

Revue Internationale de

ISSN 0980-1472

systemique

Vol. 6, N° **3**, 1992

afcet

DUNOD

AFSCET

Revue Internationale de
systemique

Revue
Internationale
de Sytémique

volume 06, numéro 3, pages 183 - 203, 1992

Evolution et herméneutique ;
vers une éco-sytémique de la cognition

Luc-Laurent Salvador

Numérisation Afscet, août 2017.



Creative Commons

Rédacteur en chef : B. Paulré
Rédacteur en chef adjoint : E. Andreewsky

Comité scientifique

J. Aracil, Université de Séville; H. Atlan, Université Hébraïque de Jérusalem; A. Bensoussan, Institut National de Recherche en Informatique et en Automatique; M. Bunge, Université McGill; C. Castoriadis, École des Hautes Études en Sciences Sociales; G. Chauvet, Université d'Angers; A. Danzin, Consultant indépendant; P. Davous, EUREQUIP; J. P. Dupuy, CREA - École Polytechnique; H. Eto, Université de Tsukuba; H. von Foerster, Université d'Illinois; N.C. Hu, Université de Technologie de Shanghai; R. E. Kalman, École Polytechnique Fédérale de Zurich; G. Klir, Université d'État de New York à Binghamton; E. Laszlo, Institution des Nations Unies pour la Formation et la Recherche; J.-L. Le Moigne, Université Aix-Marseille II; J. Lesourne, Conservatoire National des Arts et Métiers; L. Léfgren, Université de Lund; N. Luhmann, Université de Bielefeld; M. Mesarovic, Université Case Western Reserve; E. Morin, École des Hautes Études en Sciences Sociales; E. Nicolau, École Polytechnique de Bucarest; A. Perez, Académie Tchecoslovaque des Sciences; E. W. Ploman, Université des Nations Unies; I. Prigogine, Université Libre de Bruxelles; B. Roy, Université Paris-Dauphine; H. Simon, Université Carnegie-Mellon; L. Stez, Université Paris-Dauphine; R. Trappl, Université de Vienne; R. Thom, Institut des Hautes Études Scientifiques; F. Varela, CREA - École Polytechnique.

Comité de rédaction

Bureau

D. Andler, CREA - École Polytechnique (*Rubrique Cognition*); E. Andreewsky, Institut National de la Santé et de la Recherche Médicale (Rédacteur en chef adjoint); H. Barreau, Centre National de la Recherche Scientifique (*Rubrique Archives*); E. Bernard-Weil, CNEMATER - Hôpital de la Pitié (*Rubrique Applications*); B. Bouchon-Meunier, Centre National de la Recherche Scientifique (*Rubrique Applications*); P. Livet, CREA - École Polytechnique (*Rubrique Fondements et Épistémologie*); T. Moulin, École Nationale Supérieure des Techniques Avancées (*Rubrique Théorie*); B. Paulré, Université de Paris-Dauphine (Rédacteur en chef); J. Richalet, ADERSA (*Rubrique Applications*); R. Vallée, Université Paris-Nord (*Rubrique Théorie*); J.-L. Vullierme, Université de Paris-I (*Rubrique Fondements et Épistémologie*).

Autres membres

J.-P. Algoud, Université Lyon-II; A. Dussauchoy, Université Lyon-I; E. Heurigon, Régie Autonome des Transports Parisiens; M. Karsky, ELF-Aquitaine - CNRS; M. Locquin, Commissariat Général de la Langue Française; P. Marchand, Aérospatiale - Université Paris-I; J.-F. Quilici-Pacaud, Chercheur en Technologie; A. Rénier, Laboratoire d'Architecture n° 1 de l'UPA 6; J.-C. Tabary, Université Paris-V; B. Walliser, École Nationale des Ponts et Chaussées; Z. Wolkowski, Université Pierre-et-Marie-Curie.

Membres correspondants

ARGENTINE : C. François (Association Argentine de Théorie Générale des Systèmes et de Cybernétique). BELGIQUE : J. Ramaekers (Faculté Universitaires de Notre-Dame de la Paix). BRÉSIL : A. Lopez Pereira (Université Fédérale de Rio de Janeiro). ESPAGNE : R. Rodriguez Delgado (Société Espagnole des Systèmes Généraux). ÉTATS-UNIS : J.-P. Van Gigh (Université d'État de Californie). GRÈCE : M. Decleris (Société Grecque de Systémique). ITALIE : G. Teubner (Institut Universitaire Européen). MAROC : M. Najim (Université de Rabat). MEXIQUE : N. Elohim (Institut Polytechnique National). SUISSE : S. Munari (Université de Lausanne).

Revue Internationale de Systémique is published 5 times a year: March, May, July, September, December.
Subscription price, per volume: Institutions US \$ 185.
Second-class postage paid at Rahway, N.J. ISSN N° 0980-1472, USPS N° 007728.
U.S. Mailing Agent: Mercury Air-freight Intl. Ltd., 2323 Randolph Ave., Avenel, NJ07001.
Published by Dunod, 15, rue Gossin, 92543 Montrouge Cedex France and Gauthier-Villars North America Inc., 875-81 Massachusetts Avenue, Cambridge, MA 02139, USA.
Postmaster. Please send all address corrections to: Dunod, c/o Mercury Air-freight Intk. Ltd. 2323 Randolph Ave., Avenel, NJ 07001, USA.

ÉVOLUTION ET HERMÉNEUTIQUE vers une écosystémique de la cognition *

L.-L. SALVADOR

Université René Descartes (Paris V) ¹

Résumé

Après un retour à la conception systémique originelle de la théorie darwinienne, nous proposerons une interprétation écosystémique de l'évolution qui, mettant l'accent sur la codétermination et la cohérence, pourra rendre compte de la succession de crises et stases qui caractérise l'histoire du vivant. A l'instar de la plupart des conceptions de l'évolution, ce modèle peut être appliqué aux processus cognitifs et ce, d'une manière singulièrement congruente avec l'approche développée indépendamment par l'herméneutique.

Abstract

This essay will first be grounded on Darwin's original systemic views of evolution. Then, stressing on codetermination and coherence, an ecosystemic interpretation of evolution is proposed which account for the characteristic shape of the history of life: series of sudden crisis and long stasis. In keeping with epistemological tradition, this model will be applied to the cognitive field and will strikingly fit the independent analysis of hermeneutic tradition.

1. Présentation

Le vivant, tel qu'il se manifeste, par sa richesse, par la diversité de ses formes, a toujours posé le problème de sa genèse. Depuis la parution de l'*Origine des Espèces*, la sélection naturelle a été largement reconnue comme le principe créatif par excellence, rendant superflue l'intervention d'un *deus*

* Ce texte provient de la réélaboration d'une étude effectuée à l'occasion d'une visite auprès du *Program of Interdisciplinary Research* de l'université de Stanford et, je tiens à remercier René Girard pour son aimable invitation, ainsi que la Commission Franco-Américaine pour l'attribution d'une bourse Fulbright sans laquelle ce séjour n'eût pas été possible.

1. Laboratoire de Psychologie génétique, 46, rue Saint-Jacques, 75005 Paris.

ex machina. Son succès lui a valu d'inspirer une multitude de thèses dans des domaines pourtant étrangers à la biologie, mais cependant confrontés de manière tout aussi aiguë à des problèmes de morphogenèse. C'est en particulier le cas des recherches sur les processus cognitifs et, par exemple, du courant évolutionniste de l'épistémologie (Callebaut et Pinxten 1987, Plotkin 1982, Radnitzky et Bartley 1987, Schilpp 1974) qui, ayant à charge de penser l'incessant accroissement des connaissances scientifiques, s'en est remis au principe des « conjectures et réfutations », strictement isomorphe au doublet « mutation+sélection ». On peut citer aussi la fameuse psychologie béhavioriste et son « apprentissage par essai-erreur », ou encore la toute récente psychologie évolutionniste (Cosmides et Tooby 1987), ces dernières s'intéressant aux modalités d'acquisition de connaissances par un sujet animal ou humain.

Toutefois, à l'exception de la génétique et de la biologie moléculaire qui ont véritablement forgé le dogme de la théorie dite « synthétique » de l'évolution, cette dernière a toujours été contestée sur pratiquement tous les fronts – c'est-à-dire pas seulement en biologie – par bon nombre de spécialistes de grand renom qui, bien que se réclamant d'horizons divers, ont cependant présenté des argumentations que l'on peut considérer comme relativement homogènes au regard de leur orientation systémique. Cette critique systémique, bien que déjà blanchie sous le harnais (Bertalanffy 1973, Weiss 1970), a connu un véritable renouveau au travers des récentes théories dites de l'auto-organisation (Atlan 1972, Dumouchel et Dupuy 1983, Varela 1989) ou de la complexité qui, toutes, nous invitent peu ou prou à l'abandon des conceptions darwiniennes. Il y a là un enjeu de taille pour tous ceux qui s'efforcent de penser les processus de genèse, de création car, le projet de ces nouvelles théories n'est ni plus ni moins que de remplacer le vieux paradigme sélectionniste dans son rôle de principe créatif à l'oeuvre dans le vivant et la cognition.

En conséquence, nous tenterons dans un premier temps de prendre la mesure de l'argumentation systémique et, tout en reconnaissant son bien-fondé, nous montrerons qu'elle ne s'adresse pas véritablement à la théorie de Darwin, mais seulement à une acception étriquée de cette dernière, à savoir, la conception néo-darwinienne dont l'essence est parfaitement exprimée par le doublet « hasard et nécessité » cher à Monod. Effectuant, en quelque sorte, un retour à Darwin, nous essaierons de montrer que sa pensée était clairement systémique au sens où sa perception de l'organisation vivante était celle d'une totalité dont les éléments sont en relation d'interdépendance, c'est-à-dire de co-détermination.

Cette conception ressourcée du principe darwinien nous permettra, en articulant *nécessairement* l'ontogenèse et la phylogenèse dans la causalité circulaire de la cosélection, de proposer une interprétation proprement systémique du problème des « équilibres ponctués », – à savoir, l'aspect rythmé encore inexpliqué, en longues stases et crises soudaines (les radiations adaptatives) qui caractérise les lignées fossiles –, dans laquelle la question de la cohérence apparaît déterminante.

Ceci étant, du fait que, dans les divers domaines traitant de la connaissance, les multiples tentatives faites pour bénéficier du pouvoir explicatif de la sélection naturelle se sont toutes fondées sur le modèle néo-darwinien, il s'ensuit qu'elle auront hérité de ses insuffisances – sur ce point, Lewontin (1982) a construit une critique cinglante de toutes les épistémologies évolutionnistes (Callebaut et Pinxten 1987, Plotkin 1982, Radnitzky et Bartley 1987, Schilpp 1974) – nous plaçant dès lors dans l'obligation de les repenser sur le mode darwinien originel auquel nous avons à présent accès. Naturellement, il s'agit là d'une entreprise dépassant considérablement notre ambition présente et, nous nous contenterons d'esquisser brièvement quelques pistes dans cette direction, en traitant de la toujours problématique question du « sens », de la « compréhension »; nous nous rapprocherons à cette occasion d'une très ancienne tradition, l'herméneutique, qui fût la première à affronter sérieusement la question de la créativité en s'interrogeant sur la genèse du sens au cours de l'activité d'interprétation des textes, et ce, bien avant l'instauration d'une problématique biologique de l'évolution (Gusdorf 1989). Le parallèle étroit qui pourra être établi, tout en corroborant nos hypothèses, confortera par là-même la pertinence du fondement darwinien vis-à-vis des questions de genèse, de création.

2. Ecosystémique

Néodarwinisme et complexité

Le néodarwinisme présente traditionnellement l'évolution comme le résultat d'un processus de sélection, découlant d'une « nécessité » instanciée dans l'environnement et s'exerçant sur des formes nouvelles apparues sous l'effet du seul hasard. Or, à adopter une telle vision, d'apparence anodine, on s'interdit d'expliquer véritablement l'évolution car, dès lors :

« le hasard est au service d'une nécessité qui lui préexiste. Il ne fait que faciliter l'action de forces connues dirigeant le mouvement vers un « attracteur », comme disent les mathématiciens, *déjà là*. L'accroissement de complexité, dans ces conditions, reste un mystère ». (Dupuy 1981, p. 114).

et, plus précisément :

« ... le dispositif de sélection étant supposé extérieur aux formes qui l'alimentent, sans rétroaction de celles-ci sur celui-là, on ne saisit pas comment le couple hasard-nécessité peut produire de la complexification ». (ibid., p. 180 (c'est moi qui souligne))

Cela signifie qu'au regard des théories dites de l'auto-organisation, le principe « mutation+sélection » n'est qu'un principe d'« ordre » par le bruit (Atlan 1972) – le hasard – et non pas un principe de complexité (Atlan 1972, Dumouchel et Dupuy 1983, Dupuy 1981). Il serait tout au plus capable d'expliquer la formation des structures cristallines, le véritable principe créatif du vivant devant être cherché ailleurs car, c'est de la complexité, c'est-à-dire, de l'émergence imprévisible de propriétés nouvelles au sein d'une organisation, dont il s'agit essentiellement de rendre compte.

Retour à Darwin

Ainsi, la condamnation de la sélection naturelle par les théoriciens de l'auto-organisation tient à ce qu'elle est pensée dans le cadre néo-darwinien où l'implicite absence de couplage entre la sélection proprement dite et les formes du vivant fait que le dispositif de sélection est inévitablement perçu comme immuable, c'est-à-dire relevant d'une nécessité « toujours déjà là ». L'évolution, sur ce mode « sélectionniste » particulier, ne pourrait rien amener de nouveau, rien qui ne soit prévisible. La créativité du vivant ne peut donc être expliquée de la sorte. Cependant, si, pour des raisons d'opérationnalisation, les zéloteurs d'une certaine biologie mathématique ont pu s'en tenir à cette vision étroite – fut-ce implicitement –, aucun *naturaliste* conséquent ne peut raisonnablement s'en satisfaire. Car, à l'évidence, on ne peut considérer les formes vivantes autrement que faisant intégralement partie du « milieu » et donc du « dispositif de sélection »; par conséquent, toute modification d'une forme vivante X ne peut manquer d'influer sur la pression de sélection que le milieu exercera ensuite, non seulement sur toutes les autres formes, mais aussi sur la forme X elle-même.

Il n'y a là-dessus aucune équivoque car Darwin lui-même avait déjà fait état de l'incidence des relations d'interdépendance entre espèces sur l'évolution des conditions de sélection; par exemple lorsqu'il nous précise que :

« ... à mesure que quelques-uns des anciens habitants se modifient, les rapports mutuels de presque tous les autres doivent changer. Cela seul suffit à créer des lacunes que peuvent remplir des formes mieux adaptées » (Darwin 1985, p. 156).

Ces lacunes dénotent la modification du dispositif de sélection, c'est-à-dire tout bonnement la modification de l'« économie naturelle » – l'instance

sélectionnante réelle – consécutive à l'évolution des « rapports complexes et intimes » que les formes vivantes entretiennent. Il était donc clair pour le grand naturaliste que lorsque des formes vivantes varient...

« les anciennes et les nouvelles formes ainsi produites agissent et réagissent les unes sur les autres » (ibid., p. 231).

Il n'y a là rien de surprenant de la part d'un auteur qui a consacré tellement d'attention à tous les phénomènes de co-évolution (Lenay 1989, Patten et Auble 1981) dans lesquels il apparaît qu'une forme a fait office de dispositif de sélection pour une autre et réciproquement. Il est donc assez évident que l'approche darwinienne n'est pas en contradiction avec une conception systémique du vivant, elle en est d'emblée le porte-parole. Que la génétique se soit faite la voix d'un réductionnisme fort, tout en se réclamant du darwinisme, ne doit pas nous empêcher de reconnaître la finesse et la pertinence de la pensée darwinienne. Darwin est assurément un des pionniers de la pensée du complexe, et il n'y a pas lieu de le cataloguer parmi ceux qui voudraient nous donner à croire que le vivant n'est qu'affaire de fréquences au sein d'un pool génétique. Les spécialistes s'en rendent bien compte, reconnaissant que

« it is time... to confront once again the fact that polar bears are white » (Eldredge 1989, p. VII).

Autonomie et téléonomie

Ainsi, la prise en compte de l'interdépendance de chacun des éléments de la biocénose nous interdit de penser sérieusement une forme vivante hors de son contexte. Il est par conséquent risqué, quoique très courant, de raisonner au sujet d'une espèce comme si ses caractéristiques ne dépendaient que d'elle-même et, s'il a pu sembler intéressant de postuler l'autonomie (Varela 1989, Vendryes 1981) des formes vivantes dans le but de se démarquer de la position néo-darwinienne où les organismes apparaissent sous le joug implacable du dispositif de sélection, il ne pourrait s'agir que d'une révolution illusoire car, une telle conception ne ferait que reproduire la donne néo-darwinienne fondée avant tout sur la coupure entre ces formes et l'environnement sélectif.

Monod lui-même a déjà échoué en explorant une voie parallèle, avec sa conception très symptomatique du vivant comme incessante poursuite d'un projet téléonomique consistant en la transmission invariante des caractéristiques de l'espèce grâce au processus de reproduction. Il affirmait alors :

« C'est la reproduction *ne varietur*, chaque génération cellulaire du texte écrit sous forme de séquence de nucléotides dans l'ADN, qui assure l'invariance reproductive de l'espèce » (Monod 1970, p. 138).

Nonobstant, aussi surprenant que cela puisse paraître, il est erroné d'avancer que l'invariance de l'espèce est maintenue par la reproduction *ne varietur* de

l'ADN car, la reproduction s'accompagne bien au contraire d'un brassage du matériel génétique qui, source d'une variabilité fondamentale, permettra éventuellement à l'espèce de survivre en évoluant, en s'adaptant.

En conséquence, lorsqu'on s'interroge sur la conservation des caractéristiques de l'espèce, il faut admettre que l'invariance de ces caractéristiques s'accomplit sur la base de ce bruit de fond que la reproduction entretient et, dès lors, ce n'est pas à la reproduction qu'il faut attribuer l'invariance mais bien à la sélection, c'est-à-dire aux interactions que tout organisme entretient dans son biotope. Si les espèces conservent leurs « canons », c'est seulement parce que les interactions qu'elles ont avec leur environnement défavorisent la reproduction des « variants » qui seraient trop éloignés d'un type « optimal » (Endler 1986).

Remarquons aussi que, si le projet téléonomique fondamental vise à transmettre de manière invariante, *ne varietur*, l'information qui d'une génération à l'autre assure la conservation de la norme structurale de l'espèce, il apparaît de suite une contradiction flagrante car, le concept de téléonomie ayant avant tout été forgé en référence à des structures extrêmement sophistiquées telles que l'œil des vertébrés, on comprend mal que ces structures aient pu « émerger » alors qu'elles seraient subordonnées au projet fondamental de transmission invariante. La téléonomie – entendue comme source de ces structures téléonomiques particulières que constituent par exemple les organes sensoriels – et l'invariance sont inconciliable : tout projet visant fondamentalement conserver une structure invariante, à lui conserver son « identité », ne saurait comporter l'élaboration de structures nouvelles comme sous-but !

En somme, les caractéristiques *spécifiques* – c'est-à-dire, relatives l'espèce – sont bien loin d'être réductibles à des processus intrinsèques de conservation invariante car, ces processus sont en fait systématiquement approximatifs, et c'est au contraire la stabilité de l'écosystème en général, des niches écologiques en particulier qui fait que tout individu qui s'éloigne des normes de constitution et de comportement qu'exige l'appartenance à une niche particulière sera défavorisé quant à sa descendance. L'identité d'une espèce, si tant est qu'il y en ait une, résulte donc, en particulier, de la pression de l'environnement, ce qui est tout de même un comble au regard de la problématique de l'autonomie. Les caractéristiques structurales et comportementales d'une espèce ne peuvent ainsi être comprises hors du contexte des interactions qu'elle entretient dans son biotope, l'ensemble de ces interactions-relations constituant précisément ce que l'on appelle sa niche écologique. Dès lors, cette pression de l'environnement, à laquelle

nous faisons référence, est naturellement conçue comme l'incidence sur la reproduction qu'ont ces « rapports complexes et intimes » co-déterminants que chacune des espèces entretient avec les autres.

Les « équilibres ponctuels »

C'est ici, me semble-t-il, que s'ouvre à nous la possibilité de penser pleinement les processus de l'évolution, donc de la création. Il nous aura fallu pour cela écarter les deux conceptions pouvant découler de l'instauration d'une coupure entre la forme vivante et son contexte. La première, ressortant au néo-darwinisme, présente l'environnement comme entité indépendante des formes vivantes auxquelles elle impose sa loi au travers de la sélection naturelle. La seconde présente les formes vivantes comme des entités autonomes caractérisées justement par leur capacité à maintenir, à perpétuer leur identité, leur organisation face aux incessantes perturbations de l'environnement. Or, on vient de le voir, cette dernière conception a même racine que la première au sens où elle perpétue la fallacieuse coupure entre les formes vivantes et le milieu sélectif que l'approche systémique nous autorise heureusement à dépasser par la mise en avant de la codétermination. Heureusement car, il y a beaucoup à gagner en adoptant résolument une conception holiste et c'est ce que nous allons essayer de montrer en traitant de la question actuellement très controversée des rythmes de l'évolution (Eldredge et Gould 1972, Schilpp 1974).

Rappelons que l'histoire de la vie paraît essentiellement composée de phases très brèves à l'échelle des temps géologiques au cours desquelles apparaît une grande variété de formes nouvelles, – et ce, particulièrement au niveau macroévolutif, c'est-à-dire, au niveau des « plans d'organisation » (baupläne) – auxquelles font suite des périodes de grande stabilité qui n'amènent pas d'évolutions majeures, les différents groupes apparus lors des brèves « radiations adaptatives » se contentant de maintenir ou d'améliorer faiblement les acquis.

Remarquons d'emblée que cette opposition entre brèves périodes créatrices et longues phases de consolidation n'est pas sans rappeler les révolutions conceptuelles de Kuhn conçues comme phases rapides de refonte des matrices disciplinaires menant à l'instauration d'un nouveau paradigme, ce dernier connaissant ensuite une période plus ou moins longue de lent perfectionnement interrompue par la révolution paradigmatique suivante. Cette vision chaotique tranche nettement avec l'épistémologie popperienne qui, limitée au schéma « conjectures et réfutations », était seulement en mesure de penser une évolution progressive et sans heurts, reproduisant

en cela la manifeste incapacité du néodarwinisme à rendre compte des phénomènes de macroévolution. Incapacité consécutive, encore une fois, à la focalisation sur les processus d'optimisation, c'est-à-dire d'adaptation progressive et continue à des contraintes de sélection jugées indépendantes, à une « réalité » indépendante. Les darwinistes qui se référaient à Darwin plutôt qu'à la génétique étaient cependant, eux aussi, bien embarrassés pour expliquer la soudaineté de l'apparition de nouvelles formes au cours des radiations adaptatives car, Darwin ayant toujours insisté sur le caractère non seulement lent mais graduel de l'évolution, on pouvait, semble-t-il, difficilement interpréter l'absence de formes intermédiaires dans les couches précédant immédiatement celles de la radiation adaptative. On en était réduit à invoquer les lacunes de la documentation fossile lorsque Eldredge & Gould (1972) ont proposé leur théorie des « équilibres ponctués » qui, renonçant à incriminer les documents fossiles, présente l'évolution comme étant réellement, et non apparemment, constituée de brèves périodes de radiation et de longues périodes de stases.

Abandonnant le « gradualisme » darwinien et remettant au goût du jour la notion de « monstres prometteurs », ces auteurs sont apparus comme des saltationnistes – au grand dam de la profession qui voyait là une porte ouverte aux créationnistes. La Nature serait ainsi capable de faire des sauts et parfois, certains d'entre eux seraient « heureux », amenant un nouveau type d'organisation dans la biosphère.

Il n'est pas opportun de critiquer ici cette dernière hypothèse; Dawkins (1989) s'y emploie efficacement en démontrant que l'évolution, tout en restant strictement graduelle, peut aller suffisamment vite pour donner l'impression de soudaineté au niveau des documents géologiques. Toutefois, Dawkins, pas davantage que Gould, n'est en mesure de nous expliquer ce qui détermine *in fine* le rythme lent ou rapide de l'évolution. C'est à ce carrefour que l'approche systémique nous permet de nous orienter.

La discussion sur la téléonomie de Monod nous avait permis d'avancer l'idée que la stabilité de la norme spécifique découle de la stabilité de la niche elle-même, c'est-à-dire de la stabilité des interactions que l'espèce mène au sein de l'écosystème, l'ensemble de ces interactions stables instanciant en quelque sorte un dispositif de « sélection normative » (Blandin 1988).

Or, dans l'hypothèse où, pour une raison ou pour une autre, l'écosystème verrait sa cohérence altérée, on conçoit aisément que les niches – c'est-à-dire les complexes d'interactions – n'étant plus définies aussi précisément qu'aujourd'hui, les processus de sélection normative ne seraient plus en mesure de maintenir invariantes les normes spécifiques. Les espèces étant constituantes

de l'écosystème, l'organisation de ce dernier en serait nécessairement affectée et il se verrait encore moins capable de maintenir une sélection normalisante, et donc, les normes spécifiques, et ainsi de suite..., l'ensemble du système pouvant s'engager dans une imprévisible dérive. Le couplage du système sur lui-même – c'est-à-dire le fait que les espèces conditionnent leurs propres conditions de sélection ou, inversement, que le milieu contraigne les espèces qui le constituent – suffit à rendre sa trajectoire tout à fait imprévisible.

A l'inverse, partons du cas extrême où il n'existe pas d'écosystème véritablement structuré et tentons de cerner le cas au travers d'un scénario minimal. Tout d'abord, précisons que cette situation n'est pas si rare, puisqu'elle se présente chaque fois qu'un espace vierge devient accessible à des organismes vivants; l'espace en question peut même être déjà occupé par une faune et une flore très riche mais, il reste vierge pour des organismes qui n'ont pas à entrer en concurrence avec les premiers colons. Je pense par exemple à la conquête des terres émergées par les vertébrés. Bien que, la flore et les arthropodes, par exemple, aient depuis longtemps colonisé ce milieu, il est clair que pour les vertébrés, une multitude de niches nouvelles pouvaient être inventées. Dans cette situation, on doit supposer que les organismes sont très « libres », car leurs niches écologiques n'étant pas contraintes par une biocénose cohérente, elle n'est limitée que par les capacités propres à l'espèce. Il est ainsi hors de question de voir s'exercer une sélection qui maintiendrait la norme de l'espèce invariante : tous les variants sont admis, la norme de l'espèce ne manquera donc pas de s'ouvrir.

Naturellement, les facteurs physiques, abiotiques, conservent toujours une incidence sur la reproduction différentielle et, chacune des branches de la radiation devra bien se développer en conformité aux contraintes qu'imposent les différents milieux susceptibles d'être conquis; c'est pourquoi lorsque les mammifères ont colonisé le milieu marin, ils ont, à la suite des poissons et des reptiles, réinventé les formes hydrodynamiques. Comme il ne saurait exister de véritable couplage entre les propriétés de l'eau et les formes vivantes – les premières étant peu susceptibles de modifications sous l'effet de l'évolution des dernières –, on comprend alors pourquoi tous les groupes ont refait la même invention, qui n'a donc rien d'arbitraire ni d'original et relève donc d'une véritable nécessité. Ces exemples d'adaptation à des conditions physiques immuables constituent donc les rares cas où la théorie de l'évolution est potentiellement en mesure de prédire ce qui peut émerger; cela s'observe, répétons-le, en l'absence de couplage entre les formes vivantes et le milieu, lorsque préexiste une « nécessité ». Ceci étant, les propriétés physiques de l'eau ont beau être indépendantes des formes vivantes qui l'habitent, il ne faudrait pas, pour autant, penser que cette réalité « en soi » va s'imposer directement aux organismes. Là encore, tout dépendra de l'activité que

déploiera la forme vivante dans son milieu. Et si son mode de vie est sédentaire, il y a peu de chances que la nécessité d'une forme hydrodynamique vienne s'imposer elle. En somme, il en va ici comme de l'action/réaction du physicien.

Imaginons maintenant que la radiation adaptative est plus avancée, une multitude d'espèces nouvelles sont apparues par dérivation des anciennes. Au fur et à mesure que la diversité des espèces a augmenté, l'écosystème s'est structuré et, dès lors, chaque espèce se voit attribuer une place de plus en plus précise : les « variants » éloignés de la norme qu'imposent les caractéristiques de la niche naissante se reproduisent moins bien que ceux qui sont plus conformes à l'optimum approximativement défini par la niche – c'est-à-dire par l'ensemble des interactions que les membres de l'espèce subissent – et, la norme de l'espèce va donc s'instaurer toujours plus précisément. Lorsque la biocénose est alors bien définie, il n'existe plus guère de possibilités macroévolutives, chaque espèce étant maintenue dans sa norme par la sélection qu'entraînent les limites bien marquées de la niche. L'écosystème aura donc tendance à se perpétuer tel quel, tant que les contraintes extérieures à ce processus ne varieront pas significativement. Que l'activité solaire, par exemple, soit fortement perturbée, et c'est l'ensemble des équilibres écologiques qui risque de disparaître, entraînant avec eux tous les éléments de la faune particulièrement adaptés aux conditions qui existaient auparavant. C'est alors qu'une nouvelle radiation adaptative devient possible, l'écosystème redevenant lâche et instable, des espèces marginales peuvent venir occuper les espaces ainsi libérés; elles connaîtront donc une phase de diversification, puis une phase de perpétuation, et ce, jusqu'à la prochaine perturbation. C'est, par exemple, ce qui a pu se passer lorsqu'à la fin du secondaire les reptiles se sont effacés devant les mammifères.

Il faut concéder que le scénario qui vient d'être exposé reste dans l'ensemble assez sommaire ; cependant, nous sommes à présent en mesure de comprendre que des phénomènes aussi opposés que la conservation invariante des caractéristiques d'une espèce et l'évolution de ces mêmes caractéristiques puissent relever d'un même mécanisme, à savoir, le couplage entre l'espèce et son environnement, où, de manière équivalente, la codétermination des espèces et de leur milieu effectuée au travers des interactions qu'entretiennent les différentes espèces constitutives, précisément, dudit milieu. L'alternance de périodes stables et chaotiques, rapportée à une problématique de la cohérence des écosystèmes, devient ainsi tout à fait intelligible.

Par ailleurs, le relâchement de sélection normative que l'on doit envisager à la suite de l'affaiblissement de la cohérence de l'écosystème nous permet

enfin d'expliquer l'apparition de types structuraux nouveaux sans verser dans le paradoxe, car, d'une part, l'impossible et incompréhensible « traversée du désert » que constituait le passage d'un pic adaptatif à un autre pic adaptatif (Simpson 1950) – c'est-à-dire le passage d'une morphologie adaptée à une autre morphologie adaptée par l'intermédiaire d'une série d'états de moindre adaptation – n'a plus besoin d'être envisagée car, on peut maintenant considérer que la transition s'effectue en l'absence de sélection normative vis-à-vis des caractères considérés – naturellement, tout n'est pas permis, les facteurs abiotiques et intra-spécifiques étant toujours à l'œuvre. D'autre part, le fait qu'une morphologie précise ne soit pas indispensable à la survie rendra les ontogénèses « déviantes » viables. Ceci autorisera en particulier tous les phénomènes de *paedomorphoses*, c'est-à-dire de persistance de caractères juvéniles dans les stades matures. Le fait que les radiations adaptatives soient toujours enracinées dans des formes peu spécialisées, voire primitives, peut alors s'interpréter comme découlant de la supériorité d'ontogénèses « déviantes » aux caractères morphologiques inaboutis par rapport à des ontogénèses « normales » qui maintiendraient inutilement une morphologie spécialisée devenue inadaptée. On a depuis longtemps (Gould 1977) su associer les jeunes écosystèmes et les espèces (dites *stratèges r*) à cycle de vie très court, à grande capacité de reproduction et à morphologie juvénile ou « primitive » comme les écosystèmes âgés et les espèces (dites *stratèges K*) à long cycle de vie, faible fécondité et morphologie très spécifique. Mais, pour articuler cela *causalement*, il faut renoncer à la conception traditionnelle de la sélection naturelle, indûment perçue comme instance *indépendante*, et, s'en tenir, comme nous l'avons fait jusqu'à présent, à la cosélection, c'est à la codétermination liée aux modalités d'interaction que les formes vivantes entretiennent les unes avec les autres. Il vient alors logiquement que les écosystèmes jeunes, peu cohérents, ne peuvent être le siège d'une forte cosélection, à l'encontre des écosystèmes âgés, climaciques, caractérisés par une très forte imbrication des niches.

Résumons-nous. La critique systémique adressée aux conceptions néodarwinistes quant à leur incapacité à nous expliquer l'accroissement de complexité pourtant caractéristique du vivant nous a permis *a contrario* de reconnaître la congruence de la théorie proprement darwinienne vis-à-vis de cette argumentation. Il est apparu que la sélection naturelle peut et doit être comprise dans la perspective systémique déjà esquissée dans l'*Origine des espèces*. Par conséquent, le principe darwinien constitue toujours un principe explicatif plausible de la créativité manifestée dans les processus du vivant. L'insistance, sur le couplage espèce-milieu et, subséquemment sur la notion de

cohérence, nous a d'ores et déjà permis d'interpréter de manière cohérente les aspects les plus essentiels et les plus caractéristiques de l'évolution du vivant, lors même qu'ils étaient jusqu'à présent bien attestés mais mal expliqués. Ainsi, le problème de la macroévolution, dernière pierre d'achoppement de l'édifice darwinien, trouve sa solution naturelle dans l'articulation *causale* que notre conception est susceptible d'établir entre les radiations adaptatives – où s'engendrent les nouveaux types morphologiques – et la viabilité accrue des ontogènes déviantes et/ou inabouties; l'une comme l'autre sont sous la dépendance directe de la cohérence de l'écosystème, ou, aussi bien, de la cohérence du réseau d'interactions codéterminant que les formes vivantes entretiennent en permanence. Il y aurait beaucoup à préciser, les données ne manquent pas, mais l'essentiel est là.

Avant de passer aux questions relatives à la cognition, une dernière remarque s'avère indispensable. Lorsque nous avons envisagé le cas où l'écosystème perd sa cohérence au point de ne pouvoir maintenir une sélection normative sur les espèces qui le constituent, nous étions en fait focalisés sur deux niveaux précis, celui de l'espèce et, émergeant de ce dernier, le niveau de la biocénose; la perte de cohérence considérée relevant précisément du niveau de la biocénose. Or, à adopter la perspective d'un vivant organisé hiérarchiquement (Jacob 1970, Koestler 1979, Patten et Auble 1981), on voit immédiatement que la perte de cohérence sur le niveau émergeant ne fait que translater la problématique d'un cran vers le bas. Certes, on ne doit pas s'attendre à retrouver les mêmes déterminants, mais les questions de couplage, de sélection normative ou causalité descendante conservent toute leur pertinence. J'en prendrai simplement pour preuve l'analyse que Lorenz (1963) propose au sujet des rémiges exagérément longues du faisan Argus :

« La poule faisane de l'espèce argus réagit aux grandes rémiges, splendidement ocellées, du coq qui les étale devant elle en faisant sa cour. Ces ailes sont si énormes que le coq ne peut presque plus voler, mais plus elles sont grandes, plus elles excitent la poule. Le nombre de descendants engendrés par le coq pendant un certain laps de temps est directement proportionnel à la longueur de ces rémiges. Même si, sous un autre aspect, leur développement extrême lui fait du tort – il sera peut-être mangé plus tôt par une bête féroce qu'un rival aux caractères sexuels moins exagérés –, il laissera derrière lui autant, si ce n'est plus de descendants que ce dernier (Lorenz 1963, p. 46).

et, précise-t-il :

« [ceci] arrive toujours quand la sélection se fait uniquement par la concurrence des congénères à l'intérieur de l'espèce sans rapport avec le milieu extra-espèce » (ibid., p. 47).

Les ramures des cervidés, les plumes multicolores des paons ou autres oiseaux relèvent elles-aussi du même mécanisme, à savoir, ce qu'on doit en fait considérer comme l'expression d'un couplage presque parfait, presque immédiat, entre la forme du mâle et la sélection subséquente effectuée par la femelle. Cette codétermination en court-circuit peut « s'exprimer » quand elle ne subit pas de contraintes de la part du niveau supérieur – la biocénose – que l'on doit alors considérer sinon comme inexistant, du moins comme peu effectif du point de vue de l'espèce considérée, pour le trait physique considéré.

A supposer que la biocénose ait été en mesure de « s'imposer » davantage au travers de la sélection interspécifique, c'est-à-dire par l'activité d'un prédateur très performant, il va de soi que ce couplage ne se serait tout simplement pas « exprimé » du fait des contraintes fonctionnelles qui auraient alors pesé sur la morphologie, les mâles extravagants devenant des proies trop faciles. Il n'y aurait donc pas eu « d'effet papillon », c'est-à-dire d'amplification, pour ce je-ne-sais-quoi, ce presque rien qui devait à l'origine orienter le « désir » des poules faisannes sur la taille des rémiges des mâles. L'incohérence du niveau supérieur amène ainsi une levée de la « causalité descendante » qui assurait auparavant la stabilité des formes du niveau sous-jacent, libérant les couplages sous-jacents jusqu'alors occultés. Dans ce contexte, il apparaît tout à fait logique que Eldredge (1989), père fondateur de la théorie des équilibres ponctués, considère le *Specific Mate Recognition System* (SMRS) comme un déterminant essentiel des phénomènes de radiation adaptative – mais là encore, il ne faudrait pas traiter de cet aspect isolément puisqu'il ne manifeste que relativement à l'état global du système.

3. Ecosystémique et cognition

La redistribution des déterminants de l'évolution biologique qui vient d'être effectuée nous invite *ipso facto* à réagencer les lectures « cognitives » de l'évolution qui ont pu être proposées, telles que le néo-kantisme de Lorenz (Lorenz 1941), comme les lectures évolutionnistes de la connaissance, telles que l'épistémologie de Popper (Callebaut et Pinxten 1987, Plotkin 1982, Radnitzky et Bartley 1987, Schilpp 1974), qui, toutes, se sont appuyées sur la version néo-darwinienne de l'évolution et non pas sur la conception systémique originelle de Darwin. On conçoit maintenant aisément que, la problématique de la cohérence faisant défaut à l'épistémologie poppérienne – essentiellement préoccupée par la possibilité de réfutation –, cette dernière n'ait pas été en mesure de rendre compte de l'aspect rythmé, *révolutionnaire* (Kuhn 1983) de l'évolution des connaissances scientifiques, étant seulement

capable d'envisager une graduelle, progressive sédimentation des savoirs. Ceci étant, comme annoncé, nous n'allons pas nous attacher à une si vaste perspective et, nous nous contenterons, dans le droit fil des analyses précédentes, de poser seulement quelques jalons, d'effectuer quelques rapprochements heuristiques susceptibles de mener ultérieurement une conception de la cognition qui, non restreinte au computo-symbolique, saurait aussi rendre compte de la genèse du sens.

Dans cette perspective, il est d'emblée utile de constater qu'un écosystème se présente comme un réseau fonctionnel, une totalité organisée en compartiments fonctionnels multiples occupés chacun par une ou plusieurs espèces. Chaque espèce, réalisant simultanément différentes fonctions, se trouve donc appartenir à différents compartiments fonctionnels. De ce fait, chaque espèce se trouve à la croisée d'un faisceau de cycles fonctionnels constituant autant de chaînes causales dans lesquelles elle s'intègre et, ces chaînes causales circulaires perpétuent l'espèce autant que cette dernière les perpétue, les entretient, les articule.

En présentant la codétermination forme/environnement de la sorte, en mettant en avant la notion de cycle fonctionnel, nous retrouvons l'axe majeur de l'épistémologie génétique de Jean Piaget, chez qui la cognition se présente justement comme processus d'« équilibration » entre cycles fonctionnels. Il serait bon de montrer ici comment la « sélection normative » qui maintient invariants les « canons » de l'espèce peut-être rapprochée de ce que Piaget appelle l'accommodation (Piaget 1967), quand l'activité déployée par l'espèce dans son biotope peut, quant à elle, être rapprochée de la fameuse notion d'assimilation : dans le contexte toujours plus diachronique, « génétique », des sciences cognitives – cf. le néo-connectionnisme, l'*Artificial Life* – il y a effectivement beaucoup à tirer de la double correspondance assimilation/reproduction, accommodation/différentiel de reproduction. Cependant, je m'en explique longuement par ailleurs (Salvador, 1993) en développant une « écosystémique des schèmes », et, je préfère y renvoyer le lecteur intéressé, pour m'attacher plus directement à la problématique de la signification et de la compréhension.

Si, sans la moindre originalité, nous nous proposons de définir la signification élémentaire comme la participation à un cycle fonctionnel, comme le fait de remplir une fonction, il apparaît alors qu'une espèce donnée dégagera, relativement à son écosystème, une signification d'autant plus riche, complexe, qu'elle participera à de multiples cycles fonctionnels, qu'elles ressortira à de multiples compartiments fonctionnels. Chaque espèce, imbriquée qu'elle est dans le réseau fonctionnel, apparaît ainsi « comprise » *stricto sensu* dans

l'écosystème, mais aussi, par l'écosystème, c'est-à-dire, en dernier ressort, par l'ensemble des autres espèces participant du réseau en question.

Ceci étant posé, imaginons le cas d'une espèce immigrant dans un écosystème bien structuré; de par l'activité qu'elle va y déployer, de par les interactions qu'elle va y entretenir, cette espèce va s'inscrire dans différents compartiments fonctionnels de l'écosystème qu'elle perturbera diversement – sauf à imaginer le cas d'école où elle serait identique à une espèce autochtone, mais, dans ce cas, la similitude, entraînant la concurrence, empêcherait tout simplement l'immigration. Ce faisant, ces perturbations vont se répercuter dans l'écosystème, en déplacer les équilibres, en même temps que l'espèce connaîtra une reproduction différentielle autre que celle qu'elle pouvait connaître dans son écosystème et elle ne pourra, de ce fait, conserver invariantes ses caractéristiques spécifiques. Parvenu à l'équilibre, ce processus de codétermination manifesterà la co-dépendance de l'espèce et de l'écosystème, chacun contribuant au maintien de l'organisation nouvellement modifiée de l'autre. Du point de vue fonctionnel, on peut considérer que l'écosystème intègre maintenant une forme qui réalise une connection originale entre ses multiples cycles fonctionnels et donc, une signification originale; ce faisant, on peut dire qu'il « comprend » une nouvelle forme. L'apport le plus intéressant de cette conception de la signification et de la compréhension, me semble-t-il, à sa dimension « génétique » : c'est par le mouvement de la causalité circulaire, la codétermination, qui s'instaure entre l'écosystème et l'espèce que va se construire la « signification », c'est-à-dire la connection « équilibrée » des cycles fonctionnels à la croisée desquels l'espèce se situe. L'espèce n'a pas d'emblée cette pleine « signification » pour l'écosystème, elle est d'abord « comprise », « assimilée », « saisie » au travers de divers compartiments fonctionnels qui évolueront suite à cette « assimilation ». En termes piagétiens, nous dirons qu'ils s'accommodent.

Enfin, on peut anticiper que ce qui caractérisera l'équilibre réalisant la pleine « signification » de l'espèce pour l'écosystème – et réciproquement – n'est autre que la cohérence du tout, c'est-à-dire l'ajustement, l'adéquation de chacune des parties à l'autre. Effectivement, dans le jeu – au sens d'espace – qui résultait de l'inadéquation première des deux organisations – espèce, écosystème – s'est tenu un processus d'ajustement, de convenance – au double sens de venue de concert et de mise en adéquation – qui, me semble-t-il, à une échelle certes différente, a tout lieu d'être pensé sur le modèle des *équilibres ponctuels* au plus haut. D'une part, au sens où la créativité, la morphogenèse qui s'y manifeste, doit être associée à l'existence de lacunes dans l'organisation – et ce, quel que soit le niveau considéré dans la hiérarchie

de l'organisation – et d'autre part, au sens où c'est la cohérence du tout qui détermine les modalités d'interaction entre parties.

Ce qui vient d'être ébauché, très schématiquement, pourrait être le point de départ d'une relecture critique – et constructive – des concepts architectoniques des sciences cognitives actuelles, au premier rang desquels il conviendrait de placer celui d'objet et celui de symbole; la fixité, la permanence qui leur est d'emblée attribuée apparaissant très controversable au regard de l'ontologie « processuelle » que nous avons dégagée, puisqu'il s'agirait, au contraire, d'en donner l'explication. Toutefois, ayant eu l'occasion d'aborder cette perspective dans l'étude sur Piaget, je préfère appuyer mon propos par les remarquables et, me semble-t-il, très significatives convergences que l'on peut opérer avec la conception de l'interprétation élaborée par le courant herméneutique qu'a lumineusement explicitée Gadamer.

L'herméneutique pouvant, de manière simplifiée, être définie comme une réflexion sur les modalités de la « transmission » du sens des textes – sacrés ou profanes – qui remonte à l'antiquité et qui, mettant l'accent sur la compréhension plutôt que l'explication, s'est toujours défiée du réductionnisme scientifique, il s'ensuit qu'une convergence structurelle entre théorie de l'évolution et herméneutique traduirait, non pas une banale diffusion de concepts, mais plutôt l'invariance des aspects morphogénétiques qui se manifestent dans l'un ou l'autre domaine; ce qui, en soi, constituerait un indice de la cohérence et du bien-fondé de notre perspective transdisciplinaire.

Trois points de convergence seulement – car ils sont nombreux – retiendront notre attention : ils focalisent, à mon sens, l'essentiel de notre propos :

– tout d'abord, il apparaît que la conception herméneutique du sens, de la signification que l'on peut dégager d'un texte, est radicalement constructiviste interactionniste, c'est-à-dire, relevant d'une véritable ontogenèse opérée par l'interaction cyclique entre l'organisation « anticipatrice » que constitue le lecteur, et le texte lui-même :

« Quiconque veut comprendre un texte a toujours un projet. Dès qu'il se dessine un premier sens dans le texte, l'interprète anticipe un sens pour le tout. A son tour, ce premier sens ne se dessine que parce qu'on lit déjà le texte, guidé par l'attente d'un sens déterminé. C'est dans l'élaboration d'un tel projet anticipant constamment révisé il est vrai sur la base de ce qui ressort de la pénétration ultérieure du texte que consiste la compréhension de ce qui s'offre à lire » (Gadamer 1975, p. 104).

Si l'on s'en tient à la signification « fonctionnelle » adoptée plus haut, on peut voir combien cela s'accorde avec l'embryogenèse qui peut être vue

comme dégagement de la signification du code génétique par une organisation « anticipatrice » qui, d'abord minimale – la cellule-œuf –, se complexifie au cours des interactions récurrentes qu'elle entretient avec ledit code.

– l'ontogenèse du sens, de la compréhension serait donc « un va-et-vient continu du tout à la partie et de la partie du tout », qui se stabilisera avec la venue à la cohérence :

« la justesse de la compréhension a toujours pour critère la concordance de tous les détails avec le tout. Si cette concordance fait défaut, c'est que la compréhension fait défaut » (ibid., p. 131).

– mais, cet accès à la cohérence n'a rien d'absolu :

« ... la mise en lumière du sens véritable contenu dans le texte... n'arrive pas à son terme en un point précis. C'est, en vérité, un processus illimité... il naît sans cesse de nouvelles sources de compréhension qui révèlent des rapports de sens insoupçonnés » (ibid., p. 138).

Ainsi, cette tradition, dont le souci premier était de transmettre, c'est-à-dire, « tirer » le sens d'un texte, donc, de le re-produire, le plus fidèlement possible, en est venue à cette conclusion paradoxale qu'un tel objectif de reproduction, débouche nécessairement sur la production de nouvelles significations, et ce, du fait de la causalité circulaire instaurée entre le texte et son « contexte » – cognitif ou culturel. Les ontogenèses successives du sens déterminent ainsi une phylogenèse du sens – c'est généralement à cela qu'on voit qu'une tradition est vivante!

De ce trop rapide survol, il ressort donc que reproduction, ontogenèse, causalité circulaire, cohérence, phylogenèse, tout ce sur quoi nous avons insisté dans notre parcours biologique se trouvait, pour l'essentiel, en d'autres termes, mais avec la même articulation, dans les formules de Gadamer, qui constituent, ce faisant, l'esquisse d'une théorie de l'évolution des significations!

Sans qu'il faille lui faire dire plus qu'il ne peut, le fait qu'en disposant les éléments de notre conception de la compréhension, nous ayons pu, avec une telle proximité, mettre en regard théorie de l'évolution et herméneutique, courants de pensée tellement distants, incite à un certain optimisme quant au rapprochement des sciences « dures » et des sciences humaines. Nous aurions voulu y contribuer de manière plus consistante mais, pour ce qui est de la présente étude, nos considérations cognitives et herméneutiques ne venaient, en définitive, que ponctuer le propos sur l'évolution écosystémique.

Références

- H. ATLAN, *Organisation biologique et Théorie de l'information*, Hermann, Paris, 1972.
- L. von BERTALANFFY, *Théorie générale des systèmes*, Dunod, Paris, 1973.
- P. BLANDIN, Hiérarchie des systèmes écologiques et coévolution, in Z. W. Wolkowski (ed.), *Synergie et Cohérence dans les systèmes biologiques*, 3^e série, 1988.
- W. CALLEBAUT, R. PINXTEN (Eds.), *Evolutionary epistemology: a multiparadigm approach*. Reidel, Dordrecht and Boston, 1987.
- L. COSMIDES, J. TOOBY, From Evolution to Behavior : Evolutionary Psychology as the Missing Link. in J. Dupré (ed.) *The Latest on the best*, The MIT Press, London, 1987.
- C. DARWIN, *L'origine des espèces*, La Découverte, Paris, 1985.
- R. DAWKINS, *L'horloger aveugle*, Robert Laffont, Paris, 1989.
- F. DUMOUCHEL, J. P. DUPUY, (eds.), *Colloque de Cerisy : L'autoorganisation, de la physique au politique*, Seuil, Paris.
- J. P. DUPUY, *Ordres et Désordres : enquête sur un nouveau paradigme*, Seuil, Paris, 1981.
- N. ELDREDGE, *Macroevolutionary dynamics*, McGraw-Hill, New York, 1989.
- N. ELDREDGE, S. J. GOULD, Punctuated equilibria : an alternative to phyletic gradualism, in T. J. M. Schopf (ed.), *Models in paleobiology*, Freeman, Cooper, San Francisco, 1972, p. 82-115.
- J. A. ENDLER, *Natural selection in the Wild*. Princeton University Press, Princeton, 1986.
- H. G. GADAMER, *Vérité et Méthode*, Seuil, Paris, 1975.
- S. J. GOULD, *Ontogeny and Phylogeny*, Belknap Press, Cambridge, Ma. 1977.
- G. GUSDORF, *L'origine de l'herméneutique*, Payot, Paris, 1989.
- F. JACOB, *La logique du vivant*, Gallimard, Paris, 1970.
- A. KOESTLER, *Janus*, Calmann-Lévy, Paris, 1979.
- T. KUHN, *La structure des révolutions scientifiques*, Flammarion, Paris, 1983.
- C. LENAY, *Enquête sur le hasard dans les grandes théories biologiques de la 2^e moitié du XIX^e*, thèse doctorale, Université de Paris 1, 1989.
- R. C. LEWONTIN, Organism and environment, in H. C. Plotkin (ed.), *Learning, development, and culture*, J. Wiley & Sons, New York.
- K. LORENZ, Kant's Lehre vom Apriorischen im Lichte gegenwärtiger Biologie, *Blätter für Deutsche Philosophie*, 15, 94-124. Traduit in *General Systems*, 7, 1962, 23-25. Reproduit in PLOTKIN, 1982, 1941.
- K. LORENZ, *L'agression*, Flammarion, Paris, 1963.
- J. MONOD, *Le Hasard et la Nécessité*, Seuil, Paris, 1970.
- B. C. PATTEN, G. T. AUBLE, System theory of the ecological niche. *American Naturalist*, Vol. 117, 1981, p. 893-922.
- J. PIAGET, *Biologie et Connaissance*, Gallimard, Paris, 1967.
- H. C. PLOTKIN, *Learning, Development and Culture*, J. Wiley, New York, 1982.

- G. RADNITZKY, W. W. BARTLEY (eds.), *Evolutionary Epistemology, Rationality and the Biology of Knowledge*, Open Court, La Salle : Illinois, 1987.
- L. L. SALVADOR, Pour un relativisme interactionniste conséquent : de Piaget à Darwin et retour. *Intellectica*, revue de l'Association pour la Recherche Cognitive, Paris (à paraître).
- P. A. SCHILPP, *The philosophy of Karl Popper*, Open Court, La Salle, Illinois, 1974.
- G. G. SIMPSON, *Rythme et modalité de l'évolution*, Albin Michel, Paris, 1950.
- F. J. VARELA, *Autonomie et connaissance*, Seuil, Paris, 1989.
- P. VENDRYES, *L'autonomie du vivant*, Maloine, Paris, 1981.
- P. WEISS, *L'archipel scientifique*, Maloine, Paris, 1970.