

Le processus de dogmatisation

Guy Rumelhard

DANS RECHERCHES EN DIDACTIQUES 2011/1 N° 11 , PAGES 165 À 178
ÉDITIONS ASSOCIATION REDLCT

ISSN 2116-9683

ISBN 9791090290006

DOI 10.3917/rdid.011.0165

Date de mise en ligne : 01/01/2018

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://shs.cairn.info/revue-recherches-en-didactiques1-2011-1-page-165?lang=fr>



Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...
Scannez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



Distribution électronique Cairn.info pour Association REDLCT.

Vous avez l'autorisation de reproduire cet article dans les limites des conditions d'utilisation de Cairn.info ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Détails et conditions sur cairn.info/copyright.

Sauf dispositions légales contraires, les usages numériques à des fins pédagogiques des présentes ressources sont soumises à l'autorisation de l'Éditeur ou, le cas échéant, de l'organisme de gestion collective habilité à cet effet. Il en est ainsi notamment en France avec le CFC qui est l'organisme agréé en la matière.

LE PROCESSUS DE DOGMATISATION¹

Guy Rumelhard

Résumé

Une analyse didactique de l'enseignement scientifique comporte comme condition de possibilité une analyse épistémologique qui est nécessairement spécifiée historiquement sur des cas précis dans la tradition bachelardienne. Après sa première invention le savoir scientifique subit, au cours de l'enseignement, plusieurs transformations qui aboutissent à une dogmatisation. Cet article en analyse quatre à partir de situations précises. Les expériences changent de statut et de rôle au cours de l'enseignement en particulier par un déplacement hors de leur contexte technique et problématique ; les concepts produisent des observations qui pédagogiquement deviennent premières et réduisent la formation d'un concept à une observation ; l'imagination analogique qui préside à la formation d'un concept est scotomisée ; les ruptures introduites par un nouveau concept sont recouvertes et masquées, la pédagogie valorisant les continuités et les progressions.

Lorsqu'on s'intéresse à l'enseignement scientifique, on se centre habituellement sur l'enfant, sur « ce qui se passe dans sa tête ». On cherche à comprendre « comment l'enfant apprend », ce qu'il comprend ce qu'il retient. Cette attitude, si elle est unique, implique implicitement que le savoir est considéré comme limpide pour ceux qui l'enseignent. Ou du moins, si l'on tient à dévaloriser le processus d'enseignement par rapport au processus de production des connais-

1. Cet article a été publié dans le compte rendu des premières journées internationales sur l'enseignement scientifique et techniques (JIES) réunies en janvier 1979 à Chamonix.

sances, on dira qu'il est limpide pour les savants qui l'ont produit, et qu'il s'accompagne d'une inévitable perte d'information ou de distorsions liées à l'insuffisance, au manque de culture des enseignants, à leur éloignement de la source du savoir. À la limite cette distorsion mesure la distance à la source c'est-à-dire le nombre d'années d'étude par exemple. Une certaine psychologie sociale reprend ce point de vue pour caractériser les connaissances des groupes sociaux (Boltanski, 1969/1977).

Mais si l'on prétend analyser les processus de compréhension des élèves en utilisant le *concept de représentation*, il n'y a aucune raison de ne pas appliquer ce concept aux enseignants eux-mêmes ainsi qu'aux savants. Affirmer que le savant est affranchi de toute idée commune, de toute représentation, de toute idéologie, ou postuler du moins qu'elles n'interfèrent pas avec son travail c'est en quelque sorte nier ces concepts eux-mêmes. Le savant est prisonnier de ses propres représentations et, si son travail consiste précisément à surmonter certains obstacles, certaines idées reçues, d'une manière indissociable il en crée lui-même. Le processus de production des connaissances est lutte contre les dogmes, mais également, dans un mouvement dialectique, création de dogmes, de nouvelles représentations. Si l'on veut valoriser ce processus on parlera d'avancées ou de recul, ou bien de progression et de régression. Mais ce serait nier que les représentations soient un mécanisme constitutif de ce processus et qu'il puisse avoir un rôle positif, un rôle moteur autant que de frein.

Dernière remarque, ce serait une illusion de croire que les connaissances sortent entièrement formées de la tête des savants. Si la connaissance scientifique procède par sauts qualitatifs, elle n'en est pas moins soumise, entre ces sauts, à un constant remaniement, une refonte de la part des savants eux-mêmes. Il ne s'agit pas de nier l'idée de rupture (Bachelard, 1949, p. 104-105), mais souvent le chercheur de ruptures croit à la façon de Kant, qu'un savoir scientifique s'inaugure par une rupture unique, géniale. Souvent, en s'appuyant sur des exemples tirés de la physique, l'effet de rupture est présenté comme global, affectant la totalité d'une œuvre scientifique. Il faudrait pourtant déceler, en biologie particulièrement, dans l'œuvre d'un même personnage historique, des ruptures successives, ou des ruptures partielles. « Dans une trame théorique certains fils peuvent être entièrement neufs, alors que d'autres sont tirés d'anciennes textures » (Canguilhem, 1977, p. 22).

Dans cette optique nous nous centrerons sur les transformations des savoirs après leur première invention, et ceci du fait des enseignants, mais également des savants eux-mêmes. En nous méfiant d'une valorisation induite nous distinguerons :

- une *refonte positive*, dans la mesure où elle correspond à une clarification, une meilleure appréciation d'une découverte, de leur importance, des ruptures et des modifications qu'elles introduisent dans tous les domaines ;
- un *processus de fermeture du discours*, que l'on peut également nommer dogmatisation ;
- un *processus d'appropriation sociale* auquel il faut donner un statut positif propre à la lumière des travaux de la psychologie sociale, et non pas

l'analyser seulement sous l'angle dévalorisé que l'on attribue souvent aux procédés de vulgarisation.

Le terme de processus utilisé dans le titre de cet article est ambigu. Il est souvent perçu comme la recherche d'un mécanisme mental lié au fonctionnement des individus. Il s'agit pour nous d'un ensemble de transformations et de productions collectives et impersonnelles, même si elles engagent la responsabilité de tel ou tel auteur.

Nous ne développerons ici que le second point, c'est-à-dire le processus ou l'ensemble des procédés qui conduisent à la dogmatisation du savoir à l'aide de quatre exemples :

- le déplacement des expériences de leur fonction de réfutation vers une fonction d'argument de preuve ;
- la naturalisation des concepts en percepts ;
- l'effacement de l'imagination dans l'invention ;
- l'effacement des ruptures, des obstacles surmontés et la remise en continuité des problèmes, des concepts.

CHANGEMENT DE STATUT ET DE RÔLE DES EXPÉRIENCES

Les expériences de Taylor (1957-1958)

L'étude de la relation de ces expériences dans les manuels scolaires présente un intérêt particulier car elles sont apparues très rapidement dans l'enseignement à une période où la controverse n'était pas encore éteinte. On trouve en particulier des relations de ces expériences non seulement dans les manuels universitaires, mais également dans les manuels de biologie-géologie du second cycle de l'enseignement secondaire à la suite de la réforme de 1966.

Les passages des différents manuels (que nous ne pouvons reproduire ici) se présentent de façon fort différente. En regard du problème posé (mais il n'est pas posé dans tous les manuels !) la proposition d'explication se présente soit :

- comme un ensemble d'hypothèses énoncées *a priori* et entre lesquelles il faut choisir (Petit, Prévost, 1967) ;
- comme l'interprétation unique, ou la plus simple de l'expérience réalisée, interprétation qui est donc énoncée après celle-ci (Loewy, Siekevitz, 1969/1974) ;
- comme un simple fait d'observation ne relevant d'aucune hypothèse *a priori* (Trémolières, 1967).

Les expériences réalisées ont donc un statut et un rôle différent selon les cas :

- inventées après les propositions d'explication, elles servent à choisir entre les diverses possibilités, ce choix s'effectuant d'ailleurs par réfutation de certaines hypothèses. Les hypothèses retenues étant « en accord » avec les expériences ;
- inventées *a priori* l'explication semble découler de l'expérience de manière directe et logique ;
- dans ce dernier cas l'interprétation relève de l'évidence puisqu'il s'agit d'observation et elle ne laisse place à aucune discussion.

Ces trois types de présentation traduisent bien le malaise épistémologique des scientifiques et des enseignants. Nous postulerons que les deux derniers types de présentation correspondent à un processus de transformation de la présentation des connaissances scientifiques. Le premier type de présentation est plus conforme aux conceptions épistémologiques que nous admettons. Il pourrait sembler « premier » dans l'évolution historique des présentations de ces expériences, mais nous montrerons que cette présentation est tout autant « construite » que les autres dans la mesure où l'histoire des sciences n'est pas une science. Le second type de présentation est très largement le plus habituellement utilisé. « Monsieur X a fait une expérience qu'il interprète de la façon suivante ». L'explication vient après. On peut citer aisément de nombreux exemples de ce type de présentation. Ainsi :

- les *déductions* de Mendel *proviennent* des résultats de croisements [...] (Watson, 1965/1968) ;
- Naudin, à l'encontre de Mendel, n'a pas su comprendre les expériences et en *tirer les conclusions qui en découlent* [...] (Rostand, 1966) ;
- les phénomènes de disjonction des caractères que nous avons cités ci-dessus *dictent* cette interprétation d'une manière particulièrement *impérieuse* [...] (Aron, Grassé, 1966).

Selon l'hypothèse de la perte d'information il serait indispensable et suffisant de retourner à la source c'est-à-dire aux publications originales de J. H. Taylor. Nous espérons montrer que si ce travail est bien évidemment utile, il ne saurait être suffisant à lui seul.

L'ensemble des expériences dont nous parlons correspond à six publications parues entre 1956 et 1959, dont deux faites au cours de congrès et suivies de discussions. La dernière publication, plus synthétique, a été réimprimée en entier dans un ouvrage destiné aux étudiants présentant une sélection de publications originales accompagnées d'un commentaire de présentation de J. H. Taylor (Taylor *et al.*, 1957/1965). La structure de l'exposé est la suivante. Après une présentation rapide du problème, l'essentiel du texte porte sur la description du matériel utilisé, des méthodes et des manipulations réalisées, ainsi que sur la discussion critique. Faits importants, non reproduits dans les manuels universitaires, l'interprétation des résultats implique plusieurs hypothèses complémentaires sur les techniques elle-mêmes. On comprend donc que, dans les manuels, les résultats sont rapportés non pas directement tels qu'ils ont été observés, mais tels qu'ils devraient l'être si l'on admet les hypothèses complémentaires. Cette simplification peut sembler pédagogiquement utile mais, incontestablement, elle renforce le caractère d'argument d'autorité des résultats des expériences. Par ailleurs le type de présentation s'apparente au second type décrit. On peut proposer plusieurs explications à ce procédé d'exposition utilisé par les savants eux-mêmes. Tout d'abord le souci d'être fidèle à l'expérience, de ne pas mettre en avant ses propres idées. De plus, dans le cas précis, l'hypothèse portant sur la structure de l'ADN n'a pas été proposée par l'auteur qui en cherche ici une confirmation. Les expériences ont été instituées pour tester le modèle de la molécule d'ADN et le mode de réplication proposé par J. D. Watson et F. H. C. Crick (1953). La véritable originalité de l'auteur réside dans

l'utilisation des isotopes radioactifs sur un matériel végétal. On peut noter enfin que ce texte s'adresse aux autres scientifiques qui vont précisément le discuter en congrès. Il est donc peu utile de leur rappeler le contexte des problèmes, des hypothèses et des difficultés qui sont connus de tous.

Si l'on prend rigoureusement le même texte pour le proposer à des étudiants, on le sort de son contexte et de sa fonction pour le situer dans un autre contexte de questions (ou sans questions), et surtout un autre contexte de connaissances, celui de l'étudiant. On peut remarquer d'ailleurs que, dans les manuels eux-mêmes la relation de ces expériences est présentée le plus souvent dans le chapitre de cytologie et non pas dans celui de génétique. Ce changement n'est pas anodin même s'il semble dû au fait que l'on a très vite trouvé des expériences plus « probantes » répondant au même problème. Le contexte génétique interdit certaines hypothèses explicatives. Hors de ce contexte, et surtout avant tout enseignement de génétique, la cytologie étant souvent enseignée avant la génétique, il est parfaitement possible d'inventer d'autres hypothèses explicatives. Ce travail d'invention est réalisable avec des étudiants.

Ainsi devant un public non averti, l'effet obtenu est totalement différent. L'expérience abandonne sa fonction de choix, de réfutation de certaines hypothèses pour devenir argument d'*autorité*, sinon même d'*évidence*, puisqu'ici on observe les chromosomes auxquels sont superposés les grains noirs traduisant la radioactivité qui traduit elle-même (au prix de nombreuses hypothèses) la molécule d'ADN. Simple procédé de présentation dont les conventions sont connues, ce type d'exposé produit, à la suite de cette *décontextualisation*, un *effet de dogmatisation*.

Déplacement des expériences hors de leur contexte

Au fur et à mesure que le temps s'écoule, d'autres raisons viennent s'ajouter pour conduire à privilégier le second procédé d'exposition. Le débat scientifique, la controverse s'arrête, une explication recueille l'accord général. Toutes les autres hypothèses sont abandonnées. Il devient fastidieux de les rappeler. Bien plus elles acquièrent le *statut d'erreur* puisqu'elles ont été réfutées. Or l'erreur de connaissance est certainement l'aspect auquel le monde universitaire et les enseignants sont le plus attentifs. Formulé comme un reproche l'erreur de connaissance est considérée comme infamante.

Cette attitude a bien évidemment un côté positif dans la mesure où elle oblige chacun à se mettre à jour des connaissances nouvelles. Mais la puissance de l'interdit à évoquer les théories devenues *fausses pour toujours* doit avoir des racines beaucoup plus profondes pour être tellement entretenues. De plus, à notre point de vue, quand il s'agit non plus de recherche mais d'enseignement cette fonction est également négative. Selon Michel Foucault (1971) « il n'apparaît à nos yeux qu'une vérité qui serait richesse, fécondité, force douce et insidieusement universelle. Nous ignorons en revanche la volonté de vérité comme prodigieuse machinerie destinée à exclure ». Quel est le but de l'enseignement scientifique ? Faut-il montrer aux étudiants le fonctionnement de ces mécanismes d'exclusion, ou simplement le résultat du travail ?

Mais il y a plus. Lorsque le consensus est établi, la théorie admise comme vraie seule demeure. Souvent cette théorie est devenue tellement « évidente », par la force de la culture, que plus personne ne prend le soin de l'argumenter par des expériences. L'expérience considérée comme « cruciale » qui a permis de clore la controverse demeure alors parfois dans les manuels, soit à cause de la notoriété de son auteur, soit parce que, dans une optique positiviste, il s'agit d'un « fait ». Elle flotte alors à la dérive à la recherche d'une autre théorie à prouver. C'est ainsi qu'elle peut être mise en regard d'autres théories pour lesquelles elles n'ont pas été inventées. Une expérience bien faite semble acquiescer une existence « en soi », indépendamment des hypothèses qu'elles sont destinées à tester.

Georges Canguilhem (1965, p. 18) cite l'exemple de l'expérience de Swammerdam qui est encore décrite dans un manuel en 1962 : un muscle isolé, placé dans un bocal rempli d'eau se contracte sous l'excitation électrique, sans variation du niveau du liquide. On sera heureux d'avoir établi un fait. Mais pour donner un sens à un tel fait il faut remonter au premier auteur qui a eu l'idée de l'expérience. « Il a voulu établir contre les théories d'alors concernant la contraction musculaire, que, dans ce phénomène le muscle n'est augmenté d'aucune substance. » Il fallait lutter contre les théories d'origine galénique et stoïciennes alors dominantes. Isolées de ce débat, figé dans une pédagogie sans histoire, ce prétendu fait perd son sens réel qui est historique.

Un deuxième exemple nous est fourni par l'expérience de François Magendie réalisée en 1822. Actuellement ces sections réalisées sur les racines dorsales et ventrales des nerfs rachidiens ne servent plus qu'à établir le sens du trajet de « l'influx nerveux ». C'est oublier que la reconnaissance d'une fonction centrale spécifique de la moelle épinière suppose une vingtaine d'années d'études et de controverse portant sur la réalité et la signification de la « loi de Bell-Magendie ». Il a fallu des travaux pour faire entrer dans la définition du concept de réflexe la fonction physiologique de la moelle épinière, pour faire admettre qu'elle s'interpose anatomiquement et fonctionnellement entre le nerf sensitif et le nerf moteur en tant que centre authentique et spécifiquement distinct du cerveau. C'est négativement le refus de la théorie des anastomoses entre les fibres nerveuses périphériques et positivement l'affirmation de la séparation anatomique et fonctionnelle de la sensibilité et de la motricité. Nous sommes bien loin du « fait » relativement anecdotique sur le sens du trajet des influx dans les racines des nerfs rachidiens, fait d'ailleurs relatif puisqu'il existe des fibres récurrentes de la sensibilité qui empruntent à contre sens la racine ventrale.

En un peu plus d'un siècle le caractère « inventé », « construit » de cette séparation entre sensibilité et motricité a disparu. La controverse également. L'expérience n'a plus de fonction à jouer. Qui pourrait même penser que cette question a été un jour objet de discussion ? Il reste cependant une trace fort méconnue de ce débat dans les termes de « système sympathique ». Que signifie sympathique ? *Sumpatheia* est l'équivalent grec du latin *consensus*. Il désignait des rapports existant entre deux ou plusieurs organes d'un même organisme par le biais de connexions longtemps restées immatérielles. La découverte du sys-

tème nerveux dit « autonome » et « sympathique » a permis de proposer un support concret à l'hypothèse de communications nerveuses paracentrales. L'existence d'anastomoses périphériques entre les nerfs, voilà l'obstacle qu'il fallait, entre autres, surmonter.

LE CONCEPT DEVIENT PERCEPT

Il est classique de penser que, par l'appel aux images et aux analogies l'enseignement transforme les concepts en éléments observables, en « choses ». Gaston Bachelard a largement combattu cette façon de faire, sans toutefois que son point de vue soit univoque. Nous voudrions insister sur un aspect différent. Le travail scientifique finit souvent par produire des « faits d'observation » ou des objets construits qui sont le produit du concept.

Parmi les objets techniques, certains relèvent d'un travail relativement empirique, mais d'autres n'existent que par l'effet des concepts qui ont permis de les créer, et ils n'auraient pas existé sans eux. Inversement, pour l'élève qui actuellement voit et manipule des objets (pompe à vélo, ampoule électrique, etc.) le concept risque de relever de la simple observation empirique. Bien plus, les microbes existent puisqu'ils font exister des techniques de laboratoire, des savants, des médecins, des médicaments, mais également des institutions, des lois et des règles d'hygiène qui interviennent dans la vie commune, des comportements individuels et collectifs. En ce sens aucun élève, en France, n'est le contemporain intellectuel des prédécesseurs de pasteur. Pour lui les microbes existent réellement.

Empruntons un autre exemple à propos des réflexes à Georges Canguilhem (1955/1977, p. 169-170).

En 1850 le concept de réflexe est inscrit dans les livres et dans les laboratoires sous la forme d'appareils d'exploration et de démonstration, montés pour lui, et qui ne l'ussent pas été sans lui. Le réflexe cesse d'être seulement concept pour devenir percept. Il existe puisqu'il fait exister des objets qu'il fait comprendre. Relativement au phénomène dont il prétend contenir l'explication il n'est plus seulement phénoménologique, il est aussi phénoménotechnique. Nous retrouvons encore ici une distinction familière à la pensée de G. Bachelard (1949, p. 168). Elle nous paraît encore meilleure que les précédentes car elle est plus tranchée, plus essentielle. La distinction entre le commun et le scientifique n'est pas arrêtée, elle change avec le temps [...].

De sorte que, si un concept plus scientifique c'est finalement un concept plus phénoménotechnique, il n'y a aucune raison de limiter aux dimensions des laboratoires de physiologie le terrain sur lequel il fait, en rupture avec tout verbalisme, la preuve de sa validité. Il nous faut rechercher jusqu'à l'hôpital, jusqu'à la clinique, la trace du réflexe 1850. Nous constatons alors que le réflexe de Pflüger est vraiment inscrit dans la séméiologie, dans les techniques de

recherche de signes dont la valeur pathognomonique est fondée sur l'existence de réflexe [...].

Et la valeur séméiologique du signe de Babinski, fondée sur l'inversion de sens du réflexe cutané plantaire achève à la fin du XIX^e siècle, de donner au réflexe le statut d'un fait biologique dont on ne sait plus désormais si son existence réalise un concept ou si son concept décalque en quelque sorte son existence. Les réflexes existent puisque, en somme, le médecin traite et guérit parfois des maladies du système nerveux dont le diagnostic inclus, au titre de symptôme, les effets de leur trouble ou de leur disparition.

[...] Mais il faut aller plus loin encore, en reconnaissant que le réflexe 1850 a vu sa validité scientifique se confirmer à proportion de sa vulgarisation, dans la mesure où le terme de réflexe est sorti du vocabulaire scientifique ou médical pour passer dans le vocabulaire populaire. Chacun sait aujourd'hui ou cherche à savoir, dans la mesure où son travail et son mode de vie en dépendent, s'il a ou non de bons réflexes. L'homme vit aujourd'hui dans une forme de civilisation qui a conféré à la rapidité et à l'automatisme des réactions motrices une valeur double, valeur d'utilité et de rendement pour le machiniste, valeur de prestige pour le sportif. Le réflexe n'est donc plus seulement un fait scientifique connu des spécialistes, il est pour ainsi dire un fait d'utilité publique et de notoriété publique. Une civilisation industrielle cultive plutôt la réaction réflexe, alors qu'une civilisation agricole cultive la réaction lente et différée. Ainsi le concept de réflexe n'est pas seulement garanti par les réalisations des physiologistes et des médecins, c'est un concept que le premier venu, dans le peuple se dit populairement capable de réaliser.

EFFACER L'IMAGINATION

Dans le travail scientifique on distingue parfois deux temps qui sont en interaction : un temps au cours duquel l'imagination se donne libre cours dans l'invention des concepts, des méthodes, des expériences, et un temps de déduction rigoureuse selon les règles strictes de la logique. Cette imagination est souvent analogique, fantastique, et éventuellement « hétérique » par rapport aux vérités admises à une époque donnée. Or il est surprenant de constater que cette étape est presque systématiquement effacée dans le discours reconstruit des savants. Il est vrai que l'on ne sait pas analyser les règles de cette étape de l'invention et, malgré le titre de son livre « la logique de la découverte scientifique », Karl Popper n'en parle pas. Mais pourquoi l'effacer, pourquoi nier son efficacité, pourquoi reconstruire cette étape selon la logique ? Pourquoi Pasteur, par exemple, fait-il tant d'efforts pour opposer ce qu'il nomme « opinion » et ce qu'il nomme « conviction », ou bien encore pour opposer « conviction sentimentale » et « conviction de raison », et en fin de compte pour affirmer péremptoirement que, lui, Pasteur il a acquis le droit d'avoir une opinion. Il est d'ailleurs piquant de l'entendre soutenir ces oppositions à propos de convictions

qui, au moment où il les expose, sont purement sentimentales. Il est vrai que, souvent, il a eu raison, et à ce moment on a dit qu'il avait eu du flair, le concept de flair ayant l'avantage de ne se définir qu'*a posteriori* ! Faut-il qu'à tout moment, même non validée, l'opinion scientifique se distingue ?

Il faut souvent un travail long et difficile d'historien pour montrer qu'à un moment donné du travail scientifique l'analogie peut jouer un rôle positif. Georges Canguilhem en donne un exemple à propos de la formation du concept de réflexe.

C'est en développant d'une manière formellement rigoureuse toutes les conclusions de prémisses fantastiques que Willis parvient au concept à partir d'analogies tenues pour métaphores. Willis imaginait les esprits animaux comme de la lumière et le muscle comme la chambre à feu d'un canon. D'où l'image du rayon lumineux réfléchi.

Selon G. Canguilhem, penser que toute forme d'imagination serait néfaste à la recherche scientifique c'est témoigner d'une espèce de puritanisme logique. « Si le faux peut, formellement parlant, impliquer le vrai, au nom de quelle logique prétend-on condamner l'exercice, dans l'invention des concepts scientifiques, d'une imagination analogique ? »

En comparant les notes personnelles de Claude Bernard, consignées dans son « cahier rouge », et les textes qu'il a publiés, Mirko D. Grmek (1973, p. 95 et 168 sq.) analyse un exemple identique dans lequel le raisonnement analogique est secondairement masqué par l'auteur lui-même. Il s'agit des expériences sur l'intoxication oxycarbonée. Cl. Bernard décrit des expériences réalisées *in vitro* et qu'il prétend instituées pour tester l'hypothèse : « *l'oxyde de carbone chasse l'oxygène des globules rouges* ». En fait dans son cahier rouge (Bernard, 1965) il note : « *dans la respiration y a-t-il une digestion de l'air, c'est-à-dire une sorte de phénomène qui fixerait l'oxygène au moyen d'un corps ou tissu avide d'oxygène* ». Autrement dit il a institué ses expériences par analogie avec les méthodes de digestion artificielle. Il pense initialement que l'oxygène est maintenu fixé et non pas chassé. L'explication qu'il formule provient *a posteriori*, de diverses expériences réalisées. En citant plus longuement ce travail, on montrerait que cette analogie était « hérétique » dans le contexte de l'époque. Dans un contexte scolaire elle serait certainement vivement reprochée à un élève qui la proposerait.

Sans multiplier les exemples, on peut s'interroger sur les raisons de cet effacement certainnement inconscient. À un moment donné, dans une discipline donnée, à côté des vérités admises, il y a celle qui, comme le dit Canguilhem « *sont dans le vrai* ». Par contre un discours trop nouveau même s'il est vrai, risque d'être tenu pour « hérétique ». On peut en particulier expliquer ainsi le cas Mendel. Si l'on peut masquer la nouveauté par un raisonnement logique elle sera mieux acceptée. De plus le raisonnement par analogie est souvent un obstacle. On trouve chez G. Bachelard le cas du fonctionnement de l'analogie dans la pensée préscientifique en chimie et son rôle d'obstacle à la constitution d'une chimie scientifique (Bachelard, 1932, p. 30-33, p. 121). C'est ce mode de raisonnement qui a longtemps fait assimiler les Baleines aux Poissons par exemple. Ce

mode de raisonnement, enfin, est socialement dévalorisé. Empruntons aux enquêtes de Luc Boltanski (1969/1977) :

Une ouvrière de la banlieue parisienne déclare que l'eau d'Évian doit être utilisée de préférence à l'eau du robinet pour couper le lait du biberon, parce que l'eau bouillie perd ses vitamines alors que l'eau d'Évian, qui est en quelque sorte une eau crue, les conserve, ne fait rien d'autre que d'appliquer à l'eau un schème de pensée qui vaut pour le lait. Puisque, premièrement, l'ébullition fait disparaître les vitamines contenues dans le lait, et que, deuxièmement on fait bouillir l'eau comme on fait bouillir le lait, l'ébullition doit nécessairement effacer de l'eau ces vitamines qu'elle détruit dans le lait. Parce qu'il n'y a pas de pensée sans « modèle de pensée », « c'est en allant du connu à l'inconnu, c'est en plaquant du connu sur de l'inconnu, c'est en réduisant le divers par la comparaison et l'analogie, que les membres des classes populaires réinterprètent et redonnent sens aux règles de puériculture qui leur sont transmises par les instances légitimes de diffusion du savoir médical. »

Ce mode de raisonnement est traité par une certaine sociologie spontanée comme une forme inférieure de pensée. Et, dans cette optique, l'esprit populaire serait congénitalement et uniquement analogique. Pour L. Boltanski une telle représentation manifeste essentiellement la distance de l'individu par rapport à la source légitime du savoir : la médecine et le corps médical dans ce cas. Il faudrait alors admettre que le discours médical est parfaitement clair, que ne coexistent pas en lui des éléments scientifiques et des représentations préexistantes.

RUPTURES ET REMISE EN CONTINUITÉ

L'étude de l'hérédité des caractères quantitatifs peut servir d'exemple. Beaucoup de caractères des espèces animales et végétales présentent une certaine variabilité : la taille, le poids, le taux de sucre d'une betterave, le nombre de ligules d'un bleuet, etc.

La biométrie s'intéresse plus spécialement aux caractères variables du type quantitatif. Les causes de cette variabilité relèvent de :

- l'action de facteurs du milieu extérieur ou intérieur ;
- l'action de facteurs héréditaires.

Cette variabilité est, la plupart du temps, continue, les valeurs mesurées se répartissent souvent selon un polygone de fréquence proche d'une courbe de Laplace-Gauss. Quételet (1871)² fut l'un des premiers à entreprendre ce genre de travail, mais le plus célèbre biométricien est certainement Francis Galton, cousin de Darwin.

2. On trouvera une analyse de ces travaux dans Canguilhem (1966) ; Tort (1974).

Le problème posé est le suivant : pourquoi était-il traditionnel, jusqu'à une date récente, dans les programmes et dans les manuels scolaires de faire précéder le chapitre sur « les lois de Mendel » d'un chapitre sur la variation ?

Les travaux sur la biométrie sont antérieurs à la redécouverte du travail de Mendel en 1900, mais ils sont postérieurs à la publication de Mendel lui-même en 1865. Mais surtout il n'y a aucun lien de continuité entre eux et la conception mendélienne. On ne passe pas sans *rupture* (Piquemal, 1965) de la constatation de variations continues largement dépendantes de l'influence du milieu à l'idée de caractères discontinus et dont l'expression ne dépend, chez Mendel du moins, ni du milieu intérieur, ni du milieu extérieur. Mieux on peut penser que ces observations, proposées au besoin sous forme de travail pratique, ou qui font partie du vécu des élèves, sont susceptibles de constituer un obstacle à la compréhension de la conception mendélienne.

Francis Galton, qui a posé les fondements de beaucoup de travaux de biométrie dans la perspective d'une étude de l'hérédité, a proposé une « loi de Galton » qui est bien en accord avec les observations, mais ne constitue qu'une actualisation de la conception de l'hérédité sous forme d'un mélange. On ne passe pas de manière empirique de l'étude des caractères fluctuants à l'idée de gène.

On peut a posteriori relire les polygones de fréquence à la lumière de la génétique mendélienne, mais ceci ne va pas sans quelques difficultés. On trouve souvent des interprétations inexactes comme dans le texte suivant (Guilliermond, Mangenot, 1937) :

Les polygones de fréquence se rapprochent d'autant plus d'une courbe que les numérations sont plus nombreuses. Or la courbe vers laquelle tendent ces polygones est une courbe en cloche du type de celle que l'on obtient en prenant pour ordonnée les coefficients du développement de la série $(a+b)^n$ et pour abscisse le rang de ces termes ordonnés par rapport aux puissances décroissantes de la courbe binomiale. [...] Tout se passe comme si, dans les « n » plantes dénombrées, l'intensité du caractère quantitatif considéré dépendait de deux facteurs contradictoires dont l'action respective serait réglée par le hasard.

En fait il ne s'agit pas de deux facteurs mais de polygénie. Si l'on suppose deux couples d'allèles indépendants, il y a quatre types de cellules sexuelles possibles, 16 possibilités de fécondation qui fournissent quatre types différents. S'il y a quatre couples d'allèles indépendants on trouve 2^n types possibles. Les génotypes seront donnés par les termes du produit :

$$(A+a)(B+b)(C+c)\dots(N+n)$$

Sur le plan des probabilités et non plus des possibilités nous supposons que chaque gène dans chacun des couples A,a B,b C,c N,n a la même probabilité de 0,5. Dans ce cas on peut remplacer le polynôme précédent par le binôme $(p+q)^n$, dans lequel $p = q = 0,5$. Si le produit $np = nq$ est supérieur à 5, autrement dit s'il y a au moins 10 couples d'allèles, l'approximation de cette loi binomiale par la loi de Laplace-Gauss est acceptable. Si le produit $np = nq$ est supérieur ou égal à

10, c'est-à-dire si l'on considère au moins 20 couples, l'approximation par la loi de Laplace-Gauss est très bonne.

D'une manière plus générale on sait que si p et q demeurent constants et non voisin de 0 ou de 1, la loi binomiale tend vers la loi de Laplace-Gauss quand « n » tend vers l'infini.

Nous sommes en fait placés devant le *problème inverse*. Etant donné une répartition considérée comme suffisamment gaussienne, nous pouvons interpréter ce résultat en considérant que le caractère est déterminé par un certain nombre de couples d'allèles, mais rien ne nous permet de décider combien. À la limite, si la répartition est très bonne, nous pourrions considérer que le nombre de couples allèles est infini, ce qui revient à nier la notion même de particules discontinues, c'est-à-dire de gène.

L'obstacle mathématique du passage du discontinu (loi binomiale) au continu (loi de Gauss comme approximation de la précédente) se surajoutant aux difficultés de compréhension de la polygénie, on comprend que les observations sur la transmission des caractères fluctuants sont tout autant en accord sinon même mieux, avec la conception continuiste du matériel héréditaire, qu'avec la conception particulière.

Dès lors, faire précéder l'étude des travaux de Mendel d'une étude des caractères fluctuants peut prendre deux sens, remplir deux fonctions :

- mieux expliquer que Mendel a justement délibérément évité leur étude pour ne retenir que les caractères bien tranchés ;
- ou, au contraire, effacer l'obstacle, combler la rupture introduite par Mendel en déclarant d'une phrase autoritaire « *les caractères fluctuants sont généralement conditionnés par plusieurs facteurs* » (Cours ORIA, 1968).

Peut-être voyons nous fonctionner ici, une nouvelle fois, comme à propos des « lois de Mendel », *l'obstacle épistémologique* bachelardien dont l'effet est toujours le même, *combler la rupture* (Rumelhard, 1979).

Il est possible de développer d'autres aspects de ce que nous avons nommé processus de dogmatisation : décontextualisation des concepts, séparation du problème auquel ils répondent et des limites du champ de validité pour en faire des connaissances « en soi » ; suppression de l'aspect historique et contingent de la construction des concepts et de la réalisation des expériences au profit d'une remise en ordre logique ; effacement des concepts qui soulèvent le plus d'opposition, etc.

Mais il serait surtout important de développer les conséquences pédagogiques d'un tel processus : invention d'expériences de « mise en évidence », développement de divers procédés de présentation visant à l'argument d'autorité (images, photos, schémas peuvent être analysés dans cette optique) ; contraintes spécifiques liées aux sujets d'examen ; développement et justification de théories pédagogiques dites de découverte ou de redécouverte, etc.

En mettant l'accent sur ce type de transformation des connaissances, il ne s'agit pas pour autant de nier l'existence de problèmes spécifiquement liés à l'enfant. Il ne s'agit pas de réduire la réflexion pédagogique à une meilleure compréhension épistémologique des connaissances. Mais cet axe de réflexion conduit à réduire la distance qui sépare l'élève de l'enseignant, à affirmer que

tout travail sur les difficultés de compréhension des élèves est indissociable d'un travail sur nous-mêmes... aussi désagréable soit-il !

POST FACE

Pourquoi republier, 30 ans après, cet article devenu difficilement trouvable. Parce que le colloque dans lequel il a été exposé a marqué une étape importante dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre en Lycée et Collège. Rappelons ces étapes. L'OCDE, créée en décembre 1960, organise un Colloque international (OCDE, 1963) près de Vevey en Suisse du 4 au 14 septembre 1962 sur « *la réforme de l'enseignement de la biologie* » présidé par Herman Muller, prix Nobel. À la suite le ministère français de l'Éducation nationale demande dans une circulaire en octobre 1968 d'ajouter explicitement un objectif épistémologique à cet enseignement : « *décrire et faire pratiquer une initiation à la méthode expérimentale* ». Un raisonnement sur des expériences était déjà demandé depuis septembre 1966 dans la série D nouvellement créée.

En 1976, après plusieurs remaniements, l'Institut pédagogique national (IPN) jusqu'alors centré sur l'action pédagogique, ajoute le mot recherche dans ses objectifs et devient Institut national de recherche pédagogique (INRP). Cela incite les chercheurs à organiser des colloques internationaux, et en janvier 1979 les premières « journées de Chamonix », journées internationales francophones sur l'enseignement scientifique et technique (JIES), se réunissent à l'incitation d'André Giordan et de Jean-Louis Martinand. Elles inaugurent une longue série. Dès 1976 des thèses de didactique qui s'appuient sur l'épistémologie historique se préparent à l'Université, visant à rectifier la présentation positiviste d'une méthode expérimentale presque uniquement calquée sur le schéma scolaire reconstruit *a posteriori* de Claude Bernard (1865), oubliant par exemple que Mendel (1865) utilise un modèle stochastique sur des populations. L'article ci-dessus, exposé aux JIES de 1979, constitue un premier exemple de ce type de travail. Il sera poursuivi par une thèse soutenue en juin 1980 à l'université Paris 7 et publiée en 1986³ puis une HDR soutenue en 1992. Les idées développées ici, empruntées pour l'essentiel à Georges Canguilhem (1904-1995) qui n'a été réellement connu, en dehors de la philosophie, qu'à partir du début des années 1970, sont toujours fécondes et demandent encore actuellement que l'on prolonge les analyses.

RÉFÉRENCES

- ARON Max, GRASSÉ Pierre-Paul (1966) *Précis de biologie animale*, Paris, Masson.
 BACHELARD Gaston (1932) *Le pluralisme cohérent de la chimie moderne*, Paris, Vrin.
 BACHELARD Gaston (1949) *Le rationalisme appliqué*, Paris, PUF.
 BERNARD Claude (1965) *Cahiers de notes 1850-1860*, Paris, Gallimard.
 BOLTANSKI Luc (1969/1977) *Prime éducation et morale de classe*, 2^e éd., Paris, Mouton.

3. Rumelhard, 1986.

- CANGUILHEM Georges (1965) *La connaissance de la vie*, Paris, Vrin.
- CANGUILHEM Georges (1966) *Le normal et le pathologique*, Paris, PUF.
- CANGUILHEM Georges (1977) *Idéologie et rationalité*, Paris, Vrin.
- CANGUILHEM Georges (1955/1977) *La formation du concept de réflexe aux XVII^e et XVIII^e siècles*, 2^e éd., Paris, Vrin.
- Cours ORIA (1968) *Terminale D*, Paris, Hatier.
- FOUCAULT Michel (1971) *L'ordre du discours*, Paris, Gallimard [leçon inaugurale au Collège de France].
- GRMEK Mirko Dražen (1973) *Raisonnement expérimental et recherches toxicologiques chez Claude Bernard*, Genève, Droz.
- GUILLIERMOND Alexandre, MANGENOT Georges (1937) *Précis de biologie végétale*, Paris, Masson.
- LOEWY Ariel G., SIEKEVITZ Philip (1969/1974) *Biologie cellulaire*, Paris, Masson [traduction de l'édition américaine].
- OCDE (1963), *Pour un nouvel enseignement de la biologie*, rapport du colloque international de l'OCDE « La réforme de l'enseignement de la biologie », Tour-de-Peilz (Suisse), 4-14 septembre 1962, Paris, OCDE.
- PETIT Claudine, PRÉVOST Georges (1967) *Génétique et évolution*, Paris, Hermann.
- PIQUEMAL Jacques (1965) *Aspects de la pensée de Mendel*, Paris, Palais de la Découverte.
- QUÉTELET Adolphe (1871) *Essai sur le développement des facultés de l'homme. Anthropométrie ou mesure des différentes facultés de l'homme*, Bruxelles, Muquardt.
- ROSTAND Jean (1966) *Biologie*, Paris, Gallimard, coll. « Pléiade ».
- RUMELHARD Guy (1979) « Les lois de Mendel », *Bulletin de liaison de la section science de l'INRP* n° 17 [polycopié].
- RUMELHARD Guy (1986) *La génétique et ses représentations dans l'enseignement*, Bern, Peter Lang [Préface d'Albert Jacquard].
- TAYLOR J. Herbert, WOODS Philip S., HUGHES Walter L. (1957/1965) « The organization and duplication as revealed by autoradiographic studies using tritium labelled thymine », dans TAYLOR J. Herbert dir., *Selected papers on molecular genetics*, New York, Academic Press, inc. [Article réimprimé, d'abord paru dans les *Proceedings of the National Academy of Sciences*, n° 43, p. 122-128].
- TORT Michel (1974) *Le quotient intellectuel*, Paris, Maspero.
- TRÉMOLIÈRES André (1967) *Biologie générale*, Paris, Dunod.
- WATSON James Dewey (1965/1968) *Biologie moléculaire du gène*, Paris, Ediscience [traduction de l'édition américaine].
- WATSON James Dewey, CRICK Francis Harry Compton (1953) « Genetical implications of the structure of deoxyribonucleic acid », *Nature* n° 171, p. 964-967.