

SCIENCES EN QUESTIONS



Jean-Marie Legay

L'expérience et le modèle

Un discours sur la méthode



INRA

EDITIONS

Jean-Marie Legay

**L'expérience
et le modèle**

Un discours sur la méthode

Une conférence-débat organisée
par le groupe *Sciences en questions*
Paris, INRA, 24 octobre 1996

Institut National de la Recherche Agronomique
147 rue de l'Université, 75338 Paris cedex 07

La collection "Sciences en questions" accueille des textes traitant de questions d'ordre philosophique, épistémologique, anthropologique, sociologique ou éthique relatives aux sciences et à l'activité scientifique. Elle est ouverte aux chercheurs de l'INRA mais aussi à des auteurs extérieurs.

Directeurs de collection
Etienne Landais, Raphaël Larrère

Le groupe de travail "Sciences en questions" souhaite favoriser la réflexion critique des acteurs de la recherche sur l'activité scientifique et ses implications. Son ambition première est d'enrichir la réflexion interne à l'INRA en l'alimentant de contributions propres à éclairer, sous une forme accessible et attrayante, les débats contemporains sur la science et la recherche.

Texte mis en forme par l'auteur, avec la collaboration d'Etienne Landais.

© INRA, Paris, 1997 ISSN : 1269-8490 ISBN : 2-7380-0778-3.

Le code de la propriété intellectuelle du 1er juillet 1992 interdit la photocopie à usage collectif sans autorisation des ayants droit. Le non-respect de cette proposition met en danger l'édition, notamment scientifique. Toute reproduction, partielle ou totale, du présent ouvrage est interdite sans autorisation de l'éditeur ou du Centre français d'exploitation du droit de copie (CFC), 3 rue Hautefeuille, 75006 Paris, France.

Préface

Lors d'une précédente conférence, le groupe "Sciences en questions" avait demandé au philosophe Bruno Latour de nous parler du métier de chercheur¹. Il nous en avait dressé un portrait stimulant, mais nous avons estimé que ce portrait, d'une certaine manière, laissait dans l'ombre ce qui, aux yeux des chercheurs, constitue la spécificité et le cœur même de leur activité. Cette spécificité se réfugie, selon la terminologie de Latour, dans le premier des cinq "horizons" de la recherche, qu'il intitule "mobiliser le monde". Mobiliser le monde, c'est d'abord le mettre sous forme d'objets lisibles, manipulables, recombinaisons et ensuite convoquer ces "objets non humains" dans les diverses enceintes de négociation où les scientifiques vont parler en leur nom.

Avec Jean-Marie Legay, nous revenons sur cette question centrale, mais en adoptant un point de vue très différent. Bruno Latour se plaçait d'un point de vue extérieur, d'un point de vue anthropologique. Nous allons au contraire nous placer à l'intérieur de la science, en adoptant un point de vue épistémologique pour traiter du problème de la mise en forme du réel à des fins de connaissance à travers la mesure et la modélisation.

Les modèles constituent une catégorie paradoxale et passionnante, intermédiaire entre les objets réels et les mots dont nous nous servons pour les désigner. La nature à la fois réelle et symbolique du modèle participe de celle de l'objet comme de celle du mot. Nous allons y revenir tout de suite.

1. *Le métier de chercheur, regard d'un anthropologue*. Paris, 1985, INRA Editions, Coll. Sciences en questions.

Je voudrais au préalable, cher Monsieur Legay, vous remercier chaleureusement, au nom de l'INRA, d'avoir accepté l'invitation du groupe "Sciences en questions", d'autant que je sais que vous avez consacré beaucoup de temps à la préparation de cette conférence.

Vous êtes né en 1925, ce qui vous fait arriver sur le marché du travail juste après la guerre. Vous avez en tête la ferme intention de travailler dans la recherche et en poche un diplôme d'ingénieur agronome de l'INA, avec une spécialisation en génétique végétale qui ne vous servira jamais à rien, parce que la porte de l'INRA qui vient de naître est à l'époque fort étroite : aucun concours n'est ouvert dans cette discipline. Vous changez alors votre fusil d'épaule et frappez à la porte du département de zoologie, où les perspectives de recrutement sont peut-être meilleures, mais où les postes sont tout aussi rares. En attendant des jours meilleurs, vous serez stagiaire durant presque deux années à la station séricicole d'Alès, avec le statut d'ouvrier agricole ! Un concours d'assistant est enfin ouvert en 1950, vous y êtes reçu premier. Vous êtes alors officiellement affecté à la station d'Alès, chargé de l'amélioration de la sériciculture et de la sélection du ver à soie. Cette orientation génétique vous intéresse mais elle n'est pas exclusive pour vous.

À l'occasion de votre concours d'assistant vous avez en effet rencontré ce que l'on appelle un grand bonhomme, en la personne du Professeur P.P. Grassé, qui tentait à l'époque de s'opposer à l'influence croissante des généticiens de l'Institut Pasteur, regroupés autour de Jacques Monod. Il vous a remarqué et vous incite, évidemment, à vous orienter vers la physiologie plutôt que vers la génétique. L'homme vous séduit, il devient votre directeur de thèse, plus ou moins à l'insu de l'INRA qui, si j'ai bien compris, n'appréciait guère à l'époque ces fréquentations universitaires. Vous soutiendrez en 1955 une thèse de doctorat d'État consacrée à

l'étude de la physiologie et du comportement alimentaire du ver à soie. Cette thèse comporte d'importants développements méthodologiques, ce qui vous rapproche de la biométrie, vers laquelle vous avez déjà fait un pas en passant, dès 1947, le diplôme de l'Institut de Statistique de Paris.

Mais le paysage se transforme. Le Ministère de l'Économie supprime la subvention à la production de cocons, et cette décision entraîne l'effondrement de l'élevage du ver à soie en France. L'INRA en tire assez rapidement les conséquences en fermant la station d'Alès. Vous proposez alors une reconversion en direction de la génétique des petits animaux, mais le département de Zoologie, dont presque tous les chercheurs s'efforcent de trouver le moyen de débarrasser l'agriculture des sales bestioles qui entravent ses productions, n'est pas prêt à l'époque à accepter cette ouverture et à ouvrir un second front.

À la suite de votre thèse, l'Université vous a inscrit sur la liste d'aptitude restreinte et la Faculté des Sciences de Lyon vous propose en 1959 un poste de Maître de Conférences. Vous vous laissez tenter et quittez alors l'INRA, où vous aurez travaillé douze ans au total, deux comme ouvrier agricole, deux comme assistant et huit comme chargé de recherches. Durant cette période, vous avez publié, outre votre thèse, une bonne soixantaine d'articles scientifiques sur la physiologie des insectes et la sériciculture. Vous arrivez donc à l'Université où vous entamez une seconde carrière. Vous prenez en charge l'enseignement des mathématiques destiné aux biologistes, développez la biométrie et créez le laboratoire qui s'intitule aujourd'hui "Biométrie, Génétique et Biologie des Populations". Vous le dirigerez durant 12 années, avant d'en transmettre en 1988 la direction à Alain Pavé. Dès l'année suivante, le CNRS vous propose la fonction de Directeur scientifique adjoint au Département des Sciences de la Vie, fonction que vous

assumerez jusqu'en 1995 avant d'en démissionner, comme c'est la tradition, suite à votre départ à la retraite. Depuis, l'Université vous renouvelle chaque année le statut de professeur émérite, ce qui vous permet de continuer à exercer de nombreuses activités dans le domaine scientifique.

Durant près de trente-cinq ans, vous avez donc été un acteur et un observateur privilégié du développement de la biométrie, tout en vous efforçant en permanence de prendre du recul par rapport à cette évolution et d'en construire une interprétation épistémologique. De ce point de vue, votre formation d'agronome vous prédisposait à saisir la profondeur de la remise en cause de la sacro-sainte méthode expérimentale. Or les scientifiques, dans leur majorité, n'ont pas pris conscience de cette évolution et vous vous en inquiétez. Vous écrivez ainsi – je cite – *"Une expérience est-elle possible ? Je ne crois pas que nous puissions nous en tenir à l'expérience au sens de Claude Bernard, plus proche de la notion de commande des automaticiens que de celle d'expérience au sens de Popper. Nous ne pouvons tout de même pas rester bloqués par des conceptions du XIXe siècle alors que nous nous préparons à aborder le XXIe. La société nous pose des problèmes d'une envergure nouvelle, arrangeons-nous pour y répondre"*.

La vocation de la biométrie, qui est de collaborer avec les diverses disciplines des sciences du vivant, vous conduit à réfléchir sur le sens et les conditions de la collaboration interdisciplinaire, qui vous apparaît de plus en plus comme l'état obligé de l'organisation de la recherche, face à la demande sociale. Après la génétique, l'agronomie, la biologie du développement, toutes disciplines dans lesquelles vous vous êtes personnellement impliqué, et avant la biologie cellulaire et moléculaire, c'est l'écologie qui devient dans les années 60 le moteur de l'évolution de la biométrie. Transportant la recherche hors du monde des laboratoires et des

domaines expérimentaux, elle prétend travailler dans la nature sans l'avoir modifiée au préalable pour organiser l'expérience. Non contents de cette révolution, les écologues affichent d'emblée comme programme scientifique l'étude d'objets biologiques dont ils reconnaissent la complexité irréductible, imposant ainsi le concept de système.

Votre réflexion de biométricien se porte alors sur les questions théoriques et méthodologiques que soulèvent l'étude et la modélisation des systèmes complexes en biologie. Ceci vous amène à vous intéresser au concept d'*organisation*, concept central de la systémique, et à redéfinir l'objet de la biométrie comme l'étude de l'organisation des systèmes biologiques : *"les êtres vivants sont des systèmes éminemment organisés, aussi bien vers l'intérieur, jusqu'au niveau moléculaire que vers l'extérieur, jusqu'au niveau des écosystèmes. Et c'est cette organisation que nous devons étudier dans sa complexité et sa souplesse, dans son fonctionnement et son évolution. C'est la théorie de cette organisation que nous devons donner maintenant comme objectif à la biométrie"*².

Bien entendu l'état de nature n'existe pas. Aucun écosystème n'échappe à l'influence directe ou indirecte de l'activité humaine. Parti de la distinction fondatrice qu'opère Fisher entre les variables contrôlées et les variables non contrôlées, vous en arrivez finalement à une problématique beaucoup plus générale, qui est celle de la modélisation des systèmes complexes, plus ou moins étroitement pilotés, car le problème dépasse l'écologie. *"Je ne connais aujourd'hui – écrivez-vous – aucun problème scientifique résultant d'une demande sociale dont la résolution n'appelle la mise en jeu de plusieurs*

2. Pour une biométrie. *Statistique et analyse des données*, 1 (2), 5-11, 1976.

disciplines. Les écologues n'ont fait que faire éclater un problème latent dans l'ensemble de la science : les objets ont changé"³.

Ce constat vous convainc de la nécessité d'élargir le champ de l'échange interdisciplinaire jusqu'aux sciences de l'homme et de la société. Vous êtes en France l'un des pionniers de cette démarche fondatrice qui, beaucoup le pensent, annonce et prépare pour les prochaines décennies de profondes transformations du paysage scientifique. En témoignent entre autres votre contribution au lancement du programme Environnement, Vie et Sociétés du CNRS, votre appui au département SAD de l'INRA, ou la création de la revue NSS, *Natures, Sciences, Sociétés*, dont vous êtes l'un des rédacteurs en chef.

Vous avez été plus loin encore, en publiant, à propos d'écologie, un "éloge de l'indisciplinarité" (*op. cit.*) que j'ai personnellement découvert avec ravissement et que je considère comme l'un des textes scientifiques les plus pénétrants que j'aie jamais lus. Il faudrait pouvoir le citer tout entier, tant il illustre bien le rare mélange de rigueur, d'ouverture et de liberté qui caractérise ce qu'on pourrait appeler "le style Legay". Je crois que c'est ce mélange-là qui explique pourquoi, sans mauvais jeu de mots, vous représentez vous-même, pour un certain nombre de chercheurs de ma génération, un modèle.

Etienne Landais

3. Quelques réflexions à propos d'écologie : défense de l'indisciplinarité. *Acta Œcologica*, 7, 4, 391-398, 1986. Grâce à l'aimable autorisation des Editions Gauthier-Villars (5, rue de Laromiguière, 75005 Paris), on trouvera cet article reproduit *in extenso* en annexe.

L'expérience et le modèle

Un discours sur la méthode

On a tellement parlé de modèles, on s'est tellement servi de modèles, qu'il est devenu possible et pertinent de tenter d'approcher la question des modèles de manière reconstruite, c'est-à-dire en prenant quelque distance avec les étapes de la mise en place de cette nouvelle façon de penser et de travailler, sans pour autant se priver, chaque fois que nécessaire, d'avoir recours à un développement historique.

C'est pourquoi j'ai choisi une introduction plutôt qualitative et intuitive, usant de mots dont je préciserai ensuite la définition.

Systemes et logiques

Chacun d'entre nous voit les objets qui nous entourent d'une certaine façon et les mobilise dans des actions plus ou moins réfléchies. Chacun use implicitement de modèles dans une exploration permanente et parfois automatique de son environnement. Il s'agit là de nécessités vitales. Chacun en effet a besoin d'une logique et de méthodes dans ses relations avec le monde. Chacun les pratique plus ou moins consciemment, mais s'y tient fermement, au point qu'il s'agit là parfois de caractéristiques culturelles essentielles.

Le problème est qu'il n'existe pas une logique unique qu'il suffirait d'apprendre, que les objets ne sont pas aussi simples et aussi disponibles qu'on pourrait le croire dans une perception première. Et les modèles, même les plus rudimentaires, ne sont pas si faciles à manipuler, ni sans dangers.

Ainsi, il n'y a pas eu une seule logique dans l'histoire, et il n'y en a pas une seule à l'instant même, parce que la logique est relative au corps de connaissances que nous possédons à un moment donné, aux moyens d'investigation dont nous disposons et aux objectifs que nous poursuivons. Il ne s'agit pas d'un bien figé qui serait de toute éternité l'apanage de l'Homme, ou de certains hommes privilégiés. Il s'agit d'un instrument intellectuel qui a émergé par étapes pour répondre à des besoins changeants, qui a donc beaucoup évolué dans sa forme et dans ses fondements et qui s'est profondément modifié à certains moments critiques.

Aujourd'hui même, tous les hommes ne se réfèrent pas à la même logique, selon l'approche qu'ils ont du monde, selon la culture à laquelle ils se rattachent, selon les références philosophiques qu'ils se donnent, selon les soucis économiques et sociaux qui sont les leurs. Il n'est pas certain que tous les hommes de la même époque appliquent une même logique à l'analyse de situations comparables, ni qu'un homme le fasse de la même manière tout au long de sa vie. Il est même probable qu'un homme puisse user d'une certaine logique dans sa vie professionnelle et d'une autre dans sa vie familiale, en particulier lorsque celles-ci sont disjointes, ce qui est maintenant le cas le plus fréquent.

Il en va de même, *a fortiori*, des *méthodes*, qui sont infiniment plus nombreuses que les *logiques*, qui sont aussi diverses qu'elles sont spécifiques, qui sont inféodées à des objectifs, c'est-à-dire à des questions précises, à des points de vue et à la critique de certaines hypothèses.

Il y a donc un problème concret.

Nous pouvons identifier d'abord un premier groupe de logiques que j'appellerai *des logiques de la vie de tous les jours*. Toute logique de ce groupe est empirique et, paradoxalement, à risques. Mais c'est en même temps

une logique économique, une logique primitive, une logique incomplète mais une logique rapide. Il y a une sorte de compromis entre la probabilité de se tromper et la vitesse de réaction ou d'exécution. C'est souvent (mais pas toujours) une logique de l'action. Dans une telle logique on se contente de voir, parfois vite, et de conclure. Tant pis si ce qu'on voit n'est que partiellement conforme à la réalité et en particulier n'exprime pas sa complexité.

A chaque fois que quelqu'un descend un escalier sans en voir et en tout cas sans en regarder les marches une par une, il prend de sérieux risques : une marche pourrait manquer ou être de hauteur différente ; mais si l'on ne procédait pas ainsi, on mettrait un temps considérable pour descendre cet escalier. Et si un vieil homme met plus de temps qu'un autre pour le faire, c'est peut-être davantage parce qu'il n'accepte plus ces risques que parce que ses mouvements sont devenus plus lents.

Quoi qu'il en soit, la plupart des objets qui nous entourent ne sont ainsi reconnus que très superficiellement et par la face à laquelle nous sommes habitués. C'est ce qu'exploitent les metteurs en scène de théâtre, comme tous les trompe-l'œil et décors de façade qui nous abusent si facilement.

Il en est sans doute de l'expérience sociale comme de l'expérience physique individuelle. On se sert des faits sociaux comme des marches de l'escalier, sans les regarder vraiment, et en faisant confiance à une sorte de structure probable organisant les faits. Un homme politique peut être un très bon usager de la société sans l'avoir réellement étudiée. D'où parfois des surprises.

Dans un deuxième groupe de logiques, on trouverait *l'ensemble des logiques scientifiques*, logiques de la connaissance et cette fois logiques à risques minimum. L'exercice de l'une de ces logiques, quelle qu'elle soit, est plus lent, plus cher, et souvent très éloigné de l'intuition.

On fait le tour de l'objet avant de le reconnaître, on teste non pas toutes, bien sûr, mais au moins quelques-unes de ses propriétés. On ne se contente pas de voir, on regarde longtemps, on cherche à démontrer, à expliciter les hypothèses et à décomposer les étapes du raisonnement, à identifier ce qui est inconnu. Tous les moyens sont employés pour rendre les risques aussi petits que possible, et c'est là qu'on rentre dans les méthodes ; on calcule, on expérimente, on discute, on essaie constamment de réfuter les hypothèses disponibles. On tente même d'évaluer les risques que l'on prend en acceptant une certaine hypothèse.

Une logique scientifique tente donc de réduire les risques parce qu'elle n'a pas pour objectif immédiat de préparer des décisions ponctuelles, mais de produire un système de connaissances, dont la construction risquerait de s'effondrer chaque fois qu'un élément de base de ce système se révélerait faux. C'est ce qui explique la lutte acharnée contre l'erreur, la lenteur du processus cognitif et l'incompréhension du grand public vis-à-vis de ce type de démarche. Ainsi, dans l'exemple des marches d'escalier, on aurait pu se rapprocher d'une logique scientifique en prévoyant un système de mesure des marches, un détecteur d'irrégularités, etc. ; mais on n'imagine pas un instant que l'architecte qui a construit l'escalier ait pu avoir l'idée saugrenue de prévoir des marches de hauteurs différentes...

Jusque là, les choses pourraient être assez claires. Les difficultés proviennent du fait qu'on mélange les deux types de logique que nous venons d'évoquer, et plus exactement pour ce qui nous intéresse ici, qu'on use dans la science de la logique de la vie courante.

Quand un botaniste, en nous désignant un arbre situé à cent mètres ou davantage, nous dit "voilà un chêne" et nous précise même le nom de l'espèce, sans avoir besoin de s'approcher de l'arbre en question, il est clair qu'il a

vu quelque chose, qu'il s'est servi d'une facette de l'objet et qu'il n'a procédé à aucune démonstration. Quand un zoologiste nous dit "sur ce talus il y a une femelle d'éphippiger" alors qu'on ne la voit même pas, mais qu'on l'entend seulement chanter, il n'y a pas non plus démonstration. Bien entendu, il eut été possible d'identifier avec certitude le chêne en se servant des règles de la systématique végétale, d'identifier l'éphippiger parmi tous les orthoptères possibles en se servant des caractères proposés par une faune. Mais il aurait fallu, entre autres, s'approcher de l'objet, pouvoir en disposer, et même dans certains cas en disposer dans des conditions et à des moments particuliers, si ce n'est même en disposer de façon destructive ou au moins invasive. Chaque fois, certaines facettes de l'objet, ou de la situation dans laquelle il est placé, ont été utilisées, pas les mêmes dans les deux logiques, et pas avec les mêmes risques, ni la même rapidité de raisonnement.

Le comportement animal se rattache parfois aux principes de ce que nous avons appelé la logique de la vie courante. La recherche de l'hôte est, par exemple, un problème difficile pour un parasite, mais il y a longtemps que l'on sait que le parasitoïde est attiré par les caractéristiques de l'habitat de l'hôte plutôt, ou avant que de l'être par l'hôte¹ ; c'est plus facile et plus rapide, mais il y a des risques importants que l'habitat ne contienne pas l'hôte.

Méthodes

Je voudrais encore, avant d'aborder les modèles proprement dits, vous parler de systèmes et de méthodes. Je ne vais pas remonter très loin dans le passé, quelles

1. Thorpe W.H. et Jones F.G.W., 1937. Olfactory conditioning in a parasitic insect and its relations to the problems of host selection, *Proc. R. Soc. London*, ser. B, 124, 56-82.

que soient les tentations qu'on puisse avoir en pareil cas de se référer aux autorités grecques ou latines, comme pour se protéger des critiques ou se donner une légitimité due au temps.

Je partirai de Descartes². Avec beaucoup de lucidité, celui-ci admettait l'existence de systèmes complexes, qu'il appelait pudiquement des "difficultés", mais il les refusait. Refus qui était certainement à l'époque la meilleure chose à faire, et qu'il accompagnait d'une proposition d'analyse : découper la réalité en autant de parties qu'il était nécessaire pour que l'objet retenu pour l'étude soit *simple*, c'est-à-dire en définitive passible du *critère d'évidence*. C'est ce "caractère manifeste de la vérité" que Popper³ appelle aimablement "l'optimisme épistémologique" de Descartes. Cette méthodologie dans le travail de recherche scientifique s'est imposée par sa clarté et sa rigueur, et a sans doute été plus ou moins directement, à la base de la supériorité incontestée du monde occidental dans le développement scientifique et technique à partir du XVIIe siècle. Face à ce qu'on croyait encore être le chaos, le *sursaut cartésien* a été véritablement révolutionnaire, il conduisait à une philosophie de l'ordre (troisième précepte). Il faisait aussi prendre conscience de ce que nos relations à la réalité dépendaient de nous, de nos décisions.

Pour simplifier, je dirai que la deuxième étape me paraît être celle de Claude Bernard⁴. Selon H. Bergson, "*L'Introduction à l'étude de la Médecine expérimentale*

2. Descartes R., 1637. Discours de la méthode pour bien conduire sa raison et chercher la vérité dans les sciences. Leyde (en français). Toutes éditions depuis.

3. Popper K.R., 1985. Conjonctures et réfutations, la croissance du *savoir scientifique*, éd. française, Payot éd., Paris. (1ère éd. en allemand, 1963).

4. Bernard Cl., 1865. *Introduction à l'étude de la médecine expérimentale*, Baillière J.B. éd., Paris. Une vingtaine d'éditions sont ensuite parues de 1898 à 1939 chez le seul Delagrave.

est un peu pour nous ce que fut pour le XVII^e et le XVIII^e siècle le *Discours de la méthode* » (Discours du centenaire). Bien que cette méthode s'inscrive dans le droit fil de l'approche cartésienne (systèmes simples, critères d'évidence), on y trouve des précisions importantes dans le cadre d'expériences dédiées aux objets biologiques et on y voit clairement exprimées un certain nombre *d'obligations* concernant :

- la mise en place explicite d'hypothèses ;
- l'organisation d'expériences cruciales ;
- la comparaison de traités et de témoins ;
- la répétition comme gage de la sûreté des résultats.

En même temps d'autres questions apparaissent alors comme très secondaires : ainsi, le matériel biologique étudié n'a pas d'importance. Claude Bernard pouvait attraper un chien dans la rue avant d'entrer dans son laboratoire ! À cette époque du développement scientifique, les résultats obtenus sont en effet d'une telle généralité que leur mise en évidence ne dépend pas de facteurs accessoires, comme le sexe, l'âge, ou la race de l'animal d'expérience. L'existence de la fonction glycogénique du foie n'est jamais remise en cause. Il en est de même, dans le règne végétal, de l'assimilation chlorophyllienne, caractéristique des organes verts de nombreuses plantes. Il nous suffit d'un petit morceau de feuille de pomme de terre ou de platane pour faire une démonstration. Autrement dit, à cette époque, les phénomènes étudiés sont d'une telle importance que le critère d'évidence reste parfaitement clair. On comprend qu'à ce moment un résultat n'était considéré comme proprement scientifique que s'il était vérifié *en tout lieu et en tout temps*. La localisation géographique était sans objet, *le local était hors de la science*. Les résultats pastoriens devaient aller dans le même sens. Après tout, la stérilisation a les mêmes effets partout où on la pratique. Si bien qu'à cette époque on pouvait s'appuyer sur ces constatations pour nier toute influence du milieu. C'est ainsi que les défenseurs les plus zélés des théories