup, le Chacal, le Chien... Les genres sont divisés en espèces : par exemple le Chat domestique et le Lion issus de *Felis*. Enfin on distingue des sous-espèces et variétés.

En fait le point majeur dont il convient de rendre compte c'est que *tous* les Etres vivants ont évolué. Alors se pose la question des préfixes à placer devant le terme Evolution. On sait qu'en métrologie existent le symbole M (*) (méga), le symbole G (**) (giga) et on serait tenté de nommer

* multiple 10^6 de l'unité.

** multiple 10^9 de l'unité.



alors giga-évolution le processus bio-évolutif général, ce qui ne soulève pas d'objection puisque l'Univers dans sa totalité évolue lui aussi et alors on pourrait parler pour ce dernier temps de tera (symbole T) (**). Cette terminologie est précisément intéressante dans la mesure où l'on cherche à déterminer si l'évolution biotique n'est pas liée d'une façon quelconque à l'évolution, si ce n'est de l'Univers dans sa totalité, du moins de plusieurs galaxies. Cependant pour l'instant il m'a paru préférable pour économiser la terminologie biologique de rassembler sous le terme de macro-évolution tout ce qui intéresse le processus évolutif de l'espèce aux classes et de donner au terme méga-évolution le sens de processus bio-évolutif général, ce qui lie nécessairement biosphère et atmosphère et en définitive biosphère et système solaire, source *princeps* d'énergie.

LE SUPPORT TERRE :

LES CONTRAINTES QU'IL SUBIT, LES CONTRAINTES QU'IL IMPOSE

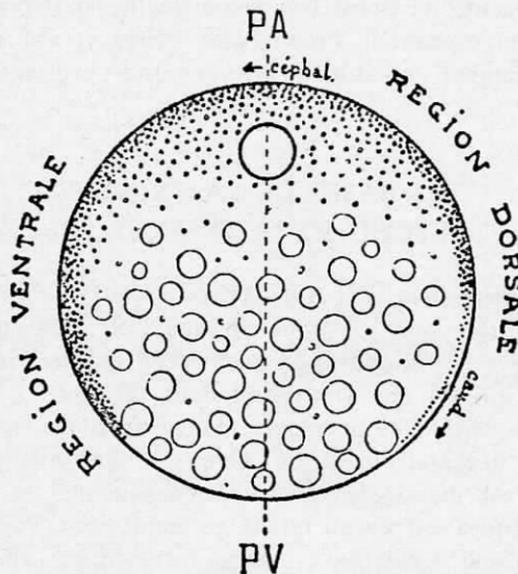
Il faut comprendre que la Terre n'a pas toujours eu la forme et la composition qu'elle présente aujourd'hui et qu'après la contraction de la proto-Planète la vie, en s'y greffant, a nécessairement été soumise aux conditions physiques imposées à la Terre en tant que structure cosmique et plus précisément en tant que structure associée au système solaire. C'est dire que la Terre a suivi et continue de suivre en particulier les lois de la thermo-dynamique et notamment celles du II^e principe (de Clausius) qui re-

*** multiple 10^{12} de l'unité.

vient en somme à constater que l'énergie se dégrade. Comment va s'exercer cette action énergétique sur le vivant ? Il est admis désormais (FESENKOV, UREY, VINOGRADOV, OPARINE, J.B.S. HALDANE, V.M. GOLDSCHMIDT, etc.) que l'atmosphère primitive n'était pas oxygénée et que les premiers Etres vivants tiraient donc leur énergie de processus anaérobies. Par suite notamment de la mutation qui a permis la biosynthèse de chlorophylle, l'atmosphère terrestre s'est enrichie en oxygène et c'est donc à des conditions d'oxydo-réduction à potentiel croissant positivement que les différentes formes vivantes ont dû se soumettre à plus ou moins long terme. Autrement dit le potentiel chimique de la Terre référencié à l'hydrogène s'est amoindri en même temps que des Etres aux exigences métaboliques de plus en plus élevées sont apparus. Considérons en effet l'acide adénosine-triphosphorique (ATP) comme le grand banquier en énergie des Etres vivants ; nous constaterons que l'énergie libre d'hydrolyse d'une liaison phosphorylée énergétiquement riche ($\sim P$) est, disons, de 10 Kcal par mole. Or les cellules anaérobies fabriquent de l'ATP mais, alors que le changement standard d'énergie libre en allant du glucose au lactate (par voie fermentative) est de — 52 Kcal, la même réaction se poursuivant par la respiration — c'est-à-dire par la mise en jeu d'oxygène avec libération de gaz carbonique et d'eau — provoque un changement de — 686 Kcal. Ce constat de fait nous amène à nous interroger sur les relations qui se sont établies de façon caténaire entre le phénomène biotique et les processus thermodynamiques — caractérisés par ces phénomènes d'oxydo-réduction — auxquels se sont ajoutées les influences solaires (photoniques et corpusculaires dont l'impact sur les Etres vivants a évidemment dépendu et dépend encore des caractéristiques de l'atmosphère terrestre : ionisation, épaisseur [« marées atmosphériques » de Lord KELVIN, 1882], variations thermiques, absorption de rayonnements, etc.).

LA VECTORIALISATION DU VIVANT

Chaque type vivant résulte du déploiement de l'information contenue dans son génome, et, ceci, dans un certain biotope qui lui apporte donc de l'énergie *et* des molécules, de sorte qu'un Être vivant est un système thermodynamique ouvert. Si les conditions écologiques sont défavorables, le système vivant en question ne pourra que mourir, s'adapter ou s'évader. Tout se passe comme si le génome proposait et que le milieu disposait, et les faits nous montrent que dans chaque lignée il y a eu un très grand nombre de tentatives de naissance, de survie et de pérennité et qu'il y a eu un beaucoup plus petit nombre de réussites et c'est parmi ces réussites — nouveautés vivantes — que se trouvent les traces de cette évolution. Or on constate, à ne considérer que la lignée des Vertébrés, que les choses sont allées de telle sorte qu'il y a eu une orthogénèse statistique — c'est-à-dire tenant compte de « buissonnements » — et que cette orthogénèse a correspondu à un développement considérable du système nerveux et, comme je l'ai montré, à une réduction de structures végétatives (télescopage du sinus veineux cardiaque dans l'oreillette droite, concentration en organe d'éléments endocriniens, réduction du nombre de vertèbres, etc.). Autrement dit l'espace informationnel supérieur neuronique s'est accru quasiment aux dépens de l'espace végétatif. Or les neurones sont précisément oxygène-dépendants et leur neurones d'origine récente le sont encore plus que les neurones appartenant à des structures nerveuses centrales plus archaïques (différences nettes par exemple entre néo-pallium et bulbe). Il s'agit donc de rendre compte de cette orientation orthogénétique et, sans conteste, il a fallu que le génome se complique ; mais, par ailleurs, il n'est pas possible d'abstraire un être vivant de son milieu : le biotope le pénètre constamment. Ainsi ce gradient d'oxydo-réduction allant vers des états plus oxy-



Coupe composite d'un œuf avant la fécondation (moitié gauche) et après (moitié droite) mettant en évidence l'organisation axiale, la symétrie bilatérale et la disposition définitive de l'embryon avec indication de la future région dorsale et ventrale et de l'extrémité caudale.

La ligne PA (pôle animal) PV (pôle vitellin) définit l'axe de l'œuf. On reconnaît en haut le noyau ; vers le bas les gros grains du vitellus. Au voisinage de la surface de l'œuf on voit les grains de pigments, petits points noirs, et un peu au-dessous les mitochondries, petits points blancs.

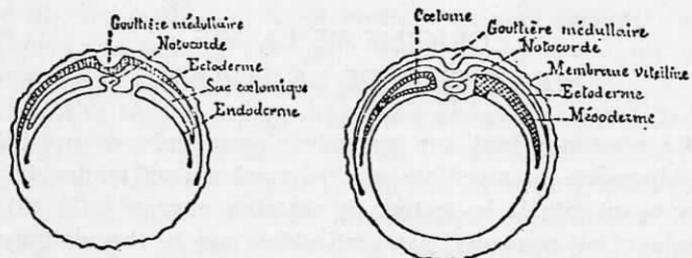
La portion figurée à droite (correspondant au stade suivant la fécondation) passe par le plan de symétrie. On voit que des grains du pigment diminuent dans la région du croissant gris dont le centre est marqué par un gros point noir.

[Emprunté à Giroud (A.) et Lelièvre (A.), *Eléments d'embryologie*, librairie E. Le François, Paris (1957).]

génés est précisément concomitant de l'apparition et du maintien de structures nerveuses oxygène-dépendantes. Ceci représente un point très remarquable et il faut rechercher à quel niveau de l'ontogenèse l'Être vivant a pu être particulièrement sensible à l'oxygénation croissante imposée.

LES BASES DE LA TRINITE PSYCHO-SOMATO-SEXUELLE

L'écosystème que constitue l'Être vivant + son biotope est particulièrement plastique lorsque l'Être est encore peu différencié et c'est donc non pas parce que « l'on ne connaît bien que ce que l'on saisit dans la durée » que dans mon ouvrage (1) l'embryologie trouve sa place, mais parce que c'est nécessairement au niveau embryonnaire que la plasticité est maximale et qu'en conséquence les contraintes écologiques ont pu au mieux se manifester. Toute l'École embryologique suédoise — avec RUNNSTRÖM, HÖRSTADIUS, GUSTAFSON et bien d'autres — a précisément montré qu'il existe dans l'œuf — et dans celui d'Oursin qui a été particulièrement étudié du fait de l'abondance du « matériel » qu'il représente — un gradient allant du pôle animal au pôle végétatif et que ce gradient est précisément un gradient d'oxydo-réduction où très remarquablement le pôle animal — qui donnera des différenciations ectodermiques informationnelles notamment — présente un métabolisme oxydatif plus important que le pôle végétatif. On conçoit dès lors comment l'impact thermodynamique concrétisé par des relations de potentiel chimique — définissant la notion nouvelle de « champ chimique » (1) — a pu agir au cours des millénaires en conjonction avec les possibilités géniques pour amener, aux libérations — aux tentatives — près, les systèmes vivants vers des formes plus complexes, plus informationnelles et plus énergétiques, vers une luxuriance



A gauche : Archigastrula (entérocoelome).

Le mésoderme est creux d'emblée.

A droite : Amphigastrula (pseudoenterocoelum).

Le mésoderme est plein. Il se clive ultérieurement.

nerveuse et une concentration végétative. C'est ainsi que les trois feuilletts embryonnaires ont interagi dans des conditions écologiques variables pour donner lieu à la formation des organes somatiques (le « corps » de la survie individuelle), des organes sexuels (instruments de la pérennité) et des organes nerveux — culminant chez *Homo sapiens* — et assumant au mieux, par leur fonction directrice dans le comportement, autant la survie de l'individu que la survie de sa lignée.

ORIGINE DE LA VIE ET ORIGINE DE LA PERENNITE

Ce n'est pas tant sur les mécanismes qui ont présidé à la biogenèse primordiale que je voudrais m'étendre ici — renvoyant plutôt le lecteur à certains ouvrages (2) (3) — que sur les concepts, axiomatisables par la thermodynamique, de prévie et de vie. On ne saurait évidemment rejeter l'hypothèse de la panspermie d'ARRHÉNIUS (1908), d'ensemencement extra-terrestre de la Terre, mais on peut penser que cette hypothèse ne fait que repousser le problème. C'est pourquoi les biologistes au sens large qui s'occupent au laboratoire de biogenèse s'efforcent de retrouver les conditions d'apparition de la vie ; en conséquence de quoi le problème se pose bien en termes de prévie et de vie, c'est-à-dire qu'il a dû y avoir un moment d'équilibre, éminemment réversible, où les macromolécules organiques auraient pu évoluer non pas vers un système métabolisant et pérennant qui est la vie mais se conserver comme systèmes inertes quoique organiques. Mais comme il en a été, d'après les cosmogonies vraisemblables, pour l'Univers dans sa totalité (4), après une phase d'indétermination conceptualisable selon une mathématique fondamentale simple (1), le système Univers a évolué selon une voie qui est celle que nous constatons au plus près et le systè-

me des molécules organiques, pour sa part, a d'une façon mathématiquement semblable évolué vers la vie. On peut montrer (1) que les axiomatisations néguentropie-entropie (5) qui régissent l'un et l'autre de ces systèmes présentent une certaine équivalence. Ajoutons que pour cette mise en axiomatisation il n'était pas indispensable de faire intervenir une théorie approfondie des processus stochastiques (1) et que celle-ci reste à développer.

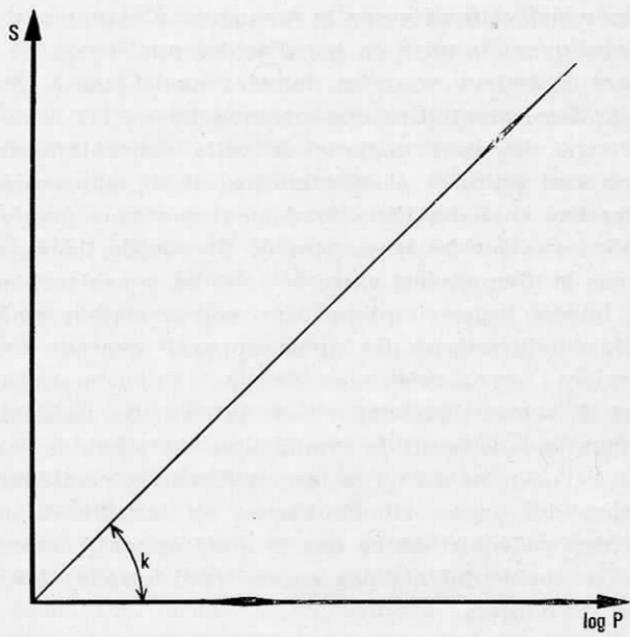
Par contre, toujours pour situer le problème et permettre ainsi sa mise en équation de base, il nous faut rechercher les processus qui, à un certain moment évolutif, ont fait que, pour que la pérennité soit assurée, il a fallu nécessairement que deux Etres de même type s'associent. A cet égard la théorie particulièrement élaborée de P.A. DAN-GEARD (1911) nous incite à considérer que la sexualité est née d'une exigence nutritive, comme si pour des Etres inférieurs certaines carences alimentaires nécessitaient que la force soit redonnée par une union. Or ceci pose immédiatement la question des exigences trophiques en liaison avec les caractéristiques génétiques, ce que les travaux de KARSTRÖM, Jacques MONOD, SPIEGELMANN notamment ont si excellemment montré : à la structure génétique correspond une batterie d'enzymes *constitutifs* capables d'effectuer un certain nombre de travaux ; dans certaines circonstances, sous l'influence de molécules définies, tel type vivant peut biosynthétiser *de novo* des enzymes dits alors *inductibles* et capables d'effectuer d'autres travaux. Les sexes primordiaux paraissent ainsi avoir été constitués par une sorte de complémentarité métabolique telle que, par conjonction de deux cellules de même type mais inégalement carencées parce qu'inégalement pourvues génétiquement — ne serait-ce que par un « détail » — la survie du type était assurée, le système pérennant prenant alors (1, p. 178) de nouvelles caractéristiques et la diversification, par combinaison génique, se trouvant ainsi, comme il est admis aujourd'hui, favorisée par la reproduction sexuelle.

MEMOIRE PHYLETIQUE ET MEMOIRE ONTOLOGIQUE

Ainsi un système mutant représente un système transitoire donnant lieu à la formation d'une population — sous-ensemble — dont la durée et la répartition vont dépendre d'un certain nombre de facteurs intrinsèques (génétiques) et extrinsèques (écologiques) plus ou moins aléatoires mais tels, en tout cas, que le type sera conservé pendant un laps de temps plus ou moins long. Nous sommes ainsi les souvenirs actualisés de nos ancêtres. Or ceci est d'origine nucléaire ; et, par ailleurs, lorsqu'un individu vivant, sous l'influence d'un stimulus moléculaire, fabrique une protéine spécifique — un enzyme particulièrement — cet enzyme représente la trace du stimulus inducteur et, là encore, le processus est nucléaire. Dès lors on conçoit le raisonnement que j'ai formulé en 1955, à une époque où l'on parlait encore de génétique chimique mais pas clairement de biologie moléculaire. Considérons un Homme ; il possède 5 sens, c'est-à-dire 5 types de « transducteurs » lui permettant de transformer les signaux du monde extérieur (code naturel) en code biotique (potentiels d'action). Ces trains de potentiels vont cheminer ou non jusqu'à des populations neuroniques spécifiées au cours de l'embryogenèse et assurant chacune sous forme nucléo-enzymatique l'intégration spécifique terminale *élémentaire* (celle de point, de phonème, de couleur bleue par exemple) du stimulus qui, cette fois-ci, n'est pas moléculaire mais train de potentiels d'action et représente une structure — un code — dynamique au même titre qu'une molécule représente une structure — un code — énergétique condensée. Les corrélations entre des populations neuroniques permettront l'engrammation de situations complexes. On remarquera que pour la biosynthèse d'enzymes inductibles par des molécules il y a un préalable concernant le transit du stimulus [cf. *perméase* (6)] et que, dans le cas de l'induction enzymatique

neuronique objet de la théorie, il y a aussi une condition de transit qui est le *seuil* à partir duquel la transmission synaptique jusqu'à la zone intégratrice terminale peut se faire. Si ce transit est impossible, par suite de l'hyperpolarisation synaptique, le cheminement orthodrome de l'influx cesse et l'intégration terminale ne se fait évidemment pas. Je n'insisterai pas ici sur la théorie que j'ai formulée sur la mémoire et fondée sur la formation d'enzymes inducibles impliquant la mise en jeu d'acides nucléiques (7) (1), renvoyant le lecteur pour les données nucléiques à (8). Je voudrais simplement dire que presque toutes les semaines actuellement des confirmations de cette conception de la mémoire sont publiées et ajouter que, si un apprentissage a pu être fixé chez des Etres totalement aneuxaux (expériences de SGONINA sur les leucocytes de Grenouille, 1938), c'est que le cas le plus général exige la prise en considération de ce cas limite, lequel implique une engrammation *moléculaire*. Mais évidemment dès qu'un appareil nerveux existe, il intervient; en conséquence de quoi il ne saurait être question d'exclure d'une théorie de la mémoire moléculaire les canaux qui assurent la conduction du stimulus inducteur. Et si l'on nous dit qu'en termes d'analyse combinatoire le nombre des acides ribonucléiques est insuffisant, qu'on veuille bien réfléchir sur ce que la *dodécaphonie* seulement du clavier occidental n'a pas encore épuisé toutes les possibilités mélodiques.

Entre le présent et l'histoire phylétique et le présent et l'histoire ontogénique il doit donc exister un lien, et un lien axiomatisable. Précisément un processus dit de Markov étant un processus évolutif tel que l'information du passé se trouve résumée dans l'état présent, on conçoit que l'hérédité et la mémoire font que la vie est un système qui n'est que partiellement markovien et l'on peut dire, de même, que l'existence actuelle sur Terre d'éléments radioactifs exprime aussi le caractère partiellement markovien de no-



tre système Terre, comme l'hystérésis montre de son côté le caractère partiellement markovien de certains processus physiques.

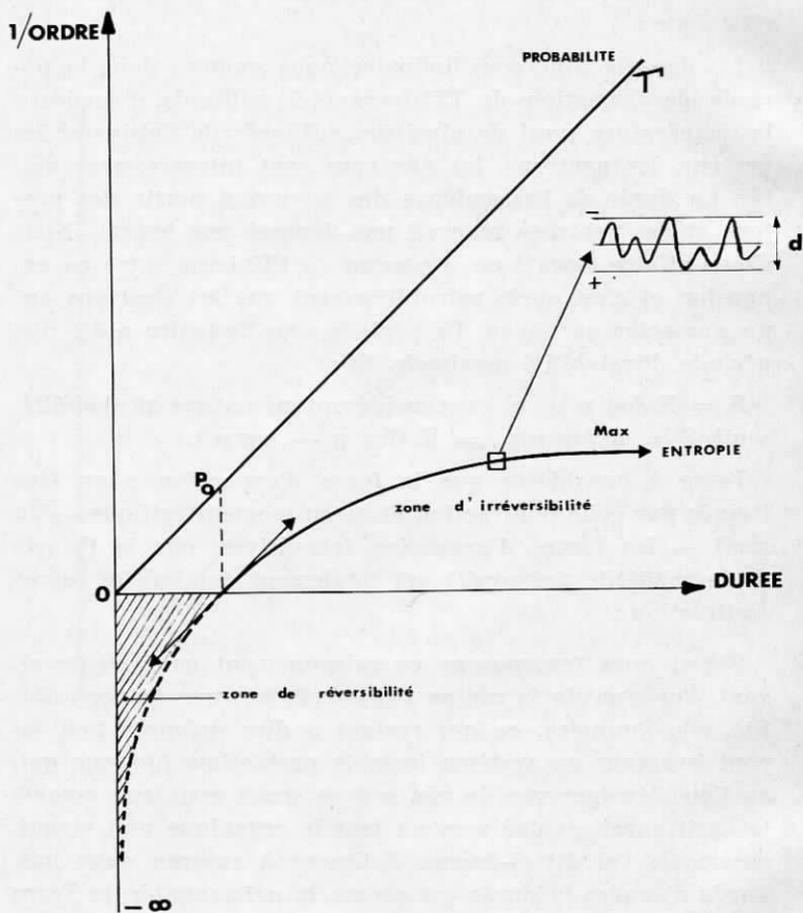
Il est intéressant de discuter quelque peu la courbe logarithmique :

1°) dans la zone sous-liminaire nous sommes dans la période de formation de l'Univers (4-5 milliards d'années) ; la température y est de plusieurs milliards de Celsius et les protons, les neutrons, les électrons sont intensivement agités. La durée de l'assemblage des noyaux à partir des protons et des neutrons n'aurait pas dépassé une heure... Nous avons affaire alors à un « plasma » ; l'Univers entre en expansion et c'est après refroidissement que les électrons ont pu s'associer au noyau. La période sous-liminaire a été une période d'instabilité maximale. Si :

$S = K \log p + c$, en considérant p_0 comme probabilité-seuil, $S = K \log p/p_0 = K (\log p - \log p_0)$.

Reste à considérer que la force d'expansion a pu être freinée par celle d'attraction et qu'au moment critique — au seuil — les forces d'expansion (répulsives, que la théorie de la relativité prévoyait) ont totalement dominé les forces d'attraction ;

2°) si nous transposons ce raisonnement au système vivant, l'origine de la vie se situe dans la zone de réversibilité sous-liminaire, ce qui revient à dire qu'après tout on peut imaginer un système instable prébiotique-biotique qui, au lieu d'évoluer vers la vie, soit se serait maintenu comme tel, soit aurait évolué vers un monde organique non vivant, comme je l'ai dit ci-dessus. Estimons à environ deux milliards d'années la durée qui sépare la naissance de la Terre de l'apparition des premiers êtres vivants tandis que l'oxygène libre se trouve en quantité importante dans l'atmosphère (photosynthèse) depuis 1,5 - 2 milliards d'années par rapport à nous. Depuis ce moment les processus ont évolué



avec une prédominance d'oxygénation ; or on peut estimer à 800 000 ans la durée définie par l'apparition du Pithécantrophe (début du Quaternaire) à la naissance de *Homo sapiens* (Cro-Magnon) et en admettant une fécondation dès la puberté — disons vers l'âge de 15 ans — cela fait au moins 53 000 générations. Une échelle des temps se trouvant ainsi fixée, constatons que chaque mutation correspond à l'apparition d'un nouvel ordre et, en conséquence, les mutations constituent par définition des suites discrètes (discontinues) de sorte que chaque mutant est un quantum évolutif, c'est-à-dire une nouvelle complexion. On peut rechercher la formulation qui permet de se faire une idée de l'allure du processus qui a commandé le taux des mutations. Soit :

p , toute valeur de probabilité équiprobable ;

p_0 , la probabilité de « transition quantique » = probabilité-seuil ;

f , le rapport constant $\Delta p/p$ = plus petite différence de probabilité possible (= $k\Delta S$ ou k est une constante de proportionnalité) ; rapport f par lequel chaque valeur de p doit être multipliée pour donner la valeur déterminant un « échelon » (complexion) supplémentaire dans l'échelle considérée ;

n , le nombre de mutations entre p_0 et p .

Il vient $p = p_0 \cdot f^n$

$\log p = \log p_0 + n \log f$

d'où :

$$n = \frac{1}{\log f} (\log p - \log p_0)$$

On constate ainsi qu'il y a un amortissement logarithmique du taux d'ensemble de mutations ;

3°) en fait la ligne d'évolution entropique représente une courbe-enveloppe qui définit un domaine de validité de fluctuations (domaine de validité d) de sorte que des microcosmes néguentropiques et des microcosmes entropiques s'y manifestent (d'ailleurs de grandes régions de l'Univers sont constituées encore par du plasma, donc il y a des zones « déterminées » et des zones encore « non déterminées »). Disons par ailleurs que ce que nous connaissons de vivant n'est que ce qui a réussi : $x \gg y$ où x représente autant de tentatives et y autant de succès ;

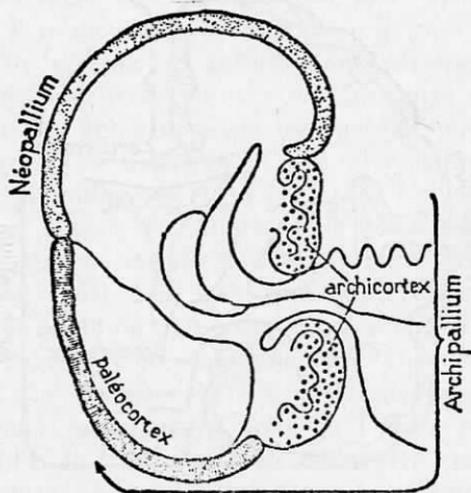
4°) le problème qui se pose à l'investigation théorique et pratique est de concevoir comment se sont établies les corrélations réciproques entre le signal écologique d'oxygénation croissante et le signal génique. Indubitablement, l'évolution s'est faite par accroissement de l'ADN des gamètes et des séquences nucléotidiques des ADN, de telle sorte que l'information génétique totale s'est trouvée augmentée. NEI a récemment effectué des calculs. Si on considère qu'il existe dans l'ADN du colibacille $3,8 \cdot 10^6$ paires de nucléotides et que chez un Mammifère il y en a $3,2 \cdot 10^9$, alors, en gros, il y a environ mille fois plus d'ADN chez le Mammifère que chez la Bactérie. Or *Eobacterium isolatum* a été découvert en 1966 par BARGHOORN et SCHOPF dans des sédiments ayant plus de trois milliards d'années ; il en résulte qu'à ce taux la teneur moyenne en ADN comparativement pour les Mammifères augmenterait de 7 paires nucléotidiques par an. Il y a donc eu des séries de « polyploïdisation » dans la lignée ancestrale des Mammifères, la probabilité qu'une paire nucléotidique reste inchangée pendant trois cents millions d'années (temps depuis lequel les Mammifères se sont séparés des Oiseaux) est de $e^{-0,12} \sim e^{-0,06}$ ou $0,87 \sim 0,97$, ce qui indique un *processus de substitution nucléotidique extrêmement lent* (9) d'où une grande stabilité génique qu'accentue l'amortissement logarithmique que je viens d'énoncer [cf. néguentropie in (1)].

Si un gène comprend environ 1 500 paires nucléotidiques, avec 30 000 loci chez l'Homme on voit immédiatement qu'il y a un nombre énorme de gènes chez l'Homme et on peut raisonnablement admettre que chez les organismes supérieurs tous ces gènes ne s'expriment pas. D'ailleurs considérant l'Homme et le Chimpanzé — qui ont divergé l'un de l'autre il y a trente-cinq millions d'années — NEI en arrive à déduire qu'il y aurait entre 97,2 et 99,4 % de paires nucléotidiques *communes* chez l'Homme et le Chimpanzé (l'ADN humain s'hybride d'ailleurs très bien avec l'ADN de Chimpanzé). En somme *nous n'utilisons qu'une fraction infime de notre information génétique*, ce qui pose le problème du mécanisme d'occultation. (Remarquons que l'ADN est capable de duplication, de délétion et de mutation portant souvent sur le remplacement d'une paire de bases dans la molécule d'ADN. Selon les conséquences structurales et enzymatiques de ces altérations, le maintien ou la disparition de la nouveauté génétique dépend des conditions écologiques inertes ou/et vivantes). On peut penser que l'occultation génique se fait par les protéines basiques (histones, protamines) de sorte que ne s'exprimeraient que les gènes qui ne seraient pas neutralisés par ces protéines, comme s'ils agissaient à travers des fenêtres de dimensions variables (diaphragmes). Il semble que la spécificité des histones comme répresseurs géniques dépende d'un ARN associé (travaux du groupe de BONNER, 1969). Quoi qu'il en soit de ce dernier point, il reste à rendre compte comment, dans la cybernétique biochimique, le signal oxygène pourrait non seulement contraindre, en tant que *facteur d'environnement*, un type vivant de Vertébré à s'ectodermiser, mais encore comment il pourrait — selon un processus d'induction ressemblant à celui mis en évidence par EPHRUSSI et SLONIMSKI chez la levure et portant sur la biosynthèse de cytochromes c et a₃ (la forme de *Saccharomyces cerevisiae* ne renfermant que les cytochromes a₁ et b), comment donc il pourrait jouer le rôle de « démasqueur » génique. Si d'ailleurs

une *répression* par l'oxygène est connue chez d'autres organismes [chez *Aerobacter aerogenes* la quantité de cytochrome a_2 augmente quand la concentration d'oxygène est abaissée jusqu'à 1 micromole (Moss, 1956)], il ne fait pas de doute que dans le cas de *S. cerivisiae* l'oxygène est inducteur de protéines spécifiques et chez *A. aerogenes* même, pour une concentration en oxygène inférieure à 1 micromole, le taux de cytochrome chute.

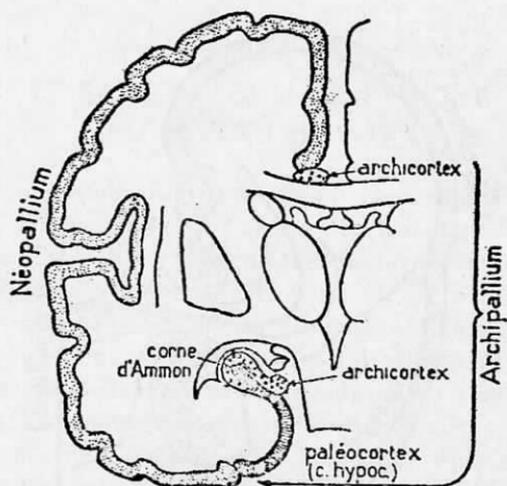
LE DONNE VIVANT ET SA CONSEQUENCE ETHIQUE AU NIVEAU HUMAIN

Ainsi l'ectodermsation croissante chez les Vertébrés a conduit à *Homo sapiens*. Lorsque le taxinomiste a défini l'Homme comme *Homo sapiens* il a montré combien il était préoccupé de la sagesse de l'Homme et, du même coup, il a posé un problème qu'aucun Homme et aucun biologiste particulièrement ne saurait nier en lui attribuant un caractère « métaphysique », « extra-scientifique » ; s'il le faisait il serait en contradiction avec sa vocation même qui est de découvrir la vérité, c'est-à-dire la réalité plus la sagesse. Cependant la sagesse, qui se confond avec l'éthique, a pu être niée et de nos jours avec un verbalisme faisant appel à la viscéralité, qui occulte notre « moi », reliquat de l'archaïsme d'humanisation qui cohabite avec les organes-fonctions du processus d'humanisation. L'étude biologique démontre que l'éthique est *organiquement* possible (1) et, ce faisant, renouvelle la question. Ainsi, de par sa structure même, l'Homme détient une capacité éthique et il est du devoir du biologiste d'en avertir les philosophes. La vie émotionnelle et instinctuelle est commandée par le système limbique que j'identifie au « ça » freudien, que FREUD voulait « déloger » comme il l'a écrit, on l'oublie trop. Ce système limbique est relativement archaïque et c'est le



Archipallium et néopallium
chez un vertébré macrosomatique.

[Emprunté à Delmas (J.) et (A.), *Voies et centres nerveux*. Masson et Cie édit., Paris (1958).]



Archipallium et néopallium chez l'Homme.
Comparer avec la figure précédente et noter
le développement considérable du néopallium.

premier qui se manifeste (enfance). L'imprégnation du système nerveux par les hormones sexuelles lors de la puberté provoque une suite de fluctuations fonctionnelles et caractérielles définissant la phase d'adolescence. Tout le problème de la maturation *sapiens*, de l'acquisition des connaissances, de l'affermissement de la volonté, revient à ouvrir les circuits synaptiques entre le néopallium — ce qu'en somme Freud appelait le « surmoi » — et les structures sous-néopalliques.

On conçoit ainsi que ce n'est pas pour se donner des valeurs que l'on aboutit à reconnaître — et non pas donner — une qualité *sapiens* aux informations sensorielles instantanées et stockées. Toute l'œuvre de Hughlings JACKSON est là pour l'attester (10) : il existe très précisément une axiation cérébro-spinale déterminant une hiérarchie des dominances fonctionnelles nerveuses centrales. Le « moi » freudien, point et instant d'équilibre, d'harmonie entre les trois composantes psycho-somato-sexuelles, résulte ainsi du contrôle réciproque par voie trans-synaptique du système limbique et du néopallium. Eduquer, transfuser la connaissance, faire comprendre, c'est inaugurer en chacun ses voies synaptiques. Les influences tant génétiques qu'écologiques qui convergent sur un sujet font qu'il n'est pas toujours facile d'établir de telles liaisons, d'atteindre cet état où le « moi » s'affirme. A court terme l'équation *Homo sapiens* = *Homo ethicus* reste pour la collectivité humaine une possibilité. Mais s'il est une issue, elle se trouve dans un eugénisme écogénétique ou encore dans la sur-ectodermisation provoquée au cours de l'embryogenèse. Par le délai considérable de l'échéance, ce n'est pas décevant, c'est tragique ; mais toute autre conception excluant méthodologie et technologie scientifiques est sans doute leurre ou paralogisme.

Darwin sur le « Beagle » proclamait : « La Géologie l'emporte sur le reste ! » Nous pouvons penser aujourd'hui qu'aucune science ne l'emporte sur aucune autre mais que nous dépendons toujours souverainement des lois de la Thermodynamique.

APPENDICE

h = constante de Planck = $6,625 \cdot 10^{-27}$ erg seconde.

k = constante de Boltzmann = $1,3805 \cdot 10^{-16}$ erg par Celsius = R/N .

R = constante des gaz parfaits = 1,987 calories par Celsius par mole = $8,315 \cdot 10^7$ ergs par Celsius par mole.

N = nombre d'Avogadro = $6,023 \cdot 10^{23}$ par mole.

1 calorie = 4,184 joules = $4,184 \cdot 10^7$ ergs.

La constante k de Boltzmann fait que l'équation $S = k \ln p$ mesure l'entropie ; si on utilise K , dès lors on mesure l'information et si l'on examine les choses dans le système binaire, le rapport $k/K = k \ln 2 \simeq 10^{-16}$, rapport qui permet de définir des unités de façon que l'entropie et l'information soient des grandeurs sans dimensions (D.E. BELL, 1959).

$\nu = c/\lambda$ avec c , vitesse de la lumière et λ longueur d'onde soit : ν = fréquence

énergies libres : 1°) = F (Helmholtz) = $U - TS$ avec
 U = énergie interne, T = la température et S = l'entropie

2°) G (Gibbs) = $U - TS + PV$ (avec P , pression extérieure et V , le volume du système)

$$S = \int dQ/T$$

\ln = logarithme de base $e = 2,3026 \log_{10}$

NOTES

- (1) *Psyché, soma, germen*, Collection « L'avenir de la science », dirigée par Jean Rostand ; Gallimard, Paris (1968).
- (2) *L'origine de la vie*, édité par M. FLORKIN ; Gauthier-Villars, Paris (1962).
- (3) « *Biogenèse* », ouvrage issu du Colloque organisé par P. GAUDAUDAN ; MASSON (1967).
- (4) cf. par exemple : E. SCHATZMAN, *Origine et évolution des mondes* ; Albin Michel, Paris (1957).
- (5) Consulter par exemple : L. BRILLOUIN, *Vie, matière et observations* ; Albin Michel, Paris (1959).
- (6) G. COHEN, *Le métabolisme cellulaire et sa régulation* ; Hermann, Paris (1967).
- (7) *Anachroniques* ; Gallimard, Paris (1962).
- (8) H. HYDÉN, *Les bases moléculaires de la mémoire*, in *Atomes* (octobre 1968), n° 258, vol 23, p. 559.
- (9) M. NEI, *Gene duplication and nucleotide substitution in evolution*, in *Nature* (1969), 221, 40.
- (10) *Selected writings*, 2 volumes ; Staples Press, London (1958).

AUTRES OUVRAGES A CONSULTER

- BONNER (J.) et Ts'O (P.) ed. *The nucleohistones* ; Holden-Day, San Francisco (1964).
- CHELET (Y.). *L'énergie nucléaire* ; Le Seuil, Paris (1961).
- Collectif. *Paléontologie et transformisme* ; Albin Michel, Paris (1950).
- COSTA DE BEAUREGARD (O.). *Le second principe de la science du temps* ; Le Seuil, Paris (1963).
- DELCROIX (J.L.). *Physique des plasmas I* ; Dunod, Paris (1963).
- DENBIGH (K.G.). *The thermodynamics of the steady state* ; Methuen, London (1965).
- FEIGL (H.) et MAXWELL (G.) ed. *Current issues in the philosophy of science* ; Holt, Rinehart et Winston, New York (1961).
- HUXLEY (J.). *L'Evolution en action* ; P.U.F., Paris (1956).
- LANDAU (L.) et LIFSCHITZ (E.). *Physique statistique* ; Mir, Moscou (1967).

- LASCELES (J.). *Tetrapyrrole biosynthesis and its regulation* ; Benjamin, New York (1964).
- LEMAÎTRE (G.). *The primeval atom. A hypothesis of the origin of the Universe* ; D. van Norstrand Cy, Toronto (1950).
- PRIGOGINE (I.). *Etude thermodynamique des phénomènes irréversibles* ; Dunod, Paris (1947).
- VERRIEST (G.). *Les nombres et les espaces* ; A. Collin, Paris (1962).
- WHITTAKER (E.). *Le commencement et la fin du monde* ; Albin Michel, Paris (1953).

I. N. 9.666 053 6.