

Ce texte est la version remaniée d'une communication présentée à la « *Journée Darwin* », une journée d'étude multidisciplinaire organisée à l'Université du Québec à Montréal le 1^{er} décembre 1982. Une première version de ce texte a été initialement publiée dans l'ouvrage collectif *Darwin après Darwin* dirigé par Joseph J. Lévy et Henri Cohen (Québec, Presses de l'Université du Québec, 1984, pp. 85-110). La présente version date de février-mars 2011.

PROBLÈMES PHILOSOPHIQUES ACTUELS DU DARWINISME*

par

Robert Nadeau, professeur
Département de philosophie,
Université du Québec à Montréal

Darwin a retenu d'emblée l'attention des philosophes des sciences et le nombre de publications (livres et articles de revue) qu'ils lui consacrent ne fait que croître depuis une dizaine d'années. Notre propos actuel est simple et sans prétention : donner à notre lecteur l'idée la plus juste possible des problèmes, à notre avis les plus importants, que le darwinisme suscite dans la littérature épistémologique la plus récente.

1. La mise en question du darwinisme par Karl Popper

On peut noter d'entrée de jeu que, pratiquement dès le départ, la théorie darwinienne de l'origine des espèces n'a pas fait l'unanimité, c'est le moins qu'on puisse dire, voire même qu'elle fut mal accueillie aussi bien du reste pour des motifs religieux que pour des raisons scientifiques et philosophiques. Sur le plan proprement scientifique, la théorie darwinienne eut d'emblée à faire face, et cela au cours des cinquante premières années de son existence, à une difficulté de taille : en effet, selon les calculs qu'il était possible de faire à l'époque, il était absolument évident, pour

* Les remarques, commentaires et suggestions de Gilles Saint-Louis, François Lepage et Michel Dufour m'ont permis d'apporter plusieurs améliorations à la version initiale de ce texte. Je les en remercie vivement.

les physiciens du moins, que l'âge admis de la Terre ne concordait pas avec celui qu'il fallait lui accorder pour que le processus évolutif permette de rendre compte de l'apparition de la multitude des espèces biologiques identifiées jusque-là. On sait maintenant d'où vient l'erreur de calcul (v. Burchfield, 1976) : les physiciens de l'époque sous-estimaient tout simplement l'âge de la Terre parce qu'ils ignoraient tout du phénomène du déclin de la radioactivité¹.

Cette théorie inquiéta tout autant les philosophes des sciences de l'époque intéressés aux questions d'ordre épistémologique et méthodologique, et, comme en feront foi les analyses qui vont suivre, elle ne cesse de les tourmenter encore profondément². Mais aujourd'hui, ce n'est plus la seule théorie de la sélection naturelle qui suscite débats et polémiques mais bien la biologie évolutionniste dans son ensemble, envisagée comme une sorte de réseau de théories interreliées comprenant, en plus de cette théorie particulière, la théorie de la spéciation, la génétique des populations et l'écologie dynamique. De plus, la biologie évolutionniste n'est pas nécessairement d'obédience darwinienne : se réclamer de Darwin ici, c'est avancer l'hypothèse que le mécanisme de l'évolution, « la reproduction différentielle de la variation héritable », s'explique par la sélection naturelle plutôt qu'autrement (Brandon, 1981 : 428)³. Et puisque c'est la théorie de la sélection naturelle dont il est primordialement question maintenant, il importe de la bien

¹ L'argument se trouve exposé dans Ruse (1979c : 112). On notera que toutes les traductions des citations sont de nous, sauf dans le cas où nous référerons le lecteur à une traduction mentionnée dans les références bibliographiques données en fin de texte.

² Cette inquiétude a, par exemple, laissé des traces dans un ouvrage qui peut, à juste titre, être considéré comme l'un des ouvrages marquants du dernier quart du dix-neuvième siècle analysant la logique de la recherche scientifique : *The Principles of Science. A Treatise on Logic and Scientific Method*, de William Stanley Jevons (v. Jevons, 1874). Jevons, un des économistes britanniques importants du dix-neuvième siècle, consacre son dernier chapitre à réfléchir sur « les limites de la méthode scientifique », notamment à propos de la théorie de l'évolution (chap. XXXI, section 12, pp. 761-765).

³ Il ne faut pas confondre ici le mécanisme de l'évolution lui-même et l'explication qu'en donne Darwin. Ont également cours des explications non-darwiniennes : par exemple, l'hypothèse selon laquelle la sélection est due à l'environnement lui-même, ou encore l'hypothèse d'une dérive génétique aléatoire.

reconstruire rationnellement⁴. Suivant Karl Popper, cette théorie postule que la grande variété des formes de vie sur Terre provient d'un nombre restreint de formes, et peut-être même d'un seul organisme originel : d'où l'idée qu'il existe une sorte d'arbre de l'évolution, une histoire de l'évolution. Et quatre hypothèses suffiraient à expliquer cette évolution : l'hypothèse de l'hérédité voulant que les descendants reproduisent les traits des parents de façon assez fidèle; l'hypothèse de la variation selon laquelle émergent, dans le procès de la reproduction, de petites modifications, les plus importantes étant les mutations accidentelles héréditaires; l'hypothèse de la sélection naturelle suivant laquelle sont éliminées la plupart des variations se faisant jour dans l'ensemble du matériel héréditaire, les grandes mutations entraînant la mort ou le manque à se reproduire, et certaines des petites mutations se diffusant à un ensemble d'organismes, formant ainsi le patrimoine héréditaire de l'espèce considérée; et enfin l'hypothèse de la variabilité voulant que, bien que les variations précèdent la sélection naturelle pour des raisons évidentes, l'étendue de la variation possible soit elle-même contrôlée par la sélection naturelle, par exemple en ce qui a trait à la fréquence et à la taille des variations, certains gènes pouvant même contrôler la variabilité d'autres gènes⁵.

Karl Popper peut certainement être considéré comme l'un des principaux critiques de cette théorie évolutionniste⁶. Il ne s'agit cependant pas là d'un cas isolé⁷. Il nous semble néanmoins que

⁴ Quand on parle du « darwinisme » contemporain, c'est en fait à la théorie synthétique de l'évolution que l'on réfère, telle qu'on la trouve, entre autres, chez Julian Huxley. Cette théorie est en fait « néo-darwinienne » pour la simple raison que Darwin ignorait tout des travaux de Mendel et donc qu'il n'était pas en mesure d'expliquer le mécanisme de la transmission héréditaire des caractères, ce que fait la théorie génétique de l'hérédité. C'est dans les *Versuche Uber Pflanzen Hybriden* qu'il publia en 1865, que Gregor Mendel exposa les lois de l'hybridation. Les travaux de Mendel constituent assurément un cas remarquable pour l'historien et le philosophe des sciences : non seulement fut-il complètement ignoré de son vivant, mais les mêmes lois furent redécouvertes et testées simultanément en 1900 par trois chercheurs indépendants, De Vries, Correns et von Tschermak.

⁵ On trouve cette reconstruction dans l'autobiographie intellectuelle de Karl Popper (Popper, 1981, chapitre 37, pp. 240-257).

⁶ C'est d'abord dans trois articles publiés dans la revue *Economica* en 1944-45, que Popper mène son analyse : ces articles forment maintenant le contenu de son livre intitulé *Misère de l'historicisme* (Popper, 1956). Popper poursuit cette analyse dans *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach* (Popper, 1972), puis dans *Unended Quest* (Popper, 1981).

c'est dans les textes de Popper que l'on retrouve, assemblés sous forme synthétique et condensée, les principaux arguments mis en avant pour contester la validité scientifique du darwinisme. De cette théorie, Popper dit, en effet, qu'elle n'est pas une théorie scientifique authentique et qu'elle constitue plutôt un « programme métaphysique de recherche ». Deux raisons fondamentales sont avancées par Popper pour justifier cette caractérisation. Tout d'abord, il s'agirait d'une théorie métaphysique parce qu'on ne saurait la tester. On pourrait, de prime abord, croire le contraire en pensant que, si l'on trouvait sur une autre planète quelconque une forme de vie qui ferait place à l'hérédité et à la *variation*, alors s'enclencherait le mécanisme de la sélection naturelle, qui aboutirait, avec le temps, à une riche variété de formes vivantes différenciées. Pour Popper, le darwinisme « n'affirme pas autant que cela » (Popper, 1981 : 245). Car, supposons par exemple que, sur la planète Mars, on trouve une forme de vie consistant exactement en trois espèces de bactéries dont le bagage génétique serait semblable à celui de trois espèces vivant sur Terre. Une si petite prolifération de types de vivants sur Mars ne réfuterait-elle pas alors le darwinisme? Popper répond ici : « En aucun cas », puisque l'on pourrait toujours arguer, du point de vue de la théorie darwinienne, que ces trois espèces étaient les seules formes suffisamment bien adaptées pour survivre, nonobstant le grand nombre de mutants qui auraient vu le jour sur Mars. Quel que soit le nombre d'espèces que l'on puisse trouver sur Mars, et y compris s'il n'y en a aucune, on pourra toujours argumenter de la même manière. C'est ce qui fait dire à Popper que le darwinisme ne *prédit* pas véritablement l'évolution de la variété des espèces, et que, dans cette mesure même, il ne saurait *l'expliquer*.

On pourrait certes rétorquer que la théorie darwinienne prédit au moins l'évolution de la variété des espèces « sous des conditions favorables », mais il est pratiquement impossible de fixer l'avance, en termes précis, ce que sont ces conditions favorables. Donc, « dire qu'une espèce – vivante maintenant – est adaptée à son environnement, est en fait presque tautologique » (*Ibid.*).

⁷ Suivant Williams (1981b : 385), on a reproché à cette théorie de ne pas formuler de lois (Smart, 1963), de mal définir ses termes (Beckner, 1959), de ne pas être axiomatisable (Beckner, 1959), de ne faire aucune prédiction testable (Scriven, 1959; Manser, 1965; Smart, 1963), de violer les canons de l'explication déductive-nomologique (Hempel, 1965; Goudge, 1961), et finalement de baser son argument central sur une simple tautologie (Waddington, 1960).

C'est une affirmation qui est vraie en vertu même des définitions que nous utilisons: « adaptation » et « sélection » sont des termes dont le sens est fixé par définition puisque si une espèce donnée n'avait pas été adaptée, cela veut dire qu'elle aurait été éliminée par la sélection naturelle. De même, si une espèce est éliminée, cela veut précisément dire qu'elle était mal adaptée aux conditions de vie qui étaient les siennes :

« L'adaptation ou la convenance au milieu sont définies par les évolutionnistes modernes comme des valeurs de survie et peuvent être mesurées par la réussite effective de l'effort pour survivre : la possibilité de tester une théorie aussi faible que celle-ci est presque nulle » (*Ibid.* : 246).

La seconde raison avancée par Popper, bien qu'elle renforce également la critique qu'il fait de la non-scientificité de la théorie darwinienne, doit être considérée différemment, puisque l'épithète « métaphysique » n'a aucune connotation péjorative pour Popper. En effet, bien qu'elle ne soit pas testable, la théorie darwinienne est néanmoins reconnue par Popper comme « inestimable » (*Ibid.* : 246) parce qu'elle fournit un programme de recherche, c'est-à-dire qu'elle met en place un « cadre possible pour des théories scientifiques testables » (*Ibid.* : 241). Un tel cadre, même s'il n'explique pas l'origine de la vie, entre en ligne de compte pour expliquer, par exemple, l'adaptation des bactéries à la pénicilline. Elle sert d'hypothèse d'arrière-plan quand on tente d'expliquer, par exemple, l'adaptation d'une population animale à un nouvel environnement puisque cette théorie suggère un mécanisme d'adaptation et permet d'étudier ce mécanisme en action. Et c'est là, bien entendu, « la raison pour laquelle le darwinisme a été accepté de façon presque universelle. Sa théorie de l'adaptation fut la première théorie non déiste à être convaincante » (*Ibid.* : 246). Reste néanmoins que, si la théorie de l'évolution de Darwin n'a pas « assez de force explicative pour *expliquer* l'évolution sur Terre d'une grande variété de formes de vie », elle prédit néanmoins que, si une telle évolution se produit, elle se fera *graduellement*, et par mutations accidentelles. Ainsi donc, si la théorie darwinienne indique une *direction* de l'évolution, les mutations étant relativement fréquentes, nous devons en quelque sorte nous attendre à des séquences d'évolution du type « marche au hasard »⁸. Et convaincu que l'arbre de

⁸ L'explication de cette expression par Popper ne peut que frapper l'imagination: « Une marche au hasard est, par exemple, la trajectoire d'un homme qui, à chaque pas, consulte une roulette pour déterminer la direction de son pas suivant » (Popper, 1981 : 247).

l'évolution n'a pas une structure telle qu'on puisse y lire une marche au hasard, Popper se fait encore plus critique du darwinisme et propose qu'on en modifie la structure conceptuelle pour tenir compte du fait que les séquences de changement évolutif s'opèrent « dans une même direction ».

Si l'on articule l'argumentation de Popper présentée ici avec celle qu'il développe dans ses trois articles de 1944-45 (v. la note 6), le portrait est complet : le darwinisme est une théorie non testable, non prédictive, *ad hoc*, non nomologique, et, en conséquence, l'on serait malvenu de la déclarer scientifique. Partant de l'analyse poppérienne et tenant compte de la vaste littérature biophilosophique publiée au cours des récentes années, nous examinerons maintenant la question de la testabilité de la théorie darwinienne, puis la question de savoir s'il existe une loi de l'évolution, et finalement la question de savoir ce qu'il faut entendre par « espèce ». Cette triple analyse se veut une incursion méthodologique à l'intérieur du darwinisme, et elle vise à faire voir quels sont à l'heure actuelle les principaux débats épistémologiques entourant la biologie évolutionniste contemporaine qui en est l'héritière.

2. Le darwinisme est-il une théorie testable?

Nombreux sont ceux qui tiennent pour acquis qu'une théorie scientifique doit se conformer au modèle de la loi de couverture et analysent le darwinisme à la lumière de cette norme, soit pour le déclarer conforme⁹, soit pour le déclarer non conforme¹⁰. Plusieurs se servent même du « cas Darwin » pour remettre en question certains canons de l'orthodoxie épistémologique : par exemple, dans la mesure où le modèle déductif-nomologique d'explication assimile explication et prédiction, Scriven (1959) en relativise la validité puisque, pour lui, il existe des théories, comme celle de Darwin justement, où se trouve clairement illustré le fait

⁹ Selon Lloyd (1983: 115), c'est le cas de Ruse (1979a: 109, 236, 270), Ruse (1975a: 221-4) et Kitcher (1981: 509)

¹⁰ C'est le cas de certains des auteurs mentionnés à la note 7.

qu'expliquer et prédire sont asymétriques¹¹. Pour d'autres encore, c'est la conception standard des théories scientifiques qu'il faut radicalement réviser, et cela justement parce que les canons épistémologiques qu'elle propose comme normes de scientificité se trouvent à invalider la théorie évolutionniste¹². Quoi qu'il en soit, poser la question de la testabilité de la théorie évolutionniste, poser la question de sa valeur prédictive, revient à formuler la question du support empirique de cette théorie : existe-t-il quelques preuves factuelles du bien fondé de cette théorie, telle est la question. À ce chapitre, dire de la théorie de la sélection naturelle qu'elle est infalsifiable ou irréfutable, c'est précisément dire qu'il n'existe aucune observation ou expérimentation qui pourrait l'infirmier ou la confirmer.

On a récemment mis en lumière le fait que, pour Darwin au premier chef, *l'hypothèse* de la sélection naturelle devait être considérée comme analogue, sur plusieurs points, à l'hypothèse physique des ondulations de l'éther, et que ce qui permettait de structurer l'hypothèse en *théorie* était le seul fait qu'elle puisse expliquer « d'amples classes de faits » (Lloyd, 1983 : 113). On s'est également demandé si l'analogie faite par Darwin entre sélection artificielle et sélection naturelle devait être vue simplement comme fournissant un « support heuristique » à sa théorie ou plutôt comme lui procurant son « type de preuve empirique le plus fort » (Lloyd, 1983 : 119, 121).¹³ On a poussé l'enquête suffisamment loin pour tenter de replacer les travaux scientifiques de Darwin dans une juste perspective du point de vue de l'histoire des sciences, si bien qu'il existe maintenant une « opinion reçue » à ce chapitre. Dans cette perspective, on insiste sur le fait que

¹¹ La thèse de Scriven est d'ailleurs énoncée dès le sous-titre de son article: « L'explication satisfaisante du passé est possible même lorsque la prédiction du futur n'est pas possible ». Mais pour Williams (1982), il semble acquis que le darwinisme, une fois intégré dans la théorie synthétique de l'évolution, doit être considéré comme une théorie prédictive.

¹² S'il fut un temps où l'épistémologue se croyait fondé de mesurer l'acceptabilité du darwinisme à l'aune de ses canons, on aura l'impression, en lisant, entre autres, Williams (1981b) et Beatty (1981) que les rôles sont maintenant renversés : c'est à l'épistémologie de rattraper la science empirique, non à celle-ci de se conformer dogmatiquement aux décrets de celle-là. On se sert donc maintenant de l'analyse épistémologique de la théorie évolutionniste pour faire voir la supériorité de la « conception sémantique des théories scientifiques » sur la « *received view* ». L'appendice 1 de (Beatty, 1981) concerne précisément cette polémique (pp. 419-420).

¹³ Alors que Thagard (1978) suit la première voie d'interprétation, Lloyd (1983) préfère suivre la seconde.

Darwin a emporté avec lui sur le *Beagle* les *Principles of Geology* de Charles Lyell, dont le deuxième volume, traitant de questions de biogéographie et de la question de la stabilité des espèces, serait parvenu à Darwin en 1832 : d'où l'idée que Darwin serait revenu de son voyage en quelque sorte converti à la géologie lyellienne et qu'il aurait emprunté à une science physique son idéal de théorie scientifique, son concept d'explication causale et ses catégories principales (Manier, 1978)¹⁴. De plus, suivant Ruse (1979a), Darwin aurait renforcé cette conviction épistémologique en empruntant à Newton, à travers l'exposé que John Herschel a donné de sa théorie astronomique, son idéal de scientificité, ce qui l'aurait amené à considérer la théorie de la sélection naturelle comme une théorie « mécaniste »¹⁵.

Mais ce qu'a voulu faire Darwin importe peu et quand il s'agit de déterminer la valeur de sa théorie de l'évolution, seul compte ce que celle-ci affirme effectivement. Et ici, il semble bien que les contemporains de Darwin n'aient vu dans l'hypothèse de la communauté de descendance qu'une simple pétition de principe¹⁶. De plus, bien qu'il ait rejeté le vitalisme de Lamarck¹⁷, Darwin n'en postula pas moins l'hérédité des caractères acquis, c'est-à-dire la transmission à la descendance des variations dues à l'action directe de l'environnement sur l'individu, et des variations dues à l'usage et au mésusage des différents organes individuels. Non seulement Darwin ignora-t-il totalement, comme tous ses contemporains, les travaux de Gregor Mendel,

¹⁴ Il n'y a cependant pas de consensus à ce sujet. Par exemple, Sloan (1981 : 623) reproche à Ruse (1979a) d'avoir « accepté sans esprit critique » les arguments de Manier.

¹⁵ Suivant Sloan (1981 : 624), « [L]a perspective historiographique que Ruse a fait sienne dans son livre nous force à considérer tout cela comme une anomalie ». Bien qu'un peu rapide, le compte rendu critique de Sloan est malgré tout convaincant.

¹⁶ « Darwin pécha par pétition de principe en formulant sa question; il soutint que les similarités morphologiques étaient dues à l'ascendance commune, mais il n'en appela à rien d'autre qu'aux similarités morphologiques pour prouver qu'il y avait effectivement ascendance commune – un raisonnement circulaire si jamais il y en eut un » (Lee, 1969 : 296).

¹⁷ Les quatre lois fondamentales de la théorie transformiste de Lamarck sont les suivantes:
a) la nature a tendance à faire croître la taille des êtres vivants jusqu'à une limite prédéterminée;
b) la production d'organes nouveaux dépend de l'apparition de besoins nouveaux de l'organisme;
c) le développement qui peut être atteint par les organes est directement proportionnel au degré auquel ils sont utilisés (d'où, par exemple, la cécité des taupes qui n'utilisent pas leurs yeux dans leur environnement, bien qu'elles en soient pourvues);
d) il y a transmission héréditaire des caractères acquis.

mais de plus il ne put se servir des résultats théoriques d'August Weismann qui établit en 1892 la continuité du « plasma germinatif » porteur des tendances héréditaires, à l'opposé du « somatoplasme » qui, lui, n'avait aucun rôle à jouer dans le mécanisme de l'hérédité¹⁸. Darwin ne parvint à rendre compte de ce mécanisme qu'en postulant la pangenèse, théorie faisant appel sous le nom de « gemmules » à des particules matérielles instantanément projetées par les cellules du corps dans les cellules sexuelles de l'organisme. Ce qui avait pour conséquences que tous les caractères provenaient nécessairement des tissus somatiques des organismes, et que toutes les modifications somatiques intervenant au cours de la vie d'un individu se trouvaient à influencer le caractère des gemmules et donc à être transmises par la reproduction. C'est justement cette théorie que Weismann trouva invraisemblable et à laquelle il voulut substituer une hypothèse plus adéquate. Nul doute que la théorie darwinienne de la pangenèse parut avoir tous les traits de l'hypothèse *ad hoc* et de ce que Popper qualifie de « stratagème conventionnaliste », un procédé qui consiste à rajouter à l'hypothèse théorique centrale une hypothèse non testable indépendamment de la première et destinée tout au plus sauver celle-ci de la réfutation.

Un autre argument typiquement poppérien contre la scientificité du darwinisme tient à l'indisponibilité de matériaux historiques qui puissent témoigner en faveur d'*événements uniques* composant la trame de l'évolution. L'unicité, c'est-à-dire la non-réurrence, d'événements constituant des épisodes de transition pourvus d'une signification majeure (comme, par exemple, la toute première occupation d'un terrain sec par les vertébrés, ou le passage de la résidence dans les arbres à la résidence sur terre chez les primates ancêtres de *Homo sapiens*, ou encore, pour prendre un exemple répandu, le développement du cou chez la girafe) explique peut-être qu'on n'en trouve plus trace aujourd'hui, mais il est certain que cela constitue une difficulté méthodologique pour la théorie darwinienne. Darwin croyait sûrement que l'explication de la longueur du cou de la girafe telle que nous connaissons cet animal aujourd'hui était davantage plausible dans le cadre de la théorie de la sélection naturelle que dans celui du transformisme lamarckien. Selon son explication, les individus de cette espèce qui avaient le cou plus long que les autres purent plus facilement survivre en période de disette alimentaire pour la simple raison que la longueur de leur cou leur donnait accès à des aliments que d'autres ne pouvaient atteindre.

¹⁸ C'est précisément sur la base de ce que la génétique a distingué, suivant Weismann, sous le nom de « génotype » et de « phénotype » qu'on a pu expliquer le mécanisme de l'hérédité et, par suite, fournir une explication plus satisfaisante de l'évolution.

Toute plausible que soit cette hypothèse, elle n'en comporte pas moins un vice rédhibitoire : nous ne disposons à l'heure actuelle d'aucune donnée historique qui nous permette de supposer qu'il y a eu des périodes au cours desquelles la seule nourriture disponible se trouvait au-dessus d'un certain niveau, niveau que ne pouvaient atteindre que certains individus pourvus de plus longues jambes et muni d'un cou plus élancé. Certes, si jamais un tel état de choses se produisit dans le passé, il est tout à fait correct de croire que seuls les individus d'une certaine taille ont survécu et se sont reproduits. Mais une question d'importance demeure cependant : y eut-il *jamais* une telle situation par le passé? Nul ne peut le dire raisonnablement, c'est-à-dire sur la base de faits tangibles incontestables. Ce manque de preuves paléontologiques tend inévitablement à renforcer le caractère *ad hoc* de la théorie darwinienne de l'évolution. Bien sûr, on ne pourrait la dire infalsifiable *en principe*, mais, dans la mesure où les événements historiques qu'il faudrait produire en preuves ne sont pas reproductibles, la falsifiabilité de cette théorie est tout au plus putative pour ne pas dire rhétorique. Et c'est ce qui donne au discours darwinien l'allure d'une sorte de fabulation¹⁹.

L'argumentation de Popper, renforcée, à ce qu'il semble, par celle de Lee, ne fait pas pour autant l'unanimité. Notons d'abord qu'un effort sérieux a été consenti pour procéder à la reconstruction rationnelle de la théorie de l'évolution : il importe de voir clair, en effet, dans ce

¹⁹ C'est ce qui fait dire à Lee : « Ce mode d'explication est indubitablement semblable à l'explication narrative de l'historien, dont l'objectif est de rendre intelligible la séquence des événements envisagés comme un tout relativement indépendant, d'en raconter une "histoire vraisemblable" (v. T. A. Goudge, *The Ascent of Life*, Allen and Unwin, 1961, p. 75). Mais alors que l'historien finit par sortir des documents sur lesquels il s'appuie, Darwin ne pouvait en réalité que spéculer. Il s'agit d'une histoire plausible, certes, mais la vérification en est cependant impossible en principe » (1969 : 301).

qu'elle affirme réellement²⁰. Selon Brandon (1981 : 428), si l'on se situe au niveau *organismique*²¹, l'affirmation fondamentale se lit comme suit :

Selon toute probabilité, si l'organisme *a* est mieux adapté que l'organisme *b* à leur environnement mutuel *E*, alors *a* connaîtra un plus grand succès reproductif que *b* dans *E*.

Cet énoncé, appelé « loi » dans Brandon (1978), est plus tard plutôt qualifié de « principe » de sélection naturelle par le même auteur (Brandon, 1981 : 429). Proposant de distinguer entre « *adaptedness* » et « *fitness* » de manière à ce que la première relation puisse servir à expliquer la seconde, Brandon (1981) envisage cette dernière en termes de « succès relatif dans la reproduction » et propose que la première soit envisagée comme une disposition probabiliste de telle manière que

$$A(O, E) = \sum P(Q_i^{OE}) Q_i^{OE}$$

c'est-à-dire que l'adaptation (*A*) de chaque organisme *O* dans l'environnement *E* soit égale à la somme des probabilités (*P*) que *O* ait *Q* descendants dans *E*. Ainsi, la circularité semble évitée puisque l'adaptation de *O* dans *E* se mesure à la valeur supputée qu'a *O* de laisser *n* descendants dans sa niche écologique. Si bien qu'il n'est pas tautologique d'affirmer suivant Brandon (1981 : p. 431) que :

a est mieux adapté que *b* dans *E* ssi $A(a, E) > A(b, E)$.

Et le fait qu'il y ait actuellement en cours une controverse sur la nature des entités que la théorie de la sélection naturelle prend pour objet (organismes, gènes, groupes de parenté, espèces, etc.)

²⁰ Williams (1970 et 1973b) en a proposé une « reformulation axiomatique », Brandon (1981) une « description structurale », et Bunge (1979) s'attache à faire voir comment il est possible de tirer au clair les principaux concepts de la biologie théorique contemporaine à l'aide d'outils logico-mathématiques simples. En fait, la grande majorité des textes philosophiques écrits depuis maintenant de nombreuses années sur ces questions et sur d'autres qui sont afférentes l'ont été dans la perspective de la philosophie dite « analytique », qui vise à mettre en lumière, voire à mettre en question, la structure formelle, conceptuelle et argumentative des théories dont il est ici fait état.

²¹ Une partie du texte de Bunge (1979) est consacrée justement à formuler adéquatement le concept de niveau ("*level*", pp. 167 et suiv.) en termes ensemblistes, et le concept de hiérarchie de niveaux en termes systémistes. Suivant cette perspective, chaque niveau est conçu comme une classe d'éléments (cellules, organes, organismes, biopopulations, écosystèmes, biosphères); deux niveaux contigus dans cette hiérarchie forment systèmes; les composantes du système d'un niveau donné appartiennent au niveau immédiatement précédent.

n'entame en rien cette reconstruction logique puisque la définition proposée du concept d'adaptation vaut à tous les niveaux où l'on prétend que cette théorie s'applique²².

Mills et Beatty (1979) qui avaient les premiers envisagé la possibilité de sortir de la circularité du réseau de définitions formé par les termes *adaptation (fitness)*, *valeur de survie (actual survival)* et *capacité reproductrice (reproduction)* en définissant l'adaptation en termes de *disposition*, cette propriété étant interprétable empiriquement comme une *propension* au sens de la conception poppérienne de la probabilité). Mais, critiquant cette position, Rosenberg (1982) fait valoir que mieux vaut accepter la stratégie de Williams (1970) accordant à « adaptation » le statut de terme primitif à l'intérieur de la théorie de la sélection naturelle, quitte à ce que d'autres théories (géologique ou climatique ou encore physiologique) se chargent d'en fournir une interprétation empirique : car, dans la stratégie dispositionnaliste, c'est maintenant le *definiens* (la propension à se reproduire) qui a le statut de terme primitif, ce qui exige de toute manière de recourir à d'autres théories scientifiques pour en cerner la signification empirique²³.

Ruse (1979c) reconnaît clairement que le fond du débat porte sur la possibilité de tester la théorie darwinienne : si elle semble infalsifiable à Popper, c'est précisément parce que ce qu'elle affirme selon lui est fondamentalement tautologique²⁴. Mais, se situant sur un plan différent des

²² Brandon préfère cette reconstruction de la théorie à celle de Williams (1970), qui fait du terme « *adaptedness* » (qu'elle assimile à « *fitness* ») un *terme primitif*, et du principe de sélection naturelle un *axiome* de la théorie. En procédant de cette façon, le concept d'adaptation n'est cependant pas défini et l'assertion fondamentale de la théorie n'est pas démontrée. C'est ce pour quoi Brandon, tout en admettant que cette façon de faire est logiquement acceptable pour apporter une solution au problème de circularité posé par la définition des concepts de base de la théorie, est d'avis que la stratégie de Williams ne rend pas justice à la réelle force explicative de l'argumentaire darwinien (Brandon, 1981 : 430).

²³ « Si l'adaptation est une propension, comme ces auteurs le prétendent, alors celle-ci est une fonction des « traits causaux pertinents » propres aux occasions qu'a l'organisme de se reproduire. Mais ces traits sont complètement passés sous silence dans la théorie de la sélection naturelle. » (Rosenberg, 1982 : 271).

²⁴ « D'ordinaire, des critiques de cette sorte, y compris celle de Popper, se fondent sur la croyance que le mécanisme darwinien qui joue le rôle clé dans la théorie, à savoir celui de la sélection naturelle, se traduit dans le principe de la survivance du plus apte; or, puisque ceux qui sont les plus aptes sont par définition ceux qui survivent, la sélection naturelle se ramène en fin

Williams, Mills, Beatty, Brandon et Rosenberg, Ruse attaque de front l'argument de Popper, dont il pense pouvoir montrer qu'il est spécieux. Selon lui, la théorie de la sélection naturelle affirme en fait quelque chose que Popper n'a pas vu²⁵ et dont la signification empirique ne saurait être mise en doute. Ruse ramène à deux affirmations fondamentales ce qu'avance la théorie darwinienne :

1. Il y aura (ou encore on découvrira éventuellement qu'il y a eu) « reproduction différentielle », c'est-à-dire que tous les organismes vivants n'ont pas eu dans le passé, n'ont pas maintenant ou n'auront pas dans le futur la même capacité d'avoir une descendance;
2. La reproduction différentielle sera (ou a été par le passé) systématique, au sens où ce n'est pas la pure chance qui peut expliquer quels sont les organismes qui survivront (ou auront survécu) et lesquels se reproduiront (ou se seront reproduits).

Et puisque ces deux assertions empiriques sont susceptibles d'être carrément fausses, il serait incongru de prétendre que la théorie qui compte ces deux énoncés parmi ses conséquences observables est infalsifiable.

Suivant Lewontin, l'évolution est la « conséquence nécessaire » de trois observations qu'il est possible d'effectuer dans l'univers biologique où nous vivons, à savoir :

1. qu'il existe une variation phénotypique, c'est-à-dire que tous les membres d'une même espèce ne sont pas parfaitement ressemblants et n'agissent pas tous nécessairement de la même manière;
2. qu'il existe une corrélation entre les individus parents et leurs rejetons;
3. que différents phénotypes ont une descendance différente lorsque l'on considère des générations éloignées les unes des autres.

Et, pour lui, tout biologiste qui adhère à cette conception soutient forcément que la théorie de l'évolution a un contenu empirique non nul, donc qu'elle est testable ou falsifiable et qu'elle n'est en rien tautologique²⁶. Bien qu'il existe certainement d'autres façons de présenter la théorie

de compte à une tautologie vide : elle ne peut pas être réfutée par l'expérience » (Ruse, 1979c : 113).

²⁵ Ruse, qui fait le tour des arguments de Popper, n'y va pas par quatre chemins et soutient que Popper ne peut tirer les conclusions qu'il avance que parce qu'il est « prodigieusement ignorant du statut courant de la pensée biologique » (1977b : 638).

²⁶ Cité dans Ruse (1979c : 114). Voir aussi Hull (1974), Ruse (1973) et Ruse (1977b).

darwinienne pour lever le soupçon qui pèse sur elle voulant qu'elle n'affirme vraiment rien d'empirique et qu'elle soit donc, dans le meilleur des cas, vraie par définition, il importe de remarquer, concernant l'argument de Lewontin auquel Ruse lui-même n'adresse aucune critique, à savoir qu'aucune théorie de la science empirique ne peut être considérée comme une inférence nécessaire faite à partir d'un ensemble fini d'observations. Car, comme le fait justement remarquer Popper, une théorie scientifique authentique prend toujours la forme d'une assertion universelle (elle porte donc sur un ensemble potentiellement infini d'observations) et, la chose étant logiquement considérée, il y aura toujours un nombre infini de théories qui pourront rendre compte d'un nombre fini de données d'observation, toute théorie étant, en ce sens, toujours sous-déterminée par les faits dont elle prétend rendre compte.

Cela étant dit, au moins trois arguments peuvent être avancés pour contrer la thèse poppérienne statuant que la théorie évolutionniste issue de Darwin est une simple construction tautologique, et ce sont là les trois principaux arguments de Michael Ruse. D'abord, il est carrément erroné d'affirmer à l'emporte-pièce que, au regard de cette théorie, toute caractéristique se faisant jour dans le processus évolutif soit nécessairement adaptative : l'apparition de traits nuisibles est toujours possible au hasard des accouplements soit par simple *dérive génétique*, soit par *pléiotropisme* (apparition de deux traits liés dont l'un est utile et l'autre nuisible), soit encore par *croissance allométrique* (apparition rapide d'un trait procurant d'abord un avantage dans le processus reproductif mais s'avérant nuisible par la suite) ou encore autrement. Ensuite, la théorie de l'évolution est en elle-même trop intéressante pour qu'on l'abandonne à son sort sous prétexte qu'elle ne va pas sans difficultés : elle permet l'unification de champs de recherche, par exemple, en biogéographie et en embryologie, qui, autrement, resteraient peut-être isolés et sans liens au lieu de faire partie d'un tout; elle mène à des prédictions dont la valeur est incontestable; elle ne fait face à aucune théorie concurrente qui puisse prétendre la remplacer; et enfin, elle est métaphysiquement acceptable puisqu'elle explique le phénomène d'adaptation en recourant, comme il est de coutume, à des lois plutôt qu'en en appelant à quelque *deus ex machina*. Enfin, elle constitue un guide heuristique pour les chercheurs qu'elle met sur la piste de l'explication

précise d'un avantage adaptatif identifié par eux, et elle se présente d'emblée comme un système d'arguments explicatifs révisable au gré de découvertes empiriques²⁷.

L'allure générale des critiques adressées par Ruse à Popper pourrait porter à croire que ce dernier n'a jamais eu beaucoup de considération pour le darwinisme, notamment lorsque considéré comme une forme d'historicisme. Pourtant, l'intérêt que représente la théorie de l'évolution n'a jamais été mis en doute par Popper, et la plupart des points soulevés par Ruse semblent compatibles avec l'affirmation voulant que cette théorie fournisse un « programme de recherche métaphysique ». L'argument de Ruse ne prouve en rien que, dans l'une de ses formulations, le « principe de la sélection naturelle » ne soit pas tautologique. Et, qui plus est, bien qu'il soit correct de considérer que Darwin n'a pas davantage eu besoin de « l'hypothèse de Dieu » que Laplace lui-même dans son exposé du système du monde, il ne semble pas acquis que cette théorie formule véritablement plus qu'un principe, c'est-à-dire qu'on puisse y déceler une véritable *loi de l'évolution*. Or, c'est bien cela, comme on le verra maintenant, qui est en question.

3. Existe-t-il une loi de l'évolution?

Dans *Misère de l'historicisme*, Popper développe la thèse suivante : il n'existe pas de « loi de l'évolution », pas plus dans le domaine des affaires humaines – comme si ce devait être l'objectif fondamental de l'historien et de tout chercheur en sciences sociales que de les découvrir – que dans tout autre domaine y compris celui de la biologie – comme s'il appartenait au théoricien de l'évolution d'en formuler une concernant le processus de la spéciation. Il n'est pas certain que l'argument développé par Karl Popper ait toujours été bien compris. De prime abord, on peut penser, en effet, que l'essentiel de l'argument tient au fait qu'il importe de distinguer entre *énoncé existentiel* et *loi* (c'est-à-dire énoncé universel strict²⁸) et que, dans la mesure où le processus évolutif, comme tout processus historique, est *unique*, il ne saurait être expliqué par une loi puisqu'une loi suppose la récurrence des phénomènes et exige la répétabilité des expérimentations

²⁷ Cf. Ruse (1979c : 114-115).

²⁸ La distinction est clairement exposée par Popper (1973), deuxième partie, chap. III, section 15 (pp. 66-69).

ou des observations. Si la distinction entre loi et énoncé existentiel est capitale, l'unicité du processus évolutif ne saurait servir de base à l'argument voulant qu'une théorie qui a trait à un événement singulier et tente de l'expliquer ne saurait procéder nomologiquement. En fait, suivant le modèle déductif-nomologique d'explication, une théorie, c'est-à-dire une assertion universelle de forme $\forall x (Fx \rightarrow Gx)$, sert précisément à expliquer de tels événements (ce sont les *explananda* déduits de l'*explanans*, lui-même composé de l'ensemble des conditions initiales et d'au moins une loi)²⁹.

Qui plus est, pas plus en biologie évolutionniste qu'en sciences sociales, Popper ne conteste la possibilité de recourir à de telles lois pour expliquer ce à propos de quoi l'explication est recherchée : c'est exclusivement la possibilité de lois historiques ou de lois évolutives que Popper conteste. Ainsi, la situation épistémologique en biologie évolutionniste serait analogue à celle qui est faite par Popper aux historiens : il n'existe pas de loi historique mais toute explication historique digne de ce nom procède nomologiquement; il n'existe pas de loi de l'évolution mais toute explication biologique authentique du processus de spéciation doit nécessairement recourir à des lois. Alors que l'histoire tire ses lois des sciences sociales théoriques (celles qui ont précisément pour but d'en formuler et de les tester), le théoricien de l'évolution doit avoir recours aux lois que d'autres disciplines formulent à titre d'hypothèses fondamentales et qu'elles cherchent à confirmer par observation et expérimentation (entre autres la physiologie, la biochimie, la génétique, la géologie, etc.). Mais alors, quel est exactement le sens et la portée de la thèse de Popper? Tout simplement que l'on ne saurait *induire* des données paléontologiques, embryologiques ou autres quelque chose comme l'inexorable loi du changement³⁰. Et ce qui pourrait donner lieu à un constat ici, c'est seulement qu'il existe une tendance évolutive, ce que Popper serait le dernier à nier. Popper est donc tout à fait fondé de

²⁹ Le modèle D-N d'explication est techniquement exposé dans Hempel (1965), chapitre dix (pp. 245-295).

³⁰ « Ce que Popper tient à dénier, c'est pour l'essentiel qu'il soit possible d'extrapoler à partie du cours de l'évolution – qu'il soit possible de faire des extrapolations pointant dans la direction d'une progression générale du cours de l'histoire évolutionnaire, et d'autres affirmations du même genre. Et ce déni pourrait sans doute être partagé par la majorité des évolutionnistes qui n'hésiteraient pas à faire cause commune avec Popper » (Ruse, 1977b : 640).

prétendre qu'on ne saurait dériver du constat d'une tendance quelque formule nomologique que ce soit : une assertion qui constate une tendance a nécessairement la forme d'un énoncé existentiel – or une *loi* n'asserte pas l'existence de quoi que ce soit. Dire que « tous les x qui sont des F sont aussi des G » revient à dire seulement qu'il *n'existe pas* de x qui ne soit pas à la fois F et G . L'assertion d'une loi est donc logiquement équivalente à un énoncé d'*inexistence*, et non à un énoncé d'*existence*.

Tout porte à croire, jusqu'ici du moins, que la position épistémologique de Popper soit absolument correcte et en tous points défendable³¹. Bien que l'on ait cru possible d'établir que l'unicité du processus évolutif expliqué par la théorie néo-darwinienne ne soit qu'une illusion d'optique, puisque tous les « événements de spéciation qui se sont produits au cours des derniers 500 millions d'années sont essentiellement des répliques de la même séquence d'événements de base »³², il n'est pas évident que l'on ne doive pas considérer comme Popper que toute *séquence d'occurrences*³³ est intrinsèquement, par définition, singulière et, comme telle, non reproductible.

³¹ On trouvera néanmoins dans Olding (1978) une critique de l'opinion prétendant que Popper aurait définitivement démontré l'inexistence, voire l'impossibilité de lois du développement historique ou de l'évolution biologique. Mais la thèse de Popper est généralement acceptée par les philosophes des sciences, entre autres Ruse (1977b : 639) et Wassermann (1981 : 416).

³² « Pour ceux qui adhèrent à l'analyse de la science telle que faite par Popper et telle qu'elle doit être faite selon lui, il n'y a pas d'exemple plus lamentable d'un système métaphysique tentant de se déguiser en science que la théorie de l'évolution. Dans *Misère de l'historicisme*, Popper cible clairement la théorie évolutionniste et l'attaque ouvertement. Peut-il y avoir une loi de l'évolution? Non, soutient-il, chercher la loi d'un 'ordre invariant' dans l'évolution ne relève pas de la méthode scientifique... Popper veut dire par là que l'histoire des organismes vivants et de leurs transformations sur Terre constituent des séquences spécifiques d'événements singuliers, et à ce titre ils ne sont pas différents de ceux de l'histoire de l'Angleterre. Puisqu'il s'agit d'une séquence unique, aucune généralité ne peut être construite à son sujet. Mais cet aspect de l'objection que soulève Popper contre le système de connaissance le plus englobant de la biologie est facile à contrer, car l'unicité alléguée est dans l'œil de celui qui fait l'allégation. Ce pour quoi Popper ne nie pas que la rotation de la Terre sur son axe soit un objet de science légitime, c'est que, du point de vue de la mécanique céleste, tous les jours se ressemblent, même si cela n'est pas le cas pour le journaliste. De la même manière, et dans différentes perspectives, une espèce donnée est comme une autre espèce, de telle manière que, pour un théoricien de la spéciation comme Ernst Mayr (cf. 1963), les millions d'années passées sont essentiellement la réplication de la même séquence d'événements de base » (Lewontin, 1972 : 181).

³³ Popper (1973, section 23 : 86-90) distingue entre occurrences et événements. Un énoncé singulier décrit une *occurrence*, alors que le terme « événement » dénote ce qui, dans une

Quoi qu'il en soit, on peut considérer avec Wassermann que, bien qu'absolument correcte, l'affirmation de Popper passe à côté de ce qui fait l'objet de la théorie de l'évolution. Et si la théorie prise à partie par Popper n'est qu'une « théorie utopique » (Wasserman 1981 : 419), voire une vue de l'esprit³⁴, le fait que *cette* théorie ne soit pas prédictive importe finalement assez peu. Et le fait qu'il n'y ait pas de loi de l'évolution, entendu en son sens historiciste, est sans conséquence épistémologique pour la biologie évolutionniste puisque ce n'est pas du tout ce qu'on cherche à y découvrir.

À ce sujet on peut dire non seulement que Wassermann (1981) va plus loin que Ruse (1977b) et Beatty (1981), mais encore qu'assez paradoxalement il accentue la portée polémique de l'argumentation poppérienne. En effet, opposant *tendance* et *loi*, Popper a pu sembler nier la possibilité logique de formuler des « lois tendanciennes ». Ce n'est certainement pas le cas puisque Popper admet que, pour autant que les conditions entraînant l'instauration d'une tendance seraient intégralement stipulées, nous aurions dès lors l'énoncé d'une régularité qui aurait non seulement l'allure extérieure mais aussi la forme logique de ce qu'il est convenu d'appeler une « loi de la nature »³⁵. Mais selon Wassermann, cette vision des choses est trompeuse : il faut, certes, que les conditions stipulées soient *suffisantes*, ainsi que le dit explicitement Popper, sauf qu'une telle éventualité ne se présente jamais au scientifique, pas plus au physicien qu'au biologiste. Le simple fait que, dans quelque secteur scientifique que ce soit, des événements imprévisibles,

occurrence, peut être *typique* ou *universel* (p. 88). Une théorie falsifiable exclut dès lors que puisse se produire non pas seulement une occurrence mais toujours au moins un événement. Sur la base de cette distinction conceptuelle, il semble que l'objection de Lewontin prenne davantage d'importance que ne lui en concède Wassermann (1981 : 417), pour qui la théorie évolutionniste n'a pas pour objet de telles séquences d'événements mais plutôt les *mécanismes spécifiques* qui les causent (Wasserman parle des « *evolution-specific mechanisms of speciation* », p. 418).

³⁴ « ...since evolutionary theory is simply not concerned with predicting the evolution of particular variety or with explaining the *whole* process of biological evolution in all its *unique* minutial » (Wassermann, 1981 : 417).

³⁵ « Si nous réussissons à déterminer les conditions singulières complètes ou suffisantes *c* d'une tendance singulière *t*, nous pouvons alors formuler la loi universelle : "Toutes les fois que seront réunies des conditions de type *c*, il y aura une tendance de type *t*" » (Popper, 1956, p. 171, note 8 de la section 28).

parfaitement contingents, doivent être pris en considération, empêche à toutes fins utiles qu'une formule de régularité du type $\forall x (Fx \rightarrow Gx)$ puisse y être proposée. Dire en effet que la tendance T se fait jour toutes les fois que les conditions (c_1, \dots, c_n) se réalisent, c'est croire que si T ne s'instaure pas, c'est que les conditions ne se sont pas réalisées. L'argument de Wassermann est qu'il se peut toujours qu'un événement fortuit, surajouté à l'ensemble des conditions formant l'antécédent de l'implication matérielle, permette d'expliquer que T ne se soit pas effectivement instaurée. Pour autant qu'il n'est jamais pratiquement possible de stipuler l'ensemble des conditions suffisant à l'instauration nécessaire d'une tendance, il devient chimérique de croire en la possibilité d'une théorie scientifique qui conjecturerait une telle loi de tendance.

Bien que Wassermann s'accorde avec Popper sur le fait qu'il n'existe pas de loi de l'évolution, c'est au concept fondamental de *loi universelle*, pierre de touche du système épistémologique de Popper, qu'il se trouve finalement à s'en prendre. Pour Wassermann, en effet, les lois universelles que tout théoricien, de quelque discipline qu'il soit, doit d'après Popper chercher à les conjecturer pour pouvoir les tester (puis, si elles sont réfutées, pour leur en substituer de plus informatives sur la nature des choses) n'existent tout simplement pas. Ce sont plutôt des énoncés statistiques ou quasi statistiques que l'on retrouve à la base de toute entreprise théorique en science empirique. Or la validité de toute formule de ce genre, du moins lorsqu'on la reconstruit rationnellement, inclut nécessairement l'estimation de ses marges d'erreur dues précisément à la présence inévitable d'événements fortuits et incontrôlables qui, à la faveur d'un test expérimental, ne manqueront pas de se produire et qui, s'ils n'étaient pas pris en compte par le théoricien et l'expérimentateur, les empêcheraient de considérer avoir atteint quelque résultat tangible que ce soit³⁶.

Remarquons, à la décharge de Popper, que son affirmation est conditionnelle : une loi universelle de tendance ne serait validement formulable *que si* nous parvenions à déterminer *toutes* les conditions qui sont censées la régir, et rien dans le texte ne laisse supposer que nous réussissons jamais. On se convaincra plus aisément que Wassermann, nonobstant le bien-fondé de

³⁶ « Nous ne sommes pas justifiés de supposer que rien d'accidentel ne s'est produit qui puisse contrarier les conditions considérées comme suffisantes pour qu'advienne un certain état de choses. En conséquence, on ne peut jamais identifier complètement les conditions suffisantes au terme desquelles un état de fait quelconque se produirait à coup sûr dans la nature » (Wassermann, 1981 : 431).

la conception épistémologique qu'il met en avant, fait un mauvais procès à Sir Karl, si l'on songe au fait que tout *Poverty* est dirigé contre l'historicisme de ceux qui prétendent que l'objectif des sciences sociales est la découverte des lois tendanciennes. De fait, la possibilité entrevue d'y parvenir *en toute logique* n'est que « théorique », comme on dit. L'insistance que met Popper à faire remarquer la nécessité dans laquelle on serait, si l'on affectionnait l'attitude historiciste, d'identifier la totalité des conditions initiales d'un système donné dans l'un de ses états spatio-temporels pour être en mesure d'en prédire statistiquement l'un ou l'autre des états futurs renforce l'hypothèse voulant que Popper n'a jamais véritablement cru en la possibilité *pratique* (il ne s'est occupé que de possibilité théorique ici) de formuler de telles lois de tendance. Et si on les considère logiquement, il faut bien admettre que les lois universelles dont parle Popper s'appliquent manifestement bien aux situations qu'elles sont censées permettre d'expliquer, pour autant que « les imprévus causant de l'interférence sont à peu près négligeables » (Wassermann, 1981 : 431). On admettra volontiers cependant que le cas de l'évolution ne se prête pas facilement à une telle neutralisation des facteurs imprévisibles dans une clause *ceteris paribus* et nous n'hésiterions pas à dire non plus que les prédictions à long terme concernant les tendances évolutives sont, à l'heure actuelle, au moins aussi risquées, pour ne pas dire imprudentes, que ne le sont les prévisions météorologiques à long terme. On conviendra également avec Wassermann que Popper élabore une conception du travail scientifique peu conciliable le paradigme évolutionniste : si les biologistes de l'évolution ne cherchent pas à découvrir *les lois universelles de la tendance évolutive des espèces*, on ne saurait nier la scientificité de leurs théories sous prétexte qu'ils n'y parviendront jamais. Mieux vaut penser que ceux-ci cherchent plutôt à découvrir, et à formuler nomologiquement, *les mécanismes régissant l'évolution*. Ainsi conçues, leurs diverses théories semblent ne pas manquer de conséquences observables : et si par « théorie de l'évolution » on entend le système, articulé sous la forme de ce que Wassermann appelle une « hyperthéorie » (Wassermann, 1981 : 422), alors la testabilité expérimentale d'une telle théorie est chose acquise et l'étiquette « programme métaphysique de recherche » ne peut plus lui convenir.

4. Que faut-il entendre par « espèce »?

Qu'il y ait un lien nécessaire entre la question de la capacité nomologique de la théorie évolutionniste et celle de l'identité des entités dont on dira qu'elles sont soumises aux lois expliquant les modifications qu'elles subissent dans l'espace et dans le temps, la chose deviendra maintenant claire. C'est justement sur le fait que les *taxa*, à savoir les classes d'individus qu'ordonne la taxonomie, sont en fait des entités spatio-temporellement localisées que J.C.C. Smart (1963, 1968) se fonde pour affirmer que la théorie de l'évolution n'est pas une authentique théorie scientifique. On peut facilement admettre, et c'est fait depuis l'époque d'Aristote, qu'il n'y a pas de science du singulier et donc que toutes les théories ayant pour objet une ou même plusieurs entités singulières ne sont pas authentiquement scientifiques si elles ne formulent pas de véritables lois la ou les concernant et se limitent à les décrire. Pour autant qu'on conçoive l'objet de la théorie de l'évolution comme l'ensemble fini des espèces terrestres, on aurait raison, suivant Munson (1975), de considérer la biologie comme une « science provinciale ». Une science sera dite provinciale si certaines limitations affectent ou bien *la portée du quantificateur* dans les assertions qui en formulent les lois fondamentales, ou bien *le domaine des variables* auxquelles il est référé dans ces assertions, c'est-à-dire si la cardinalité de l'ensemble dans lequel ces variables prennent leurs valeurs n'est pas infinie, ou encore si, en contexte expérimental, le *degré de généralité* applicable de la théorie est restreint à une partie seulement des cas observés. Ainsi, pour autant qu'une théorie réfère à des objets singuliers, elle est provinciale : par exemple, la première loi de Kepler, concernant le Soleil, appartient à une théorie provinciale puisque ce qu'elle affirme ne concerne que notre propre système solaire et se trouve en conséquence à avoir un caractère local³⁷. Cependant, la mécanique de Newton, envisagée comme le système des quatre axiomes suivants :

A1: Si aucune force ne s'exerce sur un corps, son impulsion demeure constante;

A2: Si une force s'exerce sur un corps, il s'accélération sera directement proportionnelle à la puissance de la force qui s'exerce sur lui et inversement proportionnelle à sa masse;

³⁷ Formulée en 1609, cette loi avance que l'orbite de chaque planète est une ellipse dont le Soleil occupe un des foyers.

A3: Si un corps exerce une force sur un autre corps, cet autre corps exerce en retour sur le premier une force qui est égale en puissance à l'autre force mais qui s'exerce en direction opposée;

A4: Deux corps quelconques exercent l'un sur l'autre des forces qui sont proportionnelles au produit de leurs masses divisé par le carré de la distance qui les sépare (loi de la gravitation universelle)³⁸,

n'est pas une science provinciale puisqu'elle échappe aux restrictions mentionnées plus haut. C'est en considérant une telle caractérisation que Munson est amené à contester la thèse de Smart selon laquelle la biologie évolutionniste réfère à des espèces particulières.

Car, et c'est l'autre façon de voir les choses, tout en maintenant que la théorie évolutionniste porte sur les espèces, on peut concevoir les espèces biologiques en question comme des sortes d'entités naturelles (*natural kinds*)³⁹ et maintenir que cette théorie concerne des classes d'espèces et non pas des espèces particulières⁴⁰. Et alors, ou bien l'on considère que les lois qui gouvernent ces types d'entités sont formulées dans des propositions universelles numériques⁴¹, auquel cas ces lois ont nécessairement une portée spatio-temporelle restreinte

³⁸ C'est, à peu près, la présentation axiomatique qu'on trouve dans Beatty (1981 : 399).

³⁹ C'est aussi ce que font Kitts et Kitts (1979). Bunge (1979) se fait également très explicite sur ce point : « Les espèces biologiques et, de manière générale, les taxa sont des ensembles. Certes, ce ne sont pas des ensembles arbitraires mais des classes ou des sortes d'entités *naturelles*, c'est-à-dire des classes définies par le fait d'avoir en commun certaines propriétés objectives, et en particulier un ancêtre commun. Cela est le cas pour toutes les espèces, qu'elles soient physiques, chimiques, biologiques ou autres. (...) Bien que n'importe quel paquet de propriétés objectives peut servir à définir une sorte d'entité naturelle, étant donné que de telles propriétés se présentent comme étant mutuellement interreliées dans des superpropriétés appelées *lois*, la définition la plus profonde et la moins ambiguë d'une certaine sorte naturelle d'entités est fournie par les lois que suivent les entités de cette sorte particulière » (Bunge, 1979 : 161).

⁴⁰ « La théorie elle-même concerne des classes d'espèces, des classes de genres, et ainsi de suite, mais ne concerne pas de taxa spécifiques. En particulier, elle ne peut pas être considérée comme une simple collection de généralisations à propos d'un grand nombre d'espèces » (Munson, 1975 : 445).

⁴¹ Alors qu'une proposition universelle numérique porte sur *tous* les individus d'une classe finie, une universelle stricte porte sur *tous* les individus d'une classe infinie, qu'ils soient du passé, du présent ou du futur (cf. Popper, 1973, section 13 : 60-62). Si les lois des sciences empiriques avaient la forme logique d'universelles numériques, l'induction par énumération complète serait

(c'est le cas pour Kitts & Kitts, 1979), ou bien l'on considère que les espèces, tout en étant des genres de choses existant à l'état naturel, forment des ensembles infinis dans l'espace et dans le temps, auquel cas les lois de la biologie évolutionniste sont, tout comme celles de la physique, formulées dans des propositions universelles non-restrictives (ce qui est le cas pour Munson, 1975 et pour Caplan, 1980, 1981).

Mais une question se pose aujourd'hui – et elle ne concerne pas au premier chef le biophilosophe ou l'épistémologue de la biologie mais bien le biologiste lui-même – et c'est celle de savoir ce qu'on doit entendre par « espèce » en biologie évolutionniste : le nom d'une espèce particulière dénote-t-il une *classe*, c'est-à-dire, formellement parlant, une collection d'éléments appartenant au même ensemble parce que partageant par définition les mêmes traits caractéristiques essentiels, ou réfère-t-il plutôt à un *individu*, c'est-à-dire à une entité spatio-temporelle particulière formant un *tout* composé de divers organismes phylogénétiquement interreliés qui en seraient les *parties*? Donnons d'abord raison à Sober (1980) en attirant l'attention sur un phénomène remarquable : la doctrine darwinienne de l'évolution, qui incorpore l'hypothèse gradualiste, ne permet pas de dire exactement où commence et où finit une espèce en particulier. Mayr (1959) va même jusqu'à dire qu'en nous faisant accéder au « *population thinking* », Darwin se trouve à jeter le discrédit sur l'approche essentialiste, celle pour laquelle les espèces sont des classes d'entités naturelles. La nécessité d'admettre l'existence d'espèces, et donc de théoriser cette sorte d'entités à l'intérieur de ce que Bunge (1979) appelle une « ontologie scientifique », est manifeste dès lors qu'il est posé qu'elles sont, comme le voulait Darwin, le substrat du processus évolutif. Que la biologie évolutionniste actuelle s'interroge sur la possibilité que d'autres « unités » que les espèces soient également évolutives ne change rien à cette impérieuse nécessité : l'évolution est censée expliquer la spéciation tout comme elle est censée rendre compte de la modification des espèces (graduelle si l'on est darwinien, par saltation, ou autrement, si on ne l'est pas) et de leur extinction éventuelle (cette théorie peut être notamment appréciée d'après l'acceptabilité de l'explication qu'elle fournit, par exemple, de la disparition des

possible et logiquement valide : le problème du fondement de l'induction n'existerait pas. Dire que ces lois sont assimilables à des universelles strictes, c'est considérer qu'elles sont irréductibles à des ensembles finis d'énoncés existentiels disjoints. C'est pourquoi Popper soutient que l'induction est une illusion puisqu'un ensemble fini d'énoncés de base ne permet jamais qu'on en induise un énoncé universel strict.

dinosaures). Et bien que Darwin n'ait pas lui-même formulé précisément de définition d'« espèce », la théorie synthétique de l'évolution a favorisé l'élaboration de ce qu'il faut bien appeler la conception traditionnelle à laquelle une conception concurrente cherche à se substituer depuis maintenant cinquante ans.

Traditionnellement une espèce a été conçue comme ce qui a été appelé plus haut une « sorte d'entités naturelles », formant une classe au sens logique ou un ensemble au sens mathématique, c'est-à-dire une collection d'individus partageant tous en commun un certain ensemble de traits caractéristiques ou de propriétés. Et ce qui a rendu la théorie génétique complémentaire de la théorie de la sélection naturelle, c'est non seulement qu'elle a fourni l'explication du mécanisme de l'hérédité, mais aussi qu'elle a semblé permettre l'identification de cet ensemble de propriétés communes à une espèce donnée sous la forme de ce que Hull (1981) appelle une « grappe de génotypes » (*cluster of genotypes*). Dans la perspective génétique, prise en charge maintenant par la biologie moléculaire, une espèce conçue comme une telle classe d'individus n'est pas spatio-temporellement restreinte : à tout moment du temps, l'organisme individuel i qui possède l'ensemble de propriétés génétiques G fait partie par définition de l'espèce E , ou, autrement dit formellement en généralisant, $\forall x (x \in E \leftrightarrow Gx)$ ⁴².

Dans la mesure où les espèces sont conçues comme des sortes d'entités naturelles, il est tout à fait acceptable de dire que ces entités sont soumises à des lois universelles, et la conception traditionnelle s'avère compatible avec le modèle épistémologique standard des théories scientifiques. Mais rien ne nous contraint à concevoir les espèces de cette manière. Et avec les travaux de Ghiselin (1966, 1969, 1974), il a effectivement semblé plus acceptable de les considérer plutôt comme des *populations*, une population ne constituant pas une classe mais plutôt un individu spatio-temporellement localisé, c'est-à-dire une individualité historique. Cette

⁴² Définissant « organisme » comme référant à une cellule ou à un système composé de cellules, Bunge (1979) définit « espèce biologique » (*biospecies*) de la façon suivante: « Un ensemble constitue une espèce biologique si (a) il s'agit d'une sorte d'entités naturelles et (b) tous les membres de cet ensemble sont des organismes » (Bunge, 1979 : 161). Le texte se poursuit ainsi : « Cette définition évite les difficultés inhérentes aux nébuleuses notions d'espèce biologique que l'on rencontre dans la littérature biologique et biophilosophique. En particulier, nous ne requérons pas l'isolement dans la reproduction, une propriété qui n'est d'aucune pertinence aussi bien pour les organismes qui ne se reproduisent pas sexuellement que pour les organismes fondateurs dans le cas des hybrides fertiles » (*Ibid.*).

« mutation théorique » considérée par Hull (1976, 1978) et par Williams (1981b) comme absolument révolutionnaire, est interprétée par d'autres, notamment par Caplan (1981), comme formant un obstacle épistémologique au développement du programme de recherche actuellement accepté en biologie. Au contraire, ce changement de perspective est censé permettre, selon Hull, de résoudre les difficultés scientifiques et philosophiques qui confrontent la biologie contemporaine. Chose certaine, si chaque espèce particulière est vue comme une individualité historique, singulière et locale, il ne saurait plus être question que la biologie s'y réfère dans la formulation de ses lois, à moins de vouloir en faire une science provinciale au sens défini plus haut. C'est bien pourquoi Munson, Hull, Beatty et Wassermann se rejoignent malgré tout puisqu'ils s'accordent pour dire que les lois de la biologie évolutionniste ne réfèrent pas aux espèces biologiques particulières (même si l'on conçoit l'espèce en termes ensemblistes), mais plutôt aux mécanismes d'évolution, ce qui permet d'y formuler des généralisations universelles sans restriction spatio-temporelle.

Comme le soutient Cassidy (1981), la biologie d'aujourd'hui n'en a pas terminé avec la question de l'identité des « unités de base » (*units*) visée par la théorie de l'évolution, et l'on y répond diversement : certains prétendent que ce sont les gènes qui évoluent, d'autres les organismes comme tels, mais d'autres les groupes de parenté et d'autres enfin les méta-groupes, à savoir les espèces, et ainsi de suite, construisant de la sorte la *scala naturæ* (Bunge, 1979 : 169) comme une structure hiérarchique de niveaux d'êtres vivants allant de la cellule à la biosphère. Et cette question des unités de base du processus évolutif est tripartite :

1. qu'est-ce donc qui change suivant la théorie de l'évolution?
2. quelle est l'explication causale la plus acceptable des changements ainsi constatés et entre quoi y a-t-il compétition?
3. quel est le mécanisme de la spéciation et à quelle sorte d'objets réfère l'explication de ce mécanisme?

Comme on le voit, le statut épistémologique du concept d'espèce est partout en cause. Or, il ne convient pas de considérer à la fois les espèces comme des classes, c'est-à-dire comme des collections d'organismes individuels définis par leur essence génétique, et comme des séquences monophylétiques, c'est-à-dire comme l'unité spécifique d'une même descendance historique. Dans le premier cas, il paraît acceptable de considérer qu'après extinction une espèce pourrait réapparaître pour autant que le pool génétique de cette espèce serait réactivé. Dans le second cas, pour autant qu'il y aurait interruption de la descendance, il serait absurde de considérer que la *même* espèce renaît en quelque sorte de ses cendres. Car, dans la perspective dite

« populationniste », aujourd'hui dominante, ce sont les lignées phylétiques individuées qui évoluent, ce qui implique que les espèces dont parle la théorie de l'évolution ne sauraient être conçues comme des classes d'organismes caractérisables sans tenir compte du fait qu'il y a une nécessaire filiation phylogénétique entre les organismes faisant partie d'un même taxon.

Il peut sembler acquis aujourd'hui que, au prix d'une reformulation plus précise des avancées véritables de la théorie darwinienne, il soit possible de tourner les principales difficultés épistémologiques et méthodologiques soulevées par Popper. Il ne faut pas déplorer pour autant ses objections puisqu'elles ont donné lieu à une indispensable clarification conceptuelle. Et l'on aurait tort de croire définitivement clos le débat philosophique concernant la testabilité et le caractère nomologique de la biologie évolutionniste, car il se trouvera toujours quelqu'un pour le rouvrir, comme en témoigne l'abondante littérature des dernières années sur ces questions. Quant à savoir ce qu'est l'objet de cette théorie et quelle est la bonne forme logique du concept d'espèce biologique, l'analyse qui précède convaincra aisément chacun du degré de difficulté technique qu'atteint cette problématique. Dans la foulée de la révolution darwinienne, la biophilosophie est donc vouée à un très bel avenir.

Références bibliographiques

- ASQUITH, P. D. et GIÈRE, R. N., eds. (1981), *PSA 1980*, vol. 2, East Lansing, Mich., Philosophy of Science Association.
- BEATTY, J. (1981), « What's Wrong with the Received View of Evolutionary Theory? », in Asquith et Giere, eds. : 397-426.
- BECKNER, M. (1959), *The Biological Way of Thought*, New York, Columbia University Press.
- BRANDON, R. N. (1978), « Adaptation and Evolutionary Theory », *Studies in the History and Philosophy of Science*, 9 : 181-206.
- BRANDON, R. N. (1981), « A Structural Description of Evolutionary Theory », in Asquith et Giere, eds. : 427-439.
- BUNGE, M. (1979), « Some Topical Problems in Biophilosophy », *Journal of Social and Biological Structures*, 2 : 155-172.
- BURCHFIELD, J. D. (1976), *Lord Kelvin and the Age of the Earth*, New York, Science History Publications, 1976.
- CAPLAN, A. L. (1980), « Have Species Become Déclassé? », in Asquith et Giere, eds. : 71-82.
- CAPLAN, A. L. (1981), « Back To Class : A Note on the Ontology of Species », *Philosophy of Science*, 48 : 130-140.
- CASSIDY, J. (1981), « Ambiguities and Pragmatic Factors in the Units of Selection Controversy », *Philosophy of Science*, 48 : 95-111.
- GHISELIN, M. T. (1966), « On Psychologism in the Logic of Taxonomic Principles », *Systematic Zoology*, 15 : 207-215.
- GHISELIN, M. T. (1969), *The Triumph of the Darwinian Method*, Berkeley, University of California Press.
- GHISELIN, M. T. (1974), « A Radical Solution to the Species Problem », *Systematic Zoology*, 23 : 536-544.
- GOUDGE, T. A. (1961), *The Ascent of Life*, Toronto, University of Toronto Press.
- HEMPEL, C. G. (1965), *Aspects of Scientific Explanation*, New York, Free Press.
- HULL, D. L. (1973), *Darwin and His Critics*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- HULL, D. L. (1974), *Philosophy of Biological Science*, Englewood Cliffs, Prentice-Hall.
- HULL, D. L. (1976), « Are Species Really Individuals? », *Systematic Zoology*, 25 : 174-191.
- HULL, D. L. (1978), « A Matter of Individuality », *Philosophy of Science*, 45 : 335-360.
- HULL, D. L. (1981), « Kitts and Kitts and Caplan on Species », *Philosophy of Science*, 48 : 141-152.
- JEVONS, W. S. (1874), *The Principles of Science. A Treatise on Logic and Scientific Method*, nouv. éd., New York, Dover Publications, Inc., 1958.
- KITCHER, P. (1981), « Explanatory Unification », *Philosophy of Science*, 48, 507-531.

- KITTS, D. B. (1977), « Karl Popper, Verifiability, and Systematic Zoology », *Systematic Zoology*, 26 : 185-194.
- KITTS, D. B. et KITTS, D. J. (1979), « Biological Species as Natural Kinds », *Philosophy of Science*, 46 : 613-622.
- LEE, K. K. (1969), « Popper's Falsifiability and Darwin's Natural Selection », *Philosophy*, 44 : 291-302.
- LEWONTIN, R. C. (1972), « Testing the Theory of Natural Selection », *Nature*, 236 : 181-182.
- LEWONTIN, R. C. (1974), *The Genetic Basis of Evolutionary Change*, New York, Columbia University Press.
- LLOYD, E. (1983), « The Nature of Darwin's Support for the Theory of Natural Selection », *Philosophy of Science*, 50 : 112-129.
- MANIER, E. (1978), *The Young Darwin and his Cultural Circle*, Dordrecht, Reidel.
- MANSER, A. R. (1965), « The Concept of Evolution », *Philosophy*, 40 : 18-34.
- MAYR, E. (1959), « Typological versus Population Thinking », in *Evolution and Anthropology. A Centennial Appraisal*, Washington, The Anthropological Society of Washington : 409-412. Repris in Mayr (1976) : 26-29.
- MAYR, E. (1963), *Animal Species and Evolution*, Cambridge, Harvard University Press.
- MAYR, E. (1969a), « The Biological Meaning of Species », *Biological Journal of the Linnean Society*, 1 : 311-320. Repris in Mayr (1976) : 515-525.
- MAYR, E. (1969b), *Principles of Systematic Zoology*, New York, McGraw-Hill.
- MAYR, E. (1972), « The Nature of the Darwinian Revolution », *Science*, 176 : 981-989.
- MAYR, E. (1975), « The Unity of the Genotype », *Biologisches Zentralblatt*, 94 : 377-388.
- MAYR, E. (1976), *Evolution and the Diversity of Life*, Cambridge, Mass., Harvard University Press.
- MAYR, E. (1978), « Evolution », *Scientific American*, 239 : 46-55.
- MILLS, S. K. et BEATTY, J. (1979), « A Propensity Interpretation of Fitness », *Philosophy of Science*, 46 : 263-86.
- MUNSON, R. (1975), « Is Biology a Provincial Science? », *Philosophy of Science*, 42 : 428-447.
- OLDING, A. (1978), « A Defence of Evolutionary Laws », *British Journal for the Philosophy of Science*, 29 : 849-855.
- OLDROYD, D. et LANGHAM, I., eds. (1983), *The Wider Domain of Evolutionary Thought*, Dordrecht, Reidel, Australasian Studies in History and Philosophy of Science vol. 2.
- POPPER, K. R. (1956) *Misère de l'historicisme*, Paris, Plon (l'ouvrage original écrit en anglais n'a été publié qu'en 1957 sous le titre *Poverty of Historicism* (Londres, Routledge and Kegan Paul).
- POPPER, K. R. (1972), *Objective Knowledge. An Evolutionary Approach*, Oxford, Oxford University Press, édition revue en 1975 et augmentée en 1979. Seuls les trois premiers

chapitres de cet ouvrage ont paru en traduction française sous le titre *La Connaissance objective* (Bruxelles, Editions Complexe, 1978).

POPPER, K. R. (1973), *La Logique de la découverte scientifique*, Paris, Payot.

POPPER, K. R. (1975), « The Rationality of Scientific Revolutions », in Rom Harré, ed., *Problems of Scientific Revolution : Progress and Obstacles to Progress in the Sciences*, Oxford, Oxford University Press.

POPPER, K. R. (1981), *La Quête inachevée*, Paris, Calmann-Lévy. Le texte original de cette autobiographie intellectuelle a d'abord paru sous le titre *Unended Quest* dans P. A. Schilpp, ed., *The Philosophy of Karl Popper* (The Library of Living Philosophers, vol. XIV, La Salle, Ill., Open Court, 1974, tome I : 1-181).

ROSENBERG, A. (1982), « On the Propensity Definition of Fitness », *Philosophy of Science*, 49 : 268-273.

RUSE, M. (1971), « Is the Theory of Evolution Different? », *Scientia*, 106 : 765-783.

RUSE, M. (1973), *The Philosophy of Biology*, Londres, Hutchinson.

RUSE, M. (1975a), « Charles Darwin's Theory of Evolution : An Analysis », *Journal of the History of Biology*, 8, 2 : 219-241.

RUSE, M. (1975b), « Darwin's Debt to Philosophy », *Studies in the History and Philosophy of Science*, 6, 2 : 159-181.

RUSE, M. (1977a), « Is Biology Different from Physics? », in R. Colodny, ed., *Logic, Laws, and Life*, Pittsburgh, University of Pittsburgh Press, Univ. of Pittsburgh Series in the Philosophy of Science, vol. 6 : 89-127.

RUSE, M. (1977b), « Karl Popper's Philosophy of Biology », *Philosophy of Science*, 44 : 638-661.

RUSE, M. (1979a), *The Darwinian Revolution : Science Red in Tooth and Claw*, Chicago et Londres, The University of Chicago Press.

RUSE, M. (1979b), « Philosophy of Biology Today : No Grounds for Complacency », *Philosophia*, 8 : 785-796.

RUSE, M. (1979c), *Sociobiology : Sense or Nonsense*, Dordrecht, Reidel.

SCRIVEN, M. (1959), « Explanation and Prediction in Evolutionary Theory », *Science*, 130, no. 3374 : 477-482.

SLOAN, P. R. (1981), « Review » de M. Ruse (1979a), *Philosophy of Science*, 48 : 623-627.

SMART, J. C. C. (1963), *Philosophy and Scientific Realism*, Londres, Routledge & Kegan Paul.

SMART, J. C. C. (1968), *Between Science and Philosophy*, New York, Random House.

SOBER, E. (1980), « Evolution, Population Thinking, and Essentialism », *Philosophy of Science*, 47 : 350-383.

SOBER, E. (1981), « Holism, Individualism, and the Units of Selection », in Asquith et Giere, eds., : 93-121.

- THAGARD, P. (1978), « The Best Explanation : Criteria for Theory Choice », *Journal of Philosophy*, 75 : 78-92.
- WADDINGTON, C. H. (1960), « Evolutionary Adaptation », in Sol Tax, ed., *The Evolution of Life*, Chicago, The University of Chicago Press : 381-402.
- WASSERMANN, G. D. (1978), « Testability of the Role of Natural Selection within Theories of Population Genetics and Evolution », *British Journal for the Philosophy of Science*, 29 : 223-242.
- WASSERMANN, G. D. (1981), « On the Nature of the Theory of Evolution », *Philosophy of Science*, 48: 416-437.
- WILEY, E. O. (1978), « The Evolutionary Species Concept Reconsidered », *Systematic Zoology*, 27 : 17-26.
- WILLIAMS, M. B. (1973a), « Falsifiable Predictions of Evolutionary Theory », *Philosophy of Science*, 40 : 518-537.
- WILLIAMS, M. B. (1973b), « The Logical Status of Natural Selection and Other Evolutionary Controversies : Resolution by Axiomatization », in M. Bunge, ed., *The Methodological Unity of Science*, Dordrecht, Reidel : 84-102.
- WILLIAMS, M. B. (1981b), « Similarities and Differences between Evolutionary Theory and the Theories of Physics », in Asquith et Giere, eds : 385-396.
- WILLIAMS, M. B. (1982), « The Importance of Prediction Testing in Evolutionary Biology », *Erkenntnis*, 17 : 291-396.
- WILLIAMS, M. B. (1970), « Deducing the Consequences of Evolution : A Mathematical Model », *Journal of Theoretical Biology*, 29 : 343-385.
- WILLIAMS, M. B. (1981a), « Is Biology a Different Type of Science? », in L. Sumner et F. Wilson, eds., *Pragmatism and Purpose - Essays Presented to Thomas A Goudge*, Toronto, University of Toronto Press : 278-289.
- WIMSATT, W. C. (1981), « Units of Selection and the Structure of the Multi-Level Genome », in Asquith et Giere, eds : 122-183.