

Le problème de la finalité en biologie

PAR

P. BLANDIN (*)

Le concept de finalité est en lui-même assez difficile à cerner et les biologistes ont manifestement une certaine appréhension à l'employer, car il donne à leur science un aspect « non-objectif », aussi y a-t-il un certain mépris pour ceux qui le font trop intervenir, les « finalistes ». Comme l'a écrit Jacob « longtemps le biologiste s'est trouvé devant la téléologie comme auprès d'une femme dont il ne peut se passer, mais en compagnie de qui il ne veut pas être vu en public » (1). S'il ne peut s'en passer, c'est donc qu'en tout cas certains aspects du phénomène vivant sont susceptibles d'être décrits en termes de finalité ; il reste à savoir si cela est justifié.

Pour l'homme qui agit, la finalité est une compagne évidente ; c'est une notion qui relève du sens commun : il sait très bien que ce qu'il fait maintenant, il le fait en fonction du futur. Il y a donc un mouvement complexe de la conscience : comme l'explique Ruyer (2), le temps est « parcouru » trois fois, par un mouvement de la conscience vers l'avenir (élaboration du projet), puis en arrière (détermination des étapes de l'action), et enfin par la réalisation progressive de cette action : l'action est finalisée parce qu'une conception du futur détermine l'élaboration du présent.

(*) Laboratoire de Zoologie de l'École Normale Supérieure, 46, rue d'Ulm Paris V^e.

(1) F. JACOB : *La logique du Vivant*, NRF, Gallimard, Paris, 1970, p. 17.

(2) R. RUYER : *Finalité*, in *Encyclopaedia Universalis*, vol. 7, 1970, p. 3.

Par analogie avec cette conception de la finalité tirée de l'expérience commune, on peut dire qu'un processus est finalisé lorsque ses étapes antérieures sont déterminées ou conditionnées de quelque manière par ses étapes postérieures ; ceci implique bien entendu qu'un tel processus soit orienté selon le temps, qu'on puisse définir un avant et un après. L'après accompli ne peut toutefois informer l'avant en cours d'accomplissement pour l'orienter, le modifier, le déterminer : on ne connaît pas de machine à remonter le temps. Il y a finalité, non par action du futur sur le présent, mais parce qu'une action est faite actuellement sur le présent en fonction d'une *pré-vision*. Finalité suppose projet, projet suppose capacité d'anticipation qui, dans l'état actuel de nos connaissances, ne peut appartenir qu'à quelque chose qui soit doué de ce que nous appelons la conscience.

On peut dans ces conditions considérer que les conceptions de la finalité ne diffèrent en fait que par l'endroit où elles placent cette conscience, par exemple dans la matière elle-même, jusque dans l'atome, ou en dehors de la matière ce qui implique l'hypothèse du Grand Horloger. La Science se refuse à opter pour de telles hypothèses, aussi la question qui se pose en Biologie est-elle de savoir s'il existe des processus en apparence au moins finalisés, et s'il peut en être rendu compte autrement qu'en faisant appel à l'intervention finalisante d'une conscience, quel que soit l'endroit où on la place. Je vais donc essayer ici de faire l'inventaire de ces processus, pour voir dans quelle mesure la Biologie moderne évite l'écueil du « finalisme ».

I. FINALITÉ ET FONCTIONNEMENT DES ORGANISMES VIVANTS

A. FINALITÉ ET COMPORTEMENT ANIMAL

Si l'on s'émerveille fréquemment du comportement des animaux, c'est qu'il ne nous paraît pratiquement jamais incohérent, mais bien plutôt « organisé », pourrait-on dire. Celui qui observe l'Épeire construisant sa toile, d'abord un cadre, puis des rayons,

puis une spire d'une soie particulière porteuse de gouttelettes gluantes, et qui, le lendemain, y voit des insectes pris dont l'Araignée se nourrit, conclut que celle-ci a construit sa toile en vue de capturer ses proies. Lorsqu'on sait que les crabes du genre *Macropodia* se déguisent en accrochant eux-mêmes des algues sur leur carapace et leurs pattes, il est difficile de s'empêcher de penser qu'ils ont la volonté de se camoufler, d'autant que ce camouflage paraît efficace. Lorsque l'ouvrière d'abeille, revenue à la ruche, effectue sa danse si caractéristique, comment s'empêcher de croire que c'est bien en vue d'indiquer aux autres une source d'approvisionnement, puisque de fait celles-ci s'y rendent ?

On pourrait multiplier les exemples de ce genre. Le comportement animal nous paraît non pas désordonné, mais au contraire ordonné, semble-t-il, en vue de l'accomplissement de fins précises, *tout comme le nôtre*. Cette profonde analogie que découvre l'observateur le conduit à décrire le comportement animal comme il décrirait le comportement humain : en termes de finalité. Comme il n'ose pas parler de conscience, il parle d'instinct, concept ambigu s'il en est, car il recouvre en fait, de façon inavouée, une idée de volonté, de conscience : l'instinct, c'est ce par quoi les animaux finalisent leurs actions.

D'une manière générale, il y a donc apparence de finalité dans le comportement des animaux parce qu'il est toujours constitué de séquences d'actes précises, effectuées dans un certain ordre, dont l'aboutissement constitue un résultat directement ou indirectement efficace sur le plan de la survie de l'espèce. C'est parce que ce comportement est tel que nous pouvons le décrire en termes de finalité, mais ce n'est pas parce que nous le pouvons qu'il est effectivement finalisé. Nous n'avons pas mis en évidence des projets, mais nous pouvons décrire les faits comme s'il y en avait.

B. FINALITÉ ET ADAPTATION

L'observation courante permet de constater que les êtres vivants ont des organes, des appareils, manifestement adaptés

aux fonctions qu'ils remplissent : la patte du cheval est remarquablement adaptée à la course, la « main » de la taupe au fouissage, l'aile de l'oiseau au vol, la trompe du papillon à la prise du nectar, les fourrures épaisses à la vie dans les pays froids, etc.

L'étude physiologique des organismes a conduit à mettre en évidence le fonctionnement coordonné de leurs constituants, notamment grâce à des régulations qui, chez les Vertébrés « supérieurs », sont particulièrement perfectionnées. Ces régulations assurent par exemple l'homéostasie du milieu intérieur, c'est-à-dire la stabilité de ses caractéristiques physico-chimiques ; ainsi la température, le taux de glucose dans le sang sont maintenus à des niveaux constants et les cellules de l'organisme sont baignées dans un milieu qui présente toujours des caractéristiques optimales pour leur fonctionnement.

Au niveau macromoléculaire, on observe également une adaptation des structures aux fonctions, et un ajustement du fonctionnement à un niveau optimal. Ainsi, une molécule d'enzyme possède un site actif exactement adapté à son substrat et tel que des liaisons précises puissent s'établir entre celui-ci et les acides aminés qui délimitent ce site. L'activité des enzymes et leur synthèse sont soumises à des régulations complexes, de sorte que la cellule fonctionne toujours de façon coordonnée.

L'évocation de ces quelques faits me paraît suffisante pour constater avec L'Héritier que « nous nous trouvons en face de la situation évidente que les organes d'un être vivant servent à quelque chose, qui a toujours un rapport avec la conservation de l'individu ou de l'espèce » (1). Cela revient à constater que chaque organe remplit bien sa fonction, c'est-à-dire qu'on s'émervaille devant le fait que les êtres vivants vivent. Comme l'écrit encore L'Héritier, « la permanence des systèmes vivants n'est pas de nature statique, elle implique le jeu incessant de processus antagonistes à la tendance spontanée vers la dégradation des

structures. Tous les éléments entrant en jeu dans ces processus sont donc nécessairement finalisés, en ce sens que leur activité aboutit à un résultat, qui est l'existence même du vivant » (1).

Nous retrouvons donc ici le problème de la finalité posé dans les mêmes termes qu'à propos du comportement (que je n'ai séparé que parce qu'il permettait peut-être mieux de les mettre en évidence). Nous employons le concept de finalité pour décrire les phénomènes vivants parce qu'ils nous apparaissent coordonnés et agencés de telle sorte qu'ils aboutissent à un résultat : les êtres vivants vivent. Mais au lieu de faire ce simple constat nous disons alors : les êtres vivants ont leurs constituants agencés comme ceci et comme cela, afin de leur permettre de vivre. Ce faisant, nous opérons une sorte de dissociation entre l'être vivant et ce qui le constitue, et nous supposons que ce qui le constitue a le projet de le réaliser ou manifeste que « quelqu'un » a formé ce projet. Il n'y a pas pire anthropomorphisme : notre connaissance fonctionnelle à l'aide de modèles distincts des objets qu'ils représentent, mais qui sont les outils à l'aide desquels nous agissons sur eux. Nous ne pouvons pas faire autrement, mais ce n'est pas une raison pour imaginer qu'une « conscience créatrice », quelle qu'elle soit et où qu'elle soit, ait pré-établi les modèles des êtres vivants et ensuite façonné la matière en vue de les réaliser. Même s'il en est éventuellement ainsi, la Science, pour rester ce qu'elle a décidé d'être, se doit de proposer un autre type de description, où les êtres vivants ne soient décrits qu'à l'aide de ce qu'ils « contiennent ».

C'est tout particulièrement le mérite de la Biologie Moléculaire de nous en avoir donné les moyens. Comme l'écrit Jacob à propos de la « liaison » entre le biologiste et la téléologie, « à cette liaison cachée, le concept de programme donne maintenant un statut légal » (2).

(1) Ph. L'HÉRITIER : *Hasard, Sens et Finalité en Biologie*, Bulletin de l'U.C.S.F., n° 119, mars-mai 71 : p. 2.

(1) Ph. L'HÉRITIER : *Op. cit.*, p. 2.

(2) F. JACOB : *Op. cit.*, p. 17.

C. TÉLÉONOMIE ET STRUCTURE

Le résultat le plus clair de la démarche suivie jusqu'ici c'est le constat de l'évidence que les êtres vivants sont les êtres qui sont vivants. J'irai même jusqu'à dire que c'est la grande découverte de la Biologie moderne. Qu'on me comprenne bien : la Vie a été longtemps considérée comme une sorte de propriété mystérieuse possédée « en supplément » par certains systèmes matériels. Il n'en est plus de même aujourd'hui ; comme l'écrivit Jacob : « en fait, depuis la naissance de la thermodynamique, la valeur opératoire du concept de vie n'a fait que se diluer et son pouvoir d'abstraction que décliner. On n'interroge plus la vie aujourd'hui dans les laboratoires. On ne cherche plus à en cerner les contours. On s'efforce seulement d'analyser des systèmes vivants, leur structure, leur fonction, leur histoire » (1). En d'autres termes, on cherche à décrire et à expliquer les êtres vivants de façon satisfaisante, et non à les justifier de l'extérieur par un concept : on cherche des concepts descriptifs et explicatifs, et non justificatifs.

Bien sûr, tout n'est pas résolu, car si le concept de vie, avec le cortège d'ambiguïtés philosophiques qu'il traîne avec lui, est devenu inopérant, il reste qu'il faut savoir ce que l'on entend par vivre. Comme l'écrivit L'Héritier, « la représentation préscientifique d'un être vivant amène à le considérer comme un système matériel, qui ne serait pas fondamentalement différent d'un objet non vivant, mais serait animé de l'intérieur par une force spéciale. Au bout de l'analyse scientifique la force vitale a disparu, mais le système matériel apparaît comme profondément différent d'un objet non vivant » (2). Décrire le vivant, c'est en même temps le distinguer du non vivant.

Ce qu'il convient de constater d'abord, c'est que tout être vivant se construit, puis se maintient dans la durée au moins jusqu'à

ce qu'il se soit reproduit, c'est-à-dire qu'il ait fabriqué des êtres identiques à lui ou tout au moins initié leur construction. Vivre, c'est se faire, se conserver et se reproduire.

La construction

Monod écrit que l'une des caractéristiques essentielles des êtres vivants est la « morphogénèse autonome » (1). Il faut entendre par là que, pour se construire, les êtres vivants n'ont à prendre dans le milieu extérieur que la matière et l'énergie nécessaires à leur construction, mais non de l'information : sous forme d'un programme contenu dans le matériel génétique de leur cellule initiale, ils possèdent au départ toute l'information nécessaire à leur réalisation. Le développement n'apparaît plus comme un processus finalisé tel que je l'ai défini plus haut, mais comme un processus programmé. Il se trouve donc que les êtres vivants, au début de leur existence, possèdent un plan préétabli de ce qu'ils doivent être. C'est à ce point précis qu'apparaît une ambiguïté grave : le programme doit-il être considéré comme un projet, auquel cas les processus qu'il détermine pourraient être dits finalisés ? Il doit être clair aux yeux de tous que non, car encore une fois, il n'y a projet que s'il y a une conscience qui l'élabore ; il faudrait donc supposer qu'il y ait un programmeur, dont le projet s'exprimerait sous forme d'un programme. Celui-ci n'est donc en tout cas pas le projet ; il en est tout au plus l'expression, le résultat.

Au niveau de la construction des êtres vivants et, ainsi que nous allons le voir, à celui de leur fonctionnement, le concept de programme est un concept explicatif suffisant. Il faut ici au moins bannir définitivement le terme de projet.

Pour conclure ce premier point, on peut dire que la construction d'un être vivant est le *résultat* de la réalisation progressive du programme contenu dans la cellule qui le constitue au départ,

(1) F. JACOB : *Op. cit.*, pp. 320-321.

(2) Ph. L'HÉRITIER : *Op. cit.*, pp. 3-4.

(1) J. MONOD : *Le Hasard et la Nécessité*, le Seuil, Paris, 1970, p. 26.

réalisation qui peut d'ailleurs être modulée par l'action du milieu extérieur dans la mesure où le programme autorise une certaine plasticité. C'est un processus où les étapes antérieures déterminent les suivantes, et non l'inverse.

La conservation

Les atomes constitutifs des êtres vivants sont continuellement renouvelés à des vitesses plus ou moins grandes, comme l'ont montré de très nombreuses expériences utilisant des radioisotopes. L'être vivant se conserve parce qu'il réussit à équilibrer les départs par des incorporations. Toute une part du fonctionnement de l'être vivant consiste à assurer ce continuuel entretien, ce qui est possible parce qu'ont été mis en place les moyens de la faire sous la « direction » du programme. En fait tout programme commande la réalisation d'êtres ayant les moyens d'assurer leur entretien, sans quoi ils seraient inéluctablement détruits. Ces moyens se situent à tous les niveaux, depuis l'équipement macromoléculaire jusqu'au comportement. Il y a efficacité à ces niveaux (et donc, comme nous l'avons vu, apparence de finalité) parce que tout système ne pouvant efficacement assurer son entretien disparaît. Comme le dit très simplement Hovasse, « l'être vivant n'a pas ses organes coordonnés de telle façon qu'il vive et dure. Il vit et dure parce que ses organes sont coordonnés » (1). Il n'y a pas d'êtres vivants sans coordination de leurs constituants.

Pour conclure ce deuxième point, on peut dire que la conservation dans le temps d'un être vivant est le *résultat* du jeu coordonné de ses constituants, dont la mise en place a été programmée au cours de sa construction.

La reproduction

Tout être vivant se reproduit, c'est-à-dire qu'il assure par un moyen ou par un autre la réalisation d'êtres identiques à lui.

(1) R. HOVASSE : *De l'adaptation à l'évolution par la sélection*, Paris, 1943.

Cette réalisation passe en général par la mise en place d'au moins une cellule contenant tout le matériel génétique nécessaire, c'est-à-dire le programme au complet. Le *résultat* de l'activité du vivant, c'est encore du vivant.

J'ai toujours employé le terme « résultat » pour bien montrer qu'il n'y a nul besoin d'utiliser les concepts de projet et de finalité. Malheureusement Monod introduit celui de projet — tout en reconnaissant son ambiguïté — au travers du concept de téléonomie. Il choisit en effet de « définir le projet téléonomique essentiel comme consistant dans la transmission, d'une génération à l'autre, du contenu d'invariance caractéristique de l'espèce » (1). La téléonomie est donc, selon lui, la propriété des systèmes qui présentent ce projet.

Il ne me paraît pourtant pas utile de parler ici d'un quelconque projet biologique. Il semble plus simple de dire que les êtres vivants sont des systèmes matériels agencés en fonction d'un programme de telle sorte qu'ils ont la capacité de se reproduire, c'est-à-dire de mettre en place des systèmes matériels doués de la même propriété. On peut, si l'on veut, appeler de tels systèmes des « systèmes téléonomiques ».

Il reste qu'il faudrait avoir des idées plus précises sur ce que veut dire l'expression « agencés de telle sorte que... » ; par delà le constat, il faut aller vers l'explication. Ce qui était décrit en termes de processus finalisés, il faut maintenant l'expliquer en termes de fonctionnement. Pour poser clairement le problème, je crois qu'il faut rappeler que tout être vivant est d'une part un système d'éléments, et d'autre part un élément d'un autre système, la population dont il fait partie. Vis-à-vis de cette population, l'être vivant remplit une fonction, en ce sens qu'en se reproduisant il en assure la constance, en association avec les autres individus. Tout ce qui a été dit plus haut montre que les éléments qui la constituent fonctionnent de telle sorte qu'il remplit sa fonction.

(1) J. MONOD : *Op. cit.*, p. 27.

Un système vivant peut donc être décrit comme un arrangement d'éléments fonctionnels jouant chacun son rôle en coordination avec les autres, grâce aux régulations assurées plus spécialement par certains d'entre eux, de sorte que par ce réglage interne l'intégré de l'ensemble est maintenue et la possibilité de remplir sa fonction dans un système d'ordre supérieur (population, biocénose...) assurée. Un tel système peut être appelé une structure dans un sens proche de celui qu'emploie Piaget ⁽¹⁾, mais peut-être plus simple dans la mesure où il n'est pas question ici de donner une formulation de ce concept qui satisfasse à la fois mathématiciens, biologistes et spécialistes des sciences humaines. Une structure sera donc pour nous un système d'éléments dont le fonctionnement assure son autoconservation au moins pendant une certaine durée, ce qui suppose un fonctionnement complexe et cohérent de ces éléments. *Les êtres vivants sont donc des structures téléonomiques.*

Tout ce qui précède montre assez clairement, je l'espère, que tout être vivant, bactérie, plante, criquet, chat ou homme peut être décrit dans sa structure fonctionnelle, dans ses performances, sans qu'il soit jamais fait appel à la notion de finalité, mais seulement au concept de programme. Tout être vivant est sous-tendu par un programme, codé dans les séquences des nucléotides des acides nucléiques et traduisible en séquences d'acides aminés. Évacué de la description des êtres vivants tels que nous les connaissons actuellement, le problème de la finalité n'est pour l'instant que repoussé. En effet, si les êtres vivants sont « réduits » aux programmes qui les sous-tendent, il reste à expliquer les programmes.

II. FINALITÉ ET ÉVOLUTION

A. FINALITÉ ET MÉCANISMES ÉVOLUTIFS

La variabilité biologique

Si les êtres vivants se reproduisent identiques à eux-mêmes, c'est qu'il y a, comme dit Monod, invariance reproductive, laquelle s'explique par la complémentarité des bases azotées des acides nucléiques qui assure la duplication exacte de ceux-ci lors des divisions cellulaires. Une cellule qui se divise transmet à ses cellules-filles des programmes strictement identiques entre eux et à celui qu'elle contenait elle-même. Ce processus est si parfait que certaines espèces se perpétuent identiques à elles-mêmes pendant des millions d'années.

Pourtant la duplication des acides nucléiques n'est jamais exempte d'erreurs. Une base azotée peut accidentellement être remplacée par une autre, et il y a alors une erreur dans le programme. La probabilité d'un tel remplacement est évidemment très faible mais, compte tenu du nombre énorme de bases que comprend le matériel génétique, ne serait-ce que d'une simple cellule bactérienne, il y a en fait un taux de mutagénèse élevé pour une espèce donnée. Comme le dit Lamotte « à l'admirable stabilité d'un gène unique, liée à la quasi perfection de l'autoreproduction de l'ADN, le nombre immense des gènes ajoute une variabilité inévitabile du génome pris dans son ensemble » ⁽¹⁾.

Aux mutations ponctuelles (remplacement d'une base azotée par une autre) s'ajoutent des mutations au niveau des chromosomes eux-mêmes : délétions (pertes de portions de chromosomes), inversions de parties de chromosomes, accidents dont de nombreux exemples sont connus.

⁽¹⁾ J. PIAGET : *Le Structuralisme*, collection « que sais-je ? », P.U.F., Paris, 1968.

⁽¹⁾ M. LAMOTTE : *Le problème de l'adaptation des espèces au milieu*. Revue des questions scientifiques, t. 137 (5^e série, t. 27) n° 3, juillet 1966, p. 327.

La mutagenèse apparaît donc comme la source initiale de toute variabilité. Chez les êtres vivants à reproduction sexuée, cette variabilité est encore amplifiée par deux types d'événements, la recombinaison génétique au moment des méioses et la rencontre des gamètes à la fécondation, qui assurent un vaste brassage génétique.

La combinaison de ces divers types d'événements fait qu'aucun être vivant n'est identique ni à ses ascendants, ni à ses congénères, ni à ses descendants. Ce fait capital est à la base de toute l'interprétation actuelle de l'évolution. Il faut se rendre compte en effet de toutes ses conséquences. Considérons par exemple une simple mutation ponctuelle : elle peut se produire dans un codon non-sens ou dans un codon signifiant (1). Dans ce dernier cas, le codon peut devenir non-sens, ou changer de sens, un acide aminé étant alors remplacé par un autre dans une protéine ; cela peut ne rien changer, ou modifier le site actif d'une enzyme au point de la rendre inopérante, ou au contraire la rendre plus efficace. Dans le premier cas, le codon non-sens peut le rester, ou devenir signifiant ; la lecture de la séquence des bases est alors décalée, d'où synthèse de protéines nouvelles. En fait dans le réseau complexe du fonctionnement cellulaire, une unique mutation peut avoir des conséquences sans commune mesure avec l'événement qu'elle représente ; c'est ce que L'Héritier, dans l'article déjà cité, appelle « l'amplification des hasards moléculaires ».

A l'intérieur d'une même espèce mutagenèse et brassage génétique entraînent donc une extrême variabilité des structures téléonomiques que sont les individus, et dans bien des cas leur fonction téléonomique — la reproduction — peut s'en trouver diversement affectée. Dans un milieu donné, la variabilité se

(1) On entend par codon signifiant une séquence de trois bases azotées qui commande la mise en place d'un acide aminé donné dans une chaîne polypeptidique, au cours de la synthèse de celle-ci. A un codon non-sens ne correspond au contraire aucun acide aminé ; un tel codon joue donc un rôle de ponctuation, en ce sens qu'il provoque l'arrêt de la synthèse d'une chaîne polypeptidique.

traduit notamment par des capacités à se reproduire différentes, comme l'ont montré de nombreuses expériences, dues notamment à Teissier et L'Héritier, à Dobzhansky et à son école.

La sélection

Dans un milieu constant, l'expérience montre que, lorsque différents génotypes sont présents en proportions initialement égales, certains d'entre eux prennent une place prépondérante correspondant à un certain niveau d'équilibre, ou même éliminent les autres : les meilleurs reproducteurs sont sélectionnés au détriment des autres. Cette sélection est dite *conservative* : tant que le milieu reste stable, la sélection élimine les individus les moins adaptés et conserve ceux qui le sont le mieux. Un tel phénomène explique bien la remarquable stabilité de certaines espèces pendant des durées considérables.

Si le milieu change, les capacités de reproduction des divers génotypes peuvent devenir différentes de ce qu'elles étaient précédemment et, parmi eux, ceux qui étaient favorisés auparavant peuvent être cette fois éliminés au profit d'autres qui se révèlent mieux adaptés aux nouvelles conditions. Du même coup, la composition de la population change : on dit que la sélection est cette fois *novatrice*.

Dans les deux cas, et c'est ce qu'il importe de retenir ici, la sélection n'est que le tri *a posteriori* de génotypes préalablement différents les uns des autres du fait de l'intervention permanente des mécanismes diversificateurs évoqués plus haut. Ce point est essentiel ; c'est là en effet le seul processus actuellement connu qui puisse permettre de rendre compte du phénomène évolutif. La connaissance que nous en avons résulte de la convergence de données apportées par la Biologie moléculaire, la Génétique physiologique et la Génétique des populations (aussi bien expérimentales que naturelles).

Hasard et finalité dans les mécanismes évolutifs

La notion de hasard est difficile à définir et, partant, à utiliser : le biologiste n'en a sans doute pas toujours la même conception que le spécialiste des probabilités, ce qui est regrettable. Il est classique de dire qu'un événement se produit par hasard lorsqu'on n'a pas les moyens de le prévoir, ce qui revient en fait à considérer le hasard comme corrélatif de notre ignorance des déterminismes effectivement mis en jeu : c'est parce qu'on ne peut prévoir qu'on dit qu'il y a hasard. On pourrait aussi penser définir le hasard par l'équiprobabilité de tous les événements possibles, en ce sens qu'il ne serait donc pas possible de dire que tel d'entre eux a « plus de chances » de se produire que tel autre, mais cela reste peu satisfaisant.

La notion de hasard intervient en Biologie tout particulièrement à propos des mutations : on dit que celles-ci se font au hasard et que donc la variabilité biologique — sans laquelle l'évolution n'aurait pas été possible — repose sur le hasard. En fait, il paraît préférable de dire que la mutagénèse est un processus *aléatoire* : si on soumet une population de bactéries à un agent mutagène, et que l'on considère un emplacement donné de leur génome, on peut seulement connaître la probabilité d'apparition d'une mutation à cet emplacement précis. Il convient donc de dire que les phénomènes qui sont à la base de la variabilité — mutations ponctuelles, mutations chromosomiques, échanges de matériel génétique entre chromosomes apparus au cours de la méiose — sont aléatoires, plutôt que de dire qu'ils relèvent du hasard, terme qui reste ambigu.

On voit en tout cas qu'au niveau de ces phénomènes, il n'est pas même possible d'observer une apparence de finalité ; les mutations qui se produisent sont favorables, défavorables ou neutres dans un milieu donné, mais dans un autre peuvent avoir des effets différents. Il faut d'ailleurs ici prendre le milieu dans un sens large : il s'agit non seulement du milieu extérieur auquel l'être vivant

se trouve confronté, mais aussi du milieu ou contexte génétique au sein duquel la mutation apparaît.

B. FINALITÉ ET DÉROULEMENT DE L'ÉVOLUTION

1. *Caractères généraux du processus évolutif**Diversité et unité du monde vivant*

L'observation du monde vivant révèle l'existence d'un certain nombre de plans structuraux différents. Si tous les êtres vivants sont des structures téléonomiques, le nombre des éléments qui les constituent, leur arrangement spatial, les fonctions qu'ils remplissent diffèrent d'un plan à l'autre. Ces structures sont toutes efficaces sur le plan téléonomique (sans quoi elles n'existeraient pas), mais l'efficacité est obtenue par des moyens divers.

La classification des êtres vivants est fondée sur la reconnaissance de ces plans structuraux, qui sont hiérarchisés : ainsi on décrira un plan général pour les Mammifères, puis des plans particuliers pour les différents ordres, Carnivores, Cétacés, etc, puis, en détaillant davantage, des plans pour chaque famille d'un même ordre, chaque genre d'une même famille, chaque espèce d'un même genre. La description d'un quelconque de ces plans est une diagnose.

Pour un plan d'un niveau donné, il existe donc en fait une grande diversité que révèle sa division en plans de niveaux inférieurs. Il faut bien comprendre que ces plans sont des modèles que nous construisons pour rendre compte à la fois de la diversité du monde vivant et de l'ordre que nous y découvrons. De cet ordre, toute interprétation du processus évolutif doit pouvoir donner une explication. On entend ici par ordre, faut-il le dire, que les différents plans structuraux peuvent être classés les uns par rapport aux autres, ce qui suggère bien sûr l'existence de « liens de parenté » plus ou moins étroits entre les êtres vivants ;

cela ne veut pas dire pour autant que ces liens ont une réalité effective.

L'un des succès de la Biologie moderne est d'avoir montré, contrastant avec cette diversité, la remarquable unité des systèmes vivants au niveau de leur organisation et de leur fonctionnement élémentaires. D'une part, tous les êtres vivants sont constitués de cellules, d'autre part toutes les cellules sont constituées suivant le même plan général. Si la diversité réside dans celle des programmes génétiques existant, tous ces programmes sont écrits avec le même alphabet ; ils commandent tous la synthèse de protéines par l'intermédiaire d'un code unique. Enfin, les mêmes voies métaboliques essentielles se retrouvent chez tous les êtres vivants. Au-delà des parentés supposées par la taxonomie, il y a donc une profonde et réelle parenté entre tous les êtres vivants, sur le plan fonctionnel.

Quels systèmes constituent des unités évolutives ?

Nul ne considère plus à l'heure actuelle que l'individu puisse par lui-même être le lieu d'une évolution, comme le supposait le Lamarckisme ; de fait, malgré toutes les investigations, on n'a jamais pu mettre en évidence des changements du programme sous-tendant l'individu qui entraînent des adaptations aux causes de ces changements. Si l'individu change au cours de son existence, c'est à l'intérieur des limites permises a priori par le programme qui le sous-tend.

C'est la population qui peut changer, comme il a été expliqué plus haut. En fait lorsqu'aucun échange génétique n'est possible entre les individus de la population, celle-ci ne peut guère être considérée comme un système au sens d'ensemble coordonné d'éléments, mais lorsqu'il y a sexualité (ou même simplement parasexualité), on peut véritablement parler de communautés de reproduction qui ont leurs lois de fonctionnement propres, celles qui régissent la rencontre des sexes.

Une communauté de reproduction est donc un ensemble d'individus entre lesquels la reproduction assure un brassage génétique effectif et régulier, une espèce étant un ensemble de telles communautés, entre lesquelles des échanges génétiques sont possibles, mais pas nécessairement systématiques. Les communautés appartenant à une même espèce sont donc ouvertes les unes vis-à-vis des autres, mais fermées vis-à-vis de celles qui constituent des espèces distinctes. La Biologie moderne fait l'hypothèse que tous les événements qui constituent le déroulement des processus évolutifs doivent pouvoir être expliqués par des changements au niveau de ces unités élémentaires que constituent les populations locales, changements tels que des communautés de reproduction initialement ouvertes les unes par rapport aux autres deviennent fermées, et constituent par suite des espèces distinctes. Le fait se conçoit facilement dans le cas de deux communautés qui divergent à partir d'une communauté initiale, devenant progressivement incapables d'échanger du matériel génétique ; il est moins facile à admettre lorsqu'une population unique se modifie progressivement sur place, devenant peu à peu différente de ce qu'elle était auparavant. En effet, le critère de l'absence d'échanges génétiques n'a plus de sens puisque les populations comparées ne sont pas contemporaines : il y a changement et c'est tout. Dans le premier cas on a effectivement formation, à partir d'une espèce unique, d'espèces distinctes auxquelles on donne alors des noms différents. Dans le second, on dit qu'il y a formation d'une nouvelle espèce à partir d'une autre parce que les changements apparus nous paraissent justifier l'emploi d'un nom nouveau, ceci, au fond, pour la commodité de la description. La difficulté qui apparaît ainsi tient évidemment à ce qu'il est possible de distinguer des espèces contemporaines par des critères biologiques (possibilité ou impossibilité d'échanges génétiques) alors que cela n'est pas possible pour des populations non contemporaines.

Quoi qu'il en soit, les deux processus indiqués sont réunis sous le même terme, la spéciation, que l'on peut définir comme le

processus par lequel un ensemble de communautés de reproduction appartenant à la même espèce donne un ou plusieurs ensembles de communautés que l'on considère comme une ou plusieurs espèces distinctes. La spéciation apparaît comme l'événement évolutif élémentaire.

Traits fondamentaux du déroulement historique du processus évolutif

La notion d'histoire est apparue en Biologie avec les données de la Paléontologie, qui a permis de concevoir que le monde vivant a été le siège d'événements se succédant dans le temps. L'application des principes de la stratigraphie a permis d'ordonner les terrains géologiques selon le temps, l'idée essentielle étant que, lorsque des éléments se déposent, ceux qui sont en dessous se sont déposés avant ceux qui sont dessus et sont donc plus anciens (1).

Les terrains étant ainsi classés dans le temps, on a pu constater que les fossiles constituent très fréquemment des séries ordonnées, c'est-à-dire qu'ils peuvent-être classés entre deux états distincts, disons A et B, selon qu'ils se rapprochent davantage de l'un que de l'autre ; ils illustrent en quelque sorte des états intermédiaires entre les états extrêmes, évoquant une transformation, un passage progressif de l'un à l'autre. Le sens de cette transformation de A vers B, ou de B vers A, n'est pas indiqué par la série de fossiles elle-même, mais par les données stratigraphiques qui précèdent si, par exemple, le terrain qui contient B a été déposé après celui qui contient A, auquel cas B est postérieur à A ; s'il y a eu effective-ment transformation, celle-ci s'est alors faite de A vers B.

Il a donc été possible de classer les fossiles dans le temps, et par suite de *décrire* l'histoire de leur succession temporelle, sans même en donner une explication au plan des mécanismes. Dans cette histoire, deux faits sont importants. Tout d'abord, le

(1) Ceci à condition qu'aucun événement ne soit venu troubler l'ordonnance des dépôts, tout l'art du géologue consistant à tenir compte dans l'établissement des séries stratigraphiques des effets d'éventuels événements tectoniques).

nombre des espèces augmente au cours du temps ; ceci est certain, même en tenant compte du fait que plus les formes sont récentes, plus on a de chances d'en trouver des restes. On s'en rend compte par l'étude de groupes dont les représentants « se fossilisent bien » : Mollusques et Vertébrés par exemple. Avec le temps également apparaissent des groupes aux plans structuraux de plus en plus complexes. Il en est ainsi par exemple à l'intérieur des Vertébrés : les Amphibiens apparaissent après les Poissons, les Reptiles après les Amphibiens, les Oiseaux et les Mammifères après les Reptiles. En fait il ne faut pas oublier que seules sont bien connues les phases de l'évolution les plus récentes. Les fossiles les plus anciens qui soient identifiables peuvent être pratiquement toujours rangés dans les embranchements actuels. Les plans structuraux les plus fondamentaux — ceux des embranchements, au nombre d'une trentaine environ — sont établis depuis très longtemps, et il n'est pas possible de dire selon quelles modalités. Dans un sens, cela est assez normal, car la diversification des espèces a dû se produire depuis les origines et avoir des conséquences sans commune mesure avec les spéciations actuellement en cours. En tout cas il est important de souligner que, d'après les données paléontologiques, les Vertébrés constituent sans doute le dernier des embranchements formés.

D'une manière générale, si l'on considère un taxon supra-spécifique quelconque, son histoire évolutive type peut se décrire comme suit. Au départ, on n'en connaît que quelques restes, représentant tout au plus un très petit nombre d'espèces ; puis ce nombre augmente, souvent considérablement. Les restes fossiles sont alors nombreux, présents dans des terrains variés, ce qui indique une extension de l'aire du groupe et une diversité de plus en plus grande des biotopes habités. Après une phase de stabilité, de durée variable, le nombre des espèces diminue et le groupe se trouve réduit à quelques espèces reliques, qui finissent par disparaître. On regrette souvent que les origines soient toujours mal connues. De fait tous les diagrammes représentant l'évolution

de taxons commencent par des points d'interrogation et des pointillés ! Pourtant il n'y a guère de raisons de penser que « l'ancêtre » a moins de chances de se fossiliser que ses descendants, sauf si ses populations sont le siège d'une diversification très rapide. Sans vouloir insister sur le problème des espèces ancestrales, je crois important de souligner qu'il est en quelque sorte logique qu'on ne les connaisse pas ou très mal, étant donné ce que sont les mécanismes évolutifs.

L'histoire évolutive apparaît au total comme un ensemble de telles « histoires évolutives types », des groupes apparaissant, se développant, tandis que d'autres régressent et parfois disparaissent complètement (Ammonites, grands reptiles du secondaire par exemple). Cependant il n'y a pas seulement compensation, comme on pourrait le penser, mais augmentation globale du nombre des espèces, donc occupation d'un plus grand nombre de niches écologiques. Apparus quelque part sur la Terre, les êtres vivants n'ont cessé de s'y développer pour y occuper progressivement toutes les places possibles, se diversifiant donc parallèlement, et devenant à leur tour des éléments du milieu, créant ainsi de nouvelles niches disponibles pour de nouvelles espèces. Pour illustrer simplement cette dernière notion, on peut notamment dire qu'à partir du moment où il y a eu des êtres vivants puisant l'énergie nécessaire à leur fonctionnement sous forme « non-vivante » (lumière, molécules chimiques simples), il y a eu place pour des êtres vivants se nourrissant d'autres êtres vivants. L'évolution d'un groupe donné ne peut se comprendre que comme partie d'une évolution générale de la Biosphère.

Interprétation de l'histoire biologique et finalité

Ce qui précède montre assez clairement, je l'espère, qu'il existe deux niveaux dans l'étude du processus évolutif : celui des mécanismes, tels que nous pouvons les connaître *aujourd'hui*, et celui de l'histoire, telle que nous pouvons la reconstituer à l'aide

des documents historiques qu'apporte la Paléontologie. La théorie moderne de l'Évolution est celle qui prétend expliquer l'histoire par le jeu de ces mécanismes. Elle est la seule qui, à l'heure actuelle, donne de l'ensemble des faits biologiques une interprétation qui ait une cohérence satisfaisante. L'histoire des Sciences nous apprend qu'une théorie n'est jamais définitive ; elle ne correspond qu'au « champ du possible » d'une époque donnée ; comme l'écrivit Jacob, « chaque époque se caractérise par le champ du possible que définissent, non seulement les théories ou les croyances en cours, mais la nature même des objets accessibles à l'analyse, l'équipement pour les étudier, la façon de les observer et d'en parler » (1). Un nouveau champ du possible s'ouvrit-il aux investigations des biologistes ? Rien n'empêche de le penser, mais en attendant il faut faire avec ce que l'on a.

Le déroulement historique de l'évolution présente l'apparence d'un processus finalisé : il y a une orientation dans le temps, une succession d'étapes dont la biosphère actuelle représente la dernière et, comme l'homme en fait partie, nous serions bien contents si l'on pouvait dire que les étapes précédentes ont été ce qu'elles ont été afin que l'évolution aboutisse bien à l'homme : il nous plairait de savoir que nous sommes l'aboutissement d'un projet. Aussi n'est-ce pas tant le hasard qui nous choque que la nécessité. En effet, dans la théorie moderne de l'évolution, ce n'est pas le hasard qui explique (même s'il rend possible), c'est la nécessité. Si tous les événements biologiques étaient aléatoires, il ne serait pas inutile d'imaginer une « conscience » choisissant à chaque fois les événements à réaliser afin d'atteindre un but précis. Au contraire si chaque étape est la conséquence nécessaire de la précédente, il n'y a nul besoin de faire intervenir cette « conscience » pour comprendre. Il importe donc de voir avec précision ce qu'il faut entendre par nécessité en Biologie.

(1) F. JACOB : *Op. cit.*, p. 19.

Monod écrit : « c'est l'appareil téléonomique, tel qu'il fonctionne lorsque s'exprime pour la première fois une mutation, qui définit les *conditions initiales* essentielles de l'admission, temporaire ou définitive, ou du rejet de la tentative née du hasard » (1). Il faut bien comprendre en effet que ce n'est pas la mutation en elle-même qui est « jugée » par la sélection, mais l'organisme tout entier dans lequel elle s'exprime. Ce sont donc ses conséquences au niveau du rendement de la structure téléonomique qui conditionneront le comportement de celle-ci vis-à-vis de la sélection. Les individus qui restent, après sélection, sont ceux qui ont subi des mutations améliorant l'accomplissement de leurs performances téléonomiques ou qui du moins n'en ont pas diminué le rendement.

Dans ce contexte, où se situe exactement l'idée de nécessité ? En fait nous faisons le constat qu'il existe encore des êtres vivants ; ils sont donc nécessairement sous-tendus par des programmes génétiques non létaux, sans quoi ils ne seraient pas là. Les espèces existent parce qu'elles sont viables dans les milieux où elles vivent. A ce niveau, il y a simplement constat d'une évidence, et le concept de nécessité ne nous sert ici qu'à témoigner de cette évidence ; il ne signifie pas que la Biosphère devait nécessairement évoluer. Nous l'utiliserions de la même manière, observateurs extérieurs à une Biosphère composée uniquement d'êtres tous identiques entre eux et à leurs ascendants depuis l'origine, si nous avions à la décrire : nous dirions encore que les êtres observés par nous sont nécessairement ceux dont le programme génétique leur a permis de survivre au travers des générations successives.

Si donc la Biosphère devait nécessairement évoluer, il s'agit d'un autre type de nécessité, qui est en fait d'ordre statistique. En effet c'est parce qu'au sein des populations il apparaît un très grand nombre de mutations, qu'il est hautement probable, pour ne pas dire certain, qu'il en soit parmi elles qui améliorent les performances téléonomiques, et soient donc, par définition

pourrait-on dire, conservées, transmises de génération en génération. C'est cette certitude que nous traduisons en termes de nécessité. La « nécessité biologique » est là, pas ailleurs.

En d'autres termes, il est *pratiquement certain* que, vu la manière dont s'établit la variabilité biologique, il devait apparaître dans le matériel porteur des programmes génétiques des changements améliorant les performances téléonomiques des êtres vivants, et il est *évident* que ce sont ces changements qui ont été retenus par la sélection. Cela n'implique pas que tous les changements favorables se soient produits et que l'histoire évolutive se soit donc obligatoirement déroulée de la manière que l'on sait. Pour pouvoir le dire, il faudrait connaître plusieurs histoires évolutives séparées mais identiques. Or la Biosphère et son évolution restent pour l'instant un fait unique, et il paraît donc *pratiquement impossible* de prouver que ce fait ne peut être que ce qu'il est, même si, *théoriquement*, on peut l'admettre.

Au total, la nécessité biologique telle qu'elle apparaît au travers de cette analyse n'interdit donc pas de décrire l'évolution comme un processus finalisé, mais elle évacue évidemment toute idée de force vitale ou de consciences contenues dans la matière vivante elle-même. Réciproquement, il n'est absolument pas nécessaire d'introduire la notion de finalité pour décrire la Biosphère et son histoire de façon satisfaisante. Nous n'avons pas mis en évidence un projet biologique, mais on pourrait décrire les faits comme s'il y en avait un.

CONCLUSION

La Biologie a deux dimensions ou, si l'on préfère, deux plans d'étude : le fonctionnement et l'histoire. Le fonctionnement peut être étudié expérimentalement, tandis que l'histoire ne peut qu'être reconstituée à partir de documents fragmentaires. La Science espère pouvoir rendre compte du déroulement de l'Histoire du Vivant à l'aide des mécanismes mis en évidence par l'étude des

(1) J. Monod : *Op. cit.*, p. 136.

systèmes vivants tels qu'ils sont actuellement. On peut dire que la théorie moderne de l'évolution est déjà, de ce point de vue, une remarquable réussite, dans la mesure où elle a éliminé définitivement de la description des mécanismes toute référence à une quelconque force vitale ou conscience finalisante. A partir du moment où les êtres vivants sont considérés comme des structures téléonomiques, leur fonctionnement au niveau moléculaire comme au niveau comportemental n'a plus à être interprété en termes de finalité.

De même, il est maintenant certain que le processus évolutif est rendu possible par l'existence de mécanismes dont toute finalité est exclue, puisque la source même de la variabilité biologique est aléatoire. Il est de même certain que l'évolution ne pouvait se faire que dans le sens d'une diversification et d'une complexification des structures téléonomiques. Mais, parce que le Vivant est un phénomène historique unique, il n'est pas possible d'affirmer que cette diversification et cette complexification devaient se produire selon les modalités que nous connaissons. Certains auront donc le droit de décrire l'évolution biologique comme un processus finalisé, mais ils n'auront pas le droit de placer la « conscience finalisante » dans la matière vivante. Enfin, la sélection n'est novatrice — et la diversification n'est donc possible — que parce que le milieu change : l'évolution biologique a eu lieu parce que la Terre a subi continuellement des changements, et elle n'est donc qu'un événement particulier au sein de l'évolution générale du Cosmos. Le problème de la finalité se trouve donc repoussé au niveau d'une interprétation globale du Cosmos. Du point de vue de ceux pour qui il n'y a de science que du « répétable » cette interprétation, même si elle est fondée sur une exacte description de l'Histoire, n'est plus du domaine scientifique. La Science ne peut pas nous dire si l'Homme est apparu par hasard ou par nécessité. Elle se borne à reconnaître qu'il est apparu, et que cette apparition a impliqué la mise en jeu de mécanismes ne relevant d'aucune finalité.