EXTRAIT DU BULLETIN
DE LA
SOCIÉTÉ ROYALE DES SCIENCES
DE LIÈGE

Nos 5-8 — 1976

LES DÉSTABILISATIONS CRITIQUES, FACTEURS D'ÉVOLUTION DES BIO-SYSTÈMES

par Boris RYBAK
Membre correspondant de la Société
Zoophysiologie, Université de Caen
France

LIÈGE
IMPRIMERIE GEORGE MICHIELS, S. A.
6, RUE DE LA PAIX
—
1976

LES DÉSTABILISATIONS CRITIQUES, FACTEURS D'ÉVOLUTION DES BIO-SYSTÈMES

par Boris RYBAK
Membre correspondant de la Société Zoophysiologie, Université de Caen France

RÉSUMÉ

En utilisant la technique d' « embranchement et liaison », il est montré ici en quoi des bio-systèmes récurrents se distinguent des bio-systèmes qui, déstabilisés et par conséquent en crise, retrouvent leur stabilité par arborescences et évoluent. Le calcul formulé de cette arborescence s'avère valable pour tous les processus évolutifs des Êtres organisés à partir de la notion de *moteur informationnel*, précédemment décrite par l'auteur, qui conduit au nouveau *principe des néguentropies corrélées*. Celui-ci énonce essentiellement que, tout phénotype étant un ordre, une néguentropie, c'est la relation entre la néguentropie de la source informationnelle « froide » (génome et, là où ils existent, ses développements nerveux centraux) et la néguentropie de la source informationnelle « chaude » (biotope) qui fait qu'un bio-système se maintient — ne serait-ce que par la fuite —, s'éteint ou évolue par modifications intrinsèques formant d'autres bio-systèmes.

Une régulation résulte d'une procédure en constantes corrélations assurant le fonctionnement correct d'un biosystème, une adaptation exprimant la capacité de s'acclimater à des contraintes nouvelles non léthales et qui sont souvent associées à des modifications anatomo-physiologiques en adéquation avec les conditions imposées *de novo*, la fuite devant ces conditions étant une forme négative d'adaptation : le bio-système trouve alors refuge dans un biotope correspondant à des conditions acceptables. Dans l'histoire naturelle d'un individu ou d'une lignée, la maturité s'exprime par un état dynamique quasi-stationnaire [1] [2], c'est-à-dire par des fluctuations sinusoïdales ou de relaxation dans un domaine de validité homéostasique spécifique du biotype, *i.e.* de débit entropique minimum [1]. On peut concevoir par ailleurs pour un bio-système : soit 1) une croissance avec développement sans déstabilisation (cas de l'embryogénèse du Mammifère notamment) qui résulte d'un développement dans un milieu protégé; soit 2) une croissance sans développement qui correspond à un stade perpétué par récurrence et qui caractérise les formes primitives « fossiles vivants » [3] et populations humaines archaïques contemporaines, biotypes que je nomme *L-biosystèmes* (c'est-à-dire lagrangiens pour exprimer leur caractère hautement conservatif); soit 3) une croissance avec développement et déstabilisation sélective, phénomène dénommé crise se distinguant d'un processus d'extinction; soit 4) un développement sans croissance (sans multiplication des constituants) qui correspondrait à une optimalisation des relations phénotypiques — humaines en particulier — dans des conditions de haute régulation homéostasique. Sans hypothèse sur les caractéristiques de cette stabilité, le moteur informationnel qu'est tout biosystème [2] [4] se présente comme un processus qui s'ergodise vers l'état le plus stable sous la poussée de la « pression évolutive » et non par traction

téléologique, par causalité adaptative et non par l'illusion qu'elle donne de finalité. Pour un individu comme pour un phylum, cette stabilisation exprime un ensemble de rétroactions *négatives*. Or lorsque l'on examine par exemple les « arbres généalogiques » des Chordés, des ordres de Mammifères notamment l' « arbre » phylogénétique des Equidés (Fig. 1), on constate qu'à partir d'une racine r (Fig. 2) le processus évolutif se présente comme une arborescence A, c'est-à-dire comme un graphe fini quasi-fortement connexe (X, T) où X est l'ensemble des sommets du graphe et T l'en-

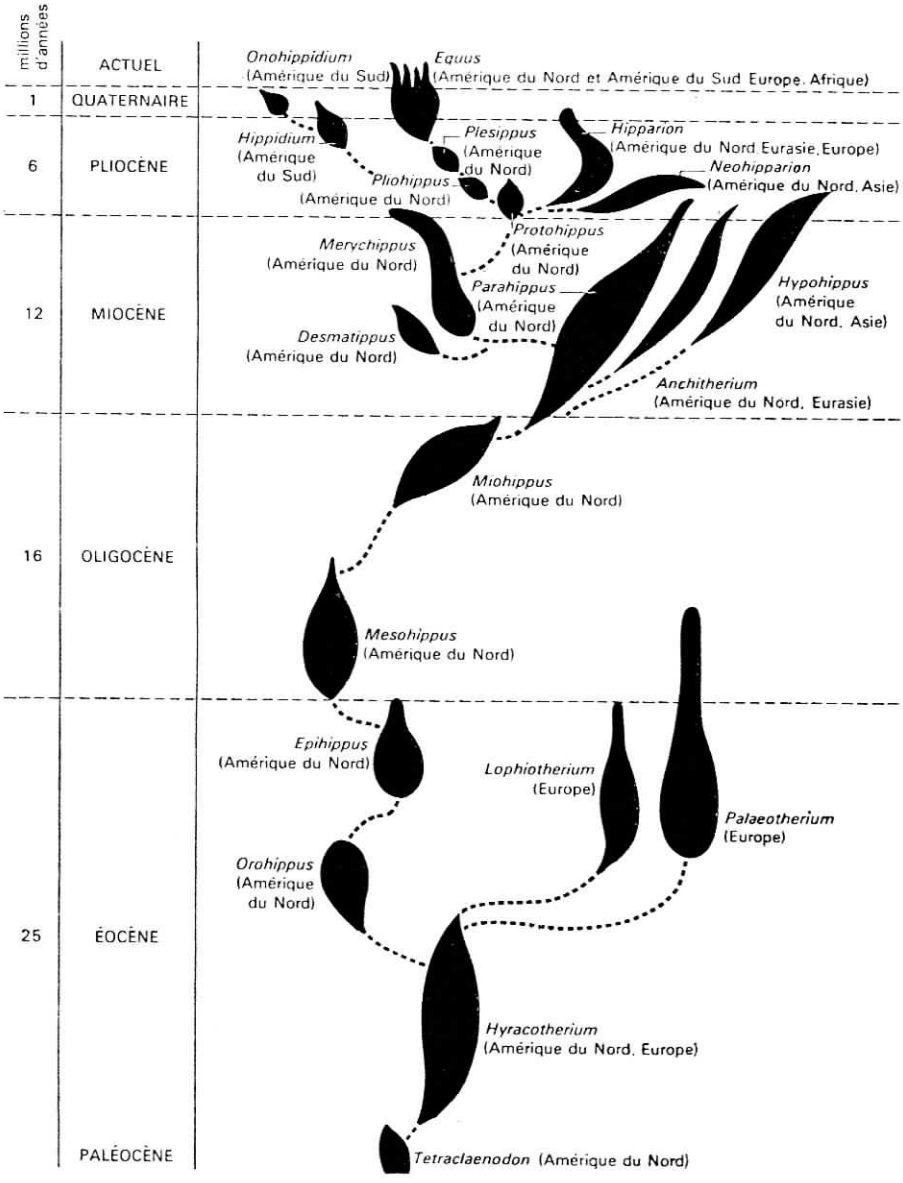

Fig. 1. — (d'après L. Cuénot, 1951)

semble des arcs. On peut donc considérer que l'algorithme A des différentes phylogénies — formant ce que je nomme les *A-biosystèmes* — représente un processus de programmation diophantienne suivant une procédure de type « embranchement et liaison » [5] dépourvue de cycles, ce qui formalise la loi d'irréversibilité de l'Évolution des bio-systèmes énoncée par Edgar Quinet (1870) puis par Louis Dollo (1893).

Ceci signifie que génération et spéciation novatrices sont soumises à des contraintes écogénétiques telles que *globalement* l'Évolution des bio-systèmes — qui sont autant d'anamnèses modifiées des bio-systèmes générateurs — présente des digitations ouvertes sans régulation vers l'entrée r et qu'elle résulte en conséquence de crises par rétroactions *positives* qui amènent localement des divergences : tout système, et tout bio-système en particulier, possède en soi son extinction définitive (par hyperspécialisation n'admettant aucune adaptation) ou sa propre disjonction par dichotomie ou polychotomie.

Soit donc les variables d'évolutions partitives — éléments d'entrée — n_{ij} (de formes $i = 1, 2, \ldots, i, \ldots, \mathrm{I}$; de caractères spécifiques — disons la pigmentation — $j = 1, 2, \ldots, j, \ldots, \mathrm{J}$) correspondant à une matrice G_{ij} du nombre de biotypes (en gros : embranchements, classes, ordres, sous-ordres, familles, genres, espèces : éléments de sortie) de formes et caractères spécifiques différents de sorte que se sont réalisés R_1 types de pigmentation 1, ..., R_j types de pigmentation j, ..., R_J types de pigmentation J. Alors $n_{ij} = 1$ si dans G_{ij} la procédure de forme i et de pigmentation j aboutit, et $n_{ij} = 0$ si elle échoue. Les lignées qui ont réussi possèdent donc des n_{ij} respectant les contraintes

$$\sum_i n_{ij}\,\mathrm{G}_{ij} \leqslant \mathrm{R}_j$$

et, entre le nombre des formes i et les rythmes de leurs apparitions C_i, a dû intervenir la valeur absolue des écarts $\Delta_i = \sum_i n_{ij}\,\mathrm{G}_{ij} - \mathrm{C}_i$ en tenant compte de la fonction d'économie qui minimise la fonction $\varphi = \sum_i |\,\Delta_i\,|$.

Dès lors si $\sum_i n_{ij}\mathrm{G}_{ij} \leqslant \mathrm{R}_j$ types de pigmentation j et considérant $\mathrm{R}_j \geqslant 0$, $\mathrm{G}_{ij} \geqslant 0$, $\mathrm{C}_i \geqslant 0$, le procès évolutif se définit par les N nombres n_{ij} égaux à 1 ou 0 notés de n_1 à n_N.

Considérons pour simplifier une arborescence à $\mathrm{N} = 3$ niveaux n_1, n_2, n_3 où toutes les solutions possibles sont en correspondance bi-univoque avec toutes les branches de A de telle sorte que l'aiguillage se soit effectué à droite et à gauche selon n_1 droite = 1 et n_1 gauche = 0, etc. Il se développe 2 nœuds au niveau n_2, 4 nœuds au niveau n_3 (Fig. 2). L'inspection de α à α par cheminement exhaustif rétrograde (ligne pointillée fléchée de la figure 2) permet de reconnaître toute la généalogie. Or cette exploration indique les réussites phylétiques et, considérant que la nature vivante — sauf dans ses périodes de plénitude individuelle ou phylétique qui peut donner l'impression d'un gaspillage mais qui est une luxuriance transitoire avec ou sans descendance [cas par exemple du *Lophiotherium* s'éteignant à la fin de l'Éocène ou, au contraire, du *Miohippus* (Fig. 1)] — procède selon une fonction d'économie : l'Évolution a dû suivre les arcs de moindre coût. En *a* (Fig. 2) le coût $(1, 1, 1) = c_1$, en *b* le coût $(1, 1. 0) = c_2$; si $c_1 < c_2$, la meilleure solution a été (1, 1, 1). En *c*, $n_1 = 1$ et $n_2 = 0$ pour l'hodographe *c d e f*. Alors le coût est minoré d'après

les valeurs des premières inconnues et si le minorant de $\varphi\, m \geqslant c_1$, il est impossible, pour des causes d'investissement néguentropique, que la branche $c\ d\ e\ f$ se soit développée : l'Évolution est donc passée sans détour de c à f (extinction ou non-

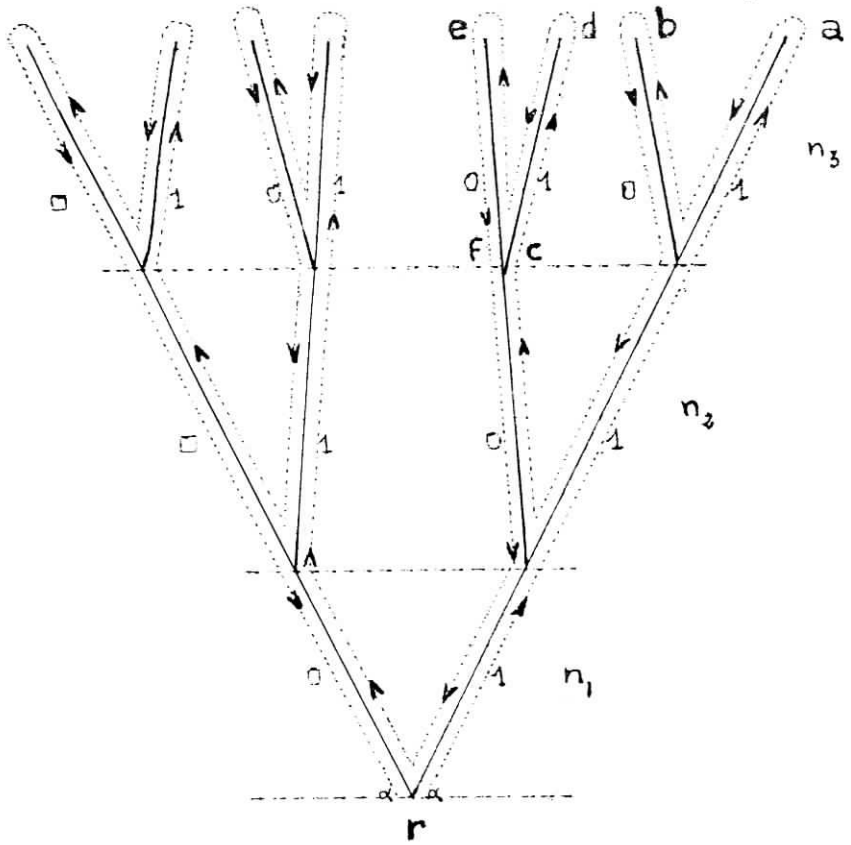

Fig. 2

pérennité). Ainsi le principe en somme occamien de minorant du coût fait évoluer la divergence dans une zone et non dans une autre de l'algorithme A, ce qui explique que toutes les potentialités évolutives ne se soient pas réalisées au cours de l'Évolution des Êtres organisés. Il en va de même dans l'histoire naturelle d'un être humain ou dans celle d'une société ou d'un ensemble de sociétés humaines notamment : les solutions viables minimisent les coûts entropiques de toutes les solutions issues d'un tronc commun.

Le calcul des minorants, si déterminants, repose sur les modalités suivantes : à chaque niveau n' fixé de A, $n_{i_1}, n_{j_1}, \ldots, n_{i_{n'}}, n_{j_{n'}}$ sont définis et, pour chaque i

$$\sigma_i = \sum_{\substack{h \\ n_{i_h}=1}} G_{i_h} - C_i \leqslant \Delta_i \leqslant G_i - C_i - \sum_{\substack{k \\ n_{i_k}=0}} G_{i_k} = \sum_{i}$$

$$(\text{avec } G_i = \sum_{j} G_{ij})$$

L'inégalité double (quand elle existe) de cette équation signifie que pour tout i, $\Delta_i + C_i = \sum_i n_{ij} G_{ij}$ est localisée entre la somme σ_i des G_{i_h} (correspondant aux $n_{i_h} = 1$, les autres $= 0$) et la somme Σ_i des G_{ij} (correspondant aux $n_{ij} = 1$ et aux n_{ij} non fixés et rendus égaux à 1, exprimant G_i soustrait de la somme des G_{i_h} correspondant aux n_{i_h} fixés à 0). Pour obtenir un minorant positif de $|\Delta_i|$ il faut

$$\sigma_i - C_i > 0 \quad \text{et} \quad \Sigma_i - C_i < 0$$

ce qui implique une relation à chaque nœud disjonctif entre les σ_i et les Σ_i correspondants. Si quelques $\sigma_i - C_i > 0$ ou si quelques $\Sigma_i - C_i < 0$, le minorant m de φ_i, équivalent à la somme des minorants des Δ_i, est obtenu. Tout se passe comme si les efférents potentiels en cours de cinétisation sélective avaient été écogénétiquement estimés par rapport au coût de la meilleure solution au moment de la divergence ou juste avant la divergence, de sorte que, le processus évolutif suivant un amortissement logarithmique [6], l'Évolution a nécessité la suppression successive du maximum d'efférents; autrement dit il a été nécessaire que les premières variables anaérobies et surtout aérobies aient correspondu à des G_{ij} élevés, utilisateurs d'une grande néguentropie des acides désoxyribonucléiques (ADN) d'alors, ce qui a conduit rapidement à une minoration. Cela signifie que, s'il y a aujourd'hui beaucoup d'espèces, il aurait pu, sans minoration, y en avoir beaucoup plus encore, mais s'il en a été autrement c'est que le déterminisme biotique avait pour latitude les seules solutions, latérales ou terminales avec bifurcations, qui se sont précisément réalisées sous l'effet des contraintes écogénétiques imposées. Les accroissements subséquents de la quantité d'ADN ont correspondu à la complexification phénotypique liée aux implications de moindre coût dans un biotope très diversifié et diversifiant — notamment les enzymes biosynthétisant les ADN ainsi que des réverse-transcriptases (au point d'ailleurs que tous les gènes ne s'expriment pas) et, ceci, avec modification quantitative et même qualitative faible (inversion d'une paire de nucléotides par exemple) pouvant avoir de grandes conséquences morpho-physiologiques. De fait, la racine précambrienne étant considérée, immédiatement après le Cambrien — donc à l'Ordovicien — c'est une véritable explosion des archétypes donnant la suite arborescente des Chordés, de même qu'à partir de la racine Crétacé c'est une explosion semblable, dès le Paléocène, pour les archétypes des Mammifères dont les Primates. Tous les n_{ij} correspondant aux G_{ij} nuls (non usage d'ADN incompétent et non régulé dans les circonstances imposées) sont éliminés et les G_{ij} se trouvent sélectionnés, par ordre décrémentiel, les n_{ij} correspondants se distribuant aux différents niveaux de A. Donc pour chaque clade tel ou tel autre biotype apparaîtra, ce qui donne une arborescence plus ou moins symétrique avec des embranchements et bifurcations plus ou moins serrés selon la néguentropie potentielle de la branche maîtresse : un système très néguentropique prélève beaucoup d'ordre écogénétique et accroît ainsi l'entropie de l'écosystème. Celui-ci ne peut alors que disparaître, fuir ou trouver une stabilisation dans une divergence. Ceci exprime ce que je nommerai *principe des néguentropies corrélées* entre le phénotype et ses sources informationnelles; trop de néguentropie prélevée à l'extérieur déstabilise le phénotype au point qu'il peut en mourir, trop de néguentropie prélevée à l'intérieur déstabilise aussi le système jusqu'à le mettre en danger de mort (cardiopathies, névroses, psychoses). Ce principe rend compte du fait que l'Évolution des Êtres organisés s'est faite par complexifications — donc néguentropies *croissantes* — ce qui conduit à l'accroissement de l'entropie globale dans la biosphère, donc à un amortissement, logarithmique, du taux de novations, fragilisantes.

En conclusion, l'Évolution des bio-systèmes se présente comme un ensemble hiérarchique de processus orientés irréversibles et non-rectilinéaires, admettant des phases récurrentes quasi-stationnaires de durée variable selon les biotypes, et entrant — sous l'impulsion du moteur informationnel (groupant les informations énergétiques et matérielles) — en divergence selon le principe de coût minimum lorsque l'état néguentropique d'un bio-système, consommateur de néguentropie et donc producteur d'entropie, détermine des conditions incompatibles de survie individuelle et pérennante — alors collective — dans des implications écogénétiques contraignantes ainsi créées ou subies, chaque crise ayant son originalité. Le bio-processeur se détermine en avançant par tentatives exploratrices d'hodographes écogénétiques possibles en stratégie *ad hoc* — orthopotente — puis en tactique amenant la ou les réalisations optimales s'exprimant, après cette expérimentation des possibles, selon un algorithme arborescent de stabilisation généralisable à toutes circonstances pour tout bio-système, notamment dans l'ordre psycho-socio-économique humain comme cela a déjà été fait dans différents problèmes ponctuels de gestion (Agin, Raimond, Duby, Daugy, etc.).

BIBLIOGRAPHIE

[1] B. Rybak, *Psyché, soma, germen*; Gallimard, Paris (1968), 435 pp.

[2] B. Rybak, *Encyclopaedia universalis* (1973), XV, 687-697.

[3] C. Delamare Debouttteville et L. Botosanèanu, « Formes primitives vivantes. Musée de l'Évolution »; Hermann, Paris (1970), 232 pp.

[4] B. Rybak, Coll. Collège de France sur « L'Idée de régulation », Paris, 16-19 décembre 1974 (sous presse).

[5] J. D. C. Little, K. G. Murty, D. W. Sweeney et C. Karel, *Operations Res.* (1963), **11**, n° 6, 972-989.

[6] B. Rybak, Conférence Palais de la Découv. Paris (1969), A 349, 30 pp.