



The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
<http://ageconsearch.umn.edu>
aesearch@umn.edu

Papers downloaded from AgEcon Search may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.

No endorsement of AgEcon Search or its fundraising activities by the author(s) of the following work or their employer(s) is intended or implied.

De la technicisation des connaissances : une lecture de l'histoire des sciences de la vie

*Jean-Pierre MIGNOT,
Christian PONCET*

Towards a technical process to knowledge : an interpretation of the history of life sciences

Key-words:
history, technology,
knowledge, towards a
technical process,
life sciences,
phase changing

De la technicisation des connaissances : une lecture de l'histoire des sciences de la vie

Mots-clés:
histoire, technologie,
connaissance,
sciences de la vie

Summary – *The history of science is often presented as a succession of discoveries which, in adding to each other, allows us to reveal the secrets of both nature and mankind. The subject of this article consists on searching for a « meaning » in the building up of this knowledge; and we start from hypothesis that this « meaning » comes to light by gradually taking account of the introduction of technology into modern sciences. This technical approach to knowledge, applied to life sciences, little by little takes the place of a philosophical construct concerning the knowledge of life. On addition to introducing the idea of progress into the building up of the sciences, the movement asserts itself by gradually bringing together subject of knowledge and technical subject, which leads to a kind of industrialisation of knowledge. We try to show, through the work of a few authors representative of the ideas developed since the XVIIIth century in the physiological field, that the modern conception of life sciences will allow the introduction of technology into the field of knowledge. We understand this setting up of this ability of technical acceptance from discourse on method (R. Descartes) to the experimental method (C. Bernard).*

Résumé – L'histoire des sciences est souvent présentée comme une succession de découvertes qui, en se sédimentant, permettent de lever un voile sur les secrets de la nature et des hommes. La recherche d'un « sens » dans la construction des connaissances est précisément au cœur de cet article : nous partons de l'hypothèse que ce « sens » se révèle par la prise en compte de l'introduction progressive de la technique dans les sciences modernes. Cette technicisation des connaissances appliquée aux sciences de la vie se substitue progressivement aux constructions philosophiques concernant la connaissance de la vie. En plus d'introduire l'idée de progrès dans la construction des sciences, ce mouvement s'affirme en rapprochant peu à peu objet de connaissance et objet technique, ce qui conduit à une forme d'industrialisation des connaissances. Nous montrons, au travers de quelques auteurs représentatifs des idées développées depuis le XVIII^e siècle pour la physiologie, que la conception moderne des sciences de la vie permettra l'accueil de la technique dans le champ du connaître. Nous traduisons la mise en place de cette capacité de réception de la technique par le passage du discours de la méthode (R. Descartes) à la méthode expérimentale (C. Bernard).

* INRA/CTESI, Université de Toulouse III, e-mail: mignot@gear.iut-tlse3.fr

** INRA/CTESI, Université de Montpellier I, e-mail: poncer@ensam.inra.fr

Les auteurs remercient les deux rapporteurs anonymes pour la pertinence de leurs remarques.

« On peut penser que la biologie est aujourd’hui une science de caractère décisif pour la position philosophique du problème des moyens de la connaissance et de la valeur de ses moyens, et cela parce que la biologie est devenue autonome, parce que surtout elle témoigne de la récurrence de l’objet du savoir sur la constitution du savoir visant la nature de cet objet, parce qu’enfin en elle se lient indissolublement connaissance et technique. »

Georges Canguilhem

LA biologie moléculaire, qui tend actuellement à investir la plupart des domaines concernant la connaissance du vivant, ne survient pas spontanément à partir de 1953, date de la découverte de la structure moléculaire de l’ADN. Nous voulons montrer dans cette contribution que, si une construction historique repose sur l’identification d’un « sens » qui organise les phénomènes dans leur chronologie, la technique participe alors à l’orientation de l’histoire des sciences. Cela signifie que nous partons de l’opposition entre *technè* et *épistémè* qui a marqué la philosophie grecque depuis Platon, pour montrer comment la technique « percole » l’épistémique dans les sciences modernes. Cette tendance à la technicisation des connaissances ne suit pas une voie linéaire et la pénétration de l’instrumentation dans les sciences ne représente que le prolongement d’un mouvement dont nous situons l’origine à R. Descartes. Schématiquement, les auteurs du XVIII^e siècle s’efforcent d’extraire la question théologique de la science et de réduire, autant que faire se peut, la place de la métaphysique. Durant ce siècle, une conception mécaniste (au sens newtonien) et empiriste (au sens humien) de la science tend à s’imposer, conduisant à une délimitation de la place de la métaphysique. Le champ épistémique tend alors à se constituer sur une base mécaniste, en proposant des modèles extrêmement cohérents ; ils s’appuient sur des présupposés métaphysiques et ils s’alimentent à partir de l’observation sensible des phénomènes. Ces modèles s’opposent entre eux sur des positions philosophiques autour desquelles se constituent différentes « écoles de pensée » (dont le spectre très large s’étend des iatromécaniciens aux animistes). Or, avec la généralisation de l’expérimentation et de l’instrumentalisation, c’est-à-dire de l’articulation de la connaissance autour d’une logique technicienne, le XIX^e siècle entame peu à peu la cohérence épistémique qui caractérisait ces modèles. Le XX^e siècle s’interprète alors comme une accélération de cette tendance qui se traduit par une place grandissante de l’instrument au point que, de moyen d’asseoir une construction épistémique, il devient le vecteur qui oriente les connaissances. L’idée de progrès dans la biologie s’installe lorsque s’estompent les oppositions entre les modèles théologico-philosophiques concernant les sciences de la vie, et ce mouvement s’appuie sur une forme de technicisation des connaissances. Dès lors,

par une succession de renversements, le modèle technicien paraît conduire vers ses derniers retranchements toute spéculation philosophique concernant la question de la vie. De la technicisation progressive de la connaissance de la vie à l'industrialisation du vivant, la logique technique qui préside à la construction des sciences modernes converge inéluctablement vers une logique productrice – au sens industriel du terme – des savoirs. L'illusion, selon laquelle l'industrie deviendrait le lieu où les sciences se construisent (nous voyons même émerger dans la littérature la notion d'« *économie industrielle de la science* »), repose sur cette technicisation achevée des connaissances. Le connaître se confond alors avec l'instrument, avec l'outil que l'on « fabrique », créant du même coup un malaise profond dans les institutions de recherche publique. Ainsi, le gène, d'objet de connaissance dans la génétique néomendélienne, tout en devenant une séquence d'ADN, se transforme en instrument et en moyen de production (d'organismes génétiquement modifiés).

Pour illustrer ce mouvement de technicisation des connaissances, nous avons retenu quelques auteurs qui nous semblent représentatifs de courants de pensée s'attachant à la question : « Qu'est-ce que la vie ? ». Il ne saurait s'agir d'une présentation exhaustive des idées et des débats qui ont ponctué ces champs de la connaissance, ni même d'une étude approfondie de l'œuvre des auteurs retenus. Nous désirons montrer ici le rôle que joue la technique dans le passage du « *Discours de la méthode* » à la « *Méthode expérimentale* » (première partie) puis, l'identification de l'émergence d'une connaissance qui s'appuie sur des moyens techniques pour sa construction (seconde partie).

LA CONNAISSANCE DE LA VIE : DÉBATS ET ENJEUX ÉPISTÉMIQUES

S'appuyant sur les écrits de trois auteurs français qui, selon nous, reflètent l'« esprit scientifique » de leur époque, cette première partie s'attache donc à montrer la manière dont, après avoir évacué Dieu de la science, ils la démarquent de la « métaphysique ». Dans le contexte triomphant de la mécanique newtonienne, il s'agit plus, sous la plume de ces savants, d'une déclaration d'intention que d'une forme effective d'éradication de ces présupposés. Nous montrerons en effet que toutes les constructions proposées continuent à s'appuyer, à des degrés divers, sur des considérations d'ordre métaphysique. Le domaine de la connaissance de la vie ne fait donc qu'accentuer le caractère spéculatif que de nombreux historiens ont su déceler dans les fondements de la mécanique newtonienne. De ce point de vue, les travaux de Lamarck, dans la continuité de l'œuvre de Buffon, illustrent parfaitement ce projet qui maintient des bases irréductibles, à la fois déistes et métaphysiques. Cependant, avec C. Bernard, s'affirme une tendance qui nous conduit du

« Discours de la méthode » à la « méthode expérimentale ». Ceci se traduit par un déplacement qui nous amène d'un construit épistémique à une sorte de technicisation du discours ; l'expérimentation fournissant le cadre méthodologique à une instrumentalisation future.

Le caractère irréductible de la métaphysique chez Buffon et Lamarck

Des molécules organiques aux forces pénétrantes en passant par le moule intérieur, la physiologie buffonienne s'inscrit dans une logique dont les hypothèses, une fois admises, constituent la base d'une construction rigoureuse et cohérente, corroborée par l'observation. Ainsi, l'hypothèse du moule intérieur a pour vocation de mettre en adéquation les principes observables des processus vitaux (reproduction, épigenèse) avec le mécanicisme newtonien dont l'universalité des principes doit également s'appliquer à la matière vivante (forces pénétrantes). Ce lien étroit entre l'hypothèse et la récurrence des observations conduit Buffon à repousser – du moins dans son discours – les considérations théologiques et métaphysiques dans leurs derniers retranchements. La particularité du vivant doit donc être recherchée dans les propriétés mêmes de la matière, ce qui conduira Buffon à construire une genèse de l'animé qui trouve ses origines dans les conditions physico-chimiques qui régnait dans l'océan primitif (lorsque la Terre venait de se détacher du Soleil suite à la percussion d'une comète). La vie aurait donc une histoire et les « molécules organiques », dans les derniers écrits de l'auteur, trouvent une explication matérielle à leur apparition. C'est bien ce qu'exprime Buffon lorsqu'il énonce⁽¹⁾ :

« Toutes les parties aqueuses, huileuses et ductiles, qui devoient entrer dans la composition des êtres organisés, sont tombées avec les eaux sur les parties septentrionales du globe, bien plus tôt et en bien plus grande quantité que sur les parties méridionales : c'est dans ces matières aqueuses et ductiles que les molécules organiques vivantes ont commencé à exercer leur puissance pour modeler et développer les corps organisés. »

La cohérence du modèle épistémique, couplée à l'observation des phénomènes sensibles, semble suffisante, selon Buffon, pour asseoir scientifiquement son discours. Cette recherche de cohérence, qui écarte la manifestation divine, devient à l'instar des grands courants philosophiques du XVIII^e siècle, le principal objectif des savants de l'époque. Dans la vague de la mécanique newtonienne qui déferle sur l'Europe, si Dieu se retrouve à la marge des explications scientifiques, parallèlement la métaphysique s'immisce dans les représentations mécanistes de la Nature. Il s'agit donc

⁽¹⁾ Cité par Roger (1995, p. 260). A partir de cette citation, J. Roger insiste sur le « caractère étonnamment vague et archaïque du vocabulaire "chimique" de Buffon qui en 1775 (date de publication de ces écrits) est le contemporain de Lavoisier.

de cantonner ces «scories non-scientifiques» dans les limites les plus étroites possibles et de les isoler du champ scientifique. L'observation permet à Buffon d'accéder à la certitude et, par là même, de repousser toujours plus loin les bases métaphysiques des hypothèses qui fondent son raisonnement. C'est bien ce qui, selon lui, marque la différence entre «vérités physiques» et «vérités mathématiques», et cette distinction conduit, selon l'auteur, au fondement des Sciences réelles⁽²⁾:

«En mathématiques on suppose, en physique on pose et on établit; ce sont là des définitions dans les Sciences abstraites, on marche d'observations en observations dans les Sciences réelles; dans les premières on arrive à l'évidence, dans les dernières à la certitude.»

Or, cette forme extrême d'inductivismne ne parvient pas à balayer le socle métaphysique sur lequel repose la Science réelle. Il s'agit comme chez Newton, mais certainement de manière plus consciente, d'un glissement du questionnement du *pourquoi* vers le *comment*. Ce passage, loin de s'affranchir de son support métaphysique, le maintient au contraire en tant que question non résolue, voire inaccessible pour la Science. Ainsi, le statut de l'hypothèse et de l'induction chez Buffon, en se retrouvant sur les «certitudes physiques», laisse entière la question des causes efficientes et, par conséquent, celle du *pourquoi*. Si par ce recours aux causes uniques la métaphysique se trouve parfaitement circonscrite, elle n'en est pas moins présente et, nous pourrions même dire, omniprésente. De plus, les hypothèses du moule intérieur, des forces pénétrantes ou des molécules organiques relèvent bien, et paradoxalement dans la méthode de Buffon, de ces causes efficientes dont le statut métaphysique ne saurait être discuté. Nous soulignons ainsi les limites auxquelles se heurte la pensée de Buffon, c'est-à-dire le caractère irréductible de la base métaphysique sur laquelle repose sa construction.

L'œuvre de Lamarck entre 1775 et 1809 (date de parution de la *Philosophie zoologique*) prolonge de ce point de vue les travaux de Buffon. Elle est en effet marquée par une volonté de s'abstraire du vitalisme⁽³⁾, au profit d'une explication de type physico-chimique de la vie⁽⁴⁾. Et, si Lamarck

⁽²⁾ Cité par Sloan (1992).

⁽³⁾ Nous retiendrons ici la définition que donne M. Pichot du vitalisme: «Il y a plusieurs sortes de vitalismes, mais tous s'accordent à attribuer à l'être vivant un principe qui lutte contre les lois physiques, lesquelles sont considérées comme contraires à la vie. (...) Les vitalistes refusent de voir en ce principe une âme de nature spirituelle; c'est un principe purement vital, en général mal défini, si ce n'est qu'il est distinct à la fois de l'âme pensante et des principes physiques connus au XVIII^e siècle (tout en étant d'ailleurs aussi "naturel" que la force vive et la gravitation dont il est inspiré).» (Pichot, 1993, p. 525).

⁽⁴⁾ Comme le souligne J. Roger: «L'origine de la vie est inexplicable naturellement (pour Lamarck), mais une fois donnée la vie et le "mouvement organique" qu'elle provoque, c'est dans les lois de ces "mouvements organiques", et donc dans la composition "physico-chimique" de la matière vivante, qu'il faut chercher l'explication des phénomènes vitaux fondamentaux, assimilation, accroissement, reproduction, mort, même si ces phénomènes se produisent de façon différente en fonction de l'organisation différente des êtres.» (Roger, 1995, p. 267).

fait référence dans ses écrits de 1809 à une force vitale, celle-ci ne saurait être une cause première de la vie. Elle ne représente qu'une conséquence de l'organisation du vivant. L'organisation ne constitue alors que la mise en « *relation de lois et de forces auxquelles tous les corps sont généralement soumis*⁽⁵⁾ ». Ainsi, la vie a pour origine les *causes excitatrices* qui, en s'appliquant à une forme organisée, produisent cette *force vitale*. De ce point de vue, la force vitale ne se surajoute pas aux lois physiques déjà existantes dans la nature. Nous voyons, par conséquent, comment s'opère le renversement qui permet à l'auteur de la *Philosophie zoologique* d'expliquer ces forces vitales par les lois de la physique et de la chimie. Chez Lamarck, le « *principe de vie* » s'appuie sur les *fluides* et leur capacité à se répandre dans toutes les matières. Ce phénomène devient source de vie lorsqu'il rencontre un certain *ordre des choses*, c'est-à-dire une organisation qui distingue les êtres vivants des objets inanimés. Lamarck pose cet ordre des choses, l'organisation, comme une condition *a priori* de la vie. Demeure cependant la question de savoir comment procède la nature pour, à partir de la matière inanimée, générer un *ordre des choses*. Le point de départ de la vie se situe dans l'organisation de la matière inerte et les causes de cette organisation demeurent hors de portée de l'explication scientifique: la génération spontanée (ou génération directe au sens de Lamarck) survient pour répondre à cette question de l'origine. Le mécanicisme de Lamarck ne boucle ainsi son construit épistémique que si, *in fine*, une position déiste et des considérations philosophiques (qui relèvent toujours d'une forme de métaphysique) viennent parachever l'édifice. Cette situation, en amplifiant les paradoxes du mécanicisme newtonien marque, selon nous, les limites du réductionnisme mécaniste en biologie⁽⁶⁾. De ce point de vue, les travaux de Lamarck, dans le prolongement de l'œuvre de Buffon, relèvent parfaitement du projet déjà inscrit dans la philosophie newtonienne et qui, malgré ses prétentions, fait reposer son édifice sur des fondations à la fois déiste et métaphysique irréductibles.

Le construit épistémique de Lamarck relève d'une très grande cohérence une fois admis les principes de la génération spontanée et de l'or-

⁽⁵⁾ Cité par Pichot (1993, p. 602).

⁽⁶⁾ Cette situation qui, au delà de Lamarck, reflète l'impasse dans laquelle la connaissance de la vie se trouve à la fin du XVIII^e siècle semble s'inscrire parfaitement dans nos propos. Le matérialisme réductionniste, en tant que construit épistémique, ne peut émerger que sur une base métaphysique, voire déiste, comme par ailleurs le note J. Roger à propos de Lamarck: « *Lamarck était un matérialiste, dans la mesure où il ne trouvait pas nécessaire d'avoir recours à un quelconque principe spirituel pour expliquer les facultés de l'esprit, dont il pensait qu'elles existaient aussi chez les animaux supérieurs. C'était aussi un déiste car il ne pouvait pas concevoir une nature éternelle et préférait penser qu'elle avait été créée. Cependant, son déisme resta vague et son idée de la création ne l'empêchait pas de croire que tout dans la nature, y compris les formes de vie les plus évoluées, n'était que le fruit de processus naturels. Son matérialisme n'était ni agressif, ni antireligieux; il croyait simplement que les sentiments et les pensées humaines pouvaient s'expliquer scientifiquement, c'est-à-dire en termes de mécanismes biologiques. Ainsi sa philosophie de la vie était typiquement réductionniste.* » (Roger, 1995, p. 186).

ganisation *a priori*. Il s'inscrit parfaitement dans la pensée scientifique qui domine le XVIII^e siècle et se caractérise par un transfert du rôle de Dieu vers celui de la Nature. En ce sens, demeure dans les travaux de Lamarck une dimension métaphysique et déiste qui représente les récifs irréductibles sur lesquels viennent s'échouer durant ce siècle les essais scientifiques se rapportant à la connaissance de la vie. Tout en s'interrogeant sur la question de la vie, l'imagination très féconde des philosophes de ce siècle a produit des méthodes d'investigation souvent très rudimentaires.

Cette position traduit bien le fait que le champ épistémique (incluant la métaphysique) se suffit presque à lui-même en s'adjoignant simplement, d'un côté, la certitude qu'induit l'observation dans les Sciences réelles (au sens de Buffon) et, de l'autre, une théologie réduite à sa plus simple expression. Notons que la démarche expérimentale n'était point absente de ce siècle (notamment dans la physique et la chimie naissante), mais les succès qu'elle avait rencontrés dans la physique post-galiléenne ne trouvent toujours pas d'équivalent dans les autres champs de la connaissance.

Le renversement de la méthode opérée par Claude Bernard

Avec le XIX^e siècle, par l'extension de l'expérimentation et de l'instrumentalisation des moyens d'accès à la connaissance, s'affirme une nouvelle position méthodologique. Les travaux de C. Bernard illustrent, de ce point de vue, une transition du «discours de la méthode» vers la «méthode expérimentale». Ce passage marque, dans notre représentation, la fin du primat du construit épistémique et des spéculations philosophiques audacieuses concernant la connaissance de la vie. La méthode expérimentale précède le recours systématique à l'instrumentalisation.

Ainsi, en même temps que C. Bernard s'élève contre le fondement philosophique des débats scientifiques, il propose une alternative méthodologique (au sens expérimental du terme), et non plus épistémologique. Il ne s'agit plus d'une méthode au sens où R. Descartes pouvait concevoir ce terme (comme moyen d'accès à une forme universelle de connaissance, incluant donc également la métaphysique), mais de moyens particuliers d'investir la matière vivante, de «descendre dans les profondeurs de l'organisme par une analyse de plus en plus intime» (Bernard, 1966, p. 17). La physiologie expérimentale doit ainsi se démarquer définitivement de toute référence à un modèle philosophique, purement spéculatif. La méthode expérimentale devient par conséquent le critère sur lequel repose la scientificité de la physiologie. Cependant, aucun historien n'attribuera à C. Bernard, même pour la physiologie, la paternité de la méthode expérimentale, et le succès

des thèses de l'auteur repose bien sur une conceptualisation⁽⁷⁾ *a priori* de ce qu'est le vivant. Cette conceptualisation se trouve en prise directe avec l'expérimentation; toute autre construction de l'esprit, en relevant de la métaphysique, se situe en dehors du champ de la Science (qui ne saurait donc être qu'expérimentale). Ainsi, la question même de ce qu'est la vie retombe dans les profondeurs de la métaphysique et devient donc une voie forcément sans issue pour la science (Bernard, 1966, pp. 24-25):

« La méthode qui consiste à définir et à tout déduire d'une définition peut convenir aux sciences de l'esprit, mais elle est contraire à l'esprit même des sciences expérimentales. (...) Il suffit que l'on s'entende sur le mot vie, pour l'employer; mais il faut surtout que nous sachions qu'il est illusoire et chimérique, contraire à l'esprit même de la science d'en chercher une définition absolue. Nous devons nous préoccuper seulement d'en fixer les caractères en les rangeant dans leur ordre naturel de subordination. »

Les positions philosophiques de C. Bernard ne sont certainement pas très transparentes, elles se trouvent souvent même entachées de contradictions⁽⁸⁾; l'auteur ne retenant du concept que ce qui lui sert et au moment où cela lui est nécessaire. Ce flou épistémologique contraste avec la rigueur méthodologique qu'exprime l'auteur, et elle ne se conçoit que si l'on admet que sa position philosophique n'est plus posée *a priori* (dans le sens d'une pure spéculation intellectuelle), mais se place au service d'une fin : l'expérimentation. C'est bien ce transfert de priorité du domaine épistémique vers une méthode expérimentale qui marque le renversement auquel nous faisons antérieurement référence. A titre d'illustration, nous pouvons considérer que le concept de milieu intérieur constitue, dans la démarche de C. Bernard, une condition épistémique apriorique, indispensable à la mise en œuvre de la méthode expérimentale. Ce concept institue un trait d'union entre le tout de l'animal et les parties qui le constituent, ce lieu où se loge la vie : les cellules. Il ne s'agit donc pas dans l'esprit de l'auteur de définir, à partir du milieu intérieur, la notion de vie pour un animal, mais plutôt de déterminer un mode opératoire qui permet de comprendre comment la vie cellulaire s'entretient dans un organisme (Bernard, 1966, p. 113):

« Un organisme complexe doit être considéré comme une réunion d'êtres simples qui sont les éléments anatomiques et qui vivent dans le milieu liquide intérieur. »

⁽⁷⁾ Comme le souligne par ailleurs G. Canguilhem, les travaux de Claude Bernard ne sauraient s'inscrire dans un empirisme naïf: « On ne saurait suivre sans réserves les historiens, occasionnels ou professionnels, de la physiologie qui, renchérisant sur l'hostilité déclarée de Claude Bernard pour les théories explicatives, attribuent à la seule expérimentation empirique les progrès de la physiologie au XIX^e siècle. (...) Claude Bernard n'a jamais tenu la recherche, la découverte et la réunion de faits expérimentaux pour des activités semblables à la cueillette de fruits sauvages ou à l'exploitation d'une carrière. » (Canguilhem, 1989, pp. 232-233).

⁽⁸⁾ Il en est par exemple ainsi de ses prises de position vis-à-vis du vitalisme et plus particulièrement dans les appréciations très ambiguës qu'il émet par rapport à l'œuvre de X. Bichat (nous renvoyons à la communication que G. Canguilhem a lue à Cracovie au XI^e Congrès international d'histoire des sciences et qui figure dans Canguilhem, 1989, pp. 156-162).

La fixité du milieu intérieur est la condition de la vie libre, indépendante: le mécanisme qui la permet est celui qui assure dans le milieu intérieur le maintien de toutes les conditions nécessaires à la vie des éléments. »

Pour reprendre les termes de G. Canguilhem, l'organisme est conçu comme un tout, « *construit en vue de la vie élémentaire, c'est-à-dire de la vie cellulaire* ». Ne revient-on pas alors à une forme de finalisme qui réactiveraient la question du « pourquoi » au cœur même du dispositif expérimental bernardien : le milieu intérieur ? Pourquoi par exemple, le milieu intérieur, lui-même composé par des cellules, entretiendrait-il la vie cellulaire ? Un tel problème ne relève à l'évidence pas de la méthode expérimentale et n'interroge pas, de ce fait, la Science. C. Bernard, sans éluder la question, la renvoie immédiatement dans le domaine de la métaphysique. Mais n'est-ce pas une méthode rompant avec toute considération philosophique *a priori* que l'auteur désirait promouvoir ? Nous ne pourrons alors étudier le concept de milieu intérieur qu'à l'aune de la méthode qui le sous-tend et de sa place dans le projet de C. Bernard. On peut ainsi apprécier le renversement auquel procède C. Bernard par rapport au concept de méthode tel qu'il est mis en œuvre par l'auteur du « *Discours sur la méthode* ». Sous un vocable apparemment identique, on assiste à un glissement sémantique qui modifie le sens et la portée du mot lui-même. En effet, avec R. Descartes, la méthode est constituée (Descartes, 1994, p. 19) :

« de règles certaines et faciles dont l'exacte observation fera que n'importe qui ne prendra jamais rien de faux pour vrai, et que, sans dépenser inutilement aucun effort d'intelligence, il parviendra à un accroissement graduel et continu de science, à la véritable connaissance de tout ce qu'il sera capable de connaître. »

De plus, R. Descartes affirme dans ses premiers textes que sa méthode est universelle et qu'elle s'applique donc à toutes les questions, y compris la métaphysique, de telle sorte que science et métaphysique dans leur rapport réciproque n'en seraient que des applications, qu'elles auraient un point commun, la méthode. Cette conception de la méthode prise dans le sens général d'une procédure logique inhérente à toute démarche scientifique permet d'intégrer un ensemble de règles, indépendant de toute recherche et de tout contenu spécifiques. La méthode vise alors des processus, des formes de raisonnement, de perception qui rendent possible l'accès à la « vérité »⁽⁹⁾. Les « règles » de la méthode, telles que R. Des-

⁽⁹⁾ Et dont les règles s'expriment en ces termes :

* L'intuition pure, c'est-à-dire ce qui tombe sous le regard de l'esprit à titre d'idées claires et distinctes, l'intuition étant entendue ici comme « *le concept que l'intelligence pure et attentive forme avec tant de facilité et de distinction qu'il ne reste aucun doute sur ce que nous comprenons; ou bien (...) le concept qui naît de la seule lumière de la raison.* »

* Il faut diviser les questions complexes en autant d'éléments pour mieux les résoudre.

* Aller du simple au complexe.

Tiré de Descartes (1966, p. 47).

cartes nous les expose, participent d'une double finalité: d'une part, dé-couvrir le simple et, d'autre part, donner à celui-ci un ordre par lequel il sera possible de s'élever, par degrés successifs et de façon rationnelle à la connaissance du complexe. F. Alquié (1962, p. 18) insiste bien sur cette démarche de R. Descartes qui consiste à « *remplacer (...) un complexe offert, et offert sans raison, dans une sorte d'expérience confuse, spontanée, par un complexe ordonné, et par là même, rationnel* ». Dans ces conditions, le statut de la méthode chez R. Descartes apparaît clairement: il s'agit d'un processus privilégié, unique, général qui permet d'accéder à des « vérités objectives » et ce, par la mise en mouvement de la raison. Avec C. Bernard, l'idée de méthode va se singulariser, se particulariser: de son sens purement abstrait, le concept de méthode va progressivement se transformer en un moyen spécifique finalisé. La méthode devient un « outil » au service de la connaissance, et C. Bernard le proclame presque comme une revendication à l'encontre du *Discours de la méthode* (Bernard, 1966, p. 12) « *La plupart des questions de science sont résolues par l'invention d'un outillage convenable: l'homme qui découvre un nouveau procédé, un nouvel instrument, fait souvent plus pour la physiologie expérimentale que le plus profond philosophe ou le plus puissant esprit généralisateur* ». Nous retrouvons ici, plus particulièrement adapté à la méthode, le découpage initial entre technique et connaissance. La méthode, lorsqu'elle se réduit à ses présupposés devient un ensemble d'opérations que l'on met en œuvre afin d'atteindre un objectif, en même temps qu'elle constitue un ensemble de principes, de normes (c'est-à-dire de règles pour l'action), permettant de coordonner, d'organiser l'ensemble des moyens (techniques) orienté vers une fin. Et si elle ne se confond pas avec la technique, elle s'en approche singulièrement, dès lors qu'elle représente l'Instrument de construction d'une réponse à la question « comment »⁽¹⁰⁾. Le concept de milieu intérieur chez C. Bernard constitue, comme le souligne G. Canguilhem (1989, p. 148) « *le fondement théorique à la technique de l'expérimentation physiologique* ». C'est par l'idée même de constance de ce milieu intérieur que s'ouvre la voie d'une science expérimentale. A partir de ce point de départ « conceptuel » que représente le milieu intérieur, C. Bernard considère (contrairement à Lamarck) que la vie doit s'étudier à partir des animaux supérieurs. Par les sécrétions de ses organes l'animal maintient cette constance dans le milieu intérieur, et peut dans ces conditions entretenir la vie de ses cellules. Ainsi, comme le souligne G. Canguilhem (1989, p. 149) par delà l'idée de sécrétion interne, le concept de milieu intérieur apporte « *l'autonomie des éléments anatomiques des organismes complexes et leur subordination fonctionnelle à l'ensemble morphologique* » et sur le plan expérimental, la théorie cellulaire intégrée au concept de milieu intérieur permet à la physiologie de « *se présenter comme une science fondant sa propre méthode* ». Par la méthode expérimentale, C. Bernard ouvre plus lar-

⁽¹⁰⁾ « *La technique est, comme la méthode, une réponse à un "comment ?". [...] Les techniques ne sont donc que des outils mis à la disposition de la recherche et organisés par la méthode dans ce but.* » (Grawitz, 1993, pp. 302-303).

gement la voie au phénomène de technicisation des connaissances et, dans ce même mouvement d'autonomisation, il confère à la physiologie le statut de science. La cellule ne renvoie plus ici à une vision atomiste de la matière vivante, elle contient elle-même une substance dans laquelle se loge effectivement la vie et que l'auteur nomme le *protoplasma*⁽¹¹⁾. Force est dès lors de constater que cette matière préexiste à la cellule dans la conception de la vie. C'est même, nous dit C. Bernard (p. 251), la « *seule matière vivante du corps qui anime toutes les autres* », des unicellulaires aux végétaux et aux animaux. L'auteur en arrive à la conclusion selon laquelle la vie c'est la matière. C'est dans cette relation entre la vie et la matière que s'échafaude l'expérimentation qui n'avait aucune prise lorsqu'il s'agissait de concevoir la vie au travers de la forme (au sens aristotélicien du terme). L'expérimentation tend peu à peu à éclairer un aspect particulier de la connaissance du vivant: celui qui se ramène à la reproduction dans les éprouvettes du laboratoire de ses activités physico-chimiques. La technique éclaire alors un champ particulier du connaître, laissant irrémédiablement dans l'ombre des questions qui ne se résolvent pas par la démarche expérimentale. La comparaison, sur ce point particulier, entre le « discours de la méthode » et la « méthode expérimentale » montre bien ce renversement dans ce qui constitue les fondations mêmes de la construction des sciences: la méthode. Une telle relation entre expérimentation et scientificité ne marque certainement pas une révolution dans les sciences modernes, mais seulement l'affirmation, pour la physiologie, d'un recours indispensable à une méthode spécifique afin d'asseoir son autonomie. Nous mettons ainsi en évidence la différence fondamentale entre une technicisation des connaissances (sciences expérimentales) et une connaissance par la technique. En effet, dans l'idée d'expérimentation (au sens de C. Bernard par exemple), nous soulignons un mouvement qui part d'un construit épistémique et s'oriente vers une technique appliquée au connaître. Ce mouvement participe ainsi à l'élaboration d'une méthode: l'expérimentation. Ce mouvement ne désigne cependant pas un instrument particulier, mais prépare incontestablement la place dans laquelle viendra se loger cet instrument. Nous constatons un renversement définitif quant au contenu sémantique et conceptuel du terme « *méthode* » entre R. Descartes et C. Bernard (qui la présentent tous deux comme la référence incontournable pour asseoir une démarche scientifique). Ce renversement marque également la rupture irrémédiable entre le champ de la métaphysique et le domaine du scientifique. Un tel mouvement se prolonge également vers une séparation progressive de la philosophie par rapport à la science (que déplorera notamment H. Bergson); la philosophie devenant en biologie l'archétype de la spéculation intellectuelle stérile.

⁽¹¹⁾ Nous retrouvons dans la définition du protoplasma cette ambiguïté de C. Bernard vis-à-vis du vitalisme: « *Il y a une substance vivante, le protoplasma, qui donne naissance à la cellule et qui lui est antérieure.* » (Bernard, 1966, p. 187).

Les grands débats qui ont animé la question de la vie au XVIII^e siècle portent l'empreinte du mécanicisme newtonien qui, sous la fameuse pétition de principe, *hypotheses non fingo*, maintient malgré tout un socle métaphysique irréductible. Dans le cadre d'une connaissance de la vie, ces soubassements s'avèrent d'autant plus visibles que, contrairement à la mécanique, les mathématiques se révèlent ici impuissantes à guider le raisonnement. De ce point de vue, les forces pénétrantes ne parviendront jamais au statut des forces gravitationnelles. La méthode expérimentale de C. Bernard se veut résolument orientée vers une démarcation entre science et métaphysique, et même plus généralement entre démarche scientifique et spéculation philosophique. Nous aboutissons alors à une occultation de principe concernant les présupposés métaphysiques plutôt qu'à leur éradication effective. La persistance à une référence vitaliste au XIX^e siècle, en France du moins, témoigne de la difficulté rencontrée et certainement des limites de la méthode expérimentale, lorsqu'elle ne se prolonge pas par l'instrumentalisation. Par la suite, la cytologie et la biochimie poursuivront dans cette voie, en contournant plutôt qu'en résolvant cette trace indélébile. L'instrumentalisation deviendra alors l'outil privilégié de ce contournement.

La technicisation des connaissances

La théorie cellulaire dont C. Bernard disait que « *ce n'était pas un vain mot* » ne représente dans la première moitié du XIX^e siècle qu'un élément conceptuel qui articule un ensemble explicatif plus large. Nous avons vu que, pour C. Bernard, cet ensemble plus large se manifeste par l'idée de milieu intérieur, mais la cellule demeure malgré tout un « concept », dans un construit élaboré pour répondre à la question de la connaissance de la vie⁽¹²⁾. Ce positionnement conceptuel a d'ailleurs conduit A. Comte à rejeter la théorie cellulaire au nom de la science et sur la base de principes philosophiques, indépendamment à toute forme d'expérience (il manifestait une défiance pour la recherche microscopique, comme le note G. Canguilhem⁽¹³⁾). Comme nous l'avons souligné, le *protoplasma* conserve ce caractère de substance vivante, chargée de propriétés encore liées à la tradition vitaliste, même si C. Bernard rejette

⁽¹²⁾ Alors même que, grâce au microscope, la cellule avait été identifiée depuis plus d'un siècle et demi.

⁽¹³⁾ L'auteur interprète en ces termes la position d'A. Comte: « *C'est essentiellement au nom d'une exigence de cohérence que Comte interdit de tenir la cellule pour un élément organique. L'organisme lui paraît consister dans l'indivisibilité d'une composition de parties. Il ne saurait y avoir de vivant réel en tant qu'individu simple. (...) Pour Comte, le concept de cellule inclut une périlleuse analogie entre le corps organique et le corps inorganique composé, en dernière analyse, de molécules indivisibles.* » (Canguilhem, 1989, p. 66).

la relation aristotélicienne entre la forme et la vie au profit de la matière (1966, p. 350) :

« *La vie n'est point liée à une forme fixe, déterminée ; elle peut exister réduite à la destruction et à la synthèse chimique d'un substratum, qui est la base physique de la vie, ou le protoplasma. La notion morphologique est donc [...] une complication de la notion vitale.* »

L'étude de l'intracellulaire et l'analyse de ce protoplasma nécessiteront alors la médiation de moyens techniques (tels que le microscope et des colorants appropriés) qui devront s'adapter, par améliorations successives, aux besoins de ces nouvelles investigations.

L'objet technique comme médiateur : le microscope et l'émergence de la théorie cellulaire

L'expérimentation se prolongera donc par une instrumentalisation des connaissances qui implique des objets techniques bien précis. Nous passerons ainsi à une autre étape de la biologie qui, de l'étude de la cellule conduira à la biologie moléculaire. Nous montrerons que cette évolution adopte, de plus en plus clairement, les schèmes de la genèse des techniques⁽¹⁴⁾ qui s'insèrent dans les protocoles expérimentaux (Canguilhem, 1992, p. 48) :

« *Le microscope est plutôt le prolongement de l'intelligence que le prolongement de la vue. En outre, la théorie cellulaire n'est pas l'affirmation que l'être se compose de cellules, mais d'abord que la cellule est le seul composant de tous les êtres vivants, et ensuite que toute cellule provient d'une cellule préexistante. Or cela n'est pas le microscope qui autorise à le dire. Le microscope est tout au plus un moyen de le vérifier quand on l'a dit.* »

Le microscope existait bien avant que ne s'affirme la méthode expérimentale, mais il ne deviendra un objet d'investigation scientifique qu'en s'intégrant à cette méthode. La cellule se situe, dans la connaissance du vivant, au carrefour de plusieurs phénomènes concernant les courants de pensée en biologie. De ce point de vue, elle symbolise une sorte de singularité épistémologique. Elle constitue une forme d'aboutissement pour un programme de recherche, et un point de départ pour ce qui deviendra la théorie cellulaire. La cellule en tant qu'unité de vie va ainsi se transformer en un objet individué de connaissance. Les propriétés et réactions chimiques du non-vivant conduisent à une explication du vivant. La singularité épistémologique va reposer sur la recherche des principes vitaux à l'intérieur même de la cellule. Cette transition du vivant vers le non-vivant, par le franchissement symbolique de la membrane cellulaire,

⁽¹⁴⁾ Concernant cette genèse, nous renvoyons aux travaux de Simondon (1989).

vers les éléments intracellulaires, apparaît parfaitement dans les propos de M. Tibon-Cornillot (1997, p. 199), lorsqu'il précise :

« *La cellule, cet élément vivant fondamental, est devenue à son tour objet de démontages et de remontages. Sa décomposition en éléments plus simples, à partir de la deuxième moitié du XIX^e siècle, devait permettre la localisation et l'étude des composants cellulaires, le noyau, les chromosomes, la membrane, les mitochondries, les lysosomes, etc., chacun de ces éléments devenant à son tour objet d'études, de décompositions en éléments plus simples et de mécanisations sans cesse plus puissantes. Cette dynamique réductionniste et mécanisante s'exerça donc sur des éléments non-vivants du vivant, ouvrant ainsi la voie royale de la biologie moléculaire, génétique et biochimique.* »

Si, dans le construit bernardien, l'identification de la cellule passait par les lentilles du microscope, cette entité ne se justifiait que dans une articulation avec le *milieu intérieur*. L'étude de la cellule pour elle-même ne présentait, dans cette démarche, qu'un intérêt limité. A partir du moment où la cellule devient objet de connaissance à part entière, ses propriétés vitales (nutrition, excrétion, reproduction) conduisent à identifier dans le protoplasme, les mécanismes qui régissent ces phénomènes. Le noyau de la cellule fut, dans un premier temps, identifié et analysé (dans le cadre de la division cellulaire), puis d'autres éléments, plus ténus encore, furent identifiés (chromosomes, mitochondries, etc.). Ces connaissances nouvelles concernant l'intracellulaire nécessitèrent la médiation de moyens techniques de plus en plus précis et performants. Nous pensons bien entendu au microscope (optique puis électronique) mais également à l'ensemble des méthodes de préparation qui précèdent l'observation microscopique. Or, la méthode expérimentale représente de ce point de vue une sorte d'origine qui, dans sa mise en œuvre, favorise et accélère l'incorporation d'instruments dans un cadre épistémique préétabli. Au fur et à mesure que s'affirme la technicisation des connaissances, nous constatons un rétrécissement dans la diversité des débats d'ordre épistémique et l'affirmation d'une idée de progrès dans les sciences de la vie. L'histoire de la cellule confirme bien ce phénomène. Comme le souligne G. Canguilhem (1992, p. 48), la cellule, en un premier temps, fut découverte observée et dénommée bien avant qu'elle ne soit intégrée dans un construit épistémique :

« *Ayant pratiqué une coupe fine dans un morceau de liège, Hooke (1667) en observe la structure cloisonnée. C'est bien lui aussi qui invente le mot, sous l'empire d'une image, par assimilation de l'objet végétal à un rayon de miel, œuvre d'animal, elle-même assimilée à une œuvre humaine, car une cellule c'est une petite chambre. Mais la découverte de Hooke n'amorce rien, n'est pas un point de départ. Le mot même se perd et ne sera retrouvé qu'un siècle après.* »

La cellule, ainsi mise en évidence, ne s'inscrit pas dans les questionnements de l'époque sur la connaissance de la vie. Elle demeure donc au mieux un objet de curiosité. Les instruments optiques permettent donc des investigations à un niveau microscopique mais la vie ne relevant pas,

pour le moment, d'une interrogation à ce niveau, la cellule fut «oubliée»⁽¹⁵⁾. Grâce au microscope, mais surtout par un glissement du questionnement sur la vie, la théorie cellulaire va devenir progressivement la clé de voûte de toute investigation sur le vivant. Pour illustrer ce «retournement», il suffit selon nous de comparer les positions de R. Virchow à celles de C. Bernard. Ainsi, une relation implicite entre la partie (cellule) et le tout (organisme) devient la porte d'entrée pour l'analyse du vivant, comme le souligne F. Duchesneau (1987, p. 349):

« Lieu des échanges moléculaires représentant l'activité vitale, la cellule (selon Virchow) est une unité morpho-physiologique conforme à l'idée de totalité organique. L'organisme global n'est qu'une association de cellules structurellement et fonctionnellement adaptées de façon à interagir. Le noyau est l'organe生殖的 des structures vivantes; au protoplasme échoit l'activité trophique spécialisée dont dépend le rôle fonctionnel de tel ou tel type d'unités. »

La cellule, dans son activité métabolique, définit selon R. Virchow, un «territoire» qui, malgré ses apparences, renverse complètement l'idée de milieu intérieur de C. Bernard. Alors que le milieu intérieur représente la condition du maintien de l'activité cellulaire, le territoire constitue une conséquence de cette activité; ce que l'auteur du célèbre aphorisme *omnis cellula e cellula*⁽¹⁶⁾ exprime en ces termes⁽¹⁷⁾:

« Dans les tissus où existe une substance intercellulaire, la cellule régit, outre son propre contenu, une certaine partie de la substance qui l'entoure; cette partie de substance extérieure partage le sort de la cellule, elle participe à ses altérations. »

Le territoire se dessine à partir de l'activité cellulaire. La cellule, par ses sécrétions, devient ainsi le point de départ d'une investigation scientifique. Cette distinction entre l'activité intracellulaire et intercellulaire va naturellement conduire à mettre en évidence les sources de production et de transmission des substances interstitielles qui génèrent ce ter-

⁽¹⁵⁾ Le vitalisme participe au mouvement de ces constructions épistémiques qui retardèrent, notamment en France, l'emploi du microscope dans la physiologie. Les propos de G. Canguilhem sur X. Bichat ne laissent, sur ce point, planer aucun doute: « Bichat n'armait pas le microscope, peut-être parce qu'il savait mal s'en servir, comme Klein le suggère à Magendie. Bichat préférait le scalpel et ce qu'il appelait l'élément dernier dans l'ordre anatomique c'est ce que le scalpel permet de disjoindre et de séparer. A la pointe du scalpel, on ne saurait trouver une cellule non plus qu'une âme. » (Canguilhem, 1992, p. 64).

Par conséquent, si le microscope autorisait des investigations concernant la connaissance intracellulaire, les orientations épistémiques (nous renvoyons par exemple à Lamarck et C. Bernard) privilégiavaient un autre mode d'accès au connaître. Pour preuve, les conceptions vitalistes toujours aussi prégnantes ont, à ce titre, une grande responsabilité quant à la limitation en France de l'utilisation du microscope, ce qui n'est pas le cas en Allemagne.

⁽¹⁶⁾ Toute cellule provient d'une cellule préexistante.

⁽¹⁷⁾ Cité par F. Duchesneau (1987, p. 311).

ritoire. Le noyau devient le lieu de contrôle et de reproduction de la cellule et, de ce fait, nutrition, sécrétion (protoplasme), reproduction (noyau) constituent des fonctions dont l'analyse intracellulaire éclaire les mécanismes. Par l'analyse de l'origine de ces sécrétions et des phénomènes de division cellulaire, les savants avec l'aide certes du microscope mais aussi de préparations de plus en plus efficaces (coloration, emplois de réactifs pour isoler les membranes du contenu cellulaire) vont distinguer de manière plus précise les fonctions des constituants de la cellule. A partir des recherches des *microscopistes allemands* et des travaux fondamentaux sur l'hérédité et l'évolution des espèces qui sortent quelque peu de notre propos (G. Mendel, C. Darwin), les conditions pour la mise en place d'une orientation programmatique dans la connaissance du vivant semblent réunies. L'amélioration progressive de ces techniques coïncide avec l'insertion de l'observable dans un construit épistémique unifiant ces diverses approches. Les améliorations des lentilles permirent d'obtenir des grossissements de plus en plus forts avec une définition des entités observées sans cesse améliorée. Des lentilles à immersion à huile (1870), jusqu'aux microscopes électroniques (après 1940) eux-mêmes constamment plus perfectionnés, des méthodes de préparation et de coloration aux découpes de plus en plus fines et précises, toutes ces techniques permettent d'isoler des phénomènes à une échelle sans cesse réduite. Les composants intracellulaires se dévoilent progressivement aux yeux des hommes tout en intégrant un domaine de questionnements de plus en plus précis. L'observation de la division cellulaire participe à deux types de questionnement qui touchent à la connaissance de la vie: la spécialisation des cellules à partir d'une cellule-œuf indifférenciée et la transmission héréditaire. La localisation du siège de ces phénomènes dans la cellule, notamment la mise en évidence du noyau et de son rôle dans la division cellulaire, le repérage des divers stades de la mitose et les transformations intranucléaires qu'elle sous-tend, modifient ostensiblement les questions sur la connaissance de la vie. Par une série d'opérations techniques, on assiste donc à une transformation de la matière vivante en objet expérimental; ce glissement traduisant un rapprochement progressif par la technique de l'objet de connaissance et de l'objet d'expérience. L'exemple des travaux réalisés par l'équipe de T. H. Morgan à partir de 1909 constitue une bonne illustration de ce processus. La découverte par des instruments sans cesse plus précis des chromosomes (W. Flemming, 1879) puis la démonstration expérimentale du rôle du noyau dans la transmission héréditaire (T. Boveri, 1889) représentent déjà une convergence évidente entre méthode expérimentale et instrumentalisation. Par la suite, les résultats spectaculaires obtenus dans la recherche cytologique furent rapprochés des lois de l'hérédité de Mendel qui, comme le souligne E. Mayr (1989, p. 965), «permettaient d'engager des prédictions et de les soumettre immédiatement à l'épreuve expérimentale». Or, le choix de la drosophile comme objet d'expérimentation par T. H. Morgan et le fait que cette mouche de vinaigre deviendra en quelque sorte le symbole de la génétique moderne confortent cette idée de convergence.

entre expérimentation et instrumentalisation. En effet, pour la méthode expérimentale, concernant la transmission des caractères héréditaires, cette mouche selon E. Mayr (1989, p. 978) « se reproduit toutes les deux à trois semaines, peut être élevée en bouteille de lait vide, et presque aucune maladie ne l'atteint ». En outre, elle n'a que quatre paires de chromosomes ce qui, on le conçoit aisément, permettra d'appliquer plus efficacement la panoplie instrumentale développée dans le cadre de la cytologie. Cette convergence entre méthode expérimentale et instrumentalisation, qui se trouve à l'origine de la génétique moderne, se traduit donc par un rapprochement entre objet de connaissance et objet d'expérience. La drosophile réunissant parfaitement ces deux dimensions.

L'instrumentalisation de la recherche prolonge, et en même temps conforte, l'idée de science expérimentale. Les découvertes faites par l'intermédiaire d'instruments précédent très souvent leur intégration dans un construit épistémique cohérent, que l'on se réfère à la cellule, au noyau, ou plus tard aux chromosomes. Les délais d'intégration de ces découvertes tendent à se réduire (150 ans pour la cellule, 20 ans pour le noyau). Cette réduction peut apparaître comme une présence *a priori* de plus en plus systématique de l'instrument dans la conception des modèles épistémiques. Ce mouvement conforte donc l'interprétation selon laquelle le champ épistémique s'aligne progressivement sur les dévoilements qu'autorise la technique ; la méthode expérimentale constituant un puissant catalyseur dans cette fusion. D'un constat d'interaction entre les domaines technique et épistémique, nous débouchons ainsi sur l'existence d'une sorte d'accélération de ce mouvement. Ce changement de rythme participe pleinement à l'histoire des sciences et, pour ce qui nous concerne, à l'histoire de la biologie. Simultanément, nous assistons à la domination des programmes de recherche qui s'inscrivent le mieux dans cette dynamique, au détriment d'autres domaines de connaissance. Nous voudrions montrer, par l'étude de l'émergence de la biologie moléculaire, que cette tendance non seulement se prolonge, mais qu'en outre elle conduit par intégration progressive à transformer les objets de connaissance en objets techniques. Nous passerions ainsi de la fusion entre objet de connaissance et objet d'expérience à celle qui concernerait l'objet d'expérience et l'objet technique ; l'objet de connaissance se transformant progressivement en objet technique.

La biologie moléculaire ou la restriction du domaine épistémique

Avec l'émergence de la biologie moléculaire, la technique ne se limite plus à fournir des instruments à l'expérimentateur. Objet d'expérience et objet technique tendent à se confondre. Ce second renversement prolonge la quête vers l'infiniment petit dans la connaissance de la vie, et surtout met en œuvre de nouveaux instruments pour explorer ces domaines. Les niveaux cellulaire puis intracellulaire, accessibles à l'ob-

servation visuelle par l'intermédiaire du microscope, trouvent une limite dans les questions que soulève la connaissance de la vie. Une fois localisés et décrits les phénomènes de division cellulaire et d'hérédité, par exemple, on ne connaît toujours pas les mécanismes biochimiques qui se trouvent à l'origine de la mitose ou de la transmission des caractères. Ainsi, peu à peu en se forgeant la certitude que le noyau d'abord et les chromosomes ensuite constituent la clé permettant de comprendre à la fois les principes de la division cellulaire et la transmission héréditaire des caractères, l'attention des chercheurs se focalise sur cette partie de la cellule. Cette évolution se réalise dans un contexte qui permet de telier un certain nombre de résultats obtenus hors du strict champ de la cytologie (théorie néo-mendelienne de l'hérédité par exemple). De la cellule au noyau, puis du noyau aux chromosomes, l'ouverture du champ de la connaissance va de pair avec le perfectionnement des moyens techniques et des outils. Le rôle et les fonctions des chromosomes dans la mitose, puis dans la méiose, se trouvent ainsi mis en évidence par des techniques spécifiques comme le note E. Mayr (1989, p. 1018):

« Les progrès les plus importants (de la recherche chromosomique) ont été accomplis grâce à la mise en œuvre de nouvelles techniques. Les nombres chromosomiques, par exemple, furent déterminés avec plus de précision, par l'application de la technique de l'érasement, ou en recourant aux cultures de tissus (donnant des cellules plus grandes), à l'immersion dans des solutions hypotoniques (ce qui donne également des cellules agrandies) et au traitement à la colchicine (qui inhibe la formation du faisceau achromatique et permet de mieux voir le chromosome). »

Ces observations ouvrent à leur tour la voie à une série de questions qui, malgré les prouesses techniques, échappent définitivement au regard humain. Une fois montré que les chromosomes sont porteurs des facteurs héréditaires, encore faut-il déterminer les éléments qui définissent ces facteurs ainsi que leurs modes de transmission. Ainsi, ce qui se soustrait au regard devient un enjeu scientifique. D'autres techniques doivent alors être mises en œuvre pour accéder à une compréhension de ces phénomènes. L'idée de gène s'installe dans la communauté scientifique au début du XX^e siècle (redécouverte des lois de Mendel), un peu comme l'idée de monade organique désignait préalablement la cellule: une entité abstraite et non matérielle comme le souligne E. Mayr (1989, pp. 967-968):

« (W. Johannsen) s'éleva contre ceux qui concevaient le gène "comme une structure matérielle, morphologiquement caractérisée; cette conception est dangereuse pour le progrès futur de la génétique, et il faut que tout le monde en soit rapidement prévenu" par conséquent, au lieu de fournir une définition du gène, il dit simplement: "le gène doit être utilisé comme une sorte d'unité de calcul (Rechnungseinheit)." »

La redécouverte des lois de Mendel au début du siècle stimula l'étude du matériel génétique dans les chromosomes et constitue, à partir des travaux de T. H. Morgan et E. B. Wilson (1910), le point de départ de la génétique moléculaire. Or les difficultés techniques pour approcher visuelle-

ment les constituants du chromosome conduisent à l'émission de nouvelles hypothèses spéculatives quant à la nature et à l'expression de ces entités. Les méthodes expérimentales alliées au néo-mendélisme permirent d'écartier un certain nombre de constructions si bien que la génétique progressa très rapidement durant la première moitié du XX^e siècle sans toutefois avancer sur la nature du gène, voire même sur son existence matérielle. Parallèlement, les chimistes ont analysé les composants du noyau (nucléine) et dès 1910, quatre bases furent identifiées (guanine, adenine, cytosine et thymine) comme participant à la constitution de cette molécule. Cependant, la relation entre la composition chimique de la nucléine (ou chromatine) et la transmission héréditaire des caractères semble encore très difficile à établir. En effet, tant que d'une part le rôle de la macromolécule de l'ADN dans la transmission des caractères n'a pas été établi (relation entre chimie et biologie) et que, d'autre part, la structure de la molécule d'ADN n'est pas identifiée, il semble difficile de comprendre le lien qui s'établit, par exemple, entre les composants chimiques de la chromatine et la génétique. Les méthodes de purification de l'ADN permirent à O. T. Avery, en 1944, de démontrer que l'ADN était le support de la transmission héréditaire. Par la suite, la découverte de F. Crick et J. Watson en 1953 permit une représentation, maintenant devenue classique, en double hélice de la molécule d'ADN. Le succès immédiat de ces découvertes réside certainement dans leur capacité à répondre simultanément à de nombreuses questions restées encore en suspens (le génotype prenait dans l'ADN une consistance matérielle, représentation de la duplication, explication des mutations, etc.). La biologie moléculaire trouve ainsi sa date de naissance⁽¹⁸⁾. Au delà des péripéties historiques qui conduisirent à ce résultat (E. Mayr par exemple les décrit remarquablement), il importe de souligner la prégnance de plus en plus soutenue de la technique dans cette évolution, comme le note fort justement E. Mayr (1989, p. 760) :

« Les structures impliquées dans les processus génétiques ont des dimensions submicroscopiques, et les biologistes moléculaires se sont montrés extrêmement ingénieux dans la mise au point de techniques permettant d'étudier les structures et le processus moléculaires ainsi que leurs variations. En fait, on a jusqu'ici appris davantage, en matière d'évolution moléculaire, par l'application de nouvelles techniques que par l'élaboration de nouveaux concepts. »

Or, à partir de cette date (1953), l'objet de connaissance (le gène et ses modes d'expression) devient lui-même progressivement un objet technique. Il s'agit donc de « découper » des macromolécules afin d'en

⁽¹⁸⁾ C'est ce que notamment exprime E. Mayr (1989, p. 1084), lorsqu'il montre que la biologie moléculaire met en adéquation les explications chimiques et les phénomènes de la transmission héréditaire : « *La structure de la double hélice de l'ADN a) expliquait la nature de la séquence linéaire des gènes, b) révélait le mécanisme de duplication exacte des gènes, c) expliquait en termes chimiques la nature des mutations, d) montrait comment la mutation, la recombinaison et la fonction du gène étaient des phénomènes distincts au niveau moléculaire.* ».

extraire des séquences ayant un sens du point de vue de l'expression phénotypique. Un tel « découpage » nécessite au préalable l'obtention d'un ADN relativement pur et non dégradé, mais également le recours à des « outils » appropriés pour mener à bien cette « découpe » (enzymes de restriction), pour isoler, identifier et « recoller » les fragments ainsi obtenus, pour analyser leur taille, leur composition et leur rôle dans la biosynthèse protéïnique. La perte progressive de repère par rapport à un référent épistémique se retrouve dans cette sorte de dérive sémantique qui place sous la même terminologie (le gène) deux entités bien distinctes (l'une conceptuelle, le gène néo-mendelian, et l'autre matérielle, le gène moléculaire). Cette dérive se trouve brillamment exposée par F. Ducheneau (1997, p. 165) qui, en reprenant les textes de D. Hull, compare le contenu de la génétique mendélienne et de la génétique moléculaire :

« La génétique mendélienne se limite à l'analyse du matériel héréditaire en gène au moyen d'études portant sur la transmission, études qui caractérisent les gènes en termes de ratios mendéliens résultants ; par contre, la génétique moléculaire se développe de façon à intégrer les mécanismes moléculaires qui interviennent entre l'ADN et les protéines produites. Il n'y a pas d'autre issue. Idéalement, il faudrait comparer deux théories de la transmission ou deux théories du développement, mais cela est impossible. On pourrait comparer les gènes mendéliens aux gènes moléculaires, mais une telle comparaison omettrait la plus grande partie tant de la génétique mendélienne que de la génétique moléculaire. »

L'expression de cette rupture, par l'intrusion de la technique dans un référent épistémique, constitue bien l'aboutissement d'un processus historique. La technique devenant à elle seule objet et moyen de la connaissance, elle s'autonomise et s'éloigne définitivement de sa base épistémique. Les techniques de séquençage du génome ne constituent pas un moyen d'échauffer une réponse aux questionnements de la génétique néo-mendélienne, d'identifier la base matérielle du gène mendélien. La dérive sémantique exposée ci-dessus montre à l'évidence cette tendance à l'autonomisation de la biologie moléculaire, phénomène dans lequel la technique à la fois questionne et répond. Parallèlement, l'objet de connaissance (le gène en l'occurrence, ou plus exactement, la séquence d'ADN) coïncide avec la production de protéines et devient lui-même un objet technique entre les « mains » de l'expérimentateur, c'est-à-dire médiateur entre l'homme et la nature. De l'introduction d'une séquence d'ADN dans le chromosome d'une cellule afin de lui faire synthétiser une ou plusieurs protéines, à la modification de certains caractères d'un végétal ou d'un animal afin d'accroître un potentiel de production, nous venons par là même d'identifier l'émergence de ce qu'il est convenu de nommer le génie génétique⁽¹⁹⁾.

⁽¹⁹⁾ M. Tibon-Cornillot en donne la définition suivante : « Le génie génétique consiste en effet à transférer un gène d'une espèce vivante étudiée, gène que l'on a préalablement détecté et purifié, dans une cellule en culture ou dans un tissu (somatique ou germinal) d'un animal ou d'une plante afin d'obtenir la manifestation d'une nouvelle propriété liée au gène transféré. »

La biologie moléculaire, en tant que projet scientifique en voie de réalisation (dont la cartographie et l'interprétation complètes du génome des organismes vivants constituerait le symbole de cet aboutissement), représente également une sorte de point de départ d'un dessein technicien : le génie génétique. Mais ce passage concrétise le prolongement logique d'un processus historique qui renvoie à la technicisation des connaissances. Le construit épistémique cède donc la place à cette logique technicienne qui s'incarne dans le génie génétique au point que, comme le montre clairement M. Tibon-Cornillot (1992, p. 123), l'argument technicien devient la justification même du programme de recherche en biologie moléculaire :

« La présence permanente, en génétique, d'une masse d'opérations non théorisées manifeste la part tenue par cette part technique au sein du mixte scientifico-technique, part sans cesse déniée, toujours présente. Si le moindre doute subsistait encore, la découverte et le rôle du génie génétique dans la relance et l'expansion de la génétique moléculaire serait là pour nous rappeler l'existence de cette dimension. Le génie génétique est lié à une série d'avancées techniques, qui, une fois réunies, ont permis de relancer avec force le mouvement de la recherche en génétique moléculaire. »

L'objet de connaissance se fond ainsi dans l'outil. Une séquence d'ADN, une fois identifiée(s) sa (ou ses) fonction(s), devient alors le moyen de produire une substance ou d'exprimer un caractère dans un organisme. Elle franchit par conséquent la frontière de plus en plus ténue entre la chose à connaître et le moyen d'agir sur la nature. L'appropriation de cet outil et sa commercialisation se trouvent directement induites par la matérialisation du vivant qui s'opère ainsi en l'absence d'un retour sur ce que cette matière a de singulier (du génotype au phénotype). Une bactérie génétiquement modifiée afin de produire une substance pharmaceutique représente, d'un point de vue industriel, un outil de production ; sa spécificité d'organisme vivant s'efface donc devant l'usine chimique qu'elle peut dès lors représenter.

CONCLUSION

Le phénomène d'assimilation du vivant à un outil, de l'individu organique à une *technè*, se perd dans la nuit des temps (la domestication des hommes, des animaux et des végétaux). Le processus que nous décrivons nous semble différent, dans la mesure où il s'adresse au connaître. La *technè* « percole » l'épistémé disions-nous. Nous l'avons vu, la technique imprime au connaître un contenu particulier et tend à l'orienter dans sa construction, selon sa propre « logique ». Or, la connaissance de plus en plus imprégnée de cette logique technicienne devient « naturellement » un enjeu industriel. De la technicisation des connaissances à leur industrialisation, la frontière se trouve ainsi vite franchie, et ce passage

se prolonge à la fois vers des questions éthiques (appropriation de ces nouveaux moyens de production que sont les organismes génétiquement modifiés), voire institutionnelles (la situation de la recherche publique face à la recherche industrielle dans ce contexte). La firme tend-elle à devenir le lieu de référence dans lequel s'écrit l'histoire des sciences ? Ainsi, poser que la science se construit désormais au sein de la firme nous conduirait inéluctablement à ce résultat remarquable selon lequel le marché (du moins dans son acception conceptuelle) deviendrait le moteur principal de la dynamique scientifique. La main invisible d'A. Smith, qui régulait l'activité économique, se prolongerait ainsi vers la sélection des programmes de recherche. La science se conformerait-elle à l'efficacité de la sélection qu'opèrent les marchés, et les choix des programmes tendraient-ils à répondre à des critères pareto-optimaux dans les échanges d'idées ? Toutes ces questions indiquent par quel chemin la science devient petit à petit une question économique, voire industrielle. Elles justifient l'intérêt croissant que les économistes portent à la production de connaissances (ramenées pour ce faire au statut de marchandise). Mais sommes-nous effectivement dans le domaine du connâtre ou bien ne retenons-nous de la connaissance que son artefact technicien par lequel se révèle l'idée de progrès scientifique ? En d'autres termes, cette idée de progrès concerne-t-elle la connaissance proprement dite ou n'est-elle simplement que l'expression de cette domination de la technique dont nous venons d'esquisser la genèse ?

BIBLIOGRAPHIE

- ALQUIÉ (F.), 1962 — *Science et métaphysique chez Descartes*, C.D.U.
- BERNARD (C.), 1966 — *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, Librairie philosophique J. Vrin.
- CANGUILHEM (G.), 1989 — *Etudes d'histoire et de philosophie des sciences*, Librairie Philosophique J. Vrin.
- CANGUILHEM (G.), 1992 — *La connaissance de la vie*, Librairie philosophique J. Vrin.
- DESCARTES (R.), 1966 — *Le discours de la méthode*, Editions Galignani Flammarion.
- DESCARTES (R.), 1994 — *Règles pour la direction de l'esprit*, Editions J. Vrin.
- DUCHESNEAU (F.), 1997 — *Philosophie de la biologie*, Editions PUF.

- DUCHESNEAU (F.), 1987 — *Genèse de la théorie cellulaire*, Editions Bel-larmin, J. Vrin.
- GRAWITZ (M.), 1993 — *Méthodes en sciences sociales*, Editions Dalloz.
- JORDAN (B.), 1996 — *Génétique et Génome. La fin de l'innocence*, Editions Flammarion.
- KOYRÉ (A.), 1992 — *Etudes d'histoire de la pensée scientifique*, Editions Gallimard (coll. Tel).
- KOYRÉ (A.), 1990 — *Etudes d'histoire de la pensée philosophique*, Editions Gallimard (coll. Tel).
- MAYR (E.), 1989 — *Histoire de la biologie; diversité, évolution et hérédité*, Editions Fayard.
- PICHOT (A.), 1993 — *Histoire de la notion de vie*, Editions Gallimard (coll. Tel).
- ROGER (J.), 1995 — *Pour une histoire des sciences à part entière*, Editions A. Michel.
- SIMONDON (G.), 1989 — *Du mode d'existence des objets techniques*, Editions Aubier.
- SLOAN (P.R.), 1992 — *L'hypothétisme de Buffon: sa place dans les sciences du dix huitième siècle*, in: Buffon, 88, Actes du Colloque international ; sous la direction de J. Gayon, Librairie philosophique J. Vrin, p. 216.
- TIBON-CORNILLOT (M.), 1992 — *Les corps transfigurés. Mécanisation du vivant et imaginaire de la biologie*, Editions du Seuil.
- TIBON-CORNILLOT (M.), 1997 — Temps des codes, destin du nihilisme ou la « trahison » du génie génétique, *Revue européenne des sciences sociales*, Tome XXXV, n° 108, p. 199.