

## Controverses sur la méthode dans les sciences du vivant : physiologie, zoologie, botanique (1865-1931)

Laurent LOISON

Une des forces de la pensée de Claude Bernard est qu'elle s'est toujours développée selon au moins deux lignes, l'une scientifique et l'autre épistémologique. Se référant à sa propre pratique, Claude Bernard réélabora sans cesse ce que devait être la méthode expérimentale dans les sciences du vivant. La publication, en 1865, de l'*Introduction à l'étude de la médecine expérimentale* marqua un jalon important dans le cours de cette réflexion.

Le projet de ce texte est de revenir sur les controverses ouvertes par la façon dont Claude Bernard construisit son épistémologie et sa méthodologie de l'action expérimentale. Certains aspects de ces controverses, notamment l'opposition des zoologistes à la définition bernardienne de l'expérimentation, ont déjà été abordés par différents auteurs<sup>1</sup>. Il s'agira ici d'inscrire ces débats de la fin des années 1860 et du début des années 1870 dans une temporalité plus longue, afin de comprendre comment ils furent un élément important de l'histoire des disciplines biologiques, et ce jusqu'au début des années 1930.

Pour ce faire, nous reviendrons rapidement sur la manière dont Claude Bernard voulut restreindre l'extension du concept d'expérimentation dans les sciences du vivant. Il le fit d'abord en distinguant, de plus en plus

---

1. Voir principalement : Harry W. Paul, *From Knowledge to Power : The Rise of Science Empire in France, 1860-1939*, p. 98-103 ; Gheorghe Bratescu et Alexandru Marinescu, « Une controverse de 1872 sur la définition de la science expérimentale : la polémique entre Claude Bernard et Henri de Lacaze-Duthiers » ; Joquin Debaz, *Les Stations françaises de biologie marine et leurs périodiques entre 1872 et 1914* ; Raf de Bont, *Zoologists, Animals and their Common Habitat : A History of European Field Stations, 1870-1940*.

nettement, les sciences expérimentales véritables des sciences d'observation. Il le fit également en insistant sur une seconde distinction, celle séparant la physiologie, science de la substance vivante, de la morphologie, science des structures du vivant. Régulièrement, il rappela que la morphologie était en fait hors du champ de l'expérimentation active, celle qu'il s'était efforcé de mettre en œuvre au sein de son laboratoire du Collège de France.

Les restrictions bernardiennes allaient rencontrer de nombreuses oppositions de la part des zoologistes et botanistes de l'époque. Dans une deuxième partie, nous présenterons le débat qui s'ouvrit en 1868 à l'Académie des sciences quand Claude Bernard voulut cantonner la zoologie dans la catégorie des sciences « contemplatives ». Ce débat participa à enraciner une certaine pratique du raisonnement expérimental en zoologie pendant plus d'un demi-siècle. Dans une troisième partie, nous verrons comment la botanique revendiqua à son tour le statut de science expérimentale au cours des deux dernières décennies du XIX<sup>e</sup> siècle. Cette opposition, moins virulente – elle se fit après le décès de Claude Bernard – portait essentiellement cette fois-ci sur la distinction matière/forme qu'il avait construite tout au long de son œuvre. Cette vue d'ensemble sera l'occasion, dans une quatrième partie, de prendre la mesure de la polysémie de l'adjectif « expérimental » lorsque les biologistes français de la période 1880-1920 voulurent construire un transformisme expérimental, à la fois dans le sillage, mais aussi en opposition avec la physiologie bernardienne.

#### LA MÉTHODE EXPÉRIMENTALE DANS LES SCIENCES DE LA VIE, LES PRÉCEPTES BERNARDIENS

Dès 1865, dans l'*Introduction*, Claude Bernard avait commencé à élaborer une distinction entre deux types de sciences de la nature, les sciences d'observation et les sciences d'expérimentation. Cependant, observation et « expérience » demeurent la plupart du temps étroitement liées au sein du raisonnement expérimental que promeut Claude Bernard dans la première partie de l'*Introduction*. Jean Gayon a bien montré comment Claude Bernard avait ici su mettre à profit les conceptions méthodologiques

de son contemporain, le chimiste Michel-Eugène Chevreul<sup>1</sup>. Celui-ci, au fil de très nombreuses publications, avait en effet détaillé le schéma méthodologique propre aux sciences de la nature, et qu'il résumait par la formule « méthode *a posteriori* expérimentale ». L'expérience y tenait le rôle d'élément de contrôle *a posteriori* d'une induction théorique formulée *a priori*. Que cet élément de contrôle soit obtenu par observation ou par expérimentation n'a, chez Chevreul, aucune importance. Claude Bernard reprit à son compte les grandes lignes du schéma méthodologique de Chevreul. Aussi, en 1865, l'observation et l'expérimentation ne présentent pas encore l'une vis-à-vis de l'autre de « différence essentielle ». Néanmoins, la distinction se dessine et se durcit lorsque Claude Bernard envisage les possibilités pratiques permises par ces deux types de sciences :

Donc s'il n'y a pas, au point de vue de la méthode philosophique, de différence essentielle entre les sciences d'observation et les sciences d'expérimentation, il en existe cependant une réelle au point de vue des conséquences pratiques que l'homme peut en tirer, et relativement à la puissance qu'il acquiert par leur moyen. Dans les sciences d'observation, l'homme observe et raisonne expérimentalement, mais il n'expérimente pas ; et dans ce sens on pourrait dire qu'une science d'observation est une science passive. Dans les sciences d'expérimentation, l'homme observe, mais de plus il agit sur la matière, en analyse les propriétés et provoque à son profit l'apparition des phénomènes, qui sans doute se passent toujours suivant les lois naturelles, mais dans des conditions que la nature n'avait souvent pas encore réalisées. À l'aide de ces sciences expérimentales actives, l'homme devient un inventeur de phénomènes, un véritable contremaître de la création<sup>2</sup> ;

Le texte qui, de ce point de vue, ouvrit la première controverse fut le *Rapport sur les progrès et la marche de la physiologie générale en France* que Claude Bernard publia en 1867, à la demande du ministre Victor Duruy. Mirko Grmek a souligné très justement qu'en fait d'un rapport sur l'état d'une discipline scientifique, l'auteur avait produit un essai extrêmement personnel, où il envisageait, dans le même mouvement, le bilan de ses propres travaux et les possibilités qui s'ouvraient désormais<sup>3</sup>. À cette occasion,

---

1. Jean Gayon, « Les réflexions méthodologiques de Claude Bernard ».

2. Claude Bernard, *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, p. 48. Nous soulignons.

3. Mirko Grmek, *Le Legs de Claude Bernard*, p. 26 et p. 162.

Claude Bernard milite pour que soit reconnue la distinction, désormais essentielle, qu'il trace entre les sciences expérimentales, conquérantes, et les sciences d'observation, simplement contemplatives :

Nous établirons tout d'abord que la physiologie n'est point une science naturelle, mais bien une science expérimentale. Les sciences naturelles et les sciences expérimentales étudient les mêmes objets (corps bruts ou corps vivants) ; mais ces sciences se distinguent néanmoins radicalement, parce que leur point de vue et leur problème sont essentiellement différents. Toutes les sciences naturelles sont des sciences d'observation, c'est-à-dire des sciences *contemplatives* de la nature, qui ne peuvent aboutir qu'à la *prévision*. Toutes les sciences expérimentales sont des sciences explicatives, qui vont plus loin que les sciences d'observation qui leur servent de base, et arrivent à être des sciences d'action, c'est-à-dire des sciences *conquérantes* de la nature. Cette distinction fondamentale ressort de la définition même de l'*observation* et de l'*expérimentation*. L'observateur considère les phénomènes dans les conditions où la nature les lui offre ; l'expérimentateur les fait apparaître dans des conditions dont il est le maître<sup>1</sup>.

Les sciences naturelles, zoologie et botanique, sont ainsi doublement rétrogradées, à la fois dans leurs possibilités pratiques, mais aussi dans leurs potentialités théoriques, puisqu'elles ne peuvent être « explicatives » des phénomènes qu'elles étudient. Comme on s'en doute, une distinction aussi tranchée ne pouvait que conduire à l'opposition de la plupart des zoologistes. Avant d'étudier en détail la manière dont cette opposition se structura, il faut dire quelques mots sur les raisons qui poussèrent Claude Bernard à distinguer le plus radicalement possible physiologie et sciences naturelles. L'historien Harry W. Paul, dans son livre *From Knowledge to Power : The Rise of Science Empire in France*, a indiqué très justement que Claude Bernard entendait ainsi, aux yeux du ministère, montrer le bien-fondé pour l'empire français d'apporter un soutien financier massif à une discipline en voie d'autonomisation, la physiologie<sup>2</sup>. Cet aspect est incontestable. Claude Bernard voulait promouvoir institutionnellement cette nouvelle discipline, et, pour ce faire, il lui fallait montrer que celle-ci n'était pas comprise dans le champ des sciences naturelles, comme beaucoup de naturalistes le

---

1. Claude Bernard, *Rapport sur les progrès et la marche de la physiologie générale en France*, p. 132.

2. Harry W. Paul, *From Knowledge to Power*, p. 98-99.

revendiquaient au milieu du XIX<sup>e</sup> siècle, et qu'elle avait des implications pratiques du plus haut intérêt pour l'homme.

Cependant, le texte de 1867 doit aussi se lire à la lumière de l'épistémologie bernardienne. On sait que Claude Bernard avait en horreur les catalogues mis au point par les différentes disciplines naturalistes, zoologie, botanique, mais aussi, sous l'angle de la nosographie, médecine. Le concept de maladie, chez lui, est un concept de physiologiste expérimentateur, inlassablement à la recherche du trouble qui a déterminé le dysfonctionnement de l'organisme. Les maladies n'ont pas d'ontologie propre dans la pensée bernardienne<sup>1</sup> et leur classification n'est donc en rien un élément important du travail scientifique. Cette opposition aux « sciences d'inventaire » doit donc être prise en compte lorsqu'on envisage le *Rapport*. Il faut également, pour finir, garder à l'esprit un problème technique bien précis, et qui fut au cœur de la pratique expérimentale de Claude Bernard. Pour parvenir à la maîtrise du déterminisme des fonctions, il était obligé de pénétrer dans l'épaisseur des organismes. Du fait de la complication anatomo-physiologique des animaux supérieurs, le physiologiste devait adopter une attitude active, « interventionniste », afin de pouvoir faire varier les paramètres déterminants des phénomènes étudiés. Cette nécessité fut d'ailleurs rappelée par Claude Bernard lui-même à l'Académie des sciences, en juin 1868, lorsque commença la controverse avec les zoologistes. En réponse aux critiques de Victor Coste, il souligna le fait que la physiologie nécessitait un travail actif de l'expérimentateur, car il lui fallait « pénétrer dans le milieu intérieur des organismes complexes<sup>2</sup> ».

Parallèlement à cette première distinction entre science d'observation et science d'expérimentation, Claude Bernard développa, de manière moins provocatrice, une seconde distinction entre physiologie et morphologie, elle-même fondée sur la séparation, chez un être vivant, entre la matière et la forme. Celle-ci apparaît clairement dans le dernier texte qu'il a publié, les *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux* (1878). Dans cet ouvrage-testament, paru peu de temps après son décès,

---

1. Georges Canguilhem, *Le Normal et le Pathologique*, 1<sup>re</sup> partie, chap. 3; Mirko Grmek, *Le Legs de Claude Bernard*, p. 193.

2. Claude Bernard, « M. Claude Bernard répond... », p. 1285.

Claude Bernard insiste à plusieurs reprises pour que l'on sépare ce qui chez un organisme ressort de sa matière et ce qui renvoie à sa forme<sup>1</sup>. La physiologie, en tant que science de la « phénoménologie vitale<sup>2</sup> », ne peut traiter que des changements affectant la matière des organismes. Les lois morphologiques, étudiées par les zoologistes et les botanistes, doivent être prises en compte, mais comme des contraintes extrinsèques au système expérimental lui-même. Pour Claude Bernard en effet, la forme est la résultante actuelle d'une cause passée, – l'hérédité. En cela, elle se situe en dehors du champ d'application de la méthodologie expérimentale :

Pour revenir au point de départ de cette discussion, la physiologie signale l'existence des lois morphologiques, mais elle ne les étudie point. Ces lois morphologiques dérivent des causes qui sont hors de notre portée ; la physiologie ne conserve dans son domaine que ce qui est à notre portée, c'est-à-dire les conditions phénoménales et les propriétés matérielles par lesquelles on peut atteindre les manifestations de la vie<sup>3</sup>.

Sur ce point cependant, Claude Bernard ne fut pas toujours aussi réservé quant aux possibilités de l'expérimentation. Jean Gayon, dans ce volume, ainsi que dans un article publié en 1991<sup>4</sup>, insiste avec raison sur le fait qu'en 1867, dans son célèbre *Rapport*, Bernard avait lui-même imaginé que l'on puisse parvenir à modifier durablement la forme d'un individu à l'aide d'un traitement expérimental approprié. Le physiologiste esquissait ainsi un programme de recherches expérimentales sur l'hérédité que les néolamarckiens français tentèrent de mettre en œuvre au cours de la période 1880-1920<sup>5</sup>. Néanmoins, par souci de simplicité, nous envisageons ici la position classiquement comprise de Claude Bernard sur ces questions. C'est-à-dire la lecture que la plupart de ces contemporains firent de son travail et de son œuvre.

---

1. Claude Bernard, *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, p. 192, p. 202 et p. 292.

2. *Ibid.*, p. 332.

3. *Ibid.*, p. 341.

4. Jean Gayon, « Un objet singulier dans la philosophie biologique bernardienne : l'hérédité ».

5. Laurent Loison, *Qu'est-ce que le néolamarckisme ? Les biologistes français et la question de l'évolution des espèces*.

RAISONNEMENT EXPÉRIMENTAL PLUTÔT QUE MÉTHODE EXPÉRIMENTALE,  
LA RÉPONSE DE LA ZOOLOGIE

Le 29 juin 1868, à l'Académie des sciences, Victor Coste, avec le soutien de la plupart des zoologistes, attaqua la séparation tranchée entre observation et expérimentation que Claude Bernard avait présentée l'année précédente. Il s'évertua à montrer que la zoologie était tout autant que la physiologie une science explicative de la nature, et que l'expérimentation pouvait être comprise d'une manière moins étroite que celle qui avait été dictée par l'illustre physiologiste<sup>1</sup>. Claude Bernard, gêné par le manque de rigueur argumentative de l'attaque, réaffirma rapidement, en réponse à Coste, son souhait de voir nettement distinguer sciences d'observation et sciences expérimentales<sup>2</sup>, et s'en tint là.

Dans ce débat, la zoologie reçut un soutien de poids, celui de Chevreul, qui participa à la séance du 29 juin 1868. Ce dernier, s'il admit que toutes les sciences naturelles n'avaient pas encore développé la culture de l'expérimentation avec la même réussite, indiqua cependant qu'il ne s'agissait là que d'une question de temps, et non de différences essentielles entre disciplines. Surtout, Chevreul conclut sa réponse en insistant sur la primauté du raisonnement expérimental, fondement de la pratique des sciences naturelles :

Si donc aujourd'hui l'expérience ne s'applique pas à tous les cas possibles du ressort de ce groupe de sciences, hâtons l'époque où l'application en sera possible ; et en attendant pénétrons-nous de l'esprit de la *méthode a posteriori expérimentale*, en soumettant toute *induction théorique*, fruit de la simple observation, à un système de propositions instituées de manière à correspondre au contrôle de l'expérience défini par cette méthode<sup>3</sup>.

Ce soutien fut décisif dans la tournure qu'allait prendre la controverse, car les zoologistes, voulant se ranger sous la prestigieuse autorité du maître du Muséum, reprirent à leur compte l'importance du raisonnement expérimental – c'est-à-dire de la méthode *a posteriori* expérimentale – en tant que schéma méthodologique des sciences naturelles. Dès 1869, Coste développa

---

1. Victor Coste, « Note sur le rôle de l'observation et de l'expérimentation en physiologie ».

2. Claude Bernard, « M. Claude Bernard répond... », p. 1286.

3. Michel-Eugène Chevreul, « M. Chevreul pense... », p. 1288.

sa position dans un petit livre intitulé *De l'observation & de l'expérience en physiologie*. Dans ce bref texte, il se réclame explicitement de Chevreul à propos de l'universalité du raisonnement expérimental<sup>1</sup>. La zoologie est au même titre que la physiologie une science explicative, car elle soumet ses hypothèses au contrôle de l'« expérience », c'est-à-dire au jugement du réel. Que celui-ci soit ou non obtenu par les gestes de l'expérimentateur est tout à fait secondaire.

La réponse la plus connue fut toutefois celle du zoologiste Henri de Lacaze-Duthiers. Celui-ci participa activement à l'essor de la zoologie marine en France, en fondant, en 1872, la station de Roscoff en Bretagne. La même année, il lança la publication d'un périodique intitulé à dessein *Archives de zoologie expérimentale et générale* (cette revue aurait dû voir le jour deux ans plus tôt, mais la guerre avec l'Allemagne retarda son édition)<sup>2</sup>. Le premier volume débute par un texte programmatique, sobrement appelé « Direction des études zoologiques », dans lequel Lacaze-Duthiers veut produire une réponse plus détaillée et mieux argumentée aux thèses de Bernard que Coste ne l'avait fait précédemment. S'appuyant d'abord sur l'histoire des sciences du vivant, Lacaze-Duthiers identifie deux tendances en zoologie. L'une, héritière de Linné, serait bien celle d'une discipline classificatoire, descriptive dans sa méthode et dans son projet. L'autre, marquée par l'œuvre de Cuvier, serait déjà celle d'une zoologie plus explicative, car mettant en œuvre les acquis de l'anatomie comparée et de la physiologie. Se plaçant lui-même à la suite de Cuvier, Lacaze-Duthiers envisage l'avenir de la zoologie du côté de l'expérimentation, mais pas celle dont Claude Bernard a inutilement rétréci le domaine d'application en 1867. Sans surprise, contre Claude Bernard, lui aussi se réclame alors de Chevreul :

Être expérimentale : tel est le caractère que doit avoir désormais la zoologie, et tous ses progrès, on peut l'affirmer, auront dans l'avenir pour origine l'emploi de l'expérience.

À peine cette proposition est-elle énoncée, qu'elle établit un désaccord complet avec le chef de l'école physiologique française, M. Cl. Bernard, mais que d'un autre côté elle est en parfaite harmonie avec les idées du savant qui

---

1. Victor Coste, *De l'observation & de l'expérience en physiologie*, p. 18.

2. Josquin Debaz, *Les Stations françaises de biologie marine et leurs périodiques entre 1872 et 1914*.

de nos jours a le plus longuement, le plus profondément médité sur la méthode expérimentale, avec l'illustre et vénéré maître en cette matière, M. Chevreul<sup>1</sup> !

Comme Coste, et d'ailleurs comme le Claude Bernard de l'*Introduction*, Lacaze-Duthiers insiste pour que le raisonnement expérimental soit vu comme le socle méthodologique permettant aux sciences naturelles de devenir expérimentales, et donc explicatives. Le geste de l'expérimentateur, à nouveau, est disqualifié en tant que critère permettant de décider si une procédure de recherche est ou n'est pas expérimentale :

D'abord il faut remarquer, ainsi que le fait depuis si longtemps M. Chevreul, que ce n'est pas parce que l'on aura fait une ou plusieurs opérations appelées expériences que l'on sera en droit de se dire dans la voie de l'expérimentation ; en d'autres termes, les actions ou les opérations directes sur les êtres mis à l'étude ne suffisent pas par elles seules et en elles-mêmes pour caractériser le procédé expérimental.

Il faut quelque chose de plus que l'action de l'homme sur un être ou sur un objet pour constituer une expérience ; en un mot, l'origine ou la cause immédiate du phénomène sont insuffisantes pour fournir un caractère. Cela est si vrai qu'il peut y avoir procédé expérimental, bien que l'action de l'homme soit nulle, et que, d'un autre côté, malgré l'influence certaine et directe de l'homme sur la manifestation préparée d'un phénomène, il peut n'y avoir pas expérimentation<sup>2</sup>.

La zoologie, de ce point de vue, se trouve selon Lacaze-Duthiers dans une position privilégiée en comparaison des sciences de la matière, physique ou chimie. En effet, si pour celles-ci l'intervention active du scientifique est une nécessité, étant donné l'inertie inhérente aux objets étudiés, en revanche, en zoologie, l'observation est bien plus riche de sens. En effet, les animaux étant des « êtres animés », ils portent en eux un « principe d'action »<sup>3</sup>, conduisant spontanément – c'est-à-dire sans intervention humaine – à la réalisation de phénomènes complexes. Au premier rang de ces phénomènes, l'embryogenèse, qui, au début des années 1870, devint le problème majeur des disciplines zoologiques. Aussi, l'essor des stations de zoologie marine fut-il, et particulièrement en France, l'occasion d'une mise en

---

1. Henri de Lacaze-Duthiers, « Direction des études zoologiques », p. 17.

2. *Ibid.*, p. 29.

3. *Ibid.*

pratique de ces conceptions. En effet, les invertébrés marins se développent directement dans l'eau, et leur structure généralement translucide permet à l'observateur de pénétrer dans le détail des étapes et des phénomènes. Pour les zoologistes de l'époque, il s'agissait là d'une authentique pratique expérimentale. Coste, le premier, ne signifiait pas autre chose lorsqu'il avait lui-même conclu son texte de 1869 sur l'horizon que représentait maintenant le problème de « l'embryogénie comparée<sup>1</sup> ». La fondation de son laboratoire de Concarneau poursuivait également ce projet.

L'offensive des zoologistes, qui ne voulaient pas être réduits au rang de passifs contemplateurs de la nature, fut donc des plus intenses au cours des quelques années qui suivirent directement la publication du *Rapport*. De manière plus inattendue, la position méthodologique qu'ils défendirent à ce moment, et qui donnait la primauté au raisonnement expérimental sur la méthode, survécut largement à ce premier débat. Nous la retrouverons dans la dernière partie de ce texte, lorsque nous aborderons la question de la nature du « transformisme expérimental » tel qu'il se développa en France à partir du début des années 1880.

#### ANATOMIE EXPÉRIMENTALE PLUTÔT QUE PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE, LA RÉPONSE DE LA BOTANIQUE

Nous avons déjà eu l'occasion de développer, dans des travaux antérieurs, la position des botanistes vis-à-vis de la double distinction bernardienne entre morphologie et physiologie et entre forme et matière<sup>2</sup>. Nous irons donc ici à l'essentiel. Dès le début des années 1880, sous la conduite de Gaston Bonnier à la Sorbonne, et de Julien Costantin au Muséum national d'histoire naturelle, un vaste programme d'anatomie expérimentale fut mis en œuvre. Il s'agissait, pour Bonnier et ses collaborateurs, de soumettre des plants issus du même pied initial à différents régimes de cultures, principa-

---

1. Victor Coste, *De l'observation & de l'expérience en physiologie*, p. 25.

2. Laurent Loison, *Qu'est-ce que le néolamarckisme ?*; et « Le concept de cellule chez Claude Bernard et la constitution du transformisme expérimental ».

lement en faisant varier l'altitude des stations. On pouvait ainsi constater l'importance des paramètres des « milieux cosmiques » dans la construction de la structure du végétal, du point de vue de sa morphologie externe et de son anatomie interne. Ces premières réussites encouragèrent la poursuite d'un travail plus contrôlé, réalisé dans les conditions du laboratoire. Ce fut ici davantage Costantin qui assura ce type de recherches, en soumettant certains organes végétaux à des conditions de culture particulières, puis en observant les transformations induites par de tels traitements. Là aussi, les résultats positifs, attestant la « plasticité » des organismes, s'accumulèrent rapidement.

À l'inverse de ce qu'avaient fait les zoologistes, les botanistes ne développèrent les considérations épistémologiques et philosophiques liées à leur pratique que secondairement, une dizaine d'années environ après la réalisation de leurs premiers travaux. En 1893, Gaston Bonnier publia un texte important, intitulé « L'anatomie expérimentale », dans lequel il justifiait *a posteriori* le bien-fondé des protocoles mis en œuvre depuis longtemps déjà par les botanistes expérimentateurs. Rappelons que, quelques années auparavant, en 1889, il était parvenu à fonder à Fontainebleau un laboratoire de « botanique expérimentale ». Dans ce texte, Bonnier posa explicitement cette pratique expérimentale de l'anatomie végétale en opposition avec les préceptes bernardiens, et notamment avec les restrictions que celui-ci avait indiquées quant au champ d'application de la méthode expérimentale :

On dit souvent que l'anatomie ne se prête pas à l'expérimentation. Est-ce vrai ? Claude Bernard considérait la forme et la structure des êtres vivants comme une donnée immuable. En changeant le milieu extérieur, disait-il, on peut provoquer ou empêcher les manifestations vitales, ralentir ou accélérer le développement d'un être ; mais on ne saurait modifier sensiblement ni sa forme, ni son évolution, ni sa structure. Le *déterminisme*, tel qu'il le comprenait, est étroitement limité aux phénomènes physiologiques, indépendamment de la morphologie. Un courant de matière traverse incessamment l'organisme vivant en y produisant des réactions chimiques ou des effets physiques, et circule à travers les tissus ; c'est à l'étude de cet échange continu entre l'être et le milieu

qui l'entoure, de ces transformations de substances à son intérieur, que doit se borner, pour Claude Bernard, la physiologie expérimentale proprement dite<sup>1</sup>.

Contre les zoologistes, Bonnier poursuit en indiquant que la simple observation des phénomènes est ici un procédé insuffisant :

Avant d'exposer les recherches expérimentales d'anatomie, il est nécessaire de se convaincre que les observations même les mieux conduites sont et resteront toujours impuissantes à résoudre la question. Elles pourront donner des indications, faire pressentir dans quelles voies les efforts expérimentaux doivent être conduits, elles n'entraîneront jamais une conviction absolue dans leurs conclusions<sup>2</sup>.

L'essentiel du texte est alors consacré à l'énumération des réussites – déjà nombreuses – de cette nouvelle discipline expérimentale. Ce qui vient, aux yeux de Bonnier, justifier que l'on se soit permis de ne pas suivre Claude Bernard dans les limitations qu'il souhaitait imposer. De manière programmatique, il conclut en invitant les botanistes à étendre leurs recherches dans cette nouvelle voie, et ainsi à fonder, après l'anatomie expérimentale, un véritable transformisme expérimental :

L'importance des résultats déjà obtenus dans cette voie n'échappera à aucun de ceux qui se félicitent avec raison de voir la méthode expérimentale s'imposer de plus en plus dans les sciences naturelles.

La théorie de l'évolution des êtres organisés ne doit pas se limiter à des observations et à des hypothèses. Montrer ce qui restera de cette théorie et ce qui devra en disparaître, tel sera le rôle du *transformisme expérimental*<sup>3</sup>.

De manière ultime, il était donc envisagé – et paraissait envisageable – de soumettre la théorie de l'évolution et ses mécanismes au contrôle de l'expérimentation active, telle que cette pratique avait été définie par les physiologistes. Le transformisme expérimental, dans l'esprit des botanistes, était le prolongement naturel de l'anatomie expérimentale, qui elle-même avait été construite sur le modèle de la physiologie expérimentale de Claude Bernard. En 1907, soit près de trente ans après le décès de Claude

---

1. Gaston Bonnier, « L'anatomie expérimentale », p. 225.

2. *Ibid.*, p. 226.

3. *Ibid.*, p. 231.

Bernard, Bonnier continuait de refuser, dans les mêmes termes qu'en 1893, la séparation entre physiologie et anatomie :

Enfin, à côté des théories précédentes, il faut encore citer la manière de voir des physiologistes, qui, laissant de côté les questions de descendance, considéraient la structure d'un être vivant comme une sorte de moule immuable dans lequel la physiologie expérimentale ne pouvait s'appliquer qu'aux fonctions, aux réactions chimiques ou physiques de la matière vivante : « En changeant le milieu extérieur, disait Claude Bernard, on peut provoquer ou empêcher les manifestations vitales, ralentir ou accélérer le développement d'un être ; mais on ne saurait modifier sensiblement ni sa forme, ni son évolution, ni sa structure. »<sup>1</sup>

#### LA DUALITÉ MÉTHODOLOGIQUE DU TRANSFORMISME *EXPÉRIMENTAL*

Cependant, au même moment, les zoologistes revendiquaient également le projet d'élaborer un transformisme expérimental. Si, chez les botanistes, l'adjectif expérimental renvoyait sans ambiguïté à une compréhension bernardienne « interventionniste » de l'expérimentation sur le vivant, les choses étaient bien plus compliquées en zoologie. Nous l'indiquons, la position soutenue par Coste puis Lacaze-Duthiers, au début des années 1870, allait conduire à l'essor d'une zoologie « expérimentale » qui voyait l'expérimentation d'abord dans le raisonnement, et non dans la pratique elle-même. L'observation naturaliste, soit directement sur le terrain, soit dans les stations de zoologie marine, demeurait en fait le geste technique au fondement de cette zoologie<sup>2</sup>.

À la suite de Lacaze-Duthiers, Alfred Giard sut faire fructifier une telle compréhension de l'expérimentation. Lui aussi fut à l'origine d'une véritable école de zoologistes-observateurs<sup>3</sup>. Celle-ci se développa principalement à Wimereux, dans le nord de la France, où Giard, à son tour, créa en 1874

---

1. Gaston Bonnier, *Le Monde végétal*, p. 289.

2. Raf de Bont, « Between the laboratory and the deep blue sea. Space issues in the marine stations of Naples and Wimereux ».

3. François Bouyssi, *Alfred Giard (1846-1908) et ses élèves : un cénacle de « philosophes biologistes ». Aux origines du scientisme ?*

un laboratoire de zoologie marine. Il y développa, avec ses collaborateurs et ses élèves, un certain nombre de travaux originaux sur les modalités du développement embryonnaire des invertébrés marins, la classification du règne animal, et la manière dont les milieux cosmiques imprimaient sur les êtres vivants une certaine forme de comportement, lui-même responsable de leur transformation anatomique. Cette nouvelle discipline, qu'il baptisa « éthologie », fut un puissant dénominateur commun des recherches conduites par ce groupe de zoologistes. Les travaux de Raf de Bont<sup>1</sup> ont bien montré comment l'élaboration de cette discipline avait donné corps à une communauté de zoologistes, qui en fait partageaient le même projet (montrer l'action des milieux sur la transformation des êtres vivants), et la même méthodologie (la méthode *a posteriori* expérimentale).

Il est connu que Giard se fâcha rapidement avec Lacaze-Duthiers, et ce de manière irrémédiable<sup>2</sup>. Le seul point à propos duquel il continua de suivre son ancien maître fut justement celui de la méthodologie expérimentale propre à la zoologie. En 1896, dans son discours d'ouverture du Congrès annuel de la Société entomologique de France, Giard, invoquant l'appui de Lacaze-Duthiers et de Chevreul, continuait de protester contre la coupure imposée par Claude Bernard entre sciences « explicatives » et « contemplatives »<sup>3</sup>. Aussi tardivement qu'en 1905, dans un texte important intitulé « Les tendances actuelles de la morphologie et ses rapports avec les autres sciences », Giard développa une argumentation détaillée contre les positions soutenues par Claude Bernard quarante ans auparavant. Il rappela d'abord l'importance, dans les sciences de la nature, du raisonnement expérimental. Dépassant cette fois-ci les positions de Lacaze-Duthiers, il entendait montrer que la morphologie était bien devenue une science explicative, car s'appuyant sur la théorie de l'évolution des espèces – à laquelle son maître n'adhéra jamais :

Le triomphe des doctrines de Lamarck et de Darwin, le magnifique mouvement des esprits provoqué dès 1859 par la publication de l'*Origine des espèces*, les controverses de toutes sortes soulevées par la théorie de la descendance modifiée

---

1. Raf de Bont, « Organisms in their milieu, Alfred Giard, his pupils, and early ethology, 1870-1930 ».

2. Laurent Loison, *Qu'est-ce que le néolamarckisme ?*.

3. Alfred Giard, « La méthode expérimentale en entomologie ».

devaient bientôt bouleverser les vues des naturalistes et assigner une signification nouvelle aux recherches de morphologie comme aux travaux ressortissant aux autres branches de la biologie.

L'histoire naturelle pouvait aspirer à son tour au titre de science explicative et conquérante de la nature<sup>1</sup>.

Enfin et surtout, du fait de cet appui fourni par le transformisme, Giard s'autorisa à inverser le rapport entre physiologie et morphologie. Chez Claude Bernard, nous l'avons vu, les lois morphologiques sont des conditions extérieures au phénomène physiologique étudié, car selon lui ces lois sont « dormantes ou expectantes<sup>2</sup> », c'est-à-dire indépendantes des lois physiologiques actuellement actives. Pour Giard au contraire, et ce fut là un des axiomes du néolamarckisme français, les lois morphologiques et les lois physiologiques sont inextricablement liées. La morphologie peut donc revendiquer le titre de reine des sciences biologiques et annexer l'« intérêt » des expériences physiologiques :

Ainsi guidée par le fil conducteur de la théorie de la descendance, soumise à des mesures précises d'une parfaite rigueur mathématique et contrôlée à chaque instant par la méthode expérimentale, la morphologie devient chaque jour davantage la science explicative par excellence du monde des êtres organisés. Les phénomènes morphologiques sont la traduction, l'expression tangible, le *criterium* perceptible des expériences physiologiques, et celles-ci empruntent tout leur intérêt aux manifestations morphologiques qu'elles engendrent<sup>3</sup>.

Giard, qui mourut en 1908, ne renonça donc jamais à l'orientation méthodologique que le débat de la période 1867-1872 avait imprimée à la zoologie française. Cependant, contrairement à ce qu'il advint en botanique, la position des zoologistes ne demeura pas homogène. Au sein même du « cénacle giardien<sup>4</sup> », certains collaborateurs et élèves essayèrent d'imposer une méthodologie expérimentale typiquement bernardienne dans le cadre du transformisme. Aussi l'adjectif « expérimental », lorsqu'il

---

1. Alfred Giard, « Les tendances actuelles de la morphologie et ses rapports avec les autres sciences », p. 457.

2. Claude Bernard, *Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux*, p. 335.

3. Alfred Giard, « Les tendances actuelles de la morphologie et ses rapports avec les autres sciences », p. 482.

4. François Bouyssi, *Alfred Giard (1846-1908) et ses élèves : un cénacle de « philosophes biologistes »*.

renvoie au transformisme expérimental, est-il d'une grande ambiguïté, car pouvant faire référence soit au projet physiologique de Claude Bernard, soit aux oppositions formulées par les zoologistes, et notamment par Lacaze-Duthiers. Après le décès d'Alfred Giard, la chaire d'évolution des êtres organisés de la Sorbonne revint à son élève, Maurice Caullery. Très vite, celui-ci voulut se démarquer des positions de son maître concernant la méthode du transformisme expérimental, en insistant sur la nécessité d'expérimenter comme le faisaient les physiologistes. Dès 1911, on peut lire :

Mais alors, lire les expériences faites sous nos yeux par la nature ainsi que le conseillait Giard, n'est pas tout l'effort que nous devons nous proposer. Nous serons évidemment réduits parfois à cette ressource, certains effets s'étant produits par l'action de facteurs hors de notre portée, dont le plus général, le plus puissant et le moins maniable est le temps. Toutes les fois qu'il sera possible, il faudra expérimenter à la façon du physiologiste. Envisagées de cette façon, la morphologie et la physiologie se confondent dans la méthode expérimentale<sup>1</sup>.

Caullery, fortement impressionné par les équipements des universités américaines, mobilisa toute son énergie pour que la Sorbonne se dote à son tour de laboratoires convenables, afin de rendre concrètement expérimentale la morphologie transformiste. Malheureusement, l'inertie administrative puis la guerre vinrent sans cesse retarder ce projet, et le laboratoire du boulevard Raspail ne fut finalement opérationnel qu'en 1923, à un moment où le sort du transformisme néolamarckien était déjà joué, et bien après que ne se fut développée, principalement en Allemagne, l'« Entwicklungsmekaniik », c'est-à-dire l'étude expérimentale « interventionniste » des modalités de l'embryogenèse animale.

Finalement, les échecs répétés pour apporter des preuves expérimentales irréfutables en faveur de l'hérédité des caractères acquis finirent par convaincre Caullery de la difficulté de cette question. Son scepticisme le conduisit à écrire un livre, publié en 1931, qui marqua tout à la fois la fin de ce premier néolamarckisme, et la clôture de la controverse ouverte au cours des années 1870 :

Il ne faut pas, en effet, se faire trop d'illusion sur l'application de la méthode expérimentale quand il s'agit de rechercher l'origine des organismes ou leurs

---

1. Maurice Caullery, « Le transformisme et l'expérience », p. 118.

transformations. On pouvait, il y a un siècle, les supposer très plastiques, et ne pas mesurer toute la distance qui séparait les plus simples de la matière inorganisée. Il n'en est plus de même aujourd'hui. Si le fonctionnement vital élémentaire a été ramené d'une manière rigoureuse à un déterminisme physico-chimique dont la pleine valeur a été définitivement et radicalement établie depuis l'époque de Claude Bernard, il s'accomplit, comme le grand physiologiste l'a exprimé avec une belle lucidité, dans le cadre de formes et de structures qui échappent aux conditions présentes<sup>1</sup>.

## CONCLUSION

On le constate, le débat initié par Claude Bernard à propos des limites et des modalités de la pratique expérimentale dans les sciences du vivant dépassa largement les échanges virulents qui eurent lieu à l'Académie des sciences en 1868. Il fut en fait l'un des éléments structurants de l'histoire de la biologie française au cours de la période 1870-1930, et ce aussi bien en physiologie, qu'en zoologie et en botanique. L'enfermement de la zoologie française dans le raisonnement expérimental, conséquence directe de ce débat, fut l'une des causes expliquant pourquoi les travaux les plus significatifs sur la mécanique du développement furent réalisés pour l'essentiel en dehors de France (à l'exception, toutefois, des recherches fondatrices de Laurent Chabry, à la fin des années 1880<sup>2</sup>).

À côté du renoncement méthodologique nettement exprimé par Caullery, ce débat connut un autre épilogue, plus indirect et inattendu. Au cours des années 1920, les zoologistes Étienne Rabaud, élève de Giard, et Lucien Cuénot, élève de Lacaze-Duthiers, rédigèrent chacun un livre au sujet du problème de l'adaptation. Les thèses de Rabaud et Cuénot étaient à ce sujet opposées. Rabaud plaidait pour que l'on renonce à la dimension morphologique de l'adaptation, et voulait restreindre celle-ci à la simple adéquation métabolique entre l'organisme et son milieu<sup>3</sup>.

- 
1. Maurice Caullery, *Le Problème de l'évolution*, p. 240-241.
  2. Jean-Louis Fischer, « Experimental embryology in France ».
  3. Étienne Rabaud, *L'Adaptation et l'évolution*.

Cuénot, au contraire, voyait l'adaptation d'abord et avant tout comme une conformation morphologique adéquate de l'organisme face aux exigences de son milieu, mais il lui semblait impossible que celle-ci résulte du jeu cumulatif de l'hérédité des caractères acquis. Il développa donc une théorie alternative, celle de la « préadaptation », mais demeura aussi assez sceptique sur la possibilité que l'on puisse un jour rendre compte scientifiquement des modalités de l'évolution des espèces<sup>1</sup>. Rabaud et Cuénot argumentèrent chacun leurs thèses de manière indirecte, c'est-à-dire sans recourir à des expérimentations durant lesquelles le scientifique maîtrise les paramètres déterminants. Leurs livres illustrent donc encore une fois le type de méthodologie élaborée par Chevreul et dont Lacaze-Duthiers avait été le grand promoteur en zoologie. De manière remarquable, Rabaud et Cuénot allaient tout deux utiliser le même exemple pour soutenir leurs positions, celui de l'adaptation morphologique des fémurs antérieurs de certains phasmes avec la forme de la tête de l'animal. Les creux existant au niveau des fémurs permettent à l'animal de tendre ses membres antérieurs de part et d'autre de sa tête, et ainsi de mimer la forme d'une brindille. En 1922, Rabaud, se référant notamment aux dissections embryologiques réalisées par Stockard, soutenait que cette adaptation morphologique était « strictement individuelle », c'est-à-dire qu'elle n'était pas héréditaire. À chaque génération, le développement des fémurs se faisant au contact de la tête, celle-ci déformait mécaniquement ceux-là, ce qui expliquait leur conformation particulière<sup>2</sup>. En 1925, Cuénot, s'appuyant lui aussi sur les résultats du travail de Stockard, soutint l'exact opposé. La structure en creux de fémurs préexistait à tout contact avec la tête de l'animal. Il s'agissait donc bien d'une coaptation, c'est-à-dire d'une adaptation morphologique réciproque entre les fémurs et la tête inscrite dans le patrimoine héréditaire de l'espèce<sup>3</sup>. Le raisonnement expérimental montrait ici ses limites, du fait de l'insuffisante maîtrise des paramètres du phénomène étudié.

En 1929, le protozoologiste Édouard Chatton et son jeune collaborateur André Lwoff voulurent pallier ces manques méthodologiques évidents. Ils

---

1. Lucien Cuénot, *L'Adaptation*.

2. Étienne Rabaud, *L'Adaptation et l'évolution*, p. 124-125.

3. Lucien Cuénot, *L'Adaptation*, p. 266-271.

venaient de découvrir, quelques mois auparavant, une nouvelle espèce de cilié, *Ellobiophrya donacis*, parasite de la branchie de certains mollusques. Celle-ci, à l'état adulte, présentait un anneau de suspension lui permettant de s'accrocher aux filaments branchiaux du mollusque. Il s'agissait à l'évidence d'une structure morphologique adaptative. Son étude devait donc permettre d'établir expérimentalement s'il s'agissait d'un caractère héréditaire, ou bien s'il était reconstruit à chaque génération par le développement du parasite au contact de son hôte. Le projet de Chatton et Lwoff, sur la base de cette étude, était bien de dépasser les limites de la méthodologie naturaliste dans le cadre des questions liées à l'hérédité et à l'évolution des espèces. Dès l'introduction de leur travail, ils posent, notamment en référence aux livres de Rabaud et Cuénot :

Aussi bien ne nous déplaît-il pas de montrer par là qu'en matière de transformisme, sinon très généralement, nous nous défions des documents dont les auteurs n'avaient point en vue, quand ils les ont recueillis, le but pour lequel ces documents ont été exploités dans la suite par eux-mêmes ou par d'autres.

Nous pensons que bien des controverses, bien des malentendus qui alourdissent et obscurcissent le transformisme procèdent de ce que les théoriciens utilisent nombre d'observations non orientées, imprécises et susceptibles d'interprétations contradictoires. Nous en voulons pour exemple que le fait fameux de la coaptation avec la tête des fémurs antérieurs du *Carausius morosus*, qui est invoqué avec une égale conviction en faveur de deux thèses opposées par Rabaud (1922) et par Cuénot (1925). Il ne s'agit cependant là que d'un fait anatomique observable sans autre artifice qu'une dissection soignée de l'embryon avant l'éclosion. Que penser dès lors de documents issus d'expériences où la moindre erreur technique, la plus petite défaillance mentale peuvent renverser le sens des résultats<sup>1</sup> ?

Pour des raisons qui restent à éclaircir, Chatton et Lwoff ne mèneront jamais à bien ce travail sur *Ellobiophrya donacis*. Cependant, au-delà des résultats qu'ils auraient pu obtenir, ce qui demeure intéressant ici est le type de science qu'ils voulaient contribuer à développer : une biologie authentiquement expérimentale, où le scientifique se place dans une position de maîtrise absolue des conditions déterminantes des phénomènes.

---

1. Édouard Chatton et André Lwoff, « Contribution à l'étude de l'adaptation, *Ellobiophrya donacis* ».

Le projet qu'ils dessinaient était en fait celui des systèmes modèles ou des organismes modèles, tel qu'il se réalisa au cours de la seconde moitié du xx<sup>e</sup> siècle, et auquel Lwoff, notamment par ses travaux sur le bactériophage, ne fut lui-même pas étranger. Il est permis de voir, en effet, dans l'avènement de ce type de recherches, où les organismes sont construits en vue d'un problème scientifique spécifique, un jalon important s'inscrivant dans le mouvement de l'épistémologie bernardienne, où la nature est bien « conquise » à des fins scientifiques.