

LE RÔLE DE L'HISTOIRE DANS L'ENSEIGNEMENT DE LA STATISTIQUE¹

Michel ARMATTE²

TITLE

The role of history in the teaching of statistics

RÉSUMÉ

Cet article se propose de fournir un certain nombre d'arguments à la thèse qui ne fait pas encore consensus que l'histoire de la statistique, combinée avec les approches pédagogiques alternatives du formalisme, de l'expérimentation et de la résolution de problèmes réalistes, fournit des éléments indispensables à l'enseignement de cette discipline, tout particulièrement en termes d'une double problématisation socio-historique et épistémologique des questions à enseigner. Pour cela l'auteur fait appel à une expérience personnelle d'enseignant et d'historien, et passe en revue plusieurs corpus d'études en didactique des mathématiques, pour arriver à une évaluation des bienfaits et des risques de cette approche historique.

Mots-clés : enseignement, didactique, histoire, études sur la science, statistique, probabilités.

ABSTRACT

This paper aims to provide a number of arguments to the thesis that the history of statistics, combined with alternative teaching approaches of formalism, data processing and simulation, or case studies and problem oriented studies, provides the essential elements for teaching statistics, particularly in terms of social and epistemological problematization. For this the author uses his personal experience as a teacher and historian, and he reviews several issues in mathematical education, to get an assessment of benefits and risks of the historical approach, by science studies in general and statistical socio-history in particular.

Keywords: teaching, history, science studies, statistics, probability.

1 Introduction

La question posée par les organisateurs de la session du congrès qui a suscité ce texte est une des plus intéressantes pour quelqu'un qui a consacré beaucoup d'énergie à la fois à l'enseignement de la statistique à l'université, et à la recherche en histoire de cette discipline. L'interrogation était la suivante : *peut-on utilement mobiliser les résultats de la seconde activité (la recherche historique) pour améliorer la qualité de la première (l'enseignement de la statistique) ?*

Ma réponse va largement faire appel à une double expérience de pédagogue et d'historien. Cette situation, qui donne une certaine légitimité à traiter de la question, peut comporter aussi un risque : ce que je vais dire est largement dépendant du contexte de ces deux activités, à

¹ Texte présenté au Premier Colloque Francophone International sur l'Enseignement de la Statistique (Session Histoire) à l'Université Lyon 2, les 11-12-13 septembre 2008.

² Université Paris Dauphine, Centre A. Koyré, michel.armatte@dauphine.fr

savoir un enseignement de la statistique (et de l'économétrie) aux économistes et gestionnaires de l'Université Paris-Dauphine, en licence et maîtrise principalement, et sur deux types de populations, les étudiants de formation initiale et les stagiaires de formation continue, et ce dans les deux formes différentes mais complémentaires du cours présentiel³ et de l'enseignement à distance⁴. Rajoutons-y quelques expériences complémentaires comme celle de l'enseignement de l'histoire de la statistique à l'ENSAE avec Alain Desrosières⁵, lequel s'est exprimé de son côté sur le sujet. Cette expérience fournira des exemples. Mais peut-elle fournir une réponse utile à la communauté ? Il va de soi que le texte qui suit n'est pas un texte scientifique, même s'il parle d'une discipline scientifique, parce qu'il raconte une *expérience* et exprime une *opinion* sur la pédagogie de cette discipline. La pédagogie n'est pas une science, mais une pratique sociale, et la didactique, d'abord définie comme l'art d'enseigner, rassemble des études sur cette pratique, qui n'ont pas en général le statut de science. Le texte qui suit reprend donc un certain nombre d'arguments rationnels, mais il exprime aussi un engagement personnel et des convictions que je souhaite tout simplement partager ou mettre en débat.

2 Quatre voies principales pour la didactique de la statistique

Avant de traiter des avantages et inconvénients de l'approche historique et d'en décliner les formes, il nous faut situer cette approche historique parmi toutes celles dont use le pédagogue. Ma première idée fut de chercher une typologie qui ferait consensus dans la cité universitaire, donc de consulter à ce sujet les travaux de didactique des mathématiques, une discipline qui s'est développée considérablement depuis une trentaine d'années, avec des thèses et la revue française *Recherches en didactique des mathématiques*, et dont une branche s'intéresse aux probabilités et à la statistique. Les travaux des IREM en association parfois avec l'APMEP⁶, sont également une mine de réflexion sur le sujet avec une littérature, accessible sur le site Internet des IREM, dont la revue *Repères* qui traite assez souvent des sciences du hasard, mais avec une focalisation presque exclusive sur les enseignements primaire et secondaire. Cette littérature, alimentée par la pratique enseignante, traite plus souvent de cas pratiques que de théorie. Enfin l'activité internationale est également foisonnante, comme on s'en aperçoit à travers les publications de *Teaching Statistics*, ou plus facilement par le biais des conférences internationales sur l'enseignement de la statistique (ICOTS). Comme le précise le psycho-pédagogue Jacques Nimier sur la partie de son site intitulée « histoire de la didactique... », cette discipline n'a pas produit de consensus sur une typologie des approches pédagogiques parce qu'elle-même a connu des paradigmes successifs assez différents qu'il énonce ainsi : une didactique des curriculum qui se concentre sur les

³ Néologisme qui implique une unité de lieu et de temps de l'activité pédagogique, tandis que l'enseignement à distance ou le *e-learning* reposent le plus souvent sur une délocalisation et une communication asynchrone.

⁴ Cours à distance ouvert aux étudiants en économie et gestion dans le cadre du campus numérique CANEGE puis de l'université numérique AUNEGE, dont j'ai été chef de projet, et auteur de ce cours dans lequel sont associées approche formelle, approche historique, approche par les problèmes et les cas, et approche par la simulation. Voir le site www.auneg.org.

⁵ Destiné à de futurs statisticiens, parfois futurs administrateurs INSEE, cet enseignement mobilisait l'approche historique pour sensibiliser ces étudiants aux enjeux épistémiques et socio-politiques de leur futur métier.

⁶ IREM : Instituts de recherche sur l'enseignement des mathématiques ; APMEP : Association des professeurs de mathématique de l'enseignement public.

M. Armatte

programmes, une didactique des obstacles épistémologiques qui s'inspire des travaux de Bachelard, une didactique des stratégies selon lesquelles les apprenants jouent avec les règles, une didactique des représentations, de l'imaginaire et de l'affectivité de l'apprenant, une didactique du contrat maître-élève-institution... La liste est loin d'être exhaustive, mais suggère que les écoles de didactique peuvent trouver appui, soit sur une psychologie de la relation d'apprentissage, soit sur une sociologie de l'institution éducative, soit encore sur les épistémologies possibles de la discipline. Une classification des méthodes pédagogiques de l'enseignement des mathématiques ne peut décidément pas résulter d'un consensus théorique. Je me résous par conséquent à avancer une classification empirique qui résulte uniquement de ce que j'ai vu pratiquer par mes collègues, dans l'enseignement supérieur, et en distinguant les cursus scientifiques (les mathématiques, la physique et la biologie, les sciences de l'ingénieur), les cursus en économie-gestion et les cursus en sciences humaines.

La majorité de mes collègues des universités françaises qui enseignent dans les filières scientifiques ont une approche formelle, hypothético-déductive, très souvent axiomatique, dans laquelle les principales références historiques sont celles des années 1930 : l'école russe (Kolmogorov principalement), l'école française de probabilité (Émile Borel, Maurice Fréchet et Paul Lévy), complétées par quelques manuels plus récents dont le plus cité est Feller (1950). On ne peut pas considérer cependant que ces références tiennent lieu d'approche historique, ou alors dans un sens très faible où elles jouent un rôle de légitimation du choix axiomatique. Pour toutes les autres références, tous les étudiants connaissent le théorème de Bernoulli, l'inégalité de Bienaymé-Tchebychev et la loi de Gauss, mais ils seraient bien en mal de dire à quoi cela renvoie : quel itinéraire de recherche, quelle épistémologie, quels enjeux sociaux... ? Dans les Facultés d'économie et gestion et dans les Ecoles de commerce, cette approche axiomatique a été tentée, après la séparation entre droit et science économique dans les années 1960, sans grand succès vu la trop faible culture mathématique des étudiants, qui ont un peu souffert avec les notions de tribu d'événements et de mesure. L'enseignement se fait plus volontiers en partant de la statistique descriptive, puis du calcul des probabilités réduit aux six principes définis par Laplace dans son *Essai philosophique sur les probabilités*, pour déboucher sur un apprentissage des principes de l'estimation et de la théorie des tests – effleurant les méthodes des moments et du maximum de vraisemblance dans des cas d'école si simples qu'ils sont souvent devenus des poncifs. Véritable apothéose de la méthode statistique appliquée à la décision, cette théorie des tests, aussi indispensable en économétrie qu'en psychologie, est enseignée, au grand dam de nombreux historiens et méthodologues sous une forme hybride entre le dogme fisherien et la théorie introduite par Neyman et Pearson, mâtinée parfois de considérations bayésiennes⁷. Les présentations dans les premiers et seconds cycles restent d'un grand conformisme, avec des exemples éculés, et en éludant toutes les questions de métaphysique du hasard, de signification de la probabilité, de conséquences paradoxales de certaines règles comme le bien connu jeu de Saint-Petersbourg à propos de l'espérance mathématique ou le plus confidentiel « Barouf à Bombach » de Henry Rouanet sur les analyses de tableaux croisés⁸. Ces questions de fondement et d'interprétation de la probabilité, et les nombreux glissements de l'incertitude au risque quantifiable et à sa gestion observables dans l'actualité sociale et politique, peuvent nous laisser fort démunis⁹, et

⁷ Voir l'article de Daniel J. Denis et la discussion qui suit dans le *Journal de la SFdS* de 2004.

⁸ Exemple discuté dans les numéros 9, 11, 12 du confidentiel *Echo des Messages*, CAM-MSH, 1978-1980.

⁹ Un étudiant de ma dernière promotion m'a demandé si je croyais au hasard... Que répondre ? Je me suis réfugié dans l'éventail historique des réponses à cette question. Mais que font les partisans de l'approche axiomatique ? Sans doute répondent-ils que ce n'est pas leur problème !

nous poussent à nous réfugier dans un strict traitement axiomatique, inventé d'ailleurs pour éviter ces disputes sans fin qui marquent le premier stade de nos disciplines avant 1950.

Notons qu'il existe une version affaiblie de l'approche formelle qui consiste à offrir des instruments de médiation des abstractions qui sont en jeu : dans le milieu des ingénieurs ou des économistes on a connu des graphiques de toutes sortes et des abaques pour représenter des fonctions un peu complexes, des papiers gaussien-logarithmiques pour linéariser une distribution lognormale, des tables de nombres au hasard récapitulant des vies de statisticiens passées à mettre au point des dispositifs simulant le hasard, des planches de courbes pour faire comprendre le théorème central limite... Prolongeant cette tendance à la concrétisation, plusieurs de mes collègues ont décidé, face aux difficultés des approches formelles, de les contourner par la voie expérimentale. C'est une tentation qui a dérangé de grands hommes de la statistique, de Georges-Louis Buffon à Adolphe Quetelet et Émile Borel. Les uns et les autres ont fait lancer des pièces de monnaie ou des dés (4000 fois pour Buffon en 1777, 100 000 fois pour l'astronome suisse Johann Rudolf Wolf en la seule année 1950)¹⁰. L'ordinateur apparu depuis a changé la donne : calculer la loi d'une somme de variables est bien plus difficile que de la simuler, la géométrie des moindres carrés dans l'espace R^n effraie bien davantage nos étudiants que l'appliquer avec le tableur Excel. Produire un nuage de points $(x_i, y_i$ pour $i = 1, \dots, 200)$ prenait une bonne heure de travaux pratiques dans les années 60 et s'obtient aujourd'hui d'un simple clic de souris. L'approche expérimentale et inductive s'est trouvée facilitée par l'irruption de l'ordinateur individuel, et sa diffusion dans les établissements dès l'opération *Informatique pour tous* de 1985 (Bernard Dimet, 2004), la programmation puis l'usage direct de logiciels plus puissants et « transparents »¹¹, et enfin la mise en réseaux locaux et mondial (LAN et WAN) de ces ressources ont offert des perspectives pédagogiques importantes de découverte par l'expérimentation, par la simulation, d'autant plus puissantes dans nos disciplines que le hasard et ses modèles ne s'observent pas, ne se comprennent pas, sans répétition très grande d'épreuves simples. Le didacticien Jean-Claude Régner (1998) énonce assez justement que « l'esprit statistique naît lorsqu'on prend conscience de l'existence des fluctuations d'échantillonnage, et la formation en statistique requiert un certain renoncement à l'usage systématique de l'idée de vérité, pour chercher à maîtriser celle de vraisemblance ». Cette seconde approche, que nous appellerons expérimentale, avec ses deux versants du traitement de données réelles et fictives (simulation), s'oppose à la première parce qu'elle est inductive, et pas déductive, mais elle doit s'y articuler sous peine de ne pas remplir la mission qui lui est confiée de découvrir, via ces simulations ou ces traitements de données, des régularités, voire des lois de la « géométrie du hasard » dont Jacques Bernoulli, Blaise Pascal, Abraham de Moivre et Pierre-Simon de Laplace ont jeté les bases.

À ces deux méthodes pédagogiques fort différentes – l'approche formelle déductive et l'approche inductive expérimentale – je rajouterai une approche que Fréchet aurait rattachée à la « synthèse inductive ». Dans ses efforts de « désaxiomatisation de la science »¹² il ne reniait aucunement l'approche axiomatique qu'il pratiquait abondamment, mais, dans une démarche de cognition, il la faisait précéder logiquement par une phase de synthèse inductive dans laquelle « les savants dégagent de la complexité des choses les idées simples servant de base aux théories »¹³. Il ne s'agit plus ici de s'appuyer sur des exemples pédagogiques construits,

¹⁰ Keynes (1921), chapitre 29.

¹¹ Transparent voulant dire en fait fonctionnant comme une boîte noire, fermée, obscure.

¹² Titre de l'une de ses conférences rassemblées dans (Fréchet, 1955).

¹³ « Nous ne sommes donc pas loin de conclure que la logique elle-même est un produit de notre expérience,

M. Armatte

donc fictifs et tellement simplistes qu'ils n'ont plus aucune réalité – les fameux « problèmes de robinets » qui, dans notre discipline, deviennent le tirage de boules dans une urne constante, le test d'hypothèses d'un paramètre d'une loi imposée d'on ne sait où, les problèmes de couples dans des assemblées et des histoires à dormir debout de « chèvre derrière une porte ». Ces fictions n'ont aucun réalisme et n'ont d'autre but que de fournir une situation qui exemplifie le traitement statistique que le professeur veut imposer. Il semble préférable de prendre des situations telles qu'elles surgissent, hors de l'école ou de l'université, au sein d'une activité sociale, scientifique, économique ou autre, évoquée par les acteurs ou par un média dans leur langue vernaculaire, dans toute leur complexité, leurs enjeux et leurs controverses, puis de caractériser et modéliser cette situation avec les notions et les outils statistiques que l'on peut enrôler dans l'apprentissage. L'élève suit alors un chemin qui n'est plus guidé par la logique formelle de la discipline à enseigner – la probabilité, la statistique, l'économétrie – mais par la logique du champ social d'où l'on a extrait le problème : elle est « *problem oriented* » comme disent les anglo-saxons. La méthode des cas, qui vient d'outre-Atlantique et s'est fortement diffusée dans les études de gestion, en offre un exemple un peu édulcoré dans la mesure où le cas est souvent reconstruit totalement pour pouvoir être traité facilement. Les États-Unis ont connu une tentative plus radicale de réforme des enseignements de la statistique avec le programme *Chance* qui proposait d'enseigner les bases de la méthode statistique à partir de problèmes empruntés à l'actualité. Ce programme, lancé en 1991 par des enseignants de plusieurs universités et soutenu par la National Science Foundation, s'est incarné dans un bulletin d'information, des ateliers, un magazine, des bases de ressources pédagogiques, des articles et un site Web où l'on retrouve tout cela¹⁴. Le mot d'ordre en est : partons des problèmes suscités par la vie quotidienne ou la vie professionnelle et, par synthèse inductive, trouvons les bons points de départ d'une modélisation théorique (choix des lois à ajuster) et empirique (choix des grandeurs à mesurer) convenable. Après un premier cours « formel » en Licence, j'ai personnellement appliqué cette approche de manière très satisfaisante en économétrie l'année suivante en m'appuyant sur le traité de Ernst Berndt (1991) dont chacun des chapitres ne renvoie pas à un moment de la méthode mais à un problème et à l'histoire de son traitement, fichiers de données historiques à l'appui. Le chapitre 2 par exemple démarre tout de suite sur le modèle CAPM (Capital Asset Pricing Model) de gestion de portefeuille et son traitement économétrique par Markovitz et Sharpe avec la régression simple. Un autre chapitre (4) sur les indices des prix hédoniques retrace l'histoire du traitement de la qualité par Waugh (1927, sur les asperges), Court (1939, sur les automobiles) et Chow (1967, sur les ordinateurs) et propose de refaire sur leurs données les estimations des paramètres du modèle de régression multiple qui est utilisé. L'étudiant est ainsi invité d'abord à comprendre les enjeux et les problématisations effectuées, puis à refaire le travail technique de ces auteurs en suivant les traitements suggérés dans les exercices du chapitre, et enfin à reprendre lui-même problématisation et calcul sur de nouvelles données qu'il doit rechercher. Les nouveautés théoriques et techniques sont

qu'elle a été précédée par une synthèse inductive et qu'il est tout à fait légitime et même très utile d'en établir une axiomatique, celle-ci ne peut être tenue que comme une schématisation essentiellement révisable des règles pratiques du raisonnement (...) Nous croyons en la nécessité de la décomposition de chaque branche des mathématiques en quatre parties : synthèse inductive, dégagement à partir de celle-ci d'un ensemble d'axiomes portant sur des termes primitifs, théorie déductive basée sur ces axiomes et ces termes, vérification des conséquences de cette théorie quand on substitue aux notions abstraites qui y figurent, les notions concrètes qu'elles ont pour but de représenter schématiquement. » (Fréchet, 1955, p. 22)

¹⁴ Les principaux instigateurs sont Laurie Snell, Peter Doyle, Joan Garfield, Tome Moore, Bill Peterson. Le site : www.dartmouth.edu/~chance/. Un bilan de l'opération figure dans Rockmore et Snell (1999).

découvertes par l'étudiant au fil de l'étude et toujours associées à leurs significations pour le problème considéré.

L'approche historique est une quatrième voie pour enseigner la statistique. Par méthode historique, je ne veux pas dire la simple méthode dénomminative consistant à attribuer – souvent arbitrairement – l'inégalité dite de Cramér-Rao-Fréchet... à ces auteurs et pas d'autres, mais une perspective réellement historique. Prenons l'exemple de la régression à enseigner en licence : un mathématicien va déduire de l'axiome de la loi normale bidimensionnelle que les espérances conditionnelles sont linéaires ; un physicien va poser l'existence d'une équation linéaire entre une variable y et des variables x et, supposant des erreurs sur y , il va directement donner la solution de Legendre par les moindres carrés ; un économiste va emboîter le pas du physicien mais en donnant le statut de modèle à son équation et en parlant d'erreur de spécification pour justifier du terme d'erreur ; un biologiste ou un sociologue vont s'appesantir sur le nuage de points et proposer d'ajuster une droite sur les moyennes conditionnelles. Comment l'étudiant peut-il comprendre les enjeux de ces différentes approches, leurs correspondances plus ou moins parfaites selon les conditions posées aux distributions ? N'est-il pas plus raisonnable de présenter la suite historique des problématisations effectuées par les différents programmes de recherche qui se sont succédés et parfois empilés ? D'abord les astronomes et géodésiens autour de Pierre Simon de Laplace et Carl Friedrich Gauss, confrontés aux enjeux scientifiques et sociaux de l'erreur de mesure qui ne permet pas de discriminer des modèles théoriques et qui limite les progrès de la cartographie terrestre et marine ; ils mobilisent le calcul différentiel et le calcul des probabilités, choisissent une loi des erreurs, une formule de « milieu » d'erreur et une règle d'optimisation à adopter (une bonne douzaine *dont* les moindres carrés). Apparaît ensuite une formulation dite de la régression par Galton et Pearson, sous la forme d'un ajustement d'une série double observée fortuitement et résumant une contingence, et qui prend son sens dans le cadre bien différent de questions d'hérédité et de politiques eugénistes (cette droite de pente $2/3$ au lieu de 1 fait voir une correction de la transmission héréditaire des caractères par une loi de « régression vers la médiocrité »), et dans le cadre d'une tout autre philosophie que les astronomes (la loi n'est qu'un résumé postérieur au phénomène ; l'ajustement révèle la loi, il ne la suppose pas), avec d'autres méthodes (la droite de régression ajuste les médianes liées). Dans un troisième temps, George Udny Yule, élève de Karl Pearson qui n'en partage pas la philosophie politique, fait le pont entre la théorie des erreurs et la biométrie et transmet aux économistes une nouvelle version, épurée des hypothèses techniques (loi normale), philosophiques (phénoménalisme de la *Grammaire de la science*) et politiques (programme eugéniste) de K. Pearson. Enfin, la traduction par les économètres de la *Cowles Commission* (Haavelmo, Koopmans) d'un ensemble de relations macroéconomiques en un modèle à plusieurs équations linéaires complétées par un terme d'erreur constitue une nouvelle formulation du problème qui ouvre un nouveau programme de recherche en statistique mathématique pour en estimer les paramètres, et un nouveau mode de validation d'une théorie économique peut se résoudre via le test des hypothèses statistiques de son modèle. Voilà, brièvement retracée¹⁵, car il faut être plus explicite avec les étudiants, une autre façon d'introduire à la régression, qui représente bien sûr un détour car nous ne formons pas des historiens, mais un détour productif offrant un point de vue historique sur toutes les composantes du modèle linéaire, sa syntaxe bien sûr, mais aussi ses multiples significations.

¹⁵ Ce thème est amplement développé dans notre thèse (Armatte, 1995).

M. Armatte

La typologie des approches qui vient d'être esquissée avait pour but de situer la dernière d'entre elles, l'approche historique, dans l'ensemble plus large des stratégies éducatives possibles. Il faut dire ici clairement que, si je défends l'approche historique qui me semble insuffisamment exploitée, ce n'est pas aux dépens des trois autres que j'ai d'ailleurs largement utilisées et développées¹⁶ : puisque la didactique est plus un art et une philosophie qu'une science exacte, je milite clairement pour un pluralisme et un pragmatisme qui manifeste non seulement d'une épistémologie à la Feyerabend – « Tout est bon » – mais qui considère que nous avons tout à gagner à laisser l'apprenant choisir, en connaissance de cause, la pédagogie qui lui convient le mieux, et qu'aucune autorité ne peut nous imposer quelque chose en la matière. J'appelle principe de laïcité le respect de toutes les croyances en la matière et la non-imposition d'une d'entre elles par nos autorités de tutelle.

Pour traiter maintenant de l'approche historique, je propose de chercher à répondre à quatre questions plus précises.

Première question : quelle est la place de cette approche historique dans l'ensemble des pratiques effectives des enseignants de statistique, dans les différents contextes de formation ? Utilisons notre discipline, pratiquons l'observation statistique et l'enquête synchronique : interrogeons la variété des pratiques d'aujourd'hui sur l'enseignement de la statistique et, si les matériaux le permettent, évaluons la part qu'y joue l'approche historique parmi toutes les autres. Un tel bilan serait dans la tradition internationale d'enquêtes de *l'International Association for Statistical Education* (IASE) et des colloques ICOTS ou du groupe enseignement de la *Société française de statistique* (SFdS), et contribuerait aux objectifs des organisateurs de ce colloque. Mais les études disponibles répondent-elles à la question ?

Deuxième question : qu'ont fait nos anciens ? Depuis que la statistique est enseignée, qu'ont-ils enseigné et surtout, comment l'ont-ils fait ? Mobilisons l'histoire de la discipline pour y répondre, et servons-nous de l'histoire *de* l'enseignement pour évaluer la place de l'histoire *dans* l'enseignement. Grâce à certaines recherches des vingt dernières années sur l'histoire de l'enseignement de la statistique et sur ses productions (traités et manuels), nous pourrions apprendre quelque chose sur notre sujet. Mais au-delà de l'interrogation sur les contenus et les niveaux, que savons-nous vraiment des méthodes pédagogiques du passé ?

Troisième question : comment s'articulent didactique et épistémologie ? En disant que la transmission des savoirs suppose une relation sociale complexe entre des enseignants et des étudiants fortement soumise à des impératifs du système éducatif et dans un objectif de connaissance savante, j'énonce les principaux ingrédients qui interviennent dans une situation d'enseignement. Et, en affirmant que les savoirs enseignés ne sont pas les savoirs « savants » produits par la recherche mais des savoirs recomposés, hybrides et soumis à ce que Michel Verret puis Yves Chevallard ont nommé la transposition didactique, il me semble qu'on peut plus facilement identifier les conditions selon lesquelles cette transposition récupère et modifie les savoirs savants. Il restera à spécifier le rôle que peut jouer une approche historique pour dévoiler ce que l'enseignant veut montrer ou cacher dans cette opération de transposition didactique. On en déduira une relation entre la chose enseignée et la chose savante, et donc entre didactique et épistémologie. Reprenant une idée de Rudolph Bkouche, on pourra décliner ce rapport selon les différentes épistémologies possibles.

La dernière question est alors la suivante : quelle histoire faut-il privilégier ? Sur quelle tradition historiographique avons-nous intérêt à nous appuyer ? Entre l'histoire anecdotique,

¹⁶ Par exemple comme chef de projet d'un campus numérique puis d'une UNT.

l'histoire événementielle, l'histoire des mentalités, l'histoire de l'École des Annales, la micro-historia et les « science studies », il y a autant de points de vue différents développés par les « historiens » qui, appliqués à notre discipline puis enrôlés dans un enseignement, ne donneront pas les mêmes effets. Quels sont les apports de ces différentes écoles historiques, les avantages à en tirer et les débordements à craindre dans leur usage ? Je proposerai de faire un choix qui soit cohérent avec le type d'épistémologie choisie précédemment.

3 Quelles sont les pratiques d'aujourd'hui ?

Répondre à cette question passe par le repérage des enquêtes et des études menées sur les pratiques éducatives. Je vais commencer par citer le travail de fourni fait à un niveau national par les collègues qui ont animé pendant des années le Groupe SFdS « Enseignement de la statistique »¹⁷. Ils ont fait un énorme travail d'enquête, de recensement, d'information et de formation autour des méthodes et outils pédagogiques. J'ai entre les mains un pré-rapport de l'ASU¹⁸ de 1989 « sur l'enseignement de la statistique en France » qui est, je pense, une première version du livre blanc publié en 1991 et qui offre des recensements précieux pour savoir dans quelle institution et à quel niveau s'enseigne quelque chose qui pourrait relever de la statistique. Le rapport n'est pas exhaustif car la tâche est difficile vu le maquis de nos formations, mais il renseigne assez bien sur les quatre questions suivantes : pourquoi, où, quoi, et à qui on enseigne cette discipline. Par contre, *comment* on l'enseigne n'est pas une question renseignée. Il n'y a pas dans ces recensements de photographie précise, non pas des cursus et des programmes, mais des méthodes. Si l'information n'est pas disponible au niveau national, on peut craindre qu'au niveau international il en soit de même. L'IASE a organisé nombre de réunions pour faire le point sur les différentes initiatives pédagogiques et pour en susciter de nouvelles visant à améliorer le niveau de culture, voire d'alphabétisation statistique (*statistical literacy*) des écoliers et étudiants, mais aussi du citoyen ordinaire. Les sites web signalés et parrainés sont devenus d'une grande richesse sur ces questions. Mais je n'ai rien vu qui soit l'ébauche d'un inventaire et d'un bilan des méthodes d'enseignement de la statistique.

Une seconde solution est de sonder les documents officiels, c'est-à-dire les prescriptions de notre autorité de tutelle pour ce qui est des méthodes. Plusieurs chercheurs l'ont fait de manière annexe comme par exemple Bernard Courtebras qui, dans sa thèse (Courtebras, 2006a), a étudié l'ensemble des décrets et circulaires qui encadrent l'enseignement des probabilités et de la statistique dans l'enseignement secondaire tout au long du XX^e siècle. Il en a tiré d'importantes considérations sur les objectifs poursuivis par cet enseignement et leur lien avec la demande sociale ou le besoin exprimé par l'appareil productif dans un souci d'accorder formation et emploi, surtout dans des périodes charnières comme les années 1940 (Courtebras, 2006b) ou de l'industrialisation planifiée d'après-guerre. Il en a tiré une photographie des flux et reflux de cet enseignement jamais intégré durablement aux cursus. Deux vagues semblent infléchir la méthodologie pédagogique mise en avant : la réforme des mathématiques modernes, fille de Bourbaki et de la commission Lichnerovitz qui imprime sa marque dans les programmes et les méthodes : toute la mathématique dérive de la notion de

¹⁷ Rendre hommage de façon anonyme n'est pas très courageux. Citons, au risque de ne pas être exhaustif, Nelly Hanoune, Gilbert Saporta, Catherine Pardoux, Monique le Guen, Jean-Claude Régnier, Jean-Louis Piednoir...

¹⁸ Association des statisticiens universitaires, puis Association pour la statistique et ses utilisations qui s'est fondue dans la SFdS.

M. Armatte

structure, et la statistique aussi avec la notion d'espace vectoriel, la probabilité aussi par le biais d'une algèbre de Boole des événements. Le balancier est donc du côté de l'approche formelle. Mais dans le même temps l'analyse des données à la française (école de Jean-Paul Benzécri) s'inscrit dans une tout autre tradition, celle de la description multivariée non probabiliste de grands tableaux (individus x variables) que l'ordinateur permet de traiter. Les critiques des mathématiques modernes se multipliant, le traitement de données va figurer en bonne place dans les programmes en lieu et place des injonctions à s'appuyer sur des structures algébriques. À la fin des années 1990, ce sont les technologies de l'information et de la communication (TIC) qui font leur apparition aux différents niveaux de l'enseignement et concurrencent les approches formalistes. Les logiciels de traitement et de simulation occupent alors la première place. À sonder ces documents officiels, on trouve bien quelques suggestions de recourir à l'histoire des mathématiques, mais l'instrumentalisation par les TIC, qui peut tout à fait s'articuler avec chacune des quatre approches pédagogiques que nous avons définies, domine toute réflexion sur la pédagogie elle-même. Balloté par cette valse des injonctions ministérielles, que fait le pédagogue pour finir ? Nous ne le savons guère.

Il faut donc se tourner à nouveau vers les travaux de la didactique pour voir l'impact des innovations épistémologiques et technologiques. Le seul travail sur la didactique de la statistique en économie-gestion signalé dans le rapport précédemment cité est un mémoire de DEA¹⁹ analysant les 18 retours d'un questionnaire sur l'enseignement de la statistique en seconde, première et terminale. Cela n'est pas à l'échelle des pratiques. Le réseau des instituts (régionaux) de recherche sur l'enseignement des mathématiques (IREM²⁰) qui ont quarante ans cette année, s'est doté d'une commission inter-IREM « Épistémologie et histoire des mathématiques » qui a organisé en 2008 un colloque sur « Histoire de probabilités et de statistiques » dont les actes²¹ s'ouvrent sur la phrase suivante : « *l'introduction d'une perception historique et épistémologique des mathématiques est une voie qu'il semble importante de développer, les notions qui peuvent être introduites à ce moment permettant aux élèves de mieux percevoir les pourquoi et comment des enseignements scientifiques qui leur sont prodigués. C'est le cas, peut être encore plus fort, pour le calcul des probabilités et des statistiques, dont le cheminement historique est loin d'être perçu clairement* ». L'ouvrage apporte de nombreux matériaux historiques mais on peut regretter qu'il ne comprenne aucune discussion de l'intérêt de leur utilisation pédagogique. Une autre commission intitulée « statistique et probabilités » a produit une bibliographie agrégée importante qui, bien que datant de 2007, nous permet de repérer sur un grand nombre d'items (articles, ouvrages, thèses) un très petit nombre de textes dédiés aux usages pédagogiques de la littérature historique primaire et secondaire. Ayant balayé les 79 numéros de la revue *Repères* des IREM qui sont en ligne, j'ai pu constater que l'enseignement de la statistique et du calcul des probabilités occupait une part importante des sujets abordés (peut-être 1/4 des articles), mais que ces articles ne concernent presque jamais l'enseignement supérieur, et que très peu d'articles reposent sur des enquêtes car la plupart d'entre eux s'intéressent à des situations didactiques particulières, voire même à la seule expérience de l'auteur. J'ai relevé cependant une dizaine d'articles (sur 200 environ) ciblés sur cette interaction histoire et didactique mais ayant des approches très différentes. Quelques-uns comme Michel Henry (Repère 14) offrent des fresques historiques constituant une ressource pour l'enseignement du calcul des probabilités, mais sans discuter de méthode d'exploitation pédagogique. D'autres comme

¹⁹ Josette Reynaud, 1987.

²⁰ Portail des IREM : <http://www.univ-irem.fr/>.

²¹ Barbin et Lamarche (eds), 2004.

Anne Crouzier (Repère 48) s'empare d'un dispositif historique précis (la planche de Galton) pour en faire un dispositif pédagogique. Aucun n'a fait une recherche sur les pratiques.

Je me suis tourné pour finir vers la revue *Teaching Statistics* qui existe depuis 1995 et se destine à l'enseignement des moins de 19 ans. Elle propose des tables en ligne de ses articles sur la période 1995-2010. La classification thématique propose une rubrique « Lessons from history » qui ne comprend que deux articles, l'un de Derek Bissel sur la terminologie, l'autre du bayésien Dennis Lindley concernant une réplique de la célèbre expérience de Fisher sur « a cup of tea » qui ouvre l'ouvrage de 1935 sur les tests. Sur un total estimé à environ 450 articles, le moteur de recherche en renvoie 6 dont le titre ou les mots-clés contiennent le mot « history ».

Concluons cette section : il n'existe pas de dispositif permettant de connaître les pratiques pédagogiques dans l'enseignement supérieur français, sauf peut-être en ce qui concerne les TIC qui ont connu depuis 1995 un certain essor et une certaine structuration via les cellules TICE des établissements et la politique du Ministère en matière de campus numériques puis d'universités numériques thématiques et régionales (UNT et UNR). Les enseignants du primaire et du secondaire ont produit, via les IREM et l'APMEP, un grand nombre de réflexions et de ressources sur l'enseignement des probabilités et de la statistique, mais rien qui puisse nous donner une idée d'ensemble des usages. Au vu des quelques dépouillements faits, je dirais quand même que l'approche historique n'est pas ignorée mais qu'elle est extrêmement minoritaire dans les consignes des Ministères de tutelle, dans les matériaux mis à disposition des enseignants, dans les évaluations d'expériences et, enfin, dans les analyses didactiques. Encore moins pouvons-nous espérer trouver des évaluations d'une pédagogie établie sur une base historique. Il faut donc chercher une autre voie.

4 Que nous apprend l'histoire de l'enseignement de la statistique ?

L'histoire de l'enseignement scientifique est devenue dans les vingt dernières années une branche spécifique – avec ses propres colloques – de l'histoire des disciplines scientifiques. Et il en est ainsi aux niveaux plus fin des mathématiques, ou encore plus fin des probabilités et de la statistique. La première statistique, la statistique allemande de Gottfried Achenwald de la fin du XVII^e siècle, se définissant comme branche des sciences camérales et comme une sorte d'anatomie des choses remarquables des Etats, fut dès l'origine une « science de la chaire », c'est-à-dire une discipline enseignée par des professeurs soucieux d'exposer rationnellement, avec la méthode aristotélicienne, des faits de géographie politique. Une formation qui fut d'abord utile aux princes, aux administrateurs et commis qui les servent. L'arithmétique politique, développée en Angleterre puis en France à peine plus tard, si différente dans son approche des régularités par les nombres, est très soucieuse de formation des élites sur les données chiffrées et les relations entre grandeurs économiques ou démographiques... Condorcet fait de l'arithmétique politique et du calcul des probabilités la base d'une mathématique sociale qui servira à l'éducation de tous : c'est le projet de ses premiers cours au Lycée dès 1786, puis du *Tableau Général de la Science qui a pour objet l'application du calcul aux sciences morales et politiques* paru dans le *Journal d'Instruction Sociale en 1793*. Cette même volonté de faire partager les Lumières de la science des nombres au plus grand nombre anime Laplace qui expose les éléments de sa statistique mathématique

M. Armatte

dans ses cours à l'École normale de l'An III²². Elle anime Fourier qui fait un cours à Polytechnique avant de s'embarquer dans le voyage en Égypte avec Napoléon, et elle anime Arago ouvrant à l'École Polytechnique un cours d'arithmétique sociale professé de 1819 à 1830. Adolphe Quetelet, qui a beaucoup œuvré à l'enseignement de la statistique²³, prolongeant encore cette tradition condorcétienne, comme l'avait fait également le baron Dupin auprès des ouvriers français, fut l'ardent défenseur dans les années 1820 d'une formation populaire à l'astronomie et aux probabilités, qu'il introduisit dans ses cours élémentaires à l'Athénée, puis dans les cours publics gratuits du Musée de Bruxelles. Ces cours donneront la matière de traités de vulgarisation comme les *Instructions populaires sur le calcul des probabilités*, très inspirées voire copiées des premiers traités de Lacroix, mais bien plus digestes. Quetelet poursuivra la tradition de l'arithmétique politique de formation des élites : ses cours de probabilité au futur Prince de Saxe et Cobourg, poursuivis à distance sous la forme des fameuses *Lettres sur le Calcul des probabilités* (1846), en sont la trace exemplaire.

On connaît assez bien maintenant le contenu et les conditions des enseignements francophones de la première moitié du XIX^e siècle, grâce notamment aux écrits de Bruno Belhoste, Nicole Hulin, Bernard Bru, Pierre Crepel, Pierre Dagnelie, et Jean-Jacques Droesbeke, réunis pour la plupart dans les journées du REHSEIS des 11-12 mars 1991 sur ce sujet et complétés pour le volet anglo-saxon par les recherches très originales de John Bibby, présent à ces journées, animateur de ICOTS2 et auteur d'un stimulant essai rassemblant des *Notes towards a History of Teaching Statistics*. Les efforts pour comprendre les motivations et les étapes institutionnelles de cet enseignement de la statistique et des probabilités se sont poursuivis, et le dossier du *Journal électronique d'histoire des probabilités et de la statistique (jehps)* de décembre 2006 en est une trace importante. Mais il faut se rendre à l'évidence : les historiens de cette nouvelle vague, plus sensibles aux conditions sociales de la production et de la reproduction des savoirs que ceux des années 1970 attachés à une histoire internaliste comme Kendall, Pearson et Plackett (1970 et 1977), n'ont pas dit grand-chose des méthodes d'enseignement de la discipline. Au XIX^e siècle, dans la plupart des cas, on loue la capacité à exprimer les choses de la statistique, le style des Lumières, l'art de la rhétorique des uns et des autres mais on ne se penche pas trop sur la façon d'enseigner. Si son biographe Mailly et, après lui, Jean-Jacques Droesbeke louent les qualités d'exposition de Quetelet, son talent oratoire tout autant que celui de dessinateur²⁴, nous ne saurons jamais ce que furent ses méthodes. Certaines sont cependant visibles au moins dans les traces publiées. Par exemple le recours à l'expérimentation réelle ou fictive : lançons une pièce de monnaie, considérons la mesure des torsos de 1000 statues du gladiateur. Par exemple encore, la rhétorique de l'analogie poussée à sa plus complète mise en oeuvre dans la Lettre XX sur le gladiateur, qui tente de nous convaincre que la moyenne des 1000 mesures d'une statue et la moyenne des mesures de 1000 soldats différents peuvent être assimilées, au vu de la même forme « normale » de leur distribution, ce qui permet à Quetelet de transporter la théorie des erreurs dans une physique sociale où l'homme moyen occupera une place centrale.

²² La première de ces leçons, en 1795, deviendra le fameux *Essai philosophique sur les probabilités*, plusieurs fois réédité entre 1814 et 1825, et réédité par B. Bru en 1986. Or ce texte est déjà accompagné d'une notice historique et se présente comme un exposé des fondements et des principes puis des applications du calcul des probabilités qui permettent de prendre la mesure des progrès qu'il a permis d'accomplir.

²³ Voir l'article de Jean-Jacques Droesbeke (1989).

²⁴ « Il exerçait un ascendant véritable sur ceux qui l'écoutaient ; son exposé était simple, son intelligence précise et son amour de l'ordre lui faisaient préférer les méthodes et les instruments simples, peu compliqués. »

Qu'apportent ces études historiques à la considération de la méthode historique pour la pédagogie de la statistique ? Rassemblant les travaux déjà cités, mes propres recherches sur les traités de statistique du 19^e et début 20^e (Armatte, 2006a) et les éléments du *jehps* de décembre 2006, je peux maintenant préciser ce que l'on sait des pédagogies du passé et de la place qu'y occupe l'histoire.

Les traités de la discipline ont comporté dès le début du siècle, quand la discipline se cherche encore un paradigme entre science des Etats et science des populations, une forte partie historique qui laisse supposer que son enseignement était bien plus historique que technique. Comme on a très longtemps enseigné la philosophie par son histoire, on a enseigné la statistique par son histoire. Les plus forts représentants de cette tendance sont les ouvrages de Schloezer (1805), de Laplace (1825), Moreau de Jonnés (1856) et plus encore ceux de la fin du siècle d'influence germanique – August Meitzen (1891), Maurice Block (1886), Jacques Bertillon (1895) – et de Fernand Faure (1906), premier titulaire d'une chaire à Bordeaux puis Paris et auteur d'une monographie historique. Je notais dans mon article de 1991 (repris dans Armatte, 2006a) que la plupart de ces traités ont une très faible partie théorique, l'essentiel de leur contenu étant consacré à un discours sur les fondements, et aux cadrages et recadrages successifs de la discipline, l'auteur tentant de mettre un point final – par son propre traité – à cette guerre des définitions, des approches, des fondements²⁵. Si, comme le disait August Ludwig Schloezer, « *l'histoire est une statistique en marche et la statistique une histoire qui s'arrête* », alors il faut ajouter que la statistique comme discipline n'est pour les auteurs de ces traités qu'un processus historique. Un esprit moderne qui lit ces traités est étonné de ne trouver que des traces très édulcorées des principaux théorèmes de la statistique mathématique déjà connue des auteurs, mais il est frappé par la clarté que jette l'approche historique sur les débats épistémologiques suscités par les thèses des uns et des autres : l'ouvrage de August Meitzen par exemple, publié en allemand en 1886 puis traduit en anglais en 1891 par un professeur de Pennsylvanie, s'intitule « *History, Theory and Technique of Statistics* ». C'est une présentation totalement historique qui ne comprend pas une seule formule, mais qui est très éclairante sur les débats de l'Arithmétique politique ou les controverses autour des travaux de Quetelet, ou encore sur l'influence de la philosophie phénoménaliste de Karl Pearson.

Entre le milieu du XIX^e siècle et le début du XX^e siècle, la méthode statistique se distingue essentiellement par les domaines d'application qu'elle se donne au point de se confondre avec eux : le probable surgit dans les textes des philosophes sceptiques pour se retrouver dans les questions métaphysiques et les débats théologiques entre Jésuites et Jansénistes, et enfin dans les différentes formes de contrats aléatoires liés au droit et au commerce... jusqu'au traitement de Jacques Bernoulli et de Pascal qui en font une géométrie du hasard. Le calcul aléatoire se cache pendant quelque temps dans l'astronomie et la géodésie, sciences pour lesquelles il conçoit une théorie et un traitement des erreurs. La statistique se confond très longtemps encore avec la statistique des populations, de Johann Peter Süssmilch (1741) à Ladislaus von Bortkiewicz (1909) qui signe dans l'*Encyclopédie des sciences mathématiques pures et appliquées* un article « *Statistique* » majoritairement consacré à la démographie ; elle inspire la mathématique sociale de Condorcet, puis la théorie de l'homme moyen de Quetelet et toute la sociologie des leplaysiens et des durkheimiens. Après 1880, la statistique s'incarne dans la biométrie anglaise et la génétique à forte composante eugéniste : Fisher n'a jamais eu de chaire de statistique, mais sera pourtant le

²⁵ Les proportions de pages traitant d'histoire dans les différents traités sont données dans le *jehps* précédemment référencé.

M. Armatte

premier à produire un traité révolutionnaire pour les chercheurs. Avec le développement simultané d'un libéralisme de fait et de l'État Providence qui se met en place, la statistique renoue avec l'économie politique au point de s'y confondre comme à la Société statistique de Paris. Tous ces domaines d'application – il faudrait préférer à ce terme celui de motivation ou de problématisation – ont formaté les sciences du hasard que sont la statistique et le calcul des probabilités. Vers la fin du XIX^e siècle, après avoir changé d'objet, passant de la description des Etats à celle des populations et des échanges économiques, la statistique passe d'une science caractérisée par son objet à une science caractérisée par sa méthode : le traitement des grands nombres et du hasard avec le calcul des probabilités. Elle n'a plus de domaine propre mais une méthode propre organisée autour de ses fondements probabilistes comme la loi des grands nombres et les théorèmes de Laplace, dans les deux versions bayésienne et asymptotique de son œuvre, mais aussi autour d'un paradigme alternatif : la théorie de la variabilité des chances de Cournot, Lexis et Bortkiewicz. Au même moment, la théorie de la régression et de la corrélation de l'école biométrique, la théorie des sondages développée par Anders Nicolai Kiaer et Arthur Bowley, et surtout, un peu plus tard, la théorie de l'estimation et des tests de Ronald Fisher, puis de Jerzy Neyman, jettent les bases d'une statistique mathématique, dédiée aux problématiques de l'inférence inductive et de la décision.

Que devient dès lors la part de l'histoire dans un exposé de la discipline ? Cette dématérialisation de la statistique, qui après avoir perdu le souci du territoire perd celui de population concrète, se traduit dans les enseignements par une formalisation accentuée qui abandonne le terrain philosophique et historique : plus de débat sur la nature du probable, sur l'art de conjecturer, plus de longue introduction historique à la méthode statistique. On en voit la dernière trace dans les manuels des années 1890 cités plus haut, le dernier étant celui de Jacques Bertillon. C'est le moment où l'enseignement de la statistique devient incontournable, mais fait l'objet de vives controverses, entre Fernand Faure et Émile Cheysson pour savoir si le cadre de cet enseignement doit être l'université ou une école d'Etat, entre Henri Bunle et Jean Lescure²⁶ pour définir son rattachement aux Sciences ou aux Lettres, et pour savoir si la statistique peut demeurer une option de l'option économique des études de droit ou si elle doit être enseignée aux polytechniciens et aux étudiants de la faculté des sciences.

Dans cette évolution vers une position de science auxiliaire jouant un rôle d'instrument de la preuve dans plusieurs domaines d'application, la statistique peut entrer en concurrence ou en coopération avec d'autres types d'instruments ayant un rôle analogue. Certes les mathématiques s'imposent petit à petit comme matrice de la statistique, mais lesquelles et comment ? Cela peut être la simple arithmétique doublée de machines à calculer (L. March), cela peut être le calcul différentiel, sans ou avec la médiation du calcul des probabilités : on sait que dans les années 1920, un grand nombre de statisticiens, tout en étant mathématiciens et formés par exemple dans nos grandes Ecoles, ont envisagé de se passer totalement de la notion de probabilité²⁷. Sur cette même période, l'inflation de cours de statistique aux États-Unis dans les départements d'économie d'un grand nombre d'universités²⁸ est assez directement liée à l'importation des techniques de Karl Pearson en biologie, sociologie et économie ; or ces cours se sont accompagnés assez souvent d'un équipement de salles de travaux pratiques organisées autour des outils de la mécanisation du calcul et de la représentation graphique. On en trouve la trace dans le manuel de Harry Jerome (1924),

²⁶ Document 5 du *jehps* de 2006 : « Enseigner le hasard ».

²⁷ Voir notre article sur Lucien March (*jehps* 2005) repris dans (Armatte, 2010).

²⁸ Voir la thèse de Helen Walker (1929) rééditée en 1975.

professeur à l'Université du Wisconsin, qui y consacre un long appendice, et l'idée est reprise par François Divisia dans ses laboratoires du CNAM et de Polytechnique, dans la tradition d'Émile Levasseur et Émile Cheysson²⁹. La référence des enseignements de cette période n'est plus l'histoire de la discipline, mais elle n'est pas encore la mathématique des intégrales de Lebesgue et de la théorie de la mesure qui va s'imposer après 1933. Elle relève davantage de la démarche expérimentale, des techniques de laboratoire ou des sciences de l'ingénieur : abaques, machines à calculer, mécanographie.

La présentation historique de la discipline dans les traités, si importante au début du XIX^e, s'amenuise fortement à la fin de ce siècle et disparaît totalement des traités qui seront publiés après 1930. Dans le même temps, ces traités ne sont plus les seuls vecteurs de transmission des savoirs statistiques, et de substitut des enseignements, ils deviennent de véritables supports de cours, compléments de ces enseignements et miroirs pour nous de ces enseignements. On peut donc raisonnablement supposer que la disparition de l'historicité de la discipline que nous observons dans les traités, et qui va de pair avec sa formalisation croissante, caractérise également les enseignements eux-mêmes. On peut s'en assurer pour ceux de l'après-guerre par de simples témoignages : plus aucun cours de statistique ne commence par un panorama historique de la discipline.

5 Quel rôle pour l'histoire dans la transformation didactique ?

L'acte d'enseigner n'est pas aussi simple qu'il y paraît et les sciences de l'éducation d'un côté, la didactique des disciplines de l'autre, ont dit des choses que le statisticien doit entendre. Nous enseignons une discipline mais nous faisons bien peu cas de ce que signifie enseigner, dans les universités en tout cas où nous sommes évalués sur nos recherches et pas sur l'acte pédagogique. Je ne veux pas asséner ici un cours sur les différentes écoles qui ont marqué les réflexions pédagogiques, élevées au rang de paradigmes dans les sciences de l'éducation. Pour répondre à la question de la mobilisation de considérations historiques dans l'enseignement de la statistique, je veux juste m'appuyer sur quelques réflexions autour de l'acte d'enseigner et de la transformation que cet acte opère sur les savoirs que nous avons appris. Traditionnellement, les sciences de l'éducation et la didactique se placent dans le triangle didactique qui met face à face 1°) un système éducatif, représenté par les enseignants, l'école ou l'université, les administrations locales et centrales, 2°) des apprenants lycéens, étudiants ou professionnels et 3°) un corps de savoirs scientifiques (relevant de la recherche scientifique) ou de savoirs autres (savoirs professionnels, savoirs d'ingénieurs, savoirs populaires...). Pour une bonne partie, les sciences de l'éducation se sont occupées de la relation enseignant-enseigné dans un cadre institutionnel donné, sans trop faire référence au statut des contenus à enseigner, sauf à respecter les programmes définis par nos Ministres et Inspecteurs. La didactique s'est au contraire spécifiée dans *des* didactiques disciplinaires fortement adossées à une science donnée. Ainsi la didactique des mathématiques qui n'a

²⁹ Le premier faisait grand usage de graphiques dans ses enseignements au Collège de France et à l'École libre des sciences politiques et en a fait part dans le *Journal des Economistes* (1883), au Jubilé de la *Royal Statistical Society* en 1885 et dans le *Journal de la Société statistique de Paris* de 1908. Le second a usé abondamment de la méthode graphique à l'exposition universelle de 1878 et a proposé dans sa « Statistique géométrique » (1887) un autre usage de graphiques, plus proche des abaques, à des fins d'aide à la décision.

M. Armatte

existé qu'en se posant la question de ce qui devait être prélevé en tant que problématiques, méthodes ou résultats pour être enseigné³⁰.

Nous ne reproduisons pas à l'identique ce que nous avons appris, et ce que nous avons appris n'est pas la reproduction à l'identique de ce que les savants, les chercheurs dirait-on maintenant, ont produit comme savoirs. Yves Chevallard (1991), suivant les travaux de Michel Verret, a défini la transposition didactique comme l'écart (à expliquer) entre le savoir savant et le savoir enseigné. Je n'adhère pas à toute sa théorie de la transposition didactique, assez marquée par les notions omniprésentes de structure et de coupure épistémologique, et par les influences mêlées de Bachelard, Bourbaki, Foucault et Althusser, et plus encore par le ton parfois pédant et autoritaire du propos (se justifiant par exemple d'une certaine police épistémologique), mais je la trouve très éclairante pour comprendre les difficultés que nous avons à mobiliser à la fois l'histoire et les reconstructions un peu simplistes de nos manuels. Son étude permet, comme il le dit, d'exercer notre vigilance épistémologique et, j'ajouterais, de nous aider dans notre usage de l'histoire.

En effet, cet écart entre la chose savante et la chose enseignée est à la fois un bien et un mal. Sa prise de conscience est toujours un bien. Mais son vécu reste douloureux. Cet écart construit par l'ensemble du système didactique, par les enseignants mais aussi par les circulaires ministérielles, les inspecteurs, les experts de tout poil qui construisent les programmes, commanditent les manuels et les recueils d'exercices, doit exister pour faciliter les opérations de l'Éducation (plus très) nationale, mais elle entre en conflit avec les canons de la connaissance scientifique. Yves Chevallard voit donc dans son étude une sorte de cure analytique permettant de surmonter cette contradiction, cure qui n'est pas sans souffrance ni sans résistance et déni.

Que se passe-t-il dans cette transposition didactique ? En fait, comme il le montre dans plusieurs études de cas (la distance de Fréchet, la corrélation de Pearson, ...), il y a une succession de glissements sur le concept lui-même qui annulent une partie de son innovation pour rabattre sa définition sur une autre, plus accessible, telle que par exemple la distance fonctionnelle de Fréchet réduite à la distance géométrique sur une droite. Le concept conçu dans un certain cadre subit plusieurs déplacements dans des champs divers où plusieurs éléments de son identité sont modifiés : pensons à la moyenne entre astronomie et physique sociale, à la corrélation entre biologie et économie, à la distance de Maurice Fréchet qui s'investit chez P.C. Mahalanobis et Harold Hotelling en une distance calculable précise. Ces concepts nomades n'ont aucune stabilité et ne voyagent pas tout seuls ; quoiqu'en dise Isabelle Stengers (1987), ils sont transportés et adaptés par des personnes et des groupes d'un domaine à un autre, d'une problématique à une autre. Et le dernier transport est celui qu'opèrent l'enseignant et le système qui l'accompagne. Or, dans le cas de cette dernière transformation, la refonte opérée a trois caractéristiques essentielles : elle gomme le contexte de découverte et de justification qui a servi de cadre à l'éclosion du concept, elle élimine toute variation historique sur le concept, elle élimine certains des acteurs de cette innovation ou redéfinit l'attribution du concept à un auteur. On peut donc accuser cette transposition de délocalisation, de déshistoricisation, de dépersonnalisation ou anonymisation (p. 169). « Les manuels sont le triomphe de l'achronie et de l'atopie du savoir », conclut Chevallard.

³⁰ Les travaux de Guy Brousseau par exemple inaugurent un rattachement explicite à une discipline (les mathématiques) mais gardent la marque profonde de ce primat de la relation maître-élève en s'appuyant sur les notions de situations didactiques (en gros leur face à face dans la classe) et adidactiques (sans le professeur), et sur la notion de contrat (attitudes attendues de l'un et l'autre). Voir Alain Kuzniak (2005).

Le rôle de l'histoire dans l'enseignement de la statistique

Est-ce pour autant un malheur ? Non, parce que si « la valeur d'une transposition se mesure à l'aune de la construction historique au sein de la cité mathématique », si « la présentation didactique est une version plus ou moins dégradée de sa genèse historique », c'est que cette transposition est nécessaire à la reconstruction d'un savoir universel qui est l'idéal de la science que la plupart des scientifiques ont en vue.

Un usage critique, voire sauvage de cette analyse, que l'auteur rejette, conduirait à une logique du soupçon, qui viserait à dévoiler derrière toute reformulation didactique un projet de dévoiement de la vérité scientifique du même ordre que l'effacement de détails voire de personnes sur une photographie. Un usage plus modéré consiste à reconnaître et accepter cet écart entre savoirs savants et savoirs enseignés, mais à en tenir compte. C'est un peu comme le fait de constater que mon ordinateur fonctionne comme une boîte noire dont je ne connais pas toutes les fonctions : cela ne m'oblige pas à le démonter avant tout usage. Je peux accepter que la chaîne des transformations subies par le savoir savant jusque dans mon manuel soit de la plus grande utilité pour que je puisse m'en servir sans tout démonter. On peut donc imaginer de bonnes transpositions.

Il arrive régulièrement à un historien de la statistique de s'alarmer de cette transformation : telle vision de la loi des grands nombres dans tel manuel est par trop différente de la version initiale proposée par Jacques Bernoulli ou de sa reformulation par Poisson... En fait il convient à mon avis de ne point camper sur la position élitiste de celui qui sait, mais bien plutôt de juger des effets de cet écart. Parfois la dénaturation est complète et conduit à la confusion. Parfois elle n'est pas fondamentale et quelquefois même elle vient d'un aveuglement de l'historien lui-même qui attribue au « savant » un purisme qui n'a jamais existé. Dans le cas de la distance de Fréchet étudié par Chevallard, les archives de Fréchet et le croisement de plusieurs textes montrent qu'il s'intéressait tout autant à son concept de distance dans des espaces abstraits qu'à de nombreuses applications à la corrélation et à des données sur lesquelles il a mobilisé son centre de calcul de l'Institut Henri-Poincaré pour aboutir à des résultats numériques³¹. On ne peut pas vraiment dire et écrire qu'il répugnait à travailler avec des fonctions entièrement déterminées.

Dans le même ordre d'idée, le psychologue Gerd Gigerenzer a développé une critique de la version didactique des tests d'hypothèses qui conduit à enseigner une version hybride dans laquelle l'approche de Fisher en terme de connaissance inductive et l'approche de Jerzy Neyman et Egon Pearson en terme de décision risquée sont horriblement mêlées. Et il exhibe les différents emprunts que cette théorie enseignée fait à chacune des deux théories, voire à une troisième qui est celle des bayésiens, alors que ces trois théories ne sont pas compatibles épistémologiquement. Dans un article original (Gigerenzer, 1993), il entreprend une transposition psychanalytique de ce conflit entre différentes instances identifiées au ça, au moi et au surmoi. C'est assez dire que l'enseignant qui s'empare d'un tel manuel hybride – et il n'y en a guère d'autres – entre dans les affres de la souffrance et de la difficulté à faire émerger son moi !

Certains auteurs ont cru s'en sortir encore une fois avec un retour aux sources : il faut en revenir à la pure théorie de Ronald Fisher... Le malheur est qu'elle n'a déjà rien de pur, tant elle incorpore d'éléments empruntés aux précurseurs et parfois aux challengers, et tant elle a évolué au cours de sa longue carrière³². La théorie, faite d'agrégation d'éléments préexistants, n'a jamais rien de pur. Mais sa transposition, aussi bien dans un champ d'action ou dans

³¹ Voir notre article sur Fréchet statisticien (Armatte, 2002 et 2010).

³² Voir le dossier que le *Journal de la SFdS* (2004) a consacré à cette question.

M. Armatte

l'enseignement, l'est encore moins. Pourquoi faudrait-il revenir au paradis perdu des tests fishériens ? Est-il si évident que la recherche soit totalement différente d'une opération de décision risquée ? N'a-t-on pas exagéré la différence entre vérité scientifique et optimalité d'une décision ? La pratique en tout cas est hybride, et tant mieux car elle a pu s'enrichir d'autres considérations et s'adapter à des demandes d'expertises dans des champs qui ne sont pas ceux de la station agronomique de Rothamsted. Une pratique hybride (on est bien d'accord que ce n'est pas une théorie hybride) peut s'adapter à différentes situations. Ce n'est pas le même hybride qui triomphe en psychologie et en économétrie. Reste que l'enseignement de ces choses est délicat. Enseigner cet hybride sans expliquer que c'est un hybride est porteur de confusion, voire d'effets pervers dans le système des publications comme il a été prouvé maintes fois. L'idéal pratique m'a paru être la présentation simultanée dans un même manuel, sur un même exemple concret, des trois démarches et de ce qu'elles ont de différent voire incommensurable, et aussi ce qu'elles ont de commun ou comparable³³. Mais c'est beaucoup investir pour un seul chapitre de la statistique.

La notion de transposition didactique a été critiquée, en particulier par Bkouche (Repères 19) qui lui reproche certains contresens dans les cas présentés, mais aussi la non-prise en compte du choix épistémologique qui guide cette transposition. Dans un texte plus tardif, Bkouche (2000) s'intéresse à la perspective historique comme ressource didactique et pose comme condition d'un bon usage de celle-ci de bien savoir à quelle épistémologie on se réfère. Il en distingue trois formes, inspirées des travaux de Gonseth : une épistémologie des fondements, soucieuse de légitimation logique ou expérimentale des objets et relations à enseigner, une épistémologie du fonctionnement centrée sur les procédures d'établissement de ces savoirs, et une épistémologie des problématiques qui étudie comment les problèmes posés à la discipline ont conduit à telle ou telle forme de savoir. L'adossement de la méthode pédagogique à l'une de ces épistémologies détermine largement l'intérêt d' enrôler des documents historiographiques dans une stratégie pédagogique. La question principale n'est pas tant de choisir une théorie de l'apprentissage que de choisir une problématisation du savoir à enseigner, ce qui est du rôle de l'enseignant. « Le rapport au savoir du maître doit lui permettre de penser l'articulation entre les enjeux du savoir qu'il enseigne (épistémologiques, institutionnels) et les enjeux propres à l'enseignement de son savoir ». C'est donc là qu'il faut commencer à choisir. L'auteur met l'accent sur la nécessité de privilégier une épistémologie des problématiques. Développant, entre autres, l'exemple des liens entre géométrie élémentaire et algèbre linéaire – la linéarisation de la géométrie s'étant construite sur les deux problématiques indépendantes du calcul linéaire et du calcul vectoriel, tandis que l'algèbre linéaire est une méthode nouvelle, qui a servi de forme commune, unificatrice, à plusieurs problématiques dont la géométrie mais aussi la mécanique – il montre que le recours à la perspective historique offre une possibilité de mettre en évidence ces liens. Cette perspective, qui n'est pas unique, doit être choisie de façon à s'adapter au projet de l'enseignant, à enrichir sa vision, en situant les problèmes dans des logiques formelles et des logiques sociales. La perspective historique ne peut se suffire d'un rôle de motivation, ou de supplément d'âme. Elle doit permettre de hiérarchiser les connaissances, de les mettre en ordre, que celui-ci soit un ordre historique, un ordre génétique, ou un ordre heuristique, inscrit par l'enseignant dans le cadre d'un questionnement mathématique bien énoncé. Pour revenir à notre sous-domaine des mathématiques du hasard, il est par exemple important de distinguer les caractéristiques du modèle linéaire dans la théorie des erreurs et dans la statistique mathématique, et avec un point de vue historique qui renvoie aux contextes et aux usages, on peut facilement éclairer un

³³ Une réussite dans le genre a été le manuel de Vic Barnett (1982).

point de vue formel a-historique qui, sous prétexte de généralisation, efface et recouvre ces différences entre moindres carrés et régression, entre les différents statuts de la loi et du modèle.

Pour autant que l'on reconnaisse l'utilité d'une perspective historique dans la mise à jour des problématisations, quels sont les autres avantages à en attendre et quels sont les limites ou les risques que peut entraîner un tel choix ? Le principal avantage de cette perspective, on l'a vu, par rapport à l'approche formelle ou l'approche expérimentale, est celui de la problématisation : contrairement à une présentation formelle, qui s'alignerait sur une seule construction théorique ou même sur une construction hybride, l'approche historique oblige à une vision plurielle des logiques de constructions, fait voir les dérivations entre constructions successives, mais aussi les contradictions et controverses entre propositions portées par plusieurs acteurs. Elle fait voir le jeu des productions conceptuelles produites par un travail de critique et de dépassement théorique, mais aussi celles qui résultent de généralisations, adaptations ou reconversions à partir de problèmes posés par les usages en dehors de la communauté d'origine. Elle fait voir aussi le jeu des méthodes de la preuve qui sont mises en œuvre et de leur négociation entre les différentes communautés et en leur sein. Selon les lieux et les époques, on ne donne pas le même statut à un raisonnement, une démonstration analytique, un calcul ou un graphique. L'histoire fait voir enfin le jeu des hypothèses ontologiques et métaphysiques, des philosophies de la connaissance qui légitiment l'une ou l'autre des stratégies de recherche.

Pour l'avoir vue mal pratiquée, y compris quelquefois par moi-même, je crois utile cependant de mettre en garde contre les mauvais usages possibles d'un recours à des ressources historiques dans un enseignement de calcul des probabilités ou de statistique. Cet usage est en fait sans arrêt menacé par deux risques opposés.

Le premier risque est celui de l'amateurisme. L'usage qui consiste à citer dans un cours ou un ouvrage quelques précurseurs est à maintenir absolument, malgré la tendance à exclure cette règle de la production pédagogique³⁴. Ces références ne constituent cependant en aucune manière un recours pédagogique à l'histoire, si on ne les situe pas explicitement dans un contexte historique de recherche (domaine, problématique, lieu par exemple) explicitement relié au propos pédagogique du moment. Je me méfie aussi des anecdotes dont certains sont friands, non pas qu'elles soient inutiles dans le jeu théâtral et le rythme d'un enseignement traditionnel en amphithéâtre, mais parce qu'elles sont souvent assez fausses et peu éclairantes sur le fond. Signaler que Gosset travaillait dans une brasserie et, de ce fait, s'intéressait aux petits échantillons et a dû publier sous le nom d'emprunt de Student, éclaire l'usage de la statistique de Student ; mais les détails croustillants de la controverse de priorité entre Gauss et Legendre sur les moindres carrés n'ont d'intérêt que pour l'historien, et les hagiographies non retenues des grands hommes de la discipline sont des repoussoirs qui n'aident pas l'étudiant. Plus généralement, toute allusion non explicitée est contreproductive pour faire passer une idée puisque dans presque tous les cas l'étudiant ne connaît pas le contexte de découverte des concepts ou procédures que l'on veut présenter. Il faut donc expliciter totalement les références historiques et les mettre en scène complètement à tous les bons sens du mot : utiliser des ressources théâtrales pour faire voir tous les sens d'une action, sans pour autant tomber dans un usage magique et démagogique de ces moyens. Oui, il ne faut pas

³⁴ Je connais nombre de polycopiés et de manuels qui ne s'embarrassent guère de citations et références exactes. On fait croire à l'étudiant que la science est anonyme et sans passé, et que l'auteur du polycopié ou du manuel n'en est que la forme actualisée canonique. Comme si un traité n'était pas d'abord un point de vue.

M. Armatte

hésiter à recourir au multimédia car l'image possède une puissance d'évocation importante. Mais il faut toujours revenir à l'essentiel du message pédagogique. Or, sans une certaine culture historique un peu profonde, le risque est grand de diffuser des mythes et légendes, des images d'Épinal et des inepties anachroniques. Seule une connaissance historique véritable permettra de décortiquer un moment de la vie d'un objet de science, dans la richesse de son contexte historique et épistémologique, et donc d'alimenter une problématique du cours. Cette connaissance profonde ne s'acquiert que par une pratique de recherche, qui passe par la lecture des textes originaux ou des écrits secondaires d'historiens confirmés. La question qui reste entièrement ouverte est celle du travail que doit faire le professeur pour éviter à l'étudiant de refaire totalement ce parcours de lecture (on peut néanmoins lire ou faire lire des extraits et les reproduire dans les documents) et pour quand même donner à voir les principaux éléments d'une problématique historique sans trop la dénaturer.

Le risque opposé est celui de l'érudition. À vouloir trop en faire, n'oublier aucun épisode, aucun personnage, aucun détail de la scène historique, on a toutes les chances de se laisser entraîner par la tentation de l'érudition, de l'encyclopédisme, de l'histoire-spectacle et de perdre le fil de ce que l'on veut apporter aux étudiants. Ceux-ci se trouvent alors placés devant la difficulté plus grande encore d'avoir à comprendre parfaitement deux logiques que nous-mêmes avons du mal à démêler : la logique sociale de la production des connaissances et la logique de leur organisation cognitive, dans l'objectif de comprendre et modifier le monde d'aujourd'hui. En bref, le détour par l'histoire, pour être productif dans un contexte d'apprentissage, ne peut être qu'une excursion et pas un voyage sans retour ; il ne faut pas perdre le petit Poucet dans la forêt !

Pour résumer cette section, je dirai que la réflexion sur la place de l'histoire d'une discipline dans son enseignement a eu une faible part dans les travaux de la didactique mais que l'on peut quand même tirer de quelques écrits et de quelques pratiques un certain nombre de principes et de garde-fous qui permettent d'en exploiter au mieux les avantages. L'ouverture de la didactique à l'histoire s'est accentuée dans les deux dernières décennies. Dans la postface de son ouvrage déjà cité, Yves Chevillard confirme une partie des analyses précédentes et propose de faire des didactiques (de chaque discipline) une discipline « fédérée » qu'il n'ose appeler générale mais qui pourrait se définir comme une *anthropologie des savoirs*. Cette locution enregistre deux évolutions importantes : d'une part la considération que les sciences ne sont que des formes particulières de savoirs, des « savoirs savants » répondant à certains critères de légitimité supérieure, mais que d'autres types de savoirs (professionnels, culturels, traditionnels, ...) sont à transmettre ; d'autre part que la pratique des sciences est une activité sociale particulière qui doit être étudiée comme n'importe quelle autre activité sociale (sans être pour autant n'importe quoi), l'anthropologie sociale en question se donnant comme objet les différentes manipulations de ces savoirs, parmi lesquelles il place les quatre modalités suivantes : la production des savoirs, leur transposition en vue de certains usages, leur utilisation sociale et leur transmission par l'enseignement. La transposition didactique s'inscrivant parmi les autres transformations envisageables. Il est flagrant que cette vision des choses traduit un changement important de la vision des sciences, beaucoup plus ancrées dans un ensemble de pratiques sociales que dans les décennies précédentes, non plus repliées sur leur existence académique et immatérielle d'idées et de concepts, mais profondément articulées aux pratiques des bureaux d'étude, de l'ingénierie, de la technologie et du contrôle social. Dès lors, la didactique se rapproche énormément des études des sciences (*science studies*) qui se sont développées après les années 1980 dans une vision analogue, associant schèmes cognitifs et conditions sociales,

comme moteurs endogènes et exogènes de leur développement. Voilà qui nous invite à poser notre dernière question.

6 De quelle histoire des sciences avons-nous besoin ?

Plusieurs grands courants ont traversé l'historiographie du siècle passé. Tant qu'à emprunter ses analyses à tel ou tel historien, autant se repérer un peu dans ce jeu de positionnements épistémologiques. Dans la cité des historiens, le principal choc se situe entre l'histoire événementielle et la nouvelle approche de l'École des Annales³⁵. On peut dire que dans l'univers de l'histoire des sciences, le contrecoup de cette révolution s'est fait sentir avec une certaine désaffection vis-à-vis des récits épiques (la vie des grands hommes, les récits de batailles ici transposés dans l'espace de la conquête d'une chaire) au profit d'analyses de plus longue période sur des aires plus larges ou sur des thèmes transversaux et avec des matériaux historiques enrichis et réinterprétés à l'aide de concepts des sciences sociales. En histoire des sciences, une opposition forte s'est établie entre la position internaliste et la position externaliste. La première est traditionnelle en histoire des mathématiques et veut que l'histoire des objets mathématiques ne puisse se raconter que par un mathématicien ou un philosophe des mathématiques, de l'intérieur même de l'œuvre analysée. Elle se concentre sur l'invention et le déplacement des problématiques et des concepts d'une œuvre à l'autre, ne sort jamais de l'espace des textes sauf pour quelques éléments biographiques. Elle a produit des résultats remarquables, mais elle n'a pas tardé à être attaquée pour sa clôture sur un monde d'idées et de concepts qui isolait le savant dans une tour d'ivoire. La science la plus pure était censée s'élaborer dans des laboratoires fermés, protégés des influences extérieures. On laissait aux sociologues le soin de décrire les influences des environnements institutionnels et politiques sur la recherche. Cette dualité d'approche fut pratiquée aussi bien par la sociologie structuralo-fonctionnaliste de Robert K. Merton que par la sociologie marxiste de l'entre-deux-guerres.

La première tentative de dépassement de ce dualisme fut la théorie de Thomas Kuhn (1962) qui associait contenus et sociologie des acteurs dans un même paradigme, se développant et se complexifiant avant d'exploser sous les coups de boutoir d'un paradigme concurrent. La sociologie des sciences de Pierre Bourdieu constitue dans les années 1980 une autre rupture avec ce dualisme en caractérisant toute science comme un champ (1976), c'est-à-dire « *un système de relations objectives entre les positions acquises et lieu d'une lutte de concurrence ayant pour enjeu le monopole de l'autorité scientifique inséparablement définie comme capacité technique et comme pouvoir social* ». Mais son projet me semble encore beaucoup trop marqué par le structuralisme ambiant et trop peu concerné par les enjeux épistémologiques au seul profit de la stratégie des acteurs.

Une rupture plus fondamentale se produisit dans les années 1980 avec les travaux de l'École de Bath en Angleterre et de l'école de Bruno Latour et Michel Callon en France, inaugurant ce que l'on a appelé les *science studies*³⁶. Les caractéristiques de cette école sont de réconcilier méthode historique classique attachée à l'analyse des contenus et méthode sociologique, en étendant cette dernière – reconvertie en socio-logique – à toutes les

³⁵ De la première école des Annales fondée dans les années 1930 par Lucien Febvre et Marc Bloch, à la seconde animée après-guerre par Fernand Braudel et Ernest Labrousse, et à la troisième illustrée par les travaux de Jacques Le Goff dans les années 1970.

³⁶ Voir Bruno Latour (1989), Dominique Pestre (2006).

M. Armatte

opérations cognitives, matérielles et sociales menées par les acteurs. Le principe des *science studies* est de privilégier les controverses analysées en suivant les acteurs et leur définition concurrentielle des objets manipulés dans le laboratoire et à l'extérieur. Seule l'analyse à chaud de ces controverses sans dissymétrie exagérée entre vainqueurs et vaincus, permet de retrouver les ingrédients de l'innovation étudiée, les phases de sa mise en place et ce qui a assuré son succès ou son échec sans préjuger a priori de sa vérité (scientifique) ou de son efficacité (technique).

L'efficacité d'un enrôlement de l'histoire dans un cours de statistique dépend très largement du type d'approche que nous mobilisons. Plusieurs historiens ont affirmé que rien ne valait l'étude des textes eux-mêmes pour suivre la progression de la pensée. Et donc qu'une optique internaliste pouvait suffire à faire passer à l'étudiant beaucoup d'éléments sur la démarche cognitive, le cadre conceptuel, la philosophie implicite... C'est tout à fait exact et nous ajouterons qu'avec un bon choix de textes, on peut reconstituer la généalogie d'une pensée, d'un paradigme ou d'une discipline tout entière. Mais cela présente trois difficultés. La première est encore et toujours le temps que mobilise cette démarche. C'est nier la transposition didactique nécessaire que de penser faire refaire à l'étudiant le même chemin que les fondateurs de sa discipline. Secondement, cela conduit trop systématiquement à privilégier des textes phares des grands auteurs au détriment d'une analyse de corpus plus larges, représentatifs de « la science telle qu'elle se fait ». Troisièmement, il est très difficile de décrypter les enjeux, le poids des institutions, la stratégie des acteurs sur la base des seules œuvres publiées. Il faut y ajouter de nombreux autres matériaux : les biographies, les correspondances, les archives, les traces des activités de lobbying, d'administration, d'intervention citoyenne et politique que ces savants associent à leur recherche proprement dite.

La méthodologie des études sur les sciences qui s'est imposée dans les dernières années pourrait se résumer par le programme-type de recherche qui suit :

- choisir un objet relativement délimité dans l'espace conceptuel de la discipline qui peut être un concept, un outil, un modèle, une innovation ;
- se situer à un moment clé et en un lieu où la controverse est ouverte et chaude ;
- présenter les acteurs, leurs objectifs, leurs stratégies, leurs visions, leurs alliances ;
- décrire les opérations de traduction (au sens de Michel Callon, 1986) qui vont être menées par les acteurs pour déplacer les éléments du champ et les rapports de force entre acteurs ;
- montrer toutes les conséquences de cette opération et lui donner un sens général, d'une part dans une histoire de plus longue période, d'autre part dans la discipline qui est en jeu ; ou, plus ambitieux, comme exemple paradigmatique d'un certain régime des rapports entre science et société.

L'histoire de la statistique est pleine de controverses que je n'ai pas manqué, avec mon compère Alain Desrosières, de proposer aux étudiants comme objets de réflexion et sujets de mémoire. J'ai utilisé avec profit la notion de traduction mise en avant par Michel Callon pour rendre compte des opérations stratégiques des savants que nous aimons à citer dans certains travaux de recherche : l'expédition en Laponie et son rôle dans la théorie des erreurs, l'invention de la courbe des revenus par Pareto et son rôle dans la controverse sur la paupérisation, la conférence de Karl Pearson aux médecins les engageant à lui fournir des données médicosociales qu'il traiterait dans une optique eugéniste en sont quelques exemples.

Le rôle de l'histoire dans l'enseignement de la statistique

Une telle stratégie pédagogique est avantageuse à plus d'un titre : elle introduit une tension dramatique qui captive les attentions (ce n'est pas rien de nos jours). Le *Storytelling* (Salmon, 2007) est une version moderne de l'art très ancien de la transmission et de la conviction par le pouvoir des histoires, qui induit une certaine efficacité comme instrument de communication, mais aussi un grand risque de manipulation des consciences. Il faut donc savoir le contrôler. Au lieu d'enchaîner des abstractions, la pédagogie historique présente un tableau qui associe forcément logique cognitive et logique sociale, l'objet de science et les acteurs qui le font bouger³⁷. Au lieu d'imposer un mode formel figé, l'approche historique relativise les règles de l'inférence déductive et inductive. Elle permet de retrouver la multiplicité des possibles dans laquelle le présent n'est encore que *l'un* de ces possibles.

Cependant, nous l'avons dit, les risques de dérapage, soit du côté du spectacle soit du côté de l'érudition, sont réels. Il est donc assez intéressant de compléter ces présentations historiques forcément limitées à un épisode, par un propos visant à situer l'innovation ou la crise qu'il constitue dans une configuration socio-politique générale de la période (par exemple le rôle de l'Etat), dans un cadre conceptuel (par exemple l'état de l'art en matière de sondage) et dans les dispositifs concrets de gestion qu'ils instaurent. Ici on est tenté par un second exercice de l'approche historique qui consiste à tracer de larges fresques à long terme sur de vastes espaces, dans la tradition des Annales. Mais tous les enseignants de statistique, historiens ou non, ne doivent pas se prendre pour Fernand Braudel écrivant sur la Méditerranée. Une autre tentation est aussi celle de la généalogie. Les non historiens, spécialistes d'un champ, adorent cet exercice de la généalogie. La transposition didactique d'une approche généalogique est très agréable pour l'esprit car elle fournit une sorte de simulation de la construction historique des concepts et outils à l'œuvre aujourd'hui. Mais ceci est une fiction complète si on se persuade que cette (re)construction est faite du point de vue de la situation finale et donc de façon totalement a-historique. L'exemple de l'histoire de la statistique vue comme une généalogie de l'analyse des données par Benzecri est instructif : il trie et ne prend que ce qui l'intéresse. Le résultat est passionnant mais n'est pas exactement une œuvre historique. Un autre exemple est – mea culpa – la généalogie de l'économétrie que j'ai dressée dans ma thèse. Non point que les éléments mis en chaîne le long d'un arbre ne puissent l'être mais ils l'ont été avec un point de vue rétroactif sur des événements qui pourraient tout aussi bien s'analyser comme les antécédents d'autres innovations. Arthur Bowley est un précurseur de l'économétrie par la part nouvelle faite à la régression dans un manuel pour économiste (Bowley, 2001). Mais il est aussi à l'origine de bien d'autres innovations comme la théorie des sondages, les enquêtes sociales, le débat sur les indices de prix et il a même publié un ouvrage d'économie mathématique sans une page de statistique. Comme dans les généalogies humaines, on voit bien qu'il est impossible de décrire l'ensemble du graphe des relations de parenté dans lequel une personne s'inscrit, et qu'il faut se contenter des seuls ascendants. Mais cela est forcément réducteur.

³⁷ J'ai souvent développé cette analogie éclairante bien qu'un peu sauvage : quel intérêt aurait une retransmission télévisée d'un match de football qui filmerait uniquement le ballon, sous le prétexte qu'il concentre toutes les attentions, sans jamais montrer un joueur ? J'ai l'impression qu'on a longtemps fait cela dans l'enseignement des sciences. Notons que le biais inverse qui constituerait à ne suivre que les acteurs sans jamais montrer le ballon serait aussi suicidaire.

7 Conclusions

L'approche historique est une approche majeure que l'on peut mobiliser dans l'enseignement bien au-delà de ce qui a été fait. Elle l'a été à des degrés divers selon les périodes et il semble qu'elle retrouve aujourd'hui droit de cité après une large domination des approches plus formelles. Mais elle suscite des réserves nombreuses. Comment être sûr de ne pas perdre le fil de l'essence des choses, de leur structure profonde si on décrit seulement des phénomènes de surface, des faits contingents ? Or, c'est ce que nous offre l'histoire ! Comment ne pas perdre nos étudiants dans un océan d'érudition inutile ? Qui pourra traiter correctement à la fois d'un calcul de vraisemblance et d'une histoire de cette notion ? Comment opérer une traduction didactique qui, sans être fidèle dans tous les détails aux faits historiques, ne soit pas une fable ?

J'ai soulevé toutes ces interrogations et reconnu une partie de leur bien-fondé. Mais j'ai aussi argumenté que le choix d'un bon appui sur l'analyse de certains épisodes micro-historiques, complété par des cadrages macro-historiques grossiers, pouvait fournir une compréhension bien plus profonde des concepts les plus importants de notre discipline – variabilité, aléa, dépendance... – et lui redonner aux yeux des étudiants la chair qui lui fait défaut, faite de larmes et de sang parfois, de cohésion et de concurrence à l'image de notre société riche, vivante, diverse, et pas à l'image de ce statisticien si froid, isolé, désabusé, inutilement occupé à compter les veuves sur le Pont Neuf, comme l'a croqué le dramaturge Labiche dans *Les vivacités du capitaine Tic*.

Combiner cette approche historique avec celles de la déduction mathématique, de l'inférence inductive à partir d'expériences ou de pratique des données, à la condition qu'elles soient informées par de vrais problèmes à résoudre, semble à nos yeux la meilleure assurance de pouvoir assurer la pluralité des chemins vers la connaissance. Les voies de la connaissance ne sont pas impénétrables mais elles sont certainement multiples et d'une efficacité spécifique à chaque individu.

Références

- [1] Armatte, M. (1995), *Histoire du modèle linéaire. Formes et usages en statistique et en économétrie jusqu'en 1945*, Thèse EHESS, sous la dir. de J. Mairesse.
- [2] Armatte, M. (2002), Maurice Fréchet statisticien, enquêteur et agitateur public, *Revue d'histoire des mathématiques*, 7 (2001), 7-65.
- [3] Armatte, M. (2006a), Les images de la statistique à travers ses traités, *Journal électronique d'histoire des probabilités et de la statistique*, 2(2), <http://www.jehps.net>.
- [4] Armatte, M. (2006b), L'enseignement de la statistique économique (1885-1925) ; présentation de quelques documents, *Journal électronique d'histoire des probabilités et de la statistique*, 2(2), <http://www.jehps.net>.
- [5] Armatte, M. (2010), *La science économique comme ingénierie. Quantification et modélisation*, Presses de l'École des mines, Paris.
- [6] Barbin, E. et J.-P. Lamarche (2004), *Histoires de probabilités et de statistiques*, Ellipses, Paris.

Le rôle de l'histoire dans l'enseignement de la statistique

- [7] Barnett, V. (1982), *Comparative Statistical Inference*, John Wiley & Sons, London.
- [8] Berndt, E. R. (1991), *The practice of econometrics : classic and contemporary*, Addison-Wesley, New York.
- [9] Bertillon, J. (1895), *Cours élémentaire de statistique administrative*, Société des Editions Scientifiques, Paris.
- [10] Bibby, J. (1986), *History of Teaching Statistics*, University of Edinburgh.
- [11] Bkouche, R. (2000), La notion de perspective historique dans l'enseignement d'une science, *Repères IREM*, 39, 35-59.
- [12] Block, M. (1886), *Traité théorique et pratique de statistique*, Guillaumin, 1^{re} éd. 1878; 2^e éd. 1886, Paris.
- [13] Bortkiewicz, L. (von) (1909), Statistique, *Encyclopédie des Sciences Mathématiques Pures et Appliquées*, Tome I, 4(3), 453-480, Jules Molk (éd.), Gauthier-Villars, Paris ; exposé par F. Oltramare, d'après "Anwendungen der Wahrscheinlichkeitsrechnung auf statistik", *Encyklopädie der mathematischen Wissenschaften*, Leipzig, Teubner, 1901.
- [14] Bourdieu, P. (1976), Le champ scientifique, *Actes de la Recherche en Sciences Sociales*, 11, 88-104.
- [15] Bowley, A. L. (1901), *Elements of Statistics*, King and Son, London ; 2nd ed. 1902 ; 4th ed. 1920 ; traduction française sur la 5^e édition par L. Suret et G. Lutfalla, 1929.
- [16] Callon, M. (1986), Éléments pour une sociologie de la traduction. La domestication des coquilles Saint-Jacques et des marins-pêcheurs dans la baie de Saint-Brieuc, *L'Année Sociologique*, 36, 169-208.
- [17] Chevallard, Y. (1991), *La transposition didactique*, 2^e éd, La Pensée sauvage, Paris.
- [18] Courtebras, B. (2006a), A l'école des probabilités : une histoire de l'enseignement français du calcul des probabilités, *Presses Universitaires de Franche-Comté*.
- [19] Courtebras, B. (2006b), Probabilité et statistique dans l'enseignement secondaire de l'Occupation à la Libération, *Journal électronique d'histoire des probabilités et de la statistique*, 2(2), <http://www.jehps.net>.
- [20] Denis, D. J. (2004), The modern hypothesis testing hybrid : R.A. Fisher's fading influence, accompagné de commentaires, *Journal de la Société française de statistique*, 145(4), 5-68.
- [21] Dimet, B. (2004), *Enseignants et ordinateurs à l'aube de la révolution internet*, L'Harmattan.
- [22] Droesbeke, J.-J. (1989), Quetelet et l'enseignement de la statistique, *XXIèmes journées de statistique*, Rennes, 22-26 mai 1989.
- [23] Faure, F. (1906), *Éléments de statistique*, Larose et Tenin, Paris.
- [24] Feller, W. (1968), *An Introduction to Probability Theory and its Applications*, 1st ed. 1950, Wiley & Sons, New York.
- [25] Frechet, M. (1955), *Les mathématiques et le concret*, PUF, Paris.

M. Armatte

- [26] Gigerenzer, G. (1993), The Superego, the Ego, and the Id in Statistical Reasoning, in Keren G. et Lewis C., *A handbook for data analysis in the behavioural sciences : Methodological Issues*, Lawrence Erlbaum Ass. Ed., London.
- [27] Jerome, H. (1924), *Statistical Method*, Harper, New York.
- [28] Kendall, M. G. and E. S. Pearson (1970), *Studies in the History of Statistics and Probability*, vol 1, Griffin, London.
- [29] Kendall, M. G. and R. Plackett (1977), *Studies in the History of Statistics and Probability*, vol 2, Griffin, London.
- [30] Keynes, J. M. (1921), *Treatise on Probability*, Mac Millan, London, 1921 ; and *Collected writings of John Maynard Keynes*, vol. VIII, MacMillan, London, 1973.
- [31] Kuhn, T. (1983), *The Structure of Scientific Revolutions*, Univ. of Chicago Press, Chicago ; trad. fr. Flammarion, Paris, 1983, 1^{re} éd. 1962.
- [32] Kuzniak, A. (2005), La théorie des situations didactiques de Brousseau, *Repères IREM*, 61.
- [33] Laplace, P. S. (1825), *Essai philosophique sur les probabilités*, postface B. Bru, d'après la 5^e édition (1825), C. Bourgois, Paris, 1986.
- [34] Latour, B. (1989), *La science en action*, La Découverte, Paris.
- [35] Meitzen, A. (1890), *History, Theory, and Technique of Statistics*, American Academy of political and social science, Philadelphia ; trad. angl. et introd. R.P. Falkner d'après *Geschichte, Theorie und Technik der Statistik*, Berlin, 1886.
- [36] Meusnier, N. (2004), Sur l'histoire de l'enseignement des probabilités et des statistiques, *Histoire de probabilités et de statistiques*, IREM-Ellipses, Paris.
- [37] Moreau de Jonnes, A. (1847), *Eléments de statistique*, 1^{re} éd. 1847, 2^e éd. 1856, Guillaumin, Paris.
- [38] Pestre, D. (2006), *Introduction aux science studies*, La Découverte, « Repères », Paris.
- [39] Rockmore, D. and J. L. Snell (1999), To Teach, Per Chance, To Dream, *Notices of the AMS*, 46(8) ; et <http://www.dartmouth.edu/~chance/course/articles/> .
- [40] Salmon, C. (2007), *Storytelling, la machine à fabriquer des histoires et à formater les esprits*, La Découverte, Paris.
- [41] Schloezer, L. (von) (1805), *Introduction à la science de la statistique, d'après l'allemand de M. de Schloezer avec un discours préliminaire, des additions et des remarques par D. F. Donnant*, Imprimerie Nationale, Paris.
- [42] Stengers, I. (éd.) (1987), *D'une science à l'autre. Des concepts nomades*, Le Seuil, Paris.
- [43] Walker, H. M. (1975), *Studies in the history of statistical methods*, Arno Press, New York.