

**SCIENCE EXPÉRIMENTALE  
ET CONNAISSANCE DU VIVANT  
LA MÉTHODE ET LES CONCEPTS**

**Pierre VIGNAIS**  
avec la collaboration de **Paulette VIGNAIS**



17, avenue du Hoggar  
Parc d'Activité de Courtabœuf - BP 112  
91944 Les Ulis Cedex A - France

## Grenoble Sciences

Grenoble Sciences poursuit un triple objectif :

- ▶ réaliser des ouvrages correspondant à un projet clairement défini, sans contrainte de mode ou de programme,
- ▶ garantir les qualités scientifique et pédagogique des ouvrages retenus,
- ▶ proposer des ouvrages à un prix accessible au public le plus large possible.

Chaque projet est sélectionné au niveau de Grenoble Sciences avec le concours de referees anonymes. Puis les auteurs travaillent pendant une année (en moyenne) avec les membres d'un comité de lecture interactif, dont les noms apparaissent au début de l'ouvrage. Celui-ci est ensuite publié chez l'éditeur le plus adapté.

(Contact : Tél. : (33)4 76 51 46 95 - E-mail : Grenoble.Sciences@ujf-grenoble.fr)

Deux collections existent chez EDP Sciences :

- ▶ la *Collection Grenoble Sciences*, connue pour son originalité de projets et sa qualité
- ▶ *Grenoble Sciences - Rencontres Scientifiques*, collection présentant des thèmes de recherche d'actualité, traités par des scientifiques de premier plan issus de disciplines différentes.

### Directeur scientifique de Grenoble Sciences

Jean BORNAREL, Professeur à l'Université Joseph Fourier, Grenoble 1

### Comité de lecture pour *Science expérimentale et connaissance du vivant*

- ▶ **Michel BORNENS**, Directeur de recherche CNRS à l'Institut Curie, Paris
- ▶ **Athel CORNISH-BOWDEN**, Directeur de recherche CNRS, Marseille
- ▶ **Roland DOUCE**, Professeur à l'Université Joseph Fourier, Grenoble
- ▶ **Françoise FRIDLANSKY**, Chargée de recherche CNRS, Gif-sur-Yvette
- ▶ **Jean-Louis MARTINAND**, Professeur à l'ENS, Cachan
- ▶ **Jean-Claude MOUNOLOU**, Professeur à l'Université Paris-Sud, Orsay
- ▶ **Valdur SAKS**, Professeur à l'Université Joseph Fourier, Grenoble
- ▶ **Michel SATRE**, Directeur de recherche CNRS au CEA, Grenoble
- ▶ **Michel SOUTIF**, Professeur honoraire à l'Université Joseph Fourier, Grenoble
- ▶ **Jean VICAT**, Professeur à l'Université Joseph Fourier, Grenoble
- ▶ **Jeannine YON-KAHN**, Directeur de recherche CNRS, Orsay

Grenoble Sciences bénéficie du soutien du **Ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche** et de la **Région Rhône-Alpes**.  
Grenoble Sciences est rattaché à l'**Université Joseph Fourier de Grenoble**.

Réalisation et mise en pages : **Centre technique Grenoble Sciences**

Illustration de couverture : **Alice GIRAUD**

(d'après : © CNRS Photothèque : Motoneurone facial de rat en culture organotypique – T. LAUNEY/J.P. GUERITAUD ; Neurone du cortex du rat ; Fluorescence de la "green fluorescent protein" – Y. BAILLY ; Structure atomique du prion de levure – R. MELKI ; Cristaux de virus des Triatomines – M. BECKER • © N. FRANCESCHINI : Tête vue de face, montrant les yeux composés de la mouche domestique • © N. FRANCESCHINI et C. BLANES : "Robot-mouche" • © Académie Nationale de Médecine : Extrait de "Claude BERNARD et ses élèves", tableau de Léon-Augustin LHERMITTE)

ISBN 2-86883-897-9

© EDP Sciences, 2006

# EXTRAITS

## Chapitre II

### LA NAISSANCE DE LA MÉTHODE EXPÉRIMENTALE AUX XVII<sup>e</sup> ET XVIII<sup>e</sup> SIÈCLES

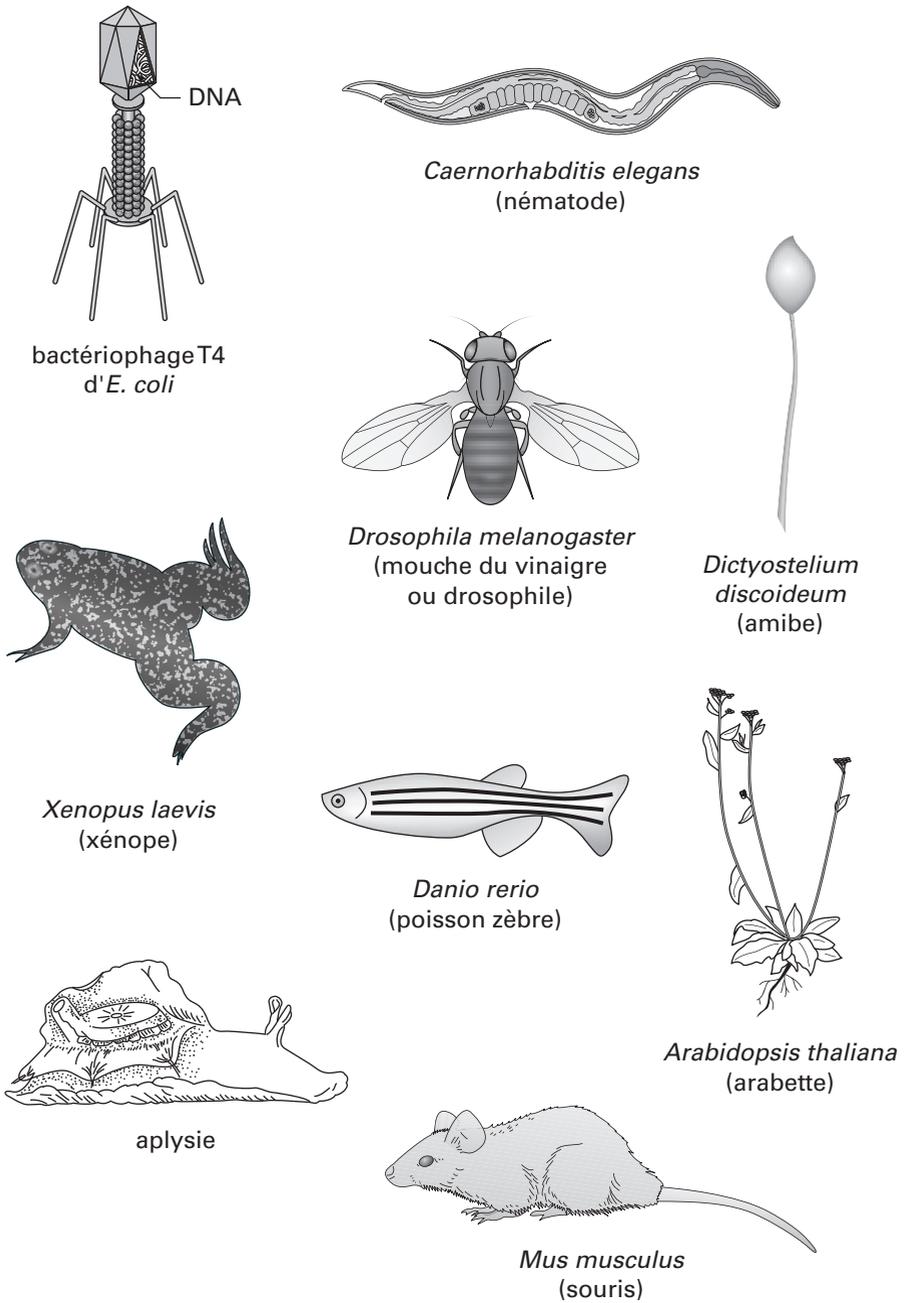
*"Le mérite irremplaçable du XVII<sup>e</sup> siècle n'est donc pas d'avoir plus ou moins bien vu plus de choses que ses prédécesseurs, mais d'avoir regardé le monde avec des yeux neufs, avec des principes qui demeureront acquis. C'est par là qu'il peut et doit être appelé initiateur de la science moderne."*

René TATON

*La Société Moderne - 1995*

L'inventaire des découvertes qui s'accumulent au XVII<sup>e</sup> siècle et la façon dont elles furent réalisées révèlent l'existence d'une brutale transition par rapport aux siècles précédents, transition dont le caractère de rupture entraîne des conséquences si déterminantes sur la science contemporaine qu'on en parle en termes de **révolution scientifique**. Quel en fut l'élément moteur ? A coup sûr, une forme de civilisation particulière propre à l'Occident de cette époque qui associait libéralisme et soif de connaissance, contestation audacieuse de dogmes établis et vision rajeunie du monde, affranchissement de préjugés et esprit d'entreprise, rigueur dans le raisonnement et construction d'appareils capables d'instrumenter les idées émergentes, sans doute aussi le développement rapide d'entreprises artisanales et commerciales qui contribuèrent à l'enrichissement de la société et à l'essor économique des Etats. Cet amalgame d'ingrédients conduisit à l'éclosion détonante d'un nouveau scientifique. Si une telle révolution n'eut pas lieu dans les siècles précédents, c'est sans doute que cet amalgame n'avait pas atteint un seuil critique et que le monde scientifique n'y était pas préparé. Ce renouveau était néanmoins tributaire en partie d'un passé qui remonte à l'Antiquité grecque et qui ne peut ignorer le Moyen Âge (Chapitre I). Même si le fonds de connaissances héritées de ce passé était entaché d'erreurs, parfois grossières, des idées avaient été formulées, qui répondaient à des questions pertinentes sur les phénomènes du monde observable. La grande affaire du XVII<sup>e</sup> siècle fut de reconnaître que la Nature est soumise à des **lois** et que ces lois répondent à une **rigueur mathématique**.

La **science expérimentale** au XVII<sup>e</sup> siècle englobe aussi bien le **monde inanimé** que le **monde vivant**. Les modèles de ces deux mondes sont certes différents, mais les mêmes exigences préoccupent les naturalistes et les physiciens, c'est-à-dire la **précision des mesures** et la **quantification des données expérimentales**. La **découverte**



Les modèles expérimentaux représentés dans la figure sont choisis en fonction de problématiques se rapportant à des fonctions précises (génétiques, métaboliques...).

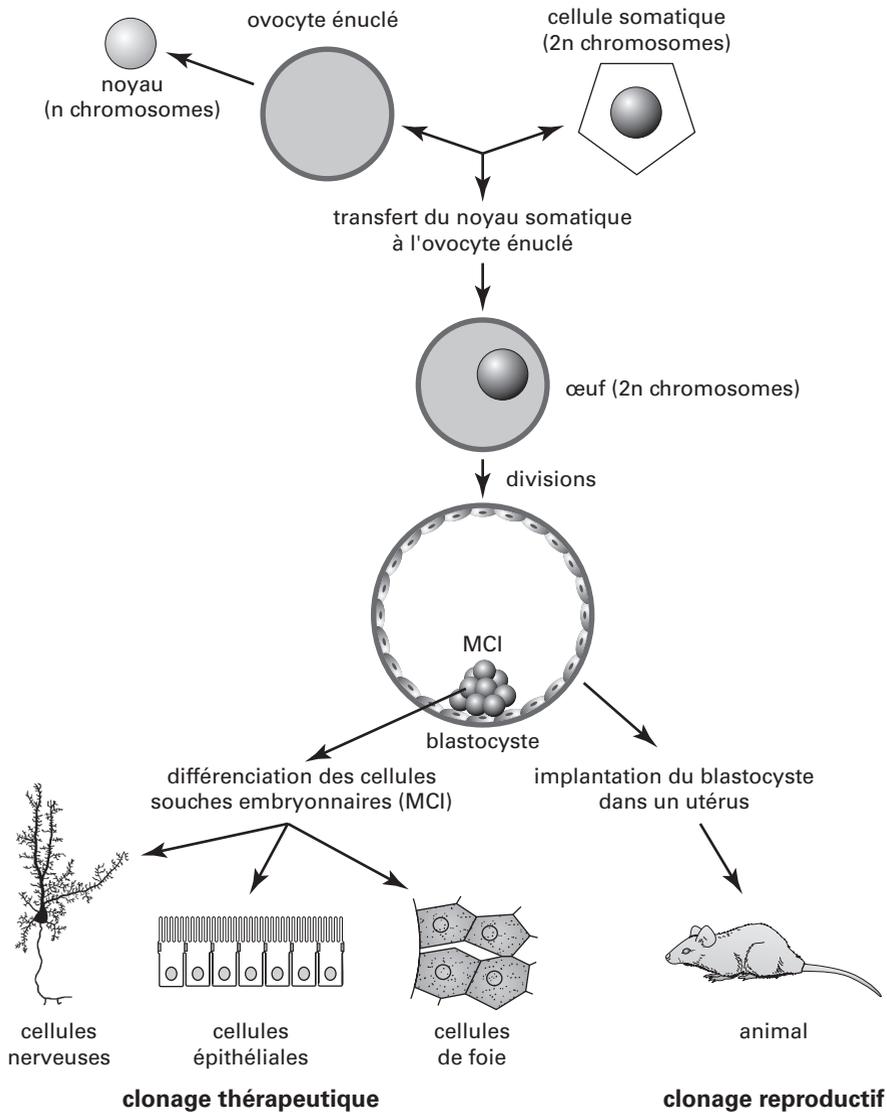
**Figure III.14 – Différents modèles expérimentaux utilisés en recherche biologique**

## 9. CONCLUSION - LE DÉTERMINISME ET L'ESSOR DE LA MÉTHODE EXPÉRIMENTALE - DE L'ORGANE À LA MOLÉCULE

Aux XVII<sup>e</sup> et XVIII<sup>e</sup> siècles, la méthode expérimentale avait conduit à de remarquables percées dans la connaissance du vivant : découverte de la circulation du sang par HARVEY, réfutation de la thèse de la génération spontanée d'animaux par REDI, démonstration de la fécondation artificielle par SPALLANZANI. Aussi remarquables qu'elles fussent, ces avancées restaient peu nombreuses ; les naturalistes de cette époque étant essentiellement préoccupés par le perfectionnement des détails dans la science anatomique et par l'établissement d'une systématique capable d'organiser de façon cohérente la fantastique diversité des espèces vivantes.

**Au XIX<sup>e</sup> siècle la biologie accède au statut de science expérimentale au même titre que la physique et la chimie.** Si dans la classification des sciences proposée par Auguste COMTE, la biologie est placée au bas de l'échelle juste avant les sciences sociales, l'aveu d'une complexité reconnue et non encore explorée est un argument pour justifier cette position. Cependant, en adoptant une **méthodologie résolument déterministe**, la physiologie fait de rapides progrès qui engendrent des concepts nouveaux, comme ceux de milieu intérieur, de sécrétions endocrines, d'énergétique cellulaire, de métabolisme cellulaire, générateurs eux-mêmes de recherches originales. En quelques décennies, grâce aux améliorations techniques de la microscopie optique et à la synthèse de colorants affines pour les structures endocellulaires, les cytologistes parviennent à cerner les différents stades de la division des cellules somatiques et germinales, une performance qui signe la naissance de la biologie cellulaire. A la même époque, on assiste à l'émergence de multiples disciplines, microbiologie, immunologie, génétique, enzymologie, embryologie, qui s'affirment comme autant d'entités à part entière. Cette brutale éclosion révolutionne les sciences du vivant ; elle s'appuie sur des **théories novatrices et fondamentales** qui germent en quelques années dans le **milieu du XIX<sup>e</sup> siècle** : théorie de l'évolution par sélection naturelle, théorie cellulaire, théorie de la transmission des caractères héréditaires, qui alimentent les idées et aiguillonnent l'expérimentation. Le déterminisme devenu le socle de la méthode expérimentale triomphe dans toutes les disciplines du vivant. .

La complexification des connaissances en biologie, une spécialisation accrue dans différents domaines de la recherche et l'impact des **applications dans des secteurs de l'économie** aussi divers que l'industrie pharmaceutique, l'agriculture ou l'élevage ont changé du tout au tout le regard que la science contemporaine du vivant porte sur la méthode expérimentale. Les vivisections pratiquées chez le chien et d'autres animaux par les physiologistes du XIX<sup>e</sup> siècle avaient contribué à l'élucidation d'aspects jusque-là incompris du fonctionnement des organes. Les conclusions extrapolées à l'homme avaient été à l'origine d'avancées significatives, parfois décisives dans l'**analyse diagnostique des maladies** et dans l'**élucidation de leurs pathogénèses**. Depuis cette époque, les progrès réalisés sont immenses. En l'espace



Le transfert du noyau d'une cellule somatique (foie, épiderme, muscle) contenant 2n chromosomes dans un ovocyte énucléé conduit à un œuf (2n chromosomes) susceptible de se diviser et de donner naissance à un blastocyste. Les cellules de la masse cellulaire interne (MCI) du blastocyste sont utilisables comme cellules souches qui peuvent se différencier en différents types de lignées cellulaires (clonage thérapeutique). Par contre, si le blastocyste dans sa totalité est implanté dans un utérus, il donnera naissance à un embryon qui évoluera après la naissance vers un animal adulte (clonage reproductif). Le clonage reproductif et le clonage thérapeutique diffèrent donc par le fait que dans le cas du clonage reproductif, c'est le blastocyste entier qui est utilisé, tandis que dans le cas du clonage thérapeutique, seules sont utilisées certaines cellules qui correspondent à la masse cellulaire interne (MCI) du blastocyste.

**Figure IV.13 – Clonage thérapeutique versus clonage reproductif**

consommation devient une préoccupation pour les responsables de la santé publique tandis que leur fabrication dans des firmes spécialisées génère une activité industrielle et un essor économique qui se mesurent à l'aune de leur vogue et de leur vente.

Pendant longtemps la **société**, tout en bénéficiant des progrès de la science, était restée indifférente à la méthode expérimentale, c'est-à-dire à la façon dont progresse la connaissance. Dans les dernières décennies du XX<sup>e</sup> siècle, elle prit conscience, à travers les informations qui lui parvenaient sur les exploits parfois diabolisés du génie génétique, que la science pouvait "prendre des libertés" avec l'être humain. Elle fut largement informée de l'impact que pouvaient avoir sur la mortalité des pathologies comme le cancer, le diabète ou les maladies dégénératives du système nerveux, et on lui fit entrevoir des solutions prochaines. Mais elle fut aussi alertée des risques que la science faisait courir à l'humanité. Se rappelant les épisodes tragiques du sang contaminé, de l'hormone de croissance, de la vache folle et certaines prédictions à la Cassandre – par exemple, une épidémie catastrophique d'encéphalopathie spongiforme qui, heureusement, ne se vérifie pas –, la société n'est pas moins sur sa réserve quand elle apprend par les médias les nouvelles prouesses de la technologie moderne. De son côté, attentif à toute dérive potentielle, le pouvoir politique se drape dans le **principe de précaution, qui cache en fait la peur du risque**. Or évaluer le risque, ce n'est pas en avoir peur, c'est l'appréhender de façon lucide et courageuse. Informé par les médias, avec souvent des effets de sensationnalisation, le citoyen en arrive à s'interroger de plus en plus sur le bien-fondé de certaines pratiques qui relèvent des biosciences, telles que le clonage, ou certaines transactions mercantiles telles que les prises de brevets concernant des séquences de gènes, ou encore l'expérimentation animale.

### 6.1. LE CLONAGE HUMAIN CENSURÉ PAR LE CODE DE BIOÉTHIQUE

*"Le problème de l'expérimentation sur l'homme n'est plus un simple problème de technique. C'est un problème de valeur. Dès que la biologie concerne l'homme non plus simplement comme problème, mais comme instrument de la recherche de solutions le concernant, la question se pose d'elle-même de décider si le prix du savoir est tel que le sujet du savoir puisse consentir à devenir objet de son propre savoir. On n'aura pas de peine à reconnaître ici le débat toujours ouvert concernant l'homme moyen ou fin, objet ou personne. C'est dire que la biologie humaine ne contient pas en elle-même la réponse aux questions relatives à sa nature et à sa signification."*

**Georges CANGUILHEM**  
*La connaissance de la vie - 1965*

Écrites à une époque où l'on était loin d'imaginer l'essor qu'allait prendre la biologie moléculaire, les paroles prophétiques de CANGUILHEM (1904 - 1995) conservent leur valeur philosophique. Les manipulations sur l'embryon humain, qu'il

# Chapitre V

## EPILOGUE

*"There are ancient cathedrals which, apart from their consecrated purpose, inspire solemnity and awe [...]. The labors of generations of architects and artisans has been forgotten, the scaffolding erected for their toil has long since been removed, their mistakes have been erased, or have become hidden by the dust of centuries. Seeing only the perfection of the completed whole, we are impressed as by some superhuman agency [...]. Science has its cathedrals, built by the efforts of a few architects and of many workers."<sup>1</sup>*

G.N. LEWIS et M. RANDALL

*Thermodynamics and the Free Energy of Chemical Substances - 1923*

Pour un jeune chercheur de notre temps, la réalisation d'une expérience selon un protocole dûment établi, le recueil des résultats, leur discussion et la rédaction d'un compte-rendu en vue d'une éventuelle publication, tout ceci entre dans le cadre d'une norme routinière. En conséquence, notre chercheur ne se pose guère la question de **savoir quand** fut adopté par le monde savant ce genre de gymnastique intellectuelle et manuelle baptisée méthode expérimentale et **qui** fut à l'origine de cette innovation. Il serait peut-être surpris d'apprendre que la méthode expérimentale qu'il pratique quotidiennement fut inventée il y a seulement quatre siècles et qu'elle s'est épanouie dans un climat à la fois de curiosité, de fronde et de créativité. Dans les sciences du vivant, le démarrage de la méthode expérimentale au XVII<sup>e</sup> siècle est signé par la démonstration due à HARVEY que le courant sanguin irrigue la totalité des organes en effectuant un circuit au cours duquel il part du cœur et y revient. A la même époque, la science expérimentale appliquée à la physique connaît un essor sans précédent. Cette soudaine explosion dans le processus d'élaboration du savoir avait été le fruit d'un long mûrissement et d'une histoire tourmentée dont l'origine remonte à la Grèce antique, là où pour la première fois fut créé un système logique de raisonnement. C'est dans la Grèce antique où se

---

<sup>1</sup> "Il y a des cathédrales anciennes qui, mis à part leur dessein sacré, inspirent solennité et respect admiratif [...]. Le labeur de générations d'architectes et d'artisans a été oublié, les échafaudages érigés pour accomplir leur tâche ont depuis longtemps été enlevés, leurs erreurs ont été gommées, ou ont été cachées par la poussière des siècles. A voir seulement la perfection de l'ensemble achevé, on est impressionné comme s'il s'agissait d'une entreprise surhumaine [...]. La science a ses cathédrales, construites par les efforts de quelques architectes et de nombreux ouvriers." G.N. LEWIS et M. RANDALL - *La thermodynamique et l'énergie libre des substances chimiques* - 1923