



Hervé This

COURS DE GASTRONOMIE MOLÉCULAIRE n° 1

Science, technologie,
technique... culinaires:
quelles relations?



éditions
Quæ **Belin**

RAFFINÉ
CULINAIRE
SCIENCE
TECHNIQUE
GASTRONOMIE
MOLÉCULAIRE

Hervé This

**COURS DE GASTRONOMIE
moléculaire n° 1**

Science, technologie,
technique... culinaires:
quelles relations?

éditions
Quæ **BeLin**

RAISONNES DU VIVANT

Éditions Belin

8, rue Férou - 75278 Paris cedex 06

www.editions-belin.com

Éditions Quæ

c/o Inra, RD 10, 78026 Versailles cedex

www.quae.com

Le code de la propriété intellectuelle n'autorise que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » [article L.-122-5] ; il autorise également les courtes citations effectuées dans un but d'exemple ou d'illustration. En revanche « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants-cause, est illicite » [article L.-122-4]. La loi 95-4 du 3-janvier 1994 a confié au CFC (Centre français de l'exploitation du droit de copie, 20, rue des Grands-Augustins, 75006 Paris), l'exclusivité de la gestion du droit de reprographie. Toute photocopie d'œuvres protégées, exécutées sans son accord préalable, constitue une contrefaçon sanctionnée par les articles-425 et suivants du Code pénal.

Sommaire

Chapitre 1	
Le projet	7
Chapitre 2	
La nature de la science	11
Chapitre 3	
La gastronomie moléculaire : son histoire, ses travaux en cours, quelques résultats importants	41
Chapitre 4	
Une méthode pour faciliter le transfert technologique : comment organiser les relations entre science et technologie, entre laboratoires scientifiques et monde industriel ?	55
Chapitre 5	
Examen de quelques propositions technologiques introduites dans le cadre de la collaboration avec le cuisinier Pierre Gagnaire	61
Chapitre 6	
Recherche d'une méthode générale de transfert technologique	75
Chapitre 7	
Est-ce suffisant ?	137
Chapitre 8	
Au revoir	139
Bibliographie	143
Index	157

*« C'est de la science la plus pure
et la plus désintéressée que découlent
les applications les plus fécondes. »*

Paul Langevin

Est-ce vrai ?

Chapitre 1

Le projet

Le titre de ce livre ne ment pas : il sera question ici de science, d'abord, de technologie, ensuite, et de technique, enfin. Le monde technique ne sera que celui de la cuisine, parce que c'est le seul que je connaisse un peu. Ce n'est pas un monde prétentieux : il est quotidien, prosaïque, simple... mais les autres parties du monde technique sont-elles différentes ?

Au cours de nos pérégrinations (le terme n'est pas usurpé : nous aurons l'occasion de voir qu'il y a du prosélytisme dans l'affaire), il sera discuté de la place éventuelle de la science dans la technologie. Éventuelle, doit-on insister, parce que, malgré mon *a priori*, il est exact que la science, étrangère à l'activité technologique, n'en est pas la base obligée, comme on le verra sur de nombreux exemples.

Il sera question de méthodes, beaucoup, et les questions abonderont. D'une part, parce que les questions sont des promesses de réponses ou des moteurs de réflexion, des invitations à progresser dans tous les cas. D'autre part, parce que, alors que des penseurs, parmi les plus grands, ont débattu de science et de technologie, il serait à la fois naïf et présomptueux de proposer des réponses à propos de matières aussi difficiles que les relations entre la science et la technologie, ou que l'« invention » et l'« innovation ».

Pourtant, celles et ceux qui se disent scientifiques, technologues, ingénieurs, voire techniciens, peuvent-ils éviter de se frotter aux questions: qu'est-ce que la science? qu'est-ce que la technologie? qu'est-ce que la technique?

Pour paraphraser Platon (dans une mauvaise traduction), on dirait: « – Mais crois-tu que celui qui fait le mieux les choses est celui qui les comprend, ou celui qui ne les comprend pas? – Celui qui les comprend, bien sûr. – Et celui qui les comprend n'est-il pas celui qui a cherché à les comprendre? – Oui, c'est bien celui-là. – Et pour les comprendre, doit-il avoir cherché à les comprendre? – Assurément: on ne peut pas avoir compris quelque chose sans avoir cherché à le comprendre. » Et ainsi de suite, comme dans le *Phèdre*, l'*Hippias majeur*, le *Théétète*... Disons-le maintenant plus directement: oui, ce livre est fondé sur un acte de foi, à savoir que le scientifique ne peut faire l'économie de la réflexion sur sa pratique, pas plus que le technologue, l'ingénieur, pourquoi pas l'artiste, ne peuvent échapper aux interrogations « introspectives » s'ils visent un succès supérieur à celui qu'ils connaissent et dont, sous peine de paresse, ils ne peuvent se contenter...

Les activités de ces personnes sont immanquablement associées au terme de « recherche »: de quoi s'agit-il? La question s'impose, avant celle de savoir ce qu'est la science, parce que les personnels des institutions que sont l'Inra ou le CNRS, par exemple, sont des « chargés de recherche », des « directeurs de recherche », des « ingénieurs de recherche » [1]... Ce sont des « chercheurs », certes... mais les artistes, aussi, ne sont-ils pas des chercheurs? Certainement pas des scientifiques, mais certainement des chercheurs, puisque leur objectif est précisément, dans le domaine de l'émotion (pour faire simple; voir [2]), de produire des œuvres toujours nouvelles. Cette production, ils ne l'obtiennent pas en claquant des doigts: du travail s'impose, de la... recherche!

Oui, on parle aujourd'hui beaucoup de « recherche ». On en parle à tout bout de champ, mais n'est-ce pas étonnant, au fond, que l'on confisque ce terme au profit de ceux qui... Ceux qui quoi, au fait? Nous y reviendrons. Pour l'instant, commençons par nous étonner que l'on puisse confisquer le terme de « recherche » pour une activité particulière, alors que la seule possession d'un cerveau met chaque être humain en position de recherche. Après des milliards d'années d'évolution biologique, notre espèce humaine est présente sur la Terre parce qu'elle a réussi à échapper aux prédateurs et à rechercher des proies [3]. On a dit que l'on était humain en raison de notre capacité d'admirer [4], mais il s'agit là d'un de ces arguments d'autorité qui, s'ils séduisent pour mille raisons, notamment celle des bons sentiments qu'ils agitent, manquent de la puissance de la... raison. Ne devrions-nous pas plutôt dire que nous sommes humains en raison de notre capacité de chercher?

De ce fait, ne faut-il pas lutter contre l'assimilation réductrice de la recherche à la science? La recherche est partout, mais la science est

une activité particulière, bien déterminée, qui ne doit être ni galvaudée, ni dissoute dans mille autres activités qui n'ont ni ses objectifs, ni sa méthode. D'ailleurs, la technologie, aussi, ne doit pas être dissoute dans la recherche. Elle aussi a ses particularités. Pourquoi réduirait-on à des « chercheurs » tel constructeur de grands ponts, tel fabricant de puces microélectroniques, tel spécialiste de la réactivité des sucres qui synthétise des médicaments ? Pourquoi, aussi, mélangerait-on ces femmes et ces hommes de talent à ceux qui se préoccupent – également avec talent – de produire des connaissances ? Les objectifs et les méthodes sont différents. Ni mieux ni moins bien : seulement différents.

Pour en revenir à la science, il y a aussi la difficile question de l'étymologie, qui fait attribuer le nom de « science » à une foule d'activités culturelles disparates, confondant au lieu de distinguer [5]. Oui, il y a une sorte de puissance intellectuelle dans l'acte de regrouper des notions ou des objets différents en repérant des points communs [6], mais, inversement, la capacité analytique, qui divise, qui sépare, a bien montré, surtout en chimie, toute sa puissance¹. Bref, il sera ici question de sciences expérimentales, non de sciences humaines et sociales. On ne les confondra pas, et ce ne sera pas pour des raisons de hiérarchisation [7], mais parce qu'il reste vrai que les méthodes ne sont pas identiques pour ces deux champs disciplinaires, même si la connaissance reste l'objectif commun : peut-être vaudrait-il mieux distinguer, voire réserver un nom particulier aux disciplines que sont la chimie, la physique, la biologie..., afin de les séparer des autres sciences ?

Tiens, ne gagnerions-nous pas à mieux distinguer les méthodes respectives des différentes sciences, au lieu de confondre paresseusement toutes les activités de recherche en une seule entité hétéroclite ? Est-ce vraiment une bonne idée de regrouper les sciences de la nature avec d'autres activités aux méthodes différentes, même si la connaissance

1. L'histoire des sciences le prouve : par exemple, on a commencé à identifier l'albumine comme le principe coagulant du blanc d'œuf, du sang... avant de comprendre que la classe ainsi nommée était hétérogène (d'une part, la gélatine ne coagule pas, alors qu'il s'agit d'une protéine, et, d'autre part, des produits qui coagulent, tels les colloïdes des eaux traitées par des ions, ne sont pas des protéines). De ce fait, le terme d'« albumine » a été abandonné au début du xx^e siècle pour celui de protéine ; les albumines ne sont plus, aujourd'hui, que de petites « protéines » globulaires très particulières. On a gagné en compréhension quand on a appris à distinguer.

Même chose pour divers « principes » qui ont pavé l'histoire de la science des aliments. Par exemple, l'osmazôme est une notion fautive, encore présente dans certains cercles culinaires, parce qu'elle a été popularisée par Jean-Anthelme Brillat-Savarin. Cette notion avait été introduite par le chimiste français Louis-Jacques Thenard, qui avait préparé un extrait de viande dans l'alcool. Brillat-Savarin en fit hâtivement – et faussement – « le » principe sapide des viandes, alors qu'il s'agit d'un mélange, et que ce mélange n'est pas le principe sapide des viandes ! Le succès littéraire de la *Physiologie du goût*, fiction merveilleuse, qui prend les gourmands dans le sens du poil, imposa nombre d'idées fausses, en utilisant des armes rhétoriques aussi actives qu'intellectuellement faibles. Par exemple, les aphorismes, qui ne sont autres que des arguments d'autorité, tels que : « On devient cuisinier, on naît rôtisseur ».

est l'objectif commun ? Isaac Newton², Michael Faraday³ et d'autres avaient bien compris la question, quand ils proposaient de nommer leur activité « philosophie naturelle ». Certes, la *philosophia naturalis* désignait l'étude objective de la nature et de l'univers physique qui régnait avant le développement de la science moderne, et certains ont voulu une autre terminologie sous le prétexte que la philosophie de la nature était traditionnellement liée à la théologie naturelle [8], mais, au fond, changer les mots pour éviter des confusions n'est une stratégie admissible que lorsque les mots sont erronés ; quand ils sont justes, ils s'imposent. Puisque *sutor non supra crepidam*⁴, je donne un exemple plus simple : si la terminologie « économie domestique » semble archaïque, il reste que l'activité demeure, qu'elle s'impose, et que les citoyens doivent apprendre à gérer leurs biens et à maîtriser leurs dépenses d'alimentation par une saine pratique culinaire, par exemple⁵.

Science ? Sciences de la nature ? Philosophie naturelle ? Dans tous les cas, on confond généralement l'activité et son résultat... mais la faute est vénielle pour qui ne laisse pas planer de doute. Par exemple, quand on parle de « cuisine » – et je répète qu'il en sera question ici – il est rare que l'on hésite à savoir si l'on parle du lieu où l'activité se tient, ou de l'activité elle-même [9]. Parlons donc de science, tant que la terminologie « philosophie naturelle » n'est pas remise au goût du jour. Et parlons de science pour l'activité, et non pour le produit de cette activité, parce qu'il y a peut-être de la prétention à vouloir détenir « de la science ».

Ah, un dernier mot : celui qui cherche, qui pose des questions, a toujours besoin d'avancer dans une première direction, de reculer pour repartir dans une autre direction, d'avancer un peu encore, reprenant le droit fil de son chemin, s'en détournant, y revenant... Il ne manque pas de « méthode » pour autant, car *methodon*, en grec, signifie « chemin » [10]. Relisons Montaigne [11] pour bien comprendre que la voie la plus droite de Descartes, si elle a ses vertus, n'est pas la voie unique. En musardant, on découvre plus de chemins que lorsque l'on est déjà « dans le but »⁶. Cette remarque a pour objectif de justifier les notes marginales, les notes de fin de document, les parenthèses, les incises, les digressions... Toutes sont voulues, parce qu'elles conduisent à affiner une pensée, disons un questionnement.

2. 4 janvier 1643, Grantham – 31 mars 1727, Kensington.

3. 22 septembre 1791, Newington, Surrey – 25 août 1865, Hampton Court, Middlesex.

4. « Le cordonnier ne juge pas plus haut que la chaussure ». Mais... est-ce vrai d'un bon cordonnier ?

5. Nous gaspillons jusqu'à 80 pour cent de l'énergie que nous utilisons quand nous cuisinons nos aliments. Au-delà du gâchis collectif (il faut produire l'énergie, la transporter...), n'est-ce pas insensé de rejeter cette énergie dans l'atmosphère ? Luttons pour que tous les foyers soient équipés de plaques à induction (lesquelles, alors, seront bien moins coûteuses qu'elles le sont aujourd'hui).

6. Ici, les guillemets soulignent que la faute de français n'en est pas une. Oui, on ne peut être « dans le but », sans quoi le but n'en est plus un ! Mais je maintiens l'expression dans le cas présent.

Chapitre 2

La nature de la science

1. La science appliquée n'existe pas ; les sciences appliquées non plus !

Avant de chercher à savoir ce qu'est la science, commençons par chercher ce qu'elle n'est pas. Comme la question reste difficile, faisons-le avec un peu de légèreté, en imaginant un jeune « chargé de recherche » (après ce qui vient d'être dit, il faudra quand même lui trouver un autre titre, sans trop tarder !) à qui l'institution qui l'emploie demande de faire de la « bonne science » (la question vaut également pour les « directeurs de recherche », à qui il faudra, également, trouver un autre titre). De la bonne science : de quoi s'agit-il ? Paradoxalement, nos prédécesseurs les plus prestigieux ont répondu de façon ambiguë à cette question légitime... et essentielle.

Commençons, sans tenir compte de la chronologie, avec Louis Pasteur, dont on ne contestera pas l'autorité scientifique. Alors même qu'il contribuait à bouleverser les connaissances de son temps sur le vivant, il s'intéressa beaucoup aux problèmes pratiques, comme on le sait : la maladie du ver à soie, le traitement de la rage... Selon son biographe Gerald Geison [12] : « L'intérêt de Pasteur pour les problèmes pratiques

découlait naturellement de ses travaux scientifiques, surtout dans le cas de la fermentation, car la théorie biologique de la fermentation contenait des implications importantes, et évidentes, pour l'industrie. En insistant sur le fait que chaque réaction de fermentation devait être due à des micro-organismes spécifiques, vivants, Pasteur attirait l'attention sur la pureté des micro-organismes concernés et sur la quantité d'oxygène consommée, et il suggérait aussi que le produit industriel réalisé pouvait être préservé par une stérilisation appropriée, ou « pasteurisation ». En outre, la vieille analogie entre fermentation et maladie rendit les théories pastoriennes importantes pour la médecine. La théorie biologique de la fermentation impliquait l'existence de « germes » de maladies. [...] Personne plus que Pasteur n'insistait sur l'étroitesse de la relation entre la science et les applications. Jusqu'à un certain point, Pasteur choisit d'étudier les conséquences pratiques de ses travaux aux dépens de contributions potentielles à la science, ou s'autorisa à poursuivre de telles études. »

C'est la fin de cette citation qui nous intéressera ici : oui, Pasteur, grand scientifique, s'est préoccupé des applications de ses découvertes... mais il n'a cessé de répéter que les sciences appliquées n'existent pas ! Dès 1870, il écrit : « Souvenez-vous qu'il n'existe pas de sciences appliquées, mais seulement des applications de la science. » Puis, deux ans plus tard [13] : « Une idée essentiellement fautive a été mêlée aux discussions nombreuses soulevées par la création d'un enseignement secondaire professionnel : c'est qu'il existe des sciences appliquées. Il n'y a pas de sciences appliquées. L'union même de ces mots est choquante. Mais il y a des applications de la science, ce qui est bien différent. Puis, à côté des applications de la science, il y a le métier, représenté par l'ouvrier plus ou moins habile. L'enseignement du métier a un nom dans toutes les langues. Dans la nôtre, il s'appelle l'apprentissage, que rien au monde ne peut remplacer. » [14] Parfois, la question l'irrite : « Non, mille fois non, il n'existe pas une catégorie de sciences auxquelles on puisse donner le nom de sciences appliquées. Il y a la science et les applications de la science, liées entre elles comme le fruit à l'arbre qui l'a porté. » [15]

Que doivent alors penser les jeunes scientifiques, alors que les gouvernements successifs ne cessent de déplorer la faiblesse technologique de notre pays et de les encourager à créer des entreprises ? Comment doivent-ils partager leur temps entre science et technologie ? Et puis, doivent-ils même partager leur temps entre science et applications de la science ? Après tout, chacun d'entre nous a des « déformations professionnelles » : nous nous rigidifions dans des attitudes qui nous facilitent le travail, nous font progresser. Pas de musicien sans gammes, pas de sportif sans entraînement, et il n'est pas anecdotique de signaler ici qu'Alain Connes, médaille Fields en 1982, a programmé son ordinateur pour que, le matin, celui-ci lui pose un petit problème dont la résolution permettra ensuite, et

ensuite seulement, d'utiliser la machine [16] ; il n'est pas inutile de dire que Pierre-Gilles de Gennes⁷, pour être « intelligent en physique », faisait tous les matins, en allant au laboratoire, un *footing* qui consistait à calculer des ordres de grandeur [17].

L'exercice de la science, en admettant pour l'instant que la science soit la recherche des mécanismes des phénomènes, conduit à une rigidification dans la posture de recherche des mécanismes des phénomènes. Posture très différente de celle des technologues qui, cherchant des applications de la science, doivent précisément éviter de se perdre dans la recherche des mécanismes. Ne devons-nous pas admettre, voire soutenir, que l'exercice de la science et l'exercice de la technologie sont séparés, qu'ils nécessitent des compétences différentes, des activités différentes, des entraînements différents ? Ne devrions-nous pas même admettre que c'est une faute que d'acquérir des réflexes technologiques quand on fait de la science, ou *vice versa*, parce que, qu'on le veuille ou non, les journées n'ont que 24 heures et que tout moment donné à une autre activité que l'activité principale est pris sur l'activité principale...

Décidément, la question est difficile, et il faudra l'examiner plus avant.

2. Qu'est-ce que la science ?

Auparavant, revenons à notre jeune scientifique qui, voulant faire bien, continue de se poser la question : qu'est-ce que la science ? Homme ou femme de science, il a été formé à l'art bibliographique, et mène donc sa quête à l'aide de cet « art ».

Les guillemets autour du mot « art » vont nous arrêter, à nouveau : ils sont mis pour souligner que, là encore, il y a danger. Oui, on parle de l'art bibliographique, de l'art médical, comme on parlait des « arts chimiques » [18], par exemple (la teinture, la métallurgie, la fabrication des bougies, des médicaments... la cuisine !). Par « art », on n'entendait pas, évidemment, les « beaux-arts », mais l'habileté, le métier, la connaissance technique. Autrement dit, parler d'art bibliographique est exagéré, et l'on devrait seulement dire « bibliographie ». Bref, le jeune scientifique fait sa bibliographie, et il sait que le risque est de s'y perdre, mais le travail lui confirme que, pour « science » comme pour « art », les acceptions sont variées, et ont changé au cours du temps.

Commençons avec celui qui a été dit « père de la médecine », Hippocrate⁸ : « Savoir, c'est la science ; croire savoir, c'est l'ignorance. » [19] Là, la science, c'est le savoir. Pas étonnant, donc, que pour lui, savoir soit la science ! Nous reviendrons sur la médecine et son statut très

7. 24 octobre 1932, Paris – 18 mai 2007, Orsay.

8. Vers 460 av. J.-C., île de Cos – vers 370 av. J.-C., Larissa.

particulier. En attendant, passons vite à Platon⁹: « Les mathématiques sont le langage avec lequel les dieux parlent aux hommes. » Dans cette citation, Platon ne parle pas de science explicitement, mais peu importe: sa quête est bien la connaissance du monde, au point même de négliger les phénomènes, pour se consacrer à leur « cause ». Dans cette même veine, il était logique qu'il se limite aux mathématiques, qui sont abstraction de la chose plutôt que la chose elle-même. On ne parle pas de cinq moutons, mais de cinq. Le nombre a plus de généralité, plus de recul vers le fond de la caverne où l'espèce humaine est enchaînée, ne voyant que des ombres du monde. Eh oui, alors, les nombres, et les mathématiques, sont un message des « dieux ».

Avec Aristote¹⁰, les phénomènes reprennent du poil de la bête. N'écouterant qu'un « Ni Dieu ni maître » intellectuellement salubre, il observe que Platon se focalise tant sur les formes éternelles, les Idées, que les phénomènes naturels deviennent vulgaires, sans intérêt. De ce fait, Aristote se questionne sur la nature, le monde que nous percevons. Pour lui, Platon pose le problème à l'envers: l'Idée n'existe pas en soi; elle est un concept que nous créons, et l'idée du mouton ne précède pas le mouton, mais est présente dans chaque mouton. Le Mouton n'existe pas; il y a seulement des moutons. À Platon, qui propose de n'utiliser que la raison, Aristote oppose que les sens doivent être utilisés pour comprendre le monde. À Platon, qui dit que ce que nous voyons autour de nous n'est que la projection, l'ombre, du monde des Idées, Aristote oppose que ce qui est dans l'esprit humain n'est qu'un reflet des objets de la nature; la raison est le propre de l'être humain, mais elle est vide avant que nos sens ne perçoivent quelque chose. À Platon, Aristote oppose l'observation et l'expérience.

Je propose que nous conservions de tout cela une phrase d'Aristote, qui parle explicitement de science: « Nous estimons posséder la science d'une chose d'une manière absolue quand nous croyons que nous connaissons la cause par laquelle la chose est, que nous savons que cette cause est celle de la chose, et qu'en outre il n'est pas possible que la chose soit autre qu'elle n'est » [20]. Ah, la cause! Les philosophes en discuteront sans relâche, mais Émile Meyerson¹¹ est l'un de ceux qui nous dira le mieux ce qu'elle est et ce qu'elle n'est pas.

C'est anticiper, toutefois. Ne manquons pas le franciscain anglais Roger Bacon¹² – pas Francis Bacon¹³ qui arrivera plus tard – auquel on attribue d'avoir créé la science expérimentale en faisant de l'expérience la seule source de connaissance scientifique: « La science expérimentale ne reçoit pas la vérité des mains de sciences supérieures; c'est elle qui est la maîtresse, et les autres sciences sont ses servantes. » [21]

9. 427 av. J.-C., Athènes – 348 av. J.-C.

10. 384 av. J.-C. – 322 av. J.-C.

11. 12 février 1859, Lublin (Pologne) – 2 décembre 1933, Paris.

12. 1214-1294.

13. 1561-1626.

« Père de la médecine », disions-nous d'Hippocrate ; « créateur de la science expérimentale », disions-nous de Bacon... Les attributions de ce type sont des tentations constantes, parce qu'elles simplifient la question, mais Bernard de Chartres, au XII^e siècle, a bien dit : « Nous sommes des nains juchés sur des épaules de géants. Nous voyons ainsi davantage et plus loin qu'eux, non parce que notre vue est plus aiguë ou notre taille plus haute, mais parce qu'ils nous portent en l'air et nous élèvent de toute leur hauteur gigantesque. » Bernard de Chartres est-il l'auteur de ce texte ? Oui ! Est-il l'auteur de l'idée transmise par ce texte ? Non, puisque les Grecs disaient déjà que « nous nous échelons les uns les autres ».

Pour en revenir aux fondateurs de la science expérimentale moderne (plutôt que de la science), Galilée¹⁴ (figure 1) est souvent cité. Ne cherchons pas à savoir s'il est ou non le père de la science, puisque ce serait nous détourner de notre véritable quête, et consacrons-nous à lire ce qu'il dit de la science : « La philosophie est écrite dans ce très grand livre qui se tient constamment ouvert devant les yeux (je veux dire l'Univers), mais elle ne peut se saisir si tout d'abord on ne se saisit point de la langue et si on ignore les caractères dans lesquels elle est écrite. Cette philosophie, elle est écrite en langue mathématique ; ses caractères sont des triangles, des cercles et autres figures géométriques, sans le moyen desquelles il est impossible de saisir humainement quelque parole ; et sans lesquelles on ne fait qu'errer vaine-ment dans un labyrinthe obscur. » [22]

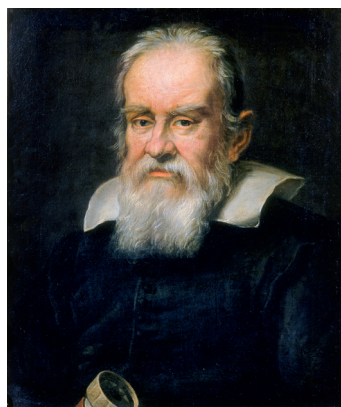


Figure 1

Galilée, un des pères de la « méthode expérimentale », laquelle ne se réduit pas à faire des expériences, mais impose le calcul.

À ce stade, on ne retrouve que du Platon, et la notion, omise précédemment, selon laquelle la science est une branche de la philosophie : la « philosophie naturelle ».

Galilée, praticien de la science, a écrit sur les questions de méthode : « Un bon moyen pour atteindre la vérité, c'est de préférer l'expérience à n'importe quel raisonnement, puisque nous sommes sûrs que lorsqu'un raisonnement est en désaccord avec l'expérience, il contient une erreur, au moins sous une forme dissimulée. Il n'est pas possible, en effet, qu'une expérience sensible soit contraire à la vérité. Et c'est vraiment là un précepte qu'Aristote plaçait

14. Galileo Galilei, 15 février 1564, Pise – 8 janvier 1642, Arcetri.

très haut et dont la force et la valeur dépassent de beaucoup celles qu'il faut accorder à l'autorité de n'importe quel homme au monde. » [23] Paradoxe: Galilée tient à la fois de Platon et d'Aristote !

L'expérience est posée en préalable, nous en conserverons l'idée dans notre discussion ultérieure, mais, déjà, trouvons-en l'écho dans les œuvres du chimiste britannique John Priestley¹⁵ (qui isola le dioxyde de carbone gazeux, découvrit la respiration des végétaux et isola l'oxygène en 1774) : « Dans cet Ouvrage, ainsi que dans tous mes autres écrits sur la physique, je me suis fait une loi de ne point cacher les vues réelles dans lesquelles j'ai fait mes expériences ; j'aurais pû sans doute, en suivant une maxime contraire, acquérir une plus grande réputation de sagacité ; mais je pense que la méthode que j'ai adoptée remplit deux objets excellents : elle tend à rendre l'histoire d'une suite d'expériences plus intéressante, & elle encourage en même temps les autres cultivateurs de la physique expérimentale, en leur faisant voir que c'est même en poursuivant de fausses lueurs qu'on peut découvrir des vérités importantes, & qu'il n'est pas rare de trouver une chose tandis qu'on en cherchait une autre. » [24] Amusant, cette affaire de « physique expérimentale », non ?

Revenons à Galilée : « La science nouvelle met en lumière, à travers les relations de la causalité empirique, une proportionnalité constante, la loi, et cela dans la mesure où elle donne à ces rapports empiriques une expression quantitative et géométrique. Le monde, ce monde divers, aux accents et aux apparences innombrables, se révèle alors comme un tout harmonieux où chaque partie répond à l'autre. Il est ainsi exposé comme ce grand immense perpétuellement ouvert devant nos yeux. » [25] « Science nouvelle » : s'il n'est pas certain que Galilée soit le « père » de la science moderne, il reste qu'il se dit pionnier de la « science nouvelle »... et qu'il poussa plus loin que les autres les limites de la connaissance, raison suffisante pour que nous puissions l'admirer.

Puisqu'il n'est pas question de faire ici une étude épistémologique approfondie, mais que l'on cherche seulement quelques jalons sur le chemin qui doit conduire le jeune scientifique à la bonne science, ne manquons pas Claude Bernard¹⁶... qui, enfin, nous donne des indications claires : « En résumé, le but de la science est partout identique : connaître les conditions matérielles des phénomènes. » [26] Comment s'y prendre ? En gros, la réponse est : il faut travailler ! Bien sûr, Claude Bernard le dit mieux, puisqu'il est en position de l'écrire, mais c'est bien cela qu'il dit : « L'investigateur doit poursuivre ce qu'il cherche, mais aussi voir ce qu'il ne cherchait pas. » [27]

Au détour d'un de ses textes, on trouve toutefois bien mieux que ce truisme : « Quand on voit un phénomène qu'on n'a pas l'habitude de voir, il faut toujours se demander à quoi il peut tenir. [...] ; alors il se présente à l'esprit une réponse ou une idée qu'il s'agit de soumettre à

15. 1733-1804.

16. 12 juillet 1813, Saint-Julien – 10 février 1878, Paris.

l'expérience. » [28] Le phénomène, l'idée, l'expérience... Il manque des ingrédients que l'on trouve, par exemple, chez le mathématicien français Henri Poincaré¹⁷: «Le savant doit ordonner; on fait les sciences avec des faits, comme une maison avec des pierres, mais une accumulation de faits n'est pas plus une science qu'un tas de pierres n'est une maison. »

Oui, mais Poincaré recommandait, à propos d'un phénomène, de «se demander à quoi il peut tenir». Il y a là la question de la cause, et la science est souvent dite «recherche des causes des phénomènes». Terrain miné, dit le philosophe Meyerson, auquel nous arrivons enfin, pour un long (mais passionnant) extrait :

«J'ai manqué mon train ce matin. Quelle en était la cause ? C'est que ma montre était en retard.

«Assurément, si ma montre avait été à l'heure, je me serais levé plus tôt, ou habillé avec plus de hâte et j'aurais pu arriver à temps. Mais si je n'habitais pas si loin de la gare, j'y serais parvenu également; et aussi, si les fiacres à Paris avaient de meilleurs chevaux, ou si le train avait eu quelques minutes de retard... Je pourrais continuer à peu près indéfiniment.

«Qu'est-ce donc que j'ai désigné primitivement par le terme de *cause* ? C'est *une* des conditions déterminant le phénomène. Mais entendais-je affirmer que ce fût la seule ? En aucune façon. Elle m'a simplement paru, pour l'instant, la plus *remarquable*, et l'on voit tout de suite qu'il peut y avoir, à cela, des raisons multiples : c'est la condition la moins connue de mon interlocuteur; c'est aussi celle qui est la moins stable et qui m'a semblé la plus facile à modifier. Je n'ai aucune action sur la marche des trains ou des fiacres à Paris, et ce serait toute une affaire que de déménager pour me loger plus près de la gare; mais il eût suffi d'avoir une montre marchant mieux, ou seulement d'en contrôler la marche la veille pour que l'événement que je regrette n'eût pas lieu [29]. Cependant, je n'ai jamais cessé d'être convaincu que les conditions le déterminant étaient en grand nombre et que chacune d'elles était déterminée par une foule d'autres, remontant fort loin dans le passé. Car, enfin, pour que je puisse manquer mon train par le fait de ma montre, il fallait d'abord qu'il y eût des chemins de fer et des montres à ressort et à balancier, deux inventions modernes qui sont certainement des conséquences très directes de ce grand mouvement d'esprit qu'on appelle la Renaissance, qui a repris et continué l'œuvre admirable accomplie par l'esprit hellénique il y a plus de vingt siècles. Donc, en poussant l'analyse jusqu'au bout, je me vois convaincu que, si j'ai manqué mon train ce matin, Marathon et Salamine y étaient pour quelque chose, puisque ces deux batailles ont empêché que le despotisme persan n'écrasât dans l'œuf la culture grecque. Comme l'a dit Mill, "la cause réelle est le total des antécédents". [30]

17. 29 avril 1854, Nancy – 17 juillet 1912, Paris.

«De tout cela, nous avons un vague sentiment. Mais précisément parce que nous sentons qu'il y a là un enchaînement dans lequel nous risquons de nous perdre, nous simplifions. Nous faisons abstraction de toutes les conditions, si essentielles qu'elles soient, au profit d'une seule que nous tenons à faire ressortir. J'ai omis de parler de l'invention des chemins de fer et des montres et me suis dégagé par là de toute tentation de remonter à la bataille de Marathon, et j'ai omis de même une foule d'autres circonstances, parce que je croyais qu'elles étaient sans intérêt pour mon interlocuteur.

«Ainsi, remonter aux causes, pour un phénomène quel qu'il soit, constitue une tâche impossible. Il faut la limiter, se contenter d'une explication partielle. Voilà la raison pour laquelle, en parlant de causes, nous ressemblons tous aux enfants que satisfont les réponses les plus immédiates aux questions qu'ils posent; ou plutôt à ce fidèle Hindou auquel les brahmanes expliquent que la Terre repose sur le dos d'un éléphant qui se tient sur une tortue, laquelle est juchée sur une baleine. Tout ce qui nous semble un pas dans la voie des explications, nous le décorons du nom de cause. Nous ne sommes donc pas choqués de ce que ce terme soit employé là où en réalité il est question d'une loi. C'est que la recherche de la loi est comprise dans celle de la cause. En effet, toutes les conditions que nous impose la légalité en ce qui concerne le temps et l'espace, la causalité les exige également; elle y ajoute une exigence de plus, celle de l'identité des objets dans le temps. Il est donc bien sûr que tant que le lien légal n'existera point, il ne saurait être question d'établir le lien causal; en revanche, l'établissement du premier est toujours un pas dans la voie qui mène au second. Nous dirons par exemple que le bas point d'ébullition du pétrole est cause de ce qu'une tache faite avec ce liquide disparaît au bout de quelque temps. C'est que nous avons rattaché ainsi la disparition de la tache aux phénomènes d'ébullition. Si ces derniers (ainsi que nous le présumons) venaient à être expliqués, si nous connaissions leurs causes, celles de la disparition de la tache se trouveraient déterminées du même coup.» [31]

3. Les théories de l'expérience

Pourquoi faire des expériences, quand on fait de la recherche scientifique? Dès la discussion de Platon et d'Aristote, la question a été posée, et la réponse semble avoir été donnée. Toutefois, si la philosophie métaphysique se réfugie dans la raison, et la philosophie naturelle dans l'expérience sensible, une nouvelle question se pose: comment poser les «bonnes» questions, comment choisir les «bonnes» expériences?

Sans idée théorique, on ne sait pas quoi chercher, tant les possibilités sont nombreuses, et l'interprétation des résultats d'expérience est impossible. Les bons expérimentateurs, comme l'était Faraday, savaient exactement quel résultat ils devaient obtenir lors d'une expérience,