



COLLECTION
DIRIGÉE PAR JEAN BORNAREL

GRENOBLE SCIENCES

SCIENCE EXPÉRIMENTALE ET CONNAISSANCE DU VIVANT

LA MÉTHODE ET LES CONCEPTS

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



BL478

Quotient de la science expérimentale par EDP Sciences

Collection "AVANT-PROPOS" de la science expérimentale



052364
(2)

**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

TABLE DES MATIÈRES

Avant-propos	5
Introduction	7
Chapitre I - Les racines de la science expérimentale De l'Antiquité grecque à la Renaissance	13
1. La rationalité scientifique dans la Grèce antique	13
1.1. De THALÈS à SOCRATE - Vers une nouvelle conception de la Nature	14
1.2. L'émergence des principes de la logique en philosophie et de la rationalité dans les sciences	22
1.3. La période alexandrine de la science grecque	29
1.4. La période post-hellénistique - Hiatus ou transition avec le Moyen Âge ?	34
2. L'héritage philosophique et technologique du Moyen Âge	37
2.1. Le contexte politico-économique et intellectuel du Moyen Âge	37
2.2. Les controverses philosophico-théologiques aux XII ^e et XIII ^e siècles, un retour critique sur le monde antique	41
2.3. L'alchimie et la révolution technologique du Moyen Âge	46
3. Conclusion - A l'aube de la méthode expérimentale	51
Chapitre II - La naissance de la méthode expérimentale aux XVII^e et XVIII^e siècles	55
1. La découverte de la circulation du sang par W. HARVEY	56
2. Comment expliquait-on les mouvements du cœur et du sang avant HARVEY ?	64
3. Les premiers balbutiements de la science expérimentale appliquée au vivant	69
3.1. De l'anatomie humaine à l'anatomie comparée - La systématique	69
3.2. De l'anatomie microscopique tissulaire à la description morphologique des animalcules	74
3.3. La physiologie naissante en quête de la méthode expérimentale	80
3.4. Les premières controverses conceptuelles liées à l'utilisation de la méthode expérimentale chez le vivant	88
3.4.1. La réfutation de la théorie de la génération spontanée	88
3.4.2. L'énigme de la régénération de l'hydre	90

3.4.3. La réfutation du pneuma en tant qu'agent de la contraction musculaire - Naissance de la notion de réflexe.....	92
4. La méthode expérimentale et son impact sur la science physique du XVII ^e siècle.....	94
4.1. Une nouvelle théorie du cosmos.....	95
4.2. Une nouvelle théorie du mouvement.....	98
4.3. La preuve de l'existence du vide.....	100
4.4. Vers d'autres révélations du monde inanimé.....	104
5. L'ouverture de la chimie à l'expérimentation quantitative au XVIII ^e siècle.....	107
5.1. La naissance de la chimie pneumatique et l'étude des échanges gazeux chez les êtres vivants.....	109
5.2. Les échanges gazeux chez les êtres vivants.....	110
5.3. Mesure de la chaleur animale et naissance de la bioénergétique.....	118
6. La science expérimentale vue par les philosophes aux XVII ^e et XVIII ^e siècles.....	119
6.1. Francis BACON et l'induction dans le raisonnement scientifique.....	120
6.2. Robert BOYLE et les exigences de la pratique expérimentale.....	123
6.3. René DESCARTES et les principes cardinaux de la recherche scientifique.....	125
6.4. Les courants contradictoires dans la philosophie des sciences au XVIII ^e siècle.....	127
7. Existe-t-il une logique explicative de la naissance de la méthode expérimentale ?.....	131
7.1. Les crises socio-politiques.....	131
7.2. La société savante.....	133
7.3. Le quorum scientifique.....	136
7.4. L'instrumentation, partie intégrante de la méthode expérimentale.....	137
7.5. L'énigme de la découverte de la méthode expérimentale et de son développement en Occident.....	138
8. Conclusion - Le mariage des techniques et des concepts.....	141
Chapitre III - L'impact du déterminisme dans les sciences du vivant aux XIX^e et XX^e siècles.....	145
1. La reconnaissance de la physiologie comme science expérimentale au XIX ^e siècle.....	150
2. Le déterminisme, socle philosophique de la physiologie expérimentale.....	152
2.1. La bible déterministe de Claude BERNARD.....	154
2.2. Les multiples approches conceptuelles du déterminisme expérimental dans l'étude du vivant.....	155

2.2.1. L'expérience pour voir.....	156
2.2.2. L'expérience décisive.....	159
2.2.3. La sérendipité ou la découverte inattendue.....	160
2.2.4. Avantages et pièges du raisonnement par analogie.....	162
2.2.5. La part du hasard dans la méthode expérimentale.....	167
3. L'impact technologique sur les sciences du vivant au XIX ^e siècle.....	170
3.1. La rationalisation de la physiologie opératoire.....	170
3.2. L'émergence d'une ingénierie instrumentale adaptée à l'expérimentation physiologique.....	175
3.3. L'application de la chimie analytique à l'exploration physiologique.....	184
4. De nouvelles disciplines dans les sciences du vivant au XIX ^e siècle et leur support méthodologique.....	187
5. La notion de quantification dans les sciences du vivant.....	193
6. Une nouvelle donne expérimentale pour les sciences du vivant au XX ^e siècle.....	195
6.1. Un choix raisonné d'organismes modèles.....	196
6.2. Une percée dans les techniques exploratoires des fonctions du vivant.....	207
6.2.1. L'imagerie de l'infiniment petit.....	207
6.2.2. Le dénombrement et l'isolement de structures macromoléculaires.....	217
6.2.3. Le marquage isotopique.....	222
6.2.4. L'instrument et la méthode L'analyse du réel à travers l'instrument.....	224
7. L'ouverture de l'expérimentation biologique au réductionnisme.....	227
7.1. Les premiers pas vers le réductionnisme expérimental : de l'organe à la cellule.....	228
7.2. La glycolyse acellulaire : prototype de la démarche réductionniste dans l'exploration du métabolisme.....	230
7.3. Déconstruction et reconstruction de complexes macromoléculaires.....	231
7.4. Naissance de la biologie virtuelle Modélisation de la dynamique cellulaire.....	234
8. La méthode expérimentale face aux courants de la philosophie et de la vie sociétale contemporaines.....	238
8.1. La confrontation entre vitalistes et mécanistes L'émergence de l'organicisme.....	238
8.2. Le " <i>Novum Organum</i> " revisité et contesté.....	243
8.3. Un réexamen du déroulement de la démarche expérimentale.....	245
9. Conclusion - Le déterminisme et l'essor de la méthode expérimentale De l'organe à la molécule.....	248



Chapitre IV - Les défis de l'expérimentation sur le vivant

à l'aube du XXI^e siècle.....251

1. L'avènement des biotechnologies	
Vers un nouveau paradigme de la méthode expérimentale.....	252
1.1. Le génome exploré.....	253
1.1.1. De la biologie moléculaire au génie génétique.....	253
1.1.2. L'ADN devenu outil moléculaire.....	259
1.1.3. Les puces à ADN et les puces à protéines	
De la génomique à la protéomique.....	263
1.1.4. De la génomique à la métagénomique.....	268
1.2. Le génome manipulé.....	269
1.2.1. L'ADN utilisé comme matériau de construction.....	270
1.2.2. L'interférence par l'ARN : une nouvelle frontière	
dans la manipulation de l'expression du génome.....	272
1.2.3. La transgression expérimentale du code génétique.....	274
2. Vers la maîtrise des fonctions du vivant pour des buts utilitaires.....	276
2.1. Manipulations de l'ADN végétal	
Le pari des plantes génétiquement modifiées.....	277
2.2. Manipulations de l'ADN humain et espoirs de la thérapie génique.....	280
2.3. Cellules souches et clonage.....	283
2.3.1. L'espoir des cellules souches.....	283
2.3.2. Le spectre du clonage.....	288
2.3.3. Le biais de la parthénogenèse dans le clonage.....	292
2.4. L'"humanisation" de cellules animales à des fins de xénotransplantation.....	292
3. Le cheminement de la médecine face à la méthode expérimentale.....	294
3.1. De la médecine empirique à la médecine expérimentale.....	295
3.2. Les avancées contemporaines de la biotechnologie	
L'exemple de l'imagerie médicale.....	301
3.3. De la médecine expérimentale à la médecine prédictive.....	304
3.4. La pharmacothèque du futur.....	307
4. Vers une conception globalisée des fonctions du vivant.....	309
4.1. Démonstration expérimentale d'interactions protéiques.....	310
4.2. Modélisation mathématique de la complexité du vivant.....	315
4.3. Binrobots et robots hybrides.....	324
5. Conceptualisation et signification des mots dans la démarche expérimentale.....	332
6. Méthode expérimentale, connaissance du vivant et société.....	337
6.1. Le clonage humain censuré par le code de bioéthique.....	339
6.2. La brevetabilité du vivant.....	342
6.3. L'expérimentation animale face à l'abolitionnisme.....	344



TABLE DES MATIÈRES

429

7. La place du chercheur scientifique dans la mouvance de la biotechnologie.....	345
7.1. La recherche fondamentale face à la métamorphose de la méthode expérimentale.....	346
7.1.1. Une nouvelle stratégie dans l'organisation de la recherche.....	347
7.1.2. Une nouvelle façon de diffuser le savoir	349
7.1.3. Le nouvel horizon de l'interdisciplinarité	351
7.2. La méthode expérimentale enseignée et discutée	354
8. Conclusion - Un regard sur le présent à la lumière du passé.....	356
Chapitre V - Epilogue	359
Bibliographie.....	365
Index des auteurs.....	385
Glossaire.....	397
Table des illustrations.....	419
Table des matières.....	425

■ SCIENCE EXPÉRIMENTALE ET CONNAISSANCE DU VIVANT

L'ouvrage permet de comprendre comment les nouveaux instruments, les nouvelles techniques, les découvertes ont engendré des concepts générateurs d'idées qui, une fois testés, ont permis la mise en œuvre de la méthode expérimentale. L'analyse est prolongée jusqu'aux limites que la méthode expérimentale semble rencontrer aujourd'hui (au sens biologique, philosophique, sociologique) face à la complexité du vivant. Le lecteur se trouve ainsi placé face aux questions concernant sa propre identité biologique et l'évolution dans le futur de la science et de la société.

L'ouvrage concerne les biologistes, les médecins, pharmaciens, scientifiques concernés par les sciences du vivant, mais aussi les historiens et philosophes, comme tous les citoyens cultivés soucieux de comprendre les mutations de la science et de la société.

■ LES AUTEURS



Pierre Vignais, docteur ès sciences, docteur en médecine, ancien boursier de la Fondation Roux à l'Institut Pasteur de Paris, a été professeur de biochimie à la faculté de médecine de l'Université Joseph Fourier à Grenoble et directeur d'une URA - CNRS au CEA-Grenoble. Ses travaux en bioénergétique cellulaire ont porté sur des



aspects fondamentaux du fonctionnement des mitochondries et sur les phénomènes respiratoires associés au mécanisme de la phagocytose. Il est titulaire de la médaille d'argent du CNRS et Grand Prix de l'Académie des Sciences. Il est l'auteur dans la même collection de *La biologie des origines à nos jours*.

Paulette Vignais, diplômée de ENSCP Paris, docteur-ingénieur, est directeur de recherche émérite au CNRS. Ses travaux sur la bioénergétique chez les procaryotes, l'ont conduite à créer, au CEA-Grenoble, un laboratoire associé au CNRS pour étudier la production biologique d'hydrogène par les bactéries photosynthétiques.

Pierre et Paulette Vignais ont également travaillé à l'étranger : universités d'Oxford, de Californie (UCLA), John Hopkins Hospital à Baltimore.



9 782868 838971

ISBN 2 86883 897 9



GRENOBLE
SCIENCES

UNIVERSITÉ
JOSEPH FOURIER

45 €