

# La biologie entre autonomie et réduction

Michael Esfeld & Christian Sachse

Université de Lausanne, Section de philosophie &  
Centre romand de logique, histoire et philosophie des sciences

(pour Bernardino Fantini (dir.) : *Hommages à Jean Jacques Dreifuss*)

## Résumé

Le présent article considère le problème de l'efficacité causale des propriétés biologiques. Ce problème constitue l'argument central en faveur d'un nouveau courant de réductionnisme ébranlant le consensus non réductionniste des trente dernières années. On montre comment ce problème aboutit à un argument fort en faveur d'un réductionnisme ontologique qui identifie les causes biologiques à des causes physiques. Cette conclusion est en outre compatible avec l'argument de la réalisation multiple des propriétés biologiques. On montre également que cet argument est capable d'établir le caractère indispensable de la biologie si et seulement si l'on n'en tire pas de conclusion anti-réductionniste.

## Biology between autonomy and reduction

### Abstract

The paper considers the problem of the causal effectiveness of biological properties. This problem constitutes the main argument for the new stream of reductionism, which calls the non-reductionist consensus of the last thirty years into question. We show how this problem leads to a strong argument in favour of an ontological reductionism that identifies biological with physical causes. Nonetheless, this conclusion is compatible with the argument of the multiple realization of biological properties. We show, however, that is argument is able to establish the indispensable character of biology only if one does not draw any anti-reductionist conclusions from it.

### 1. *Introduction*\*

D'un côté, l'histoire de la biologie est indépendante de l'histoire de la physique et de la chimie. Les grands changements en physique au 20<sup>e</sup> siècle – remplacement de la mécanique classique et de l'électrodynamique classique par la théorie de la relativité générale et la physique quantique – n'ont exercé aucune influence sur le développement de la biologie. De même, les grands développements en biologie – comme la génétique classique et la théorie de l'évolution des espèces – se sont produits indépendamment de la physique et de la chimie.

De l'autre côté, la biologie moléculaire rapproche la biologie de la physique et de la chimie. La découverte de la structure physico-chimique de l'ADN par Watson & Crick (1953) montre comment il est en principe possible d'expliquer des propriétés biologiques par la manière dont

---

\* Le travail de Christian Sachse sur cet article a été supporté par le Fonds National de la Recherche Scientifique Suisse, subside no. 100011-105218/1. On trouve un traitement général des thèmes considérés dans cet article dans Esfeld (2006, troisième partie) ainsi que dans Sachse (à paraître) ; la deuxième partie de Sachse (à paraître) considère en détail l'exemple du rapport entre la génétique classique et la génétique moléculaire. Nous aimerions remercier Alain Zysset pour sa relecture de contrôle de l'expression française de cet article.

des propriétés physico-chimiques sont arrangées et interagissent. La découverte de Watson et Crick est dès lors venue à l'appui du courant réductionniste de l'empirisme logique comprise comme la philosophie des sciences dominante à l'époque. Dans ce contexte, on tient comme admis que l'on peut réduire la biologie moléculaire à la chimie et la chimie à la physique (laissant de côté les problèmes de l'interprétation de la physique quantique). La raison en est que la biologie moléculaire se focalise sur la composition physico-chimique des structures qu'elle examine. Elle ouvre la voie pour une réduction de la génétique classique qui remonte à Mendel, parce qu'elle montre comment on peut en principe expliquer les phénomènes que traite celle-ci en faisant référence à la structure physico-chimique de l'ADN.

La biologie moléculaire a connu un grand essor dans les dernières cinquante années. Néanmoins, le réductionnisme ne l'a pas l'emporté, ni en biologie, ni en philosophie. La source qui nourrit la position majoritaire non réductionniste est la même en biologie qu'en philosophie : en philosophie des sciences, le fonctionnalisme a remplacé l'empirisme logique. La version standard du fonctionnalisme défend l'autonomie des sciences spéciales, notamment la biologie, par rapport aux théories fondamentales et universelles de la physique : les classifications qu'effectue la biologie ne correspondent pas aux classifications physico-chimiques. Les classifications des sciences spéciales en général se basent sur la fonction au sens d'un rôle causal, tandis que les classifications physico-chimiques s'orientent vers la composition, et fonction et composition peuvent diverger (Fodor 1974). Par exemple, la fonction qui définit le concept d'un certain gène peut être implémentée ou réalisée par des structures moléculaires de compositions physico-chimiques différentes.

Or, ce consensus se trouve remis en question depuis une dizaine d'années. Aujourd'hui, la controverse autour du réductionnisme est à nouveau vivante, un nouveau courant du réductionnisme ayant gagné de la force récemment. Au centre de la discussion actuelle se trouve un problème que le courant du fonctionnalisme – en biologie ainsi qu'en philosophie des sciences – a passé sous silence, bien que ce problème soit mis en évidence par la découverte de Watson et Crick : pour chaque phénomène génétique, il y a non seulement une conceptualisation disponible au niveau de la génétique classique, mais encore une explication moléculaire. Autrement dit, pour chaque phénomène génétique, il y a des causes génétiques, mais aussi des causes moléculaires. Le rapport entre ces causes pose un problème majeur non seulement pour la biologie, mais encore pour toutes les sciences spéciales. Le problème a été mis en évidence de manière générale dans la littérature philosophique de la dernière décennie (notamment Kim 1998 et Kim 2005, chap. 2), mais il est toujours négligé en philosophie de la biologie. Le but de cet article est d'exposer le problème de la causalité biologique, d'évaluer l'état actuel de la recherche et d'esquisser une piste pour la réflexion future. Cette piste abandonne l'autonomie de la biologie, mais elle revendique le caractère scientifique et indispensable de la biologie pour un système cohérent et complet de notre savoir.

## 2. *Le problème de la causalité des propriétés biologiques*

La manière dont la biologie se distingue de la physique trouve une expression facile à saisir dans ce que l'on appelle *la conception du monde en strates*. Cette conception comprend premièrement la strate des systèmes physiques fondamentaux, à savoir des systèmes microphysiques, puis la strate des molécules, puis la strate des organismes, puis la strate des êtres vivants développés, y compris les êtres humains, etc.

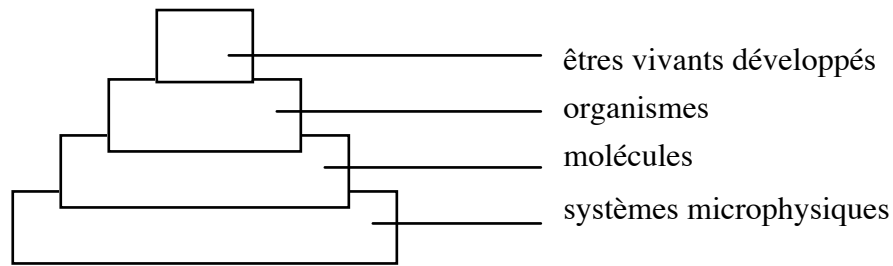


Fig. 1 : la conception du monde en strates.

Ce dessein n'indique que les strates principales. On peut concevoir en plus des strates intermédiaires – comme, par exemple, une strate de systèmes que traite la biologie moléculaire, strate qui s'insère entre la strate des molécules et celles des organismes. Sur la base de la composition par des systèmes microphysiques, ce qui définit une strate supérieure en comparaison à la strate physique fondamentale, c'est le fait que les systèmes qui appartiennent à une strate supérieure manifestent des propriétés de types nouveaux par rapport à celles des systèmes microphysiques. Par exemple, certaines molécules exhibent la propriété de posséder une certaine structure spatiale. Celle-ci n'est pas une propriété des systèmes microphysiques pris isolément. Les êtres vivants ont les propriétés de se reproduire et de s'adapter à l'environnement mais ces dernières ne sont pas des propriétés des molécules, etc.

En définissant une nouvelle strate par des nouvelles propriétés, propriétés qui sont distinctes des propriétés physiques fondamentales, la conception du monde en strates suggère un sens précis à l'autonomie de la biologie et des autres sciences spéciales : celles-ci traitent des propriétés de nouveaux types par rapport aux propriétés physiques fondamentales. En même temps, cette conception accorde un statut privilégié à la strate physique fondamentale. Les théories physiques qui traitent les propriétés de la strate fondamentale sont des théories universelles. Elles s'appliquent à tous les systèmes dans la nature. Tous les systèmes dans la nature ont des propriétés comme la position, la vitesse, la masse, la charge, etc. Par conséquent, tous les systèmes dans la nature sont soumis aux lois physiques qui concernent ces propriétés (par exemple, les lois de la mécanique et les lois de l'électromagnétisme).

La science physique qui examine le niveau fondamental est complète. Si l'on cherche une explication de l'occurrence d'une propriété physique quelconque (occurrence au sens d'existence d'une propriété en un certain lieu et un certain temps), on n'a jamais besoin de sortir du domaine des lois physiques pour expliquer l'occurrence de la propriété en question. Les explications en biologie, par contre, ne sont pas complètes. Pour expliquer l'occurrence d'une propriété biologique, il ne suffit souvent pas de citer uniquement des lois biologiques, mais il est nécessaire d'avoir recours à des lois chimiques, voire des lois physiques. La raison en est que les systèmes biologiques se sont développés à partir des systèmes physiques ; des causes physiques et chimiques continuent à produire des effets biologiques. Par exemple, au printemps, les plantes produisent des fleurs, mais uniquement si certaines conditions physiques normales sont réalisées dans l'environnement (certaines conditions du sol, de l'air, etc.). Des perturbations physiques, qui ne sont pas prises en compte par des lois chimiques ou biologiques, peuvent empêcher le développement des fleurs. Les systèmes au niveau physique fondamental, par contre, n'ont que des causes physiques suffisantes. Dans la mesure où les occurrences de propriétés au niveau physique fondamental ont des causes, leurs causes se situent à ce même niveau.

On peut résumer la manière dont la physique est complète par rapport à la biologie par le principe de *complétude causale, nomologique et explicative de la strate physique fondamentale* : pour toutes les occurrences de propriétés physiques, dans la mesure où une occurrence d'une propriété physique a des causes, se conforme à des lois et possède une explication, elle a des causes physiques, elle se conforme à des lois physiques et elle possède une explication en termes physiques. Ce principe n'exclut pas la possibilité d'autres causes, d'autres lois et d'autres explications qui s'appliquent à quelques occurrences de propriétés physiques. Il dit uniquement que si l'on cherche une explication, une loi ou une cause à une occurrence d'une propriété physique quelconque, il n'est jamais *nécessaire* de sortir du domaine des phénomènes physiques (voir Papineau 2002, appendice, pour un argument détaillé).

Sur cette base, on peut parler d'une dépendance asymétrique entre la strate physique fondamentale et les strates supérieures, notamment la strate des organismes. La strate fondamentale est complète au sens du principe mentionné. Les autres strates dépendent de celle-ci dans un sens causal, nomologique et explicatif. De façon plus précise, chaque strate est complète par rapport aux strates qui lui sont supérieures, mais elle dépend de façon causale, de façon nomologique et de façon explicative des strates qui lui sont inférieures. On peut résumer cette dépendance en employant la notion de *survenance*, soutenant la thèse de survenance globale suivante : chaque monde possible qui est un double physique *minimal* du monde réel est un double *simpliciter* du monde réel. Si nous imaginons la distribution entière des propriétés physiques fondamentales du monde redoublée – au sens où l'on duplique uniquement la distribution entière des propriétés physiques fondamentales dans tout l'espace-temps sans y ajouter quoi que ce soit qui n'existe dans le monde réel –, créant ainsi un double physique *minimal* du monde réel, nous obtenons comme résultat que *tout* ce qu'il y a dans le monde est dédoublé – les molécules, les organismes, les êtres humains, etc. La distribution des propriétés physiques fondamentales dans le monde fixe ou détermine dès lors tout ce qu'il y a dans le monde. Par conséquent, il ne peut y avoir aucun changement au niveau biologique sans qu'il y ait également un changement au niveau physique (Jackson 1998, chap. 1).

La thèse de survenance globale nous propose une manière dont les niveaux supérieurs entiers dépendent du niveau physique fondamental en entier de façon asymétrique. Cette thèse n'établit pourtant pas une connexion entre des occurrences de propriétés spécifiques. Afin d'établir de telles connexions, on peut proposer des thèses de *survenance locale*. Considérons un organisme. Si l'on dédouble les propriétés physiques d'un organisme, obtiendra-t-on pour autant un double *simpliciter* de l'organisme qui possède les mêmes propriétés chimiques et biologiques ?

Le problème pour une telle thèse de survenance locale tient notamment à ce que les propriétés biologiques d'un organisme dépendent non seulement de la composition physique de l'organisme, mais encore de son environnement. Plus précisément, quelques propriétés biologiques d'un organisme consistent en des relations entre l'organisme et son environnement – comme, pour prendre un exemple évident, la propriété d'être adapté à son environnement. Deux organismes possédant la même composition physique peuvent avoir des propriétés biologiques différentes, parce qu'ils vivent dans des environnements physiques différents. Si l'on se propose d'appliquer à de tels cas une thèse de survenance locale, on doit être capable de délimiter l'environnement physique pertinent des systèmes que l'on étudie, et de l'intégrer dans la base de survenance. Autrement dit, il faut créer non seulement un double

physique de l'organisme en question pris isolément, mais encore un double de son environnement pour obtenir un double de l'organisme qui possède les mêmes propriétés biologiques.

Admettons néanmoins, en accord avec la vaste majorité des philosophes de la biologie, que les propriétés biologiques d'un organisme surviennent sur les propriétés physico-chimiques de l'organisme et de son environnement (Rosenberg 1978). Bien qu'il y ait la dépendance asymétrique qu'exprime la thèse de survenance, les propriétés biologiques produisent des effets. Considérons une occurrence  $b_1$  d'une propriété biologique qui survient sur une configuration d'occurrences de propriétés physiques. Supposons que  $b_1$  cause l'occurrence  $b_2$  d'une autre propriété biologique. Cependant, afin que  $b_1$  puisse causer  $b_2$ ,  $b_1$  doit également causer la base de survenance de  $b_2$  – étant donné que, selon la thèse de la survenance, il n'y a aucun changement à un niveau supérieur sans qu'il y ait également un changement à tous les niveaux inférieurs. Par conséquent, pour causer  $b_2$ , il faut que  $b_1$  cause une configuration  $p_2$  d'occurrences de propriétés physiques qui est une condition suffisante pour  $b_2$ . Or, selon le principe de la complétude causale du domaine physique,  $p_2$  possède une cause physique complète, à savoir une autre configuration  $p_1$  d'occurrences de propriétés physiques. Supposons, pour simplifier les choses, que  $p_1$  soit la base de survenance de  $b_1$ . Toutefois, en causant  $p_2$ ,  $p_1$  est suffisante pour ce qui survient sur  $p_2$ , à savoir  $b_2$ . Par conséquent, il semble que les causes physiques excluent les causes biologiques, car, grâce à la survenance, elles sont suffisantes pour produire tout ce qu'il y a au niveau biologique (voir Kim 1998, pp. 38-47, et 2005, pp. 36-45) :

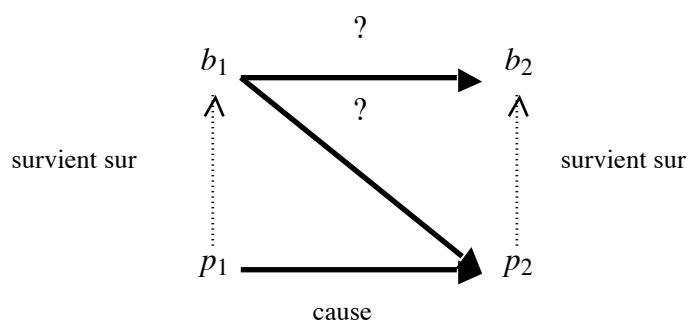


Fig. 2 : le problème de la causalité des propriétés biologiques ( $b_1$  et  $b_2$ ) face à des propriétés physiques ( $p_1$  et  $p_2$ ) ; les flèches de causalité sont représentées par un trait plus épais, les flèches de survenance sont discontinues.

Prenons un exemple simplifié : la propriété biologique d'une certaine plante de posséder un gène pour la couleur blanche des fleurs ( $b_1$ ) survient, entre autres, sur les propriétés physico-chimiques de l'ADN en connexion avec certaines conditions physiques dans l'environnement ( $p_1$ ). Le gène pour la couleur blanche ( $b_1$ ) a pour conséquence que la plante produit des fleurs blanches au printemps ( $b_2$ ). L'apparition des fleurs blanches possède comme base de survenance une certaine composition moléculaire changeante des cellules des fleurs, liée, entre autres, au fait que les cellules réfléchissent les ondes de la lumière d'une certaine manière ( $p_2$ ). Si le gène ( $b_1$ ) produit les fleurs blanches ( $b_2$ ), il doit donc causer un changement dans la composition moléculaire des cellules des fleurs ( $p_2$ ). Or ce changement ( $p_2$ ) possède également une cause physique, à savoir notamment des propriétés physico-

chimiques de l'ADN en connexion avec certaines conditions physiques dans l'environnement ( $p_1$ ). En provoquant le changement dans la composition moléculaire de la plante ( $p_2$ ), cette cause physique ( $p_1$ ) produit une condition suffisante pour l'existence des fleurs blanches ( $b_2$ ). Pourquoi alors considérer le gène ( $b_1$ ) comme une cause ?

Cet exemple met en évidence qu'il y a un conflit entre les trois principes suivants qu'on a tenu comme établi dans cette section :

- (1) *l'autonomie de la biologie*, s'exprimant à travers la conception du monde en strates, qui définit la strate biologique par des nouveaux types de propriétés par rapport à la strate chimique et la strate physique ;
- (2) *le principe de la complétude causale, nomologique et explicative de la strate physique fondamentale*, principe qui est l'argument central pour accepter la dépendance asymétrique qu'établit la thèse de survenance ;
- (3) *le principe de la causalité des propriétés biologiques*, soutenant que les occurrences des propriétés biologiques produisent des effets.

### 3. *L'argument pour l'identité des causes*

Si l'on ne considère que les principes (1) et (2), on peut être tenté de pencher pour la conclusion selon laquelle les propriétés biologiques sont des *épiphénomènes* : elles ne produisent aucun effet – ni d'autres occurrences de propriétés biologiques, pas plus que des occurrences de propriétés physiques. Cette position revient pourtant à abandonner le principe (3), c'est-à-dire à supprimer les flèches causales qui ont leur origine dans  $b_1$  dans le dessin ci-dessus. Or regarder les propriétés biologiques comme des épiphénomènes contredit des résultats bien établis de la biologie. Il y a des explications causales en biologie qui se basent sur des lois biologiques. Dans l'exemple susmentionné, la propriété biologique de posséder un gène pour la couleur blanche des fleurs ( $b_1$ ) a pour conséquence causale que la plante produit des fleurs blanches au printemps ( $b_2$ ). On peut se référer à cette propriété biologique pour expliquer cet effet. On ne respecte pas l'autonomie de la biologie si l'on aboutit à la conclusion que les propriétés biologiques sont causalement inertes. Des épiphénomènes n'auraient aucune importance pour l'étude scientifique du monde. Si la biologie portait sur des épiphénomènes, elle ne serait pas une science.

D'un autre côté, on ne peut pas tirer du principe (3) la conséquence que les causes biologiques produisent des effets biologiques ainsi que des effets physiques qui ne sont pas produits par des causes physiques – c'est-à-dire, la conséquence d'un *interactionnisme biophysique*. Etant donné que tout changement au niveau biologique entraîne un changement au niveau physique, dans ce cas, quelques effets *physiques* (par exemple,  $p_2$  dans le dessin plus haut) ne posséderaient pas de causes physiques complètes ; des causes biologiques seraient nécessaires pour les produire. Les lois physiques ne seraient donc pas les lois complètes qui décrivent ces effets *physiques* ; il y aurait des lois biologiques dont il faudrait inévitablement tenir compte. Pour expliquer ces effets *physiques*, il n'y aurait pas d'explication physique complète, car une explication biologique serait également nécessaire. Si les causes biologiques produisaient des effets qui ne possèdent pas de causes physiques complètes (dans la mesure où ils possèdent des causes), il s'ensuivrait l'existence de forces biologiques proprement dites.

Or, c'est un résultat bien établi des sciences de la nature du 20<sup>e</sup> siècle qu'il n'y a pas de types d'interactions en sus des types d'interactions physiques. Il n'y a pas de forces

biologiques (par exemple un hypothétique élan vital) ; les lois causales de la biologie décrivent des manifestations particulières des types d'interactions physiques (surtout l'électromagnétisme). Les lois physiques ne laissent pas de lacunes qui permettent à des causes non physiques comme des causes biologiques de faire une contribution distincte à la production d'effets physiques. Même si les lois physiques ne sont pas déterministes, elles sont en tous les cas probabilistes d'une façon complète : elles fixent pour toutes les propriétés physiques les probabilités de leur occurrence en chaque situation donnée. S'il y avait des facteurs non physiques intervenant de manière causale, il s'ensuivrait que les lois physiques seraient fausses, n'indiquant pas, dans certaines situations, les probabilités correctes pour l'occurrence de certaines propriétés physiques (Loewer 1996, Esfeld 2000). Il est donc hors question de proposer une autonomie causale des propriétés biologiques.

Tenant compte des théories universelles physiques on peut songer à se retirer dans une position de *surdétermination systématique* : certaines occurrences de propriétés physiques ont des causes physiques complètes et des causes biologiques additionnelles, qui sont distinctes des causes physiques. En bref, il y a une surdétermination systématique au sens où toutes les causes biologiques sont des causes supplémentaires qui produisent exactement les mêmes effets au même moment que certaines causes physiques fondamentales. L'objection principale contre cette position est la suivante : puisque tous les effets physiques ainsi que tous les effets biologiques possèdent des conditions physiques suffisantes (principe de survenance), cette position revient en effet à traiter les propriétés biologiques comme des épiphénomènes : les causes biologiques sont superflues.

Ces brèves réflexions mettent en évidence le fait qu'il y a de bonnes raisons de soutenir la position selon laquelle les causes biologiques sont *identiques* à des causes physiques. Si, dans le dessin ci-dessus,  $b_1$  est identique à  $p_1$  et si  $b_2$  est identique à  $p_2$ , le problème de la causalité biologique trouve une solution nette : certaines causes physiques sont des causes biologiques. Au moment où l'on conçoit une distinction entre les causes biologiques et les causes physiques, on met les causes biologiques en concurrence avec les causes physiques. Or les causes biologiques perdraient une telle compétition, étant donné qu'il y a des théories physiques universelles bien confirmées. Supposer que les causes biologiques sont identiques à des causes physiques est dès lors la seule voie ouverte pour retenir le principe de la causalité biologique (3), étant donné le principe de la complétude causale, nomologique et explicative de la strate physique fondamentale (2). Par conséquent, les occurrences de propriétés biologiques, dans la mesure où elles causent des effets quelconques, sont identiques à des occurrences de propriétés physiques. Pour être plus précis, elles sont identiques à des configurations d'occurrences de propriétés physiques, étant donné que les systèmes qui exhibent des propriétés biologiques sont composés de systèmes microphysiques. Cela dit, quelles conséquences cette solution a-t-elle pour l'autonomie de la biologie (1) ?

#### 4. Réduction et indispensabilité de la biologie

L'argument de la section précédente aboutit à la conclusion suivante : comme toutes les occurrences de propriétés biologiques font partie de chaînes causales, leur efficacité causale constitue un argument fort pour soutenir la thèse selon laquelle toutes les occurrences de propriétés biologiques sont identiques à des configurations d'occurrences de propriétés physiques fondamentales. Autrement dit, certaines configurations d'occurrences de propriétés physiques fondamentales sont des occurrences de propriétés biologiques : certaines

configurations d'occurrences de propriétés physiques sont non seulement l'occurrence d'une certaine structure moléculaire (ADN), mais encore l'occurrence d'un gène, d'un organisme, d'un cerveau humain, etc.

Vu ce résultat, il convient de préciser la conception du monde en strates de la façon suivante : il n'y a que des occurrences de propriétés physiques fondamentales ainsi que leurs configurations. Les occurrences de propriétés de types nouveaux qui caractérisent une strate supérieure sont identiques à des configurations d'occurrences de propriétés des strates inférieures, finalement des configurations d'occurrences de propriétés physiques fondamentales. Ces dernières configurations sont de plus en plus complexes, produisant des effets macroscopiques spécifiques – comme des effets chimiques, biologiques, neurobiologiques, etc. Les strates sont donc des strates de différents degrés d'organisation de configurations de propriétés physiques fondamentales (voir Heil 2003, chap. 2 à 7, pour un argument détaillé à cet effet).

Cette position est un *réductionnisme ontologique* : tout ce qu'il y a dans le monde est soit une occurrence d'une propriété physique fondamentale soit identique à des configurations d'occurrences de propriétés physiques fondamentales. Toutes les descriptions qui font référence à quelque chose au monde se réfèrent dès lors à des entités qui sont identiques à des occurrences de propriétés physiques fondamentales et à leurs configurations. Celles-ci rendent vraies toutes nos descriptions et théories du monde dans la mesure où celles-ci sont vraies. Ce réductionnisme ontologique implique qu'il est en principe possible de donner une explication physique de chaque occurrence d'une propriété biologique. C'est la voie qu'ouvre la découverte de Watson & Crick (1953) et qui est poursuivie par la biologie moléculaire depuis lors (cf. Schaffner 1969).

Par conséquent, du point de vue ontologique, il n'y a pas d'autonomie de la biologie. S'il y a de l'autonomie de la biologie, celle-ci ne peut se situer qu'au niveau épistémologique, c'est-à-dire au plan des concepts biologiques. Les types biologiques qui sont nouveaux par rapport aux types physiques sont les *concepts* biologiques – c'est-à-dire les concepts qu'utilise la biologie pour classer des phénomènes que l'on peut également classer en utilisant des concepts physiques. Le contenu (la signification) des concepts biologiques est clairement distinct du contenu des concepts physiques : on ne peut pas définir les concepts biologiques en termes physiques. La question est cependant de savoir si l'on peut réduire les concepts et les théories biologiques à des concepts et des théories physiques. Si et seulement si une telle réduction est en principe exclue, la biologie est autonome par rapport à la physique.

Les classifications biologiques sont distinctes des classifications physiques. A partir du niveau de la génétique classique au moins, les théories biologiques traitent les propriétés selon leur fonction, faisant abstraction de la composition physico-chimique des occurrences de propriétés en question. Une fonction dans ce contexte se définit par un rôle causal, c'est-à-dire par les causes et les effets caractéristiques qu'ont les occurrences en question. Par exemple, on peut maintenir que ce qui définit le concept d'un certain gène, c'est la production d'un certain phénotype, comme, par exemple, des fleurs blanches au printemps. Depuis la découverte de la biologie moléculaire, nous savons que ce qui réalise la production du phénotype qui définit le concept d'un certain gène, ce sont certaines séquences de bases de l'ADN (l'affaire est en fait plus compliquée, car il faudrait notamment tenir compte des conditions d'environnement ; mais cette simplification suffit pour illustrer le problème des classifications différentes). Cela revient à dire que certaines séquences de bases de l'ADN

remplissent la fonction qui définit le concept d'un certain gène en produisant dans les circonstances normales les effets caractéristiques du gène en question – en occurrence, des fleurs blanches au printemps.

Or, différentes séquences de bases de l'ADN peuvent produire les mêmes effets phénotypiques définissant le concept d'un certain gène – en occurrence, des fleurs blanches au printemps. On parle alors de *réalisation multiple*. Cette notion signifie que les phénomènes qui rentrent dans un *seul* concept fonctionnel biologique  $F$  rentrent dans *différents* concepts physico-chimiques  $P_1, P_2, P_3$ , etc., puisqu'ils se distinguent par leur composition physico-chimique. La réalisation multiple empêche que l'on puisse établir une identité d'extension entre un concept fonctionnel  $F$  d'une théorie biologique – comme, par exemple, le concept de gène pour des fleurs blanches – et un concept  $P$  d'une théorie physico-chimique. Bien au contraire, le concept unique biologique est coextensif à une disjonction ouverte de différents concepts physico-chimiques :

$$(1) F \Leftrightarrow P_1 \vee P_2 \vee P_3 \vee P_4 \vee \dots$$

Pour cette raison, la réalisation multiple constitue l'argument central contre la réduction de la génétique classique à une théorie physico-chimique et la réduction de la biologie en général : on ne peut pas trouver des concepts physico-chimiques qui sont coextensifs aux concepts biologiques (voir notamment Sober 1993, 73-77, ainsi que Hull 1974, chap. 1, Sterelny & Griffiths 1999, chap. 7, et Carrier 2000).

Il est cependant douteux si l'argument de la réalisation multiple est capable d'établir l'autonomie épistémologique de la biologie. Le principe de complétude causale, nomologique et explicative de la physique ainsi que le principe de survenance impliquent que, pour chaque occurrence d'une propriété biologique, il y a une explication physique possible qui indique une condition suffisante pour l'occurrence de la propriété biologique en question. Cette implication se trouve confirmée par l'argument de la réalisation multiple lui-même. Supposons que la génétique classique donne une définition fonctionnelle des gènes, en l'occurrence une définition fonctionnelle d'un gène pour des fleurs blanches en termes de production des fleurs blanches au printemps. On découvre des configurations d'occurrences de propriétés physico-chimiques, qui mettent en œuvre les relations causales qui définissent le gène pour des fleurs blanches, à savoir certaines séquences de bases de l'ADN qui ont pour effet que la plante développe des fleurs blanches au printemps étant donné des conditions physiques normales. La description en termes physico-chimiques explique comment la séquence de bases de l'ADN en question réalise la fonction qui définit le concept de gène concerné, à savoir comment elle produit des fleurs blanches. Il y a un rapport nomologique entre les séquences de bases dans l'ADN en question et l'effet qui définit le concept dudit gène : chaque occurrence d'une séquence de bases dans l'ADN qui rentre dans le même concept physico-chimique produit l'effet qui définit le concept de gène en question, sous des conditions physiques normales.

En général, il y a un rapport nomologique entre les concepts physiques, décrivant des configurations réalisatrices des fonctions biologiques, et les concepts fonctionnels de la biologie. Ce que la réalisation multiple empêche, c'est que ce rapport soit réciproque. Si  $P_1$  est un concept physique, s'appliquant à des configurations d'occurrences de propriétés d'une certaine composition physique et qui réalisent une certaine fonction biologique  $F$ , la proposition suivante exprime une généralisation nomologique :

$$(2) \forall x (P_1x \rightarrow Fx)$$

On ne peut cependant pas soutenir la proposition inverse :

$$(3) \forall x (Fx \rightarrow P_1x)$$

La raison en est que les configurations d'occurrences de propriétés physiques qui rentrent dans un autre concept physique  $P_2$  réalisent aussi  $F$  :

$$(4) \forall x (P_2x \rightarrow Fx).$$

Toutefois, si l'on tire de ce fait la conclusion que la biologie est autonome, n'étant pas réductible à la physique, on met en péril le caractère scientifique de la biologie. Chaque phénomène biologique possède en principe une explication physique, et cette explication est soutenue par une loi, comme le montre la formule (2). Etant donné le principe de complétude causale, nomologique et explicative de la physique ainsi que le principe de survenance, si l'on refuse de baser une approche réductionniste à la biologie sur ces explications nomologiques, on perd le caractère scientifique de la biologie : il ne reste rien qui pourrait expliquer la biologie par contraste à la physique. On peut donc bel est bien réclamer l'autonomie de la biologie en se référant à l'argument de la réalisation multiple ; mais la conséquence en est que l'on peut éliminer la biologie d'un système cohérent de notre savoir. La biologie n'aurait dès lors pas de valeur scientifique, mais uniquement une valeur instrumentale (Rosenberg 1994).

La situation en épistémologie est donc la même qu'en ontologie : séparer les causes biologiques des causes physiques aboutit à la conséquence que les occurrences de propriétés biologiques sont en fait des épiphénomènes ; réclamer une autonomie épistémologique de la biologie par rapport à la physique aboutit à la conséquence que la biologie perd son caractère scientifique. La situation semble cependant être plus grave en épistémologie qu'en ontologie : si les causes biologiques sont ontologiquement identiques à des causes physiques, des causes biologiques existent, l'identité étant une relation symétrique. Si, par contre, en épistémologie, on peut réduire la biologie à la physique, il semble que la biologie ne soit pas scientifiquement indispensable : il semble que tout ce qu'elle dit peut dans ce cas être également dit en termes physiques. Comment peut-on sortir de ce dilemme entre autonomie et réduction qui semble dans les deux cas aboutir à la conclusion que l'on peut se dispenser de la biologie dans un système cohérent de notre savoir ?

Il y a quelque chose qui est correct dans l'argument de la réalisation multiple : la réalisation multiple empêche que l'on puisse construire des concepts physiques qui sont coextensifs aux concepts fonctionnels biologiques  $F$  – comme le concept de gène pour des fleurs blanches. On perd cependant la possibilité de baser un argument pour l'indispensabilité scientifique de la biologie sur cet argument si l'on en tire la conclusion d'une autonomie de la biologie. La réalisation multiple n'empêche pas que l'on puisse construire des concepts fonctionnels qui sont coextensifs à des concepts physiques. Si  $F$  est un concept fonctionnel de la biologie admettant une réalisation multiple, la définition de  $F$  est toujours vague. Il est toujours possible de préciser encore les causes et effets caractéristiques qui rentrent dans  $F$ , tenant compte notamment des effets accessoires que produisent les différents réalisateurs de  $F$  dans différents environnements. Ainsi, on peut introduire des sous-concepts  $F_1, F_2, F_3$ , etc., qui sont coextensifs aux concepts physiques de réalisateurs  $P_1, P_2, P_3$ , etc.

Pour revenir à l'exemple du gène pour des fleurs blanches, supposons que les réalisateurs physico-chimiques du gène pour des fleurs blanches rentrent dans deux concepts physico-chimiques distincts,  $P_1$  et  $P_2$ , qui saisissent des différences pertinentes dans la composition

moléculaire de ces réalisateurs. Supposons que les séquences de bases de l'ADN qui rentrent dans le concept  $P_1$  possèdent une forte résistance au rayonnement ultraviolet et que les séquences de bases de l'ADN qui rentrent dans le concept  $P_2$  possèdent une faible résistance au rayonnement ultraviolet. Dans des environnements dans lesquels il y a un haut degré de rayonnement ultraviolet, les séquences de bases de l'ADN qui rentrent dans le concept  $P_1$  produisent l'effet phénotypique qui caractérise le gène en question, à savoir les fleurs blanches, plus vite que les séquences de bases de l'ADN qui rentrent dans le concept  $P_2$ . Les organismes qui possèdent des séquences de bases de l'ADN qui rentrent dans le concept  $P_2$  doivent consacrer plus de temps et d'énergie à la réparation des dégâts causés par le rayonnement ultraviolet que les organismes qui possèdent des séquences de bases de l'ADN qui rentrent dans le concept  $P_1$ . Dans les organismes qui possèdent des séquences de bases de l'ADN qui rentrent dans le concept  $P_1$ , la production des fleurs blanches se passe d'une manière avantageuse pour la sélection, tandis que dans les organismes qui possèdent des séquences de bases de l'ADN qui rentrent dans le concept  $P_2$ , la production des fleurs blanches se passe d'une manière désavantageuse pour la sélection. On peut de cette manière distinguer deux sous-concepts fonctionnels du gène pour des fleurs blanches, à savoir un sous-concept  $F_1$  défini par « production des fleurs blanches de manière avantageuse pour la sélection » et un autre sous-concept  $F_2$  défini par « production des fleurs blanches de manière désavantageuse pour la sélection ». Chacun de ces sous-concepts est coextensif à un concept de réalisateur physique du gène pour des fleurs blanches –  $F_1$  est coextensif à  $P_1$ , et  $F_2$  est coextensif à  $P_2$ . (Cet exemple a uniquement pour but d'illustrer le principe de ce que l'on cherche à faire ; une description exacte du point de vue biologique serait beaucoup plus compliquée.)

L'argument principal qui explique pourquoi les concepts biologiques fonctionnels permettent une réalisation physique multiple est la sélection (Papineau 1993, chap. 2). On considère la sélection comme ne tenant pas compte de la composition physique. Elle s'applique à des effets macroscopiques qui sont pertinents pour la survie et la reproduction de l'organisme en question, quelle que soit sa composition physico-chimique. Néanmoins, des différences dans la composition physico-chimique causent des différences phénotypiques. Pour chaque différence phénotypique, on peut concevoir un environnement dans lequel la différence en question a un effet sur la sélection (Rosenberg 1994, p. 32). Il est donc possible de concevoir pour chaque différence de composition physico-chimique une différence fonctionnelle sous forme d'un sous-concept fonctionnel.

Sur cette base, on peut développer le schème suivant de réduction de la biologie à la physique :

- 1) A l'intérieur d'une théorie physique fondamentale et universelle  $P$ , on construit les concepts  $P_1, P_2, P_3$ , etc., qui saisissent les différentes configurations d'occurrences de propriétés physiques qui rentrent toutes dans un même concept fonctionnel biologique  $F$ . Ces concepts physiques  $P_1, P_2, P_3$ , etc., sont alors intégrés dans la théorie physique  $P$ .
- 2) On précise  $F$  en construisant des concepts fonctionnels plus détaillés  $F_1, F_2, F_3$ , etc. Les concepts  $F_1, F_2, F_3$ , etc., sont nomologiquement coextensifs aux concepts  $P_1, P_2, P_3$ , etc. (bien que leur signification soit différente).
- 3) On réduit  $F$  à  $P$  via  $F_1, F_2, F_3$ , etc. et  $P_1, P_2, P_3$ , etc. Commençant avec  $P$ , on construit  $P_1, P_2, P_3$ , etc., à l'intérieur de  $P$ , on déduit  $F_1, F_2, F_3$ , etc., de  $P_1, P_2, P_3$ , etc., étant donné la

coextension nomologique et l'on aboutit à  $F$  en faisant abstraction des effets accessoires qui établissent la distinction entre  $F_1, F_2, F_3$ , etc. :

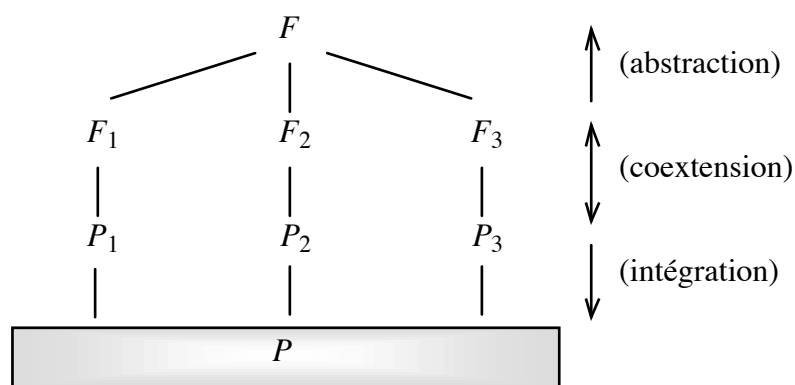


Fig. 3 : la réduction au moyen de sous-concepts fonctionnels.

Cette conception ne peut pas aboutir à des concepts physiques coextensifs à des concepts fonctionnels biologiques  $F$ . La réalisation multiple empêche qu'il y ait de tels concepts coextensifs. Néanmoins, nous gagnons des concepts fonctionnels plus précis que  $F$  qui sont coextensifs à des concepts physiques. De cette manière, nous pouvons lier chaque sous-concept fonctionnel à un seul concept physique. On satisfait ainsi la condition nécessaire et suffisante pour une réduction de théories. Une fois en possession de tels concepts coextensifs, on peut formuler les lois de  $P$ , dans la mesure où elles sont pertinentes pour les réalisateurs de  $F$ , en utilisant les concepts  $P_1, P_2, P_3$ , etc., et l'on peut formuler les lois au sujet de  $F$  en termes des sous-concepts  $F_1, F_2, F_3$ , etc. De cette façon, on peut déduire les lois au sujet de  $F$  à partir des lois de  $P$ .

Cette réduction est conservatrice. Elle tient compte du caractère homogène des phénomènes biologiques qui rentrent dans le concept fonctionnel  $F$ . Les sous-concepts fonctionnels  $F_1, F_2, F_3$ , etc., se distinguent uniquement par quelques effets fonctionnels accessoires qui ne touchent pas le noyau du rôle fonctionnel qui définit  $F$ . Par exemple, soit  $F_1$  le concept « gène pour production des fleurs blanches d'une manière avantageuse pour la sélection », et soit  $F_2$  le concept « gène pour production des fleurs blanches d'une manière désavantageuse pour la sélection ». Ces deux concepts expriment clairement et de la même façon le concept fonctionnel  $F$ , défini par « gène pour des fleurs blanches ».

D'après cette conception, les descriptions et théories biologiques employant des concepts fonctionnels sont non seulement vraies ou approximativement vraies, mais également indispensables pour la cohérence de notre système de savoir : les concepts fonctionnels résument des similarités causales pertinentes qu'ont en commun des configurations d'occurrences de propriétés physiques qui rentrent dans des concepts physiques différents ( $P_1, P_2, P_3$ , etc.). Les concepts physiques sont faits pour saisir la composition différente de ces configurations. Ces concepts ne sont pas aptes à décrire ces configurations en tant que telles et les effets pertinents qu'elles ont en commun. C'est ce qui est correct dans l'argument de la réalisation multiple. Cet argument n'empêche pourtant pas qu'il soit en principe possible de réduire les théories biologiques qui utilisent des concepts fonctionnels à une théorie physique fondamentale et universelle. De cette façon, l'argument de la réalisation multiple

montre que la biologie est indispensable à un système cohérent de notre savoir, mais il n'entame pas l'unité des sciences.

En conclusion, il faut abandonner l'idée de l'autonomie de la biologie. Si la biologie était autonome de manière ontologique, elle traiterait des épiphénomènes. Si elle était autonome de manière épistémologique, elle pourrait être effacée d'un système cohérent de notre savoir. C'est justement parce que la biologie considère des phénomènes qui sont identiques à des configurations d'occurrences de propriétés physiques (réductionnisme ontologique) et parce qu'elle peut en principe être réduite à la physique dans la façon esquissée dans cet article qu'elle fait une contribution indispensable à un système cohérent de notre savoir. En bref, il n'y a aucune raison de s'opposer au réductionnisme par rapport à la biologie – c'est la seule voie ouverte pour revendiquer le caractère scientifique de la biologie.

### Bibliographie

- Carrier, Martin (2000) : « Multiplicity and heterogeneity : on the relations between functions and their realizations ». *Studies in History and Philosophy of Biology and Biomedical Sciences* 31C (2000), pp. 179-191.
- Esfeld, Michael (2000) : « Is quantum indeterminism relevant to free will? » *Philosophia Naturalis* 37, pp. 177-187.
- Esfeld, Michael (2006) : *Philosophie des sciences. Une introduction*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Fodor, Jerry A. (1974) : « Special sciences (or : The disunity of science as a working hypothesis) ». *Synthese* 28, pp. 97-115. Traduction française « Les sciences particulières (l'absence d'unité de la science: une hypothèse de travail) », in : P. Jacob (dir.) : *De Vienne à Cambridge. L'héritage du positivisme logique*. Paris : Gallimard. Pp. 379-399.
- Heil, John (2003) : *From an ontological point of view*. Oxford : Oxford University Press.
- Hull, David L. (1974) : *Philosophy of biological science*. Englewood Cliffs : Prentice-Hall.
- Jackson, Frank (1998) : *From metaphysics to ethics. A defence of conceptual analysis*. Oxford : Oxford University Press.
- Kim, Jaegwon (1998) : *Mind in a physical world. An essay on the mind-body problem and mental causation*. Cambridge (Massachusetts) : MIT Press.
- Kim, Jaegwon (2005) : *Physicalism, or something near enough*. Princeton : Princeton University Press.
- Loewer, Barry (1996) : « Freedom from physics : Quantum mechanics and free will ». *Philosophical Topics* 24, pp. 92-113.
- Papineau, David (1993) : *Philosophical naturalism*. Oxford : Blackwell.
- Papineau, David (2002) : *Thinking about consciousness*. Oxford : Oxford University Press.
- Rosenberg, Alexander (1978) : « The supervenience of biological concepts ». *Philosophy of Science* 45, pp. 368-386.
- Rosenberg, Alexander (1994) : *Instrumental biology or the disunity of science*. Chicago : University of Chicago Press.
- Sachse (à paraître) : *Reductionism in the philosophy of science*. A paraître 2007.
- Schaffner, Kenneth F. (1969) : « The Watson-Crick model and reductionism ». *British Journal for the Philosophy of Science* 20, pp. 325-348.
- Sober, Elliott (1993) : *Philosophy of biology*. Boulder : Westview Press.
- Sterelny, Kim & Griffiths, Paul E. (1999) : *Sex and death. An introduction to philosophy of biology*. Chicago : University of Chicago Press.
- Watson, James D. & Crick, Francis H. C. (1953) : « A structure for deoxyribose nucleic acid ». *Nature* 171, pp. 737-738.