

ENSEIGNEMENT ET APPRENTISSAGE DE LA STATISTIQUE : ENTRE UN ART PÉDAGOGIQUE ET UNE DIDACTIQUE SCIENTIFIQUE

Jean-Claude RÉGNIER¹

TITLE

Statistics teaching and learning: between pedagogical art and scientific didactics

RÉSUMÉ

La question de la formation en statistique surgit tôt dans l'histoire même de la statistique. Des événements que nous avons pu repérer au cours des 50 dernières années nous montrent la récurrence de la question. La part des sociétés savantes est à considérer autant que l'institution scolaire. En ce qui nous concerne, nous focalisons notre regard tout particulièrement sur l'événement marquant de la Société Française de Statistique (SFdS) : le 1^{er} Colloque Francophone International sur l'Enseignement de la Statistique (2008) comme une photographie instantanée qui, bien que réductrice, nous informe sur un état de la question. Nous tentons de replacer synthétiquement les apports des contributions singulières fondées sur des pratiques réflexives à une réflexion plus générale. Notre objectif est de contribuer à une problématisation de la question de la formation en statistique à partir de son enseignement dans les cadres de la pédagogie et de la didactique de la statistique en lien avec une question épistémologique fondamentale : dans quelle mesure l'enseignement et l'apprentissage de la statistique peuvent-ils être objets de recherches scientifiques dont les apports pourraient bénéficier aux pratiques ordinaires en salle de classe ? Notre présupposé théorique est que l'identification et l'explicitation de difficultés et d'obstacles à l'apprentissage dans le domaine de la statistique à partir de l'analyse des erreurs produites repérables au travers de traces constituent un de ces objets pertinents de recherche sans pour autant exclure ce qui reste singulier dans la relation pédagogique en tant que relation médiatrice entre êtres humains dans des contextes définis et des classes de situations spécifiées.

Mots-clés : enseignement, apprentissage, erreurs, difficultés, obstacles.

ABSTRACT

The teaching and learning of statistics is an early problem even in the history of statistics. Events we could identify over the last 50 years show the recurrence of the question. The role of scientific societies as well as the role of educational institutions must be taken into account. From our perspective, we will focus explicitly on a SFdS landmark event: the 1st International French speaking Conference on the Teaching of Statistics as a snapshot which, even though limiting, provides information on the issue. We try to replace general reflections with specific contributions based on reflective practices. Our goal is to contribute to the analysis of the preparation in statistics starting from the way it is taught within pedagogical and didactical approaches to statistics, in relation to a fundamental epistemological question: how can the teaching and learning of statistics become the focus of scientific research leading to results that could be relevant to the practice of teaching in school classrooms? Our theoretical assumption is that the identification and description of difficulties and obstacles in learning statistics, starting from the analysis of identifiable mistakes, is a relevant research subject, which should not exclude the specific aspects of the pedagogical relationship while mediation between human beings in well defined contexts and specific situations.

Keywords: teaching, learning, mistakes, difficulties, obstacles.

¹ UMR 5191 ICAR Université de Lyon-Lyon2, jean-claude.regnier@univ-lyon2.fr

1 Introduction

La question de la formation en statistique surgit tôt dans l'histoire de la statistique, comme nous l'aborderons plus loin dans le contexte francophone. La part des sociétés savantes est tout aussi importante que celle de l'institution scolaire dont les choix sont soumis aux influences de ces sociétés (Droesbeke, 2005). Nous ne développerons pas cette perspective historique ici. Nous souhaitons toutefois partir de l'exemple du 1^{er} Colloque Francophone International sur l'Enseignement de la Statistique (CFIES'2008) comme une grille de lecture pour aborder notre question. Nous considérons cet événement comme marquant et significatif dans le processus de socialisation de la question de la formation en statistique dans le contexte français. Un retour sur l'ensemble des communications (CFIES'2008 – Programme) nous montrerait à la fois l'intérêt pour la formation en statistique mais aussi la diversité des approches et des formes que cette dernière revêt. Certes, l'annonce même de cette rencontre scientifique véhiculait cette diversité. L'objectif déclaré était de rassembler enseignants et chercheurs des disciplines telles que statistique, mathématiques, sciences de l'éducation, ingénierie des connaissances, didactique de la statistique, informatique, mais aussi tous ceux qui, dans les entreprises, ont affaire à des questions de formation du personnel aux techniques statistiques. En d'autres termes, il s'agissait de rassembler des acteurs de la formation des jeunes et des adultes intervenant tant au niveau de l'enseignement secondaire que supérieur, ou encore dans le cadre de la formation continuée. La thématisation organisatrice de l'appel à contributions visait cette approche diversifiée de la formation à la statistique comme nous pouvons le voir dans la formulation des thèmes (CFIES'2008 – Thèmes) présentés dans une liste non limitative et que les communicants pouvaient aborder sous leurs aspects épistémologiques, pédagogiques et pratiques :

1. l'informatique au service de l'enseignement de la statistique ;
2. la didactique de la statistique ;
3. la formation à la statistique à l'école, au collège, au lycée ;
4. la formation à la statistique dans l'enseignement supérieur ;
5. la formation des adultes à la statistique ;
6. l'usage des nouvelles technologies (simulation, Internet, logiciels, enseignement à distance, ...)
7. l'enseignement du calcul des probabilités ;
8. les études de cas ;
9. la place de l'asymptotique dans l'enseignement de la statistique.

Comme nous avons pu le faire par le passé (Régner, 2002b), un retour réflexif sur la formation à la statistique au travers des thématiques annoncées nous permet une fois de plus d'en rappeler la complexité. Si, dans un premier temps, les acteurs intéressés qui se rassemblent et se rencontrent pour communiquer leurs points de vue, peuvent donner l'impression d'un large consensus autour de cet objet, en particulier en exprimant que la formation en/à la statistique est une nécessité pour donner à chaque citoyen un accès aux outils pour l'aider à lire le monde, il apparaît que ce consensus se fissure assez rapidement dès que nous abordons la formation en tant qu'objet d'expérience, de réflexion ou de recherche. Certes, ce fait n'est pas l'exclusivité de la formation en statistique, mais il nous semble revêtir des propriétés particulières en raison même du statut de la statistique et des représentations sociales dont elle est l'objet, en particulier dans la société française. Le choix même du titre de cet article cherche à traduire ce sentiment. Nous envisageons la question de la formation sous l'angle des deux processus : apprendre et enseigner. Nous postulons que le processus

J.-Cl. Régnier

d'enseignement est orienté par la finalité de faire apprendre en organisant des conditions favorables à la réalisation efficiente de l'apprentissage dans un contexte institutionnel donné. Dans le sous-titre, nous avons tenté d'exprimer les éléments fondamentaux de notre questionnement, à savoir cette question récurrente simplifiée situant l'enseignement plutôt du côté de l'art ou de celui de la science. Il nous semble que la problématisation la plus pertinente est celle qui s'appuie sur une dialectisation de ces deux pôles. Toutefois nous avons pu constater parmi ceux qui portent intérêt à la formation en statistique, une conception plutôt sous l'influence du pôle « art », c'est à dire pour lesquels une approche scientifique, c'est dire le pôle « science », des conditions d'efficience d'un enseignement n'est pas un point de vue pertinent. Dit autrement et d'une manière simplifiée, l'enseignement et l'apprentissage de la statistique ne seraient pas des objets pertinents de recherche. Dans notre perspective, comme nous l'aborderons un peu plus loin, c'est le sens que nous attribuons au cadre épistémologique de la didactique de la statistique qui constitue d'ailleurs un des thèmes annoncés, en tant que cadre scientifique d'étude des faits et phénomènes liés à la formation à la statistique. Nous souhaitons toutefois rappeler que le choix de cette perspective théorique ne se fonde en aucune façon sur le rejet des autres éclairages apportés par d'autres cadres théoriques. Nous ne revendiquons aucune position de monopole pour la didactique de la statistique comme cadre théorique d'étude des faits, phénomènes et situations d'enseignement et d'apprentissage de la statistique.

2 Formation en statistique : une question récurrente depuis plus d'un siècle

La question de la formation en statistique est déjà ancienne. Son importance nous avait conduit à l'aborder (Régnier, 2002b) pour mieux nous situer dans le parcours de notre questionnement. Ainsi nous avons été sensible aux propos de Christian Morisson (1987) qui évoquait ce sujet dans un chapitre consacré à l'enseignement de la statistique en France sur la période allant du milieu du XIX^e siècle à 1960. Il nous rappelait alors que dans le domaine de l'économie, jusqu'en 1892, le seul enseignement officiel de statistique était un cours d'économie industrielle et statistique, institué en 1854 au CNAM. Cependant, citant Cheysson (1890), il considérait que « *les responsables de ce cours, Burat puis de Foville, utilisaient des données de la statistique mais n'enseignaient pas, à proprement parler, les méthodes statistiques* », et concluait qu'« *il faut attendre les années 1960 pour que les enseignements de statistique fassent réellement partie de la formation des économistes universitaires* », sans pour autant que les conditions requises pour que la réalisation de cet enseignement soit effective et de qualité, soient véritablement réunies. De là, il ressort que l'étudiant amené à utiliser la statistique dans une activité professionnelle ou un travail de recherche se retrouve *mal préparé*.

C'est ce même sentiment de *mauvaise préparation à la statistique* auquel nous sommes confronté dans l'accompagnement et la direction des travaux de recherche conduits par des étudiants accueillis en sciences humaines et sociales, qui alimente une part importante de nos questionnements didactiques et pédagogiques.

Au cours de l'année 1959, un séminaire de l'Organisation Européenne de Coopération Économique organisé en France fut consacré à l'enseignement des mathématiques et sa conclusion soutenait le point de vue suivant : « *Le calcul des probabilités élémentaires doit être considéré comme une branche des mathématiques susceptible d'être enseignée dans les*

Enseignement et apprentissage de la statistique : entre un art pédagogique et une didactique scientifique

écoles secondaires. L'induction statistique doit être considérée comme une branche des mathématiques appliquées qui entre pour une part capitale dans les processus de décision conformes à l'esprit de la "méthode scientifique" et dont de très nombreux secteurs des sciences physiques et des sciences du comportement humain font un usage accru. Il faut admettre en outre que le raisonnement statistique acquiert une importance croissante dans le domaine des affaires publiques. Un enseignement élémentaire approprié du calcul des probabilités et de la statistique doit faire partie du nouveau programme des études secondaires, des cours préparatoires sur ces matières devront figurer aux programmes (...) des institutions formant les professeurs. »

Dans l'introduction de leur ouvrage consacré à la question de l'approche des probabilités à l'école, Maurice Glaymann et Tamás Varga (1973) rapportent ce propos exprimé dix ans plus tôt, en 1963, par W. Weaver² qui écrivait : *« La théorie des probabilités et la statistique sont deux domaines importants, intégrés à nos activités quotidiennes. Le monde de l'industrie, les compagnies d'assurance sont largement tributaires des lois probabilistes. La physique elle-même est de nature essentiellement probabiliste. Il en est de même des fondements de la biologie. Cependant, en dépit de cette importance, les responsables de l'enseignement n'ont pas encore admis le caractère universel de la théorie des probabilités et de la statistique. Il faut espérer que des éléments de la théorie des probabilités soient introduits dès que possible au niveau de l'enseignement secondaire... »*. Ils exprimaient de cette manière une certaine satisfaction en pouvant constater qu'au cours de ces dix années écoulées, l'enseignement des mathématiques avait connu, tant en France que dans de nombreux pays, des réformes s'ouvrant à l'enseignement des probabilités. Ils ajoutaient même que *ce n'était peut-être plus qu'une question de temps pour qu'elles constituent une partie intégrante des programmes scolaires de tous les pays.*

Force est de constater qu'en France, il aura fallu encore attendre plus de 25 ans pour que la statistique s'inscrive explicitement et significativement dans l'ensemble des programmes de mathématiques des collèges et des lycées. Cette apparition se fait dans un contexte dont un rapport de l'Académie des Sciences rend compte au travers de ce qu'exprime Dercourt (Académie des Sciences, 2000) dans l'avant-propos : *« En France, l'absence de formation en statistique, dans les collèges, les lycées et de vastes secteurs de l'enseignement supérieur, conduit à des attitudes sociales aberrantes. (...) alors que les résultats statistiques fournis par les médias s'accumulent tous les jours, les lecteurs et les auditeurs n'ont pas les moyens de les analyser comme ils le méritent.(...) Cette carence devient d'autant plus préoccupante que la statistique, comme toute science, évolue. Les utilisateurs, les clients et les citoyens doivent maîtriser cette information, et donc connaître les règles de la discipline et les possibles biais d'interprétation. Fort peu le font. La faiblesse de la statistique en France est, sans conteste, un verrou très solide entravant le développement économique et l'exercice des droits des citoyens. »*

En retournant aux années soixante, nous découvrons qu'en 1962 à Paris s'est tenu, du 24 au 26 mai, un colloque sur l'enseignement des mathématiques et de la statistique pour les sciences humaines organisé par le Centre de Mathématique Sociale et de Statistique de l'École Pratique des Hautes Études. L'analyse des conclusions de cette rencontre, publiées dans la Revue *Mathématiques et Sciences Humaines* (Barbut et Latreille, 1962), nous montre une fois de plus que les questions abordées ne diffèrent pas fondamentalement de celles que nous continuons à soulever aujourd'hui et en particulier dans ce colloque CFIES'2008 auquel

² Lady Luck, N.Y.: Doubleday and Co, Garden City, 376-377, cité par Glaymann et Varga (1973).

J.-Cl. Régnier

nous faisons référence. Une des questions centrales abordées était : *Langage commun, formation commune : la Statistique peut-elle assurer cette double liaison entre les chercheurs et les étudiants en sciences humaines ?* Une série de quatre constats fut dressée :

1. Il manque aux lycéens sortant du baccalauréat une formation au raisonnement mathématique et au calcul; la Statistique nécessite cet important support tant pour son apprentissage que pour son utilisation. Le calcul sur les ensembles (algèbre de Boole) est très utile à une compréhension du calcul des probabilités.
2. Commencer une licence³ n'est pas un pré-requis pour exposer les fondements généraux de la Statistique : qu'est-ce qu'une loi statistique ?... une variable aléatoire ? et dans quels genres de problèmes les rencontre-t-on ? Dès le début, les étudiants doivent avoir admis l'existence de cette « mesure de l'incertain ».
3. Ces bases fondamentales précédentes acquises, chaque spécialité y greffe ses problèmes particuliers ; une spécialisation à ce niveau est inéluctable pour perfectionner chacun dans le domaine où il aura à travailler.
4. Pour ceux qui voudront une formation théorique plus importante, certaines notions mathématiques plus approfondies seront de la plus grande utilité ; un enseignement déductif de la Statistique Mathématique peut être donné à tous sans que les problèmes d'adaptation soient très importants.

L'orientation de l'enseignement de la statistique prend alors appui sur le fait que les notions mathématiques utiles sinon indispensables au statisticien sont trop nombreuses pour être constituées en un programme de cours bien délimité. Aussi semble-t-il préférable d'explicitier plutôt le but poursuivi par le moyen d'un tel enseignement à savoir : former des spécialistes compétents ayant aussi une connaissance et une compréhension suffisantes des bases de la Statistique pour pouvoir dialoguer avec des mathématiciens susceptibles de les aider, compléter leur formation en mathématiques pour se sentir plus libres par rapport aux instruments utilisés et mieux comprendre les ouvrages de leur spécialité qui utilisent des méthodes mathématiques. Quant à l'approche pédagogique, elle se base sur le principe selon lequel « ...tout est à faire : l'étudiant ignore ce qu'est une variable, une démonstration et n'a pas l'habitude du symbolisme. Or, il est possible de trouver des représentations concrètes de ces manipulations abstraites. Sans tomber dans les mathématiques sans peine, on trouvera un cheminement psychologique amenant les étudiants à la réalité des abstractions mathématiques. » Les conclusions vont aussi jusqu'à expliciter des recommandations :

1. Faire un gros effort pour fournir des renseignements bibliographiques et une documentation sur les exercices que l'on peut proposer aux étudiants ;
2. Qu'ait lieu un stage de huit jours pour compléments de formation et information destiné aux enseignants et aux chercheurs ;
3. Que soient réunis en morceaux choisis les textes fondamentaux de la Statistique de J. Bernoulli à Kendall. Des notions mathématiques considérées comme utiles sont aussi discutées :
 1. l'algèbre de Boole, les problèmes de mise en ordre et de classification ;
 2. le calcul linéaire ;
 3. les ensembles, les nombres réels, le calcul intégral ;

³ Licence est à prendre au sens que recouvre cette désignation à l'Université dans les années Soixante

Enseignement et apprentissage de la statistique : entre un art pédagogique et une didactique scientifique

4. les ordres (treillis), correspondances (graphes, relations), fonctions ;
5. la mesure, le calcul des probabilités ;
6. les équations de récurrence ;
7. les séries et les calculs approchés.

Nous nous en tiendrons là pour ce retour historique, mais force est de constater l'actualité du questionnement. Nous voyons implicitement se maintenir un questionnement problématique fondamental sur les rapports qu'entretiennent les domaines désignés par la culture académique : statistique, mathématiques, probabilités et logique, qui mériterait d'être exploré de manière récurrente. Une fois de plus nous soulevons la question d'intérêt : qu'avons-nous pu capitaliser dans le domaine de l'enseignement de la statistique durant ces 50 années ? Si nous revenons sur quelques problématiques abordées par le CFIES'2008, une question forte a tourné autour des rapports des mathématiques et de la statistique que nous avons d'ailleurs tenté d'aborder lors des 40^{èmes} Journées de la SFdS – Société Française de Statistique (Régnier, 2008). Les problématiques évoquées dans le colloque de 1962 touchant aux connaissances mathématiques utiles pour la Statistique et aux compétences statistiques chez les non-spécialistes demeurent à l'évidence d'une grande actualité !

Le sens de l'approche historique esquissée ici est congruent aux points de vue développés par Michel Armatte (2010) sur *le rôle de l'histoire dans l'enseignement de la statistique*, par Alain Desrosières (2010) sur *un enseignement sur l'histoire de la statistique pour les futurs statisticiens de l'ENSAE*, ou par Laurent Mazliak sur *le rôle de l'histoire dans l'enseignement des probabilités* dans les conférences réalisées à CFIES'2008.

3 Retour sur quelques thématiques du Colloque Francophone International sur l'Enseignement de la Statistique – CFIES'2008 comme contributions à la réflexion pédagogique

Comme nous l'avons déjà exprimé, les thématiques de ce colloque s'inscrivent en continuité dans les préoccupations évoquées, depuis un demi-siècle, quant à la formation en statistique. En particulier une des questions centrales fortes reste celle du comment pouvons-nous favoriser l'apprentissage au moyen de l'enseignement de la statistique et ainsi contribuer à la formation. En filigrane se pose toujours la question du rapport spécifique entre la statistique et les mathématiques, et par conséquent celle du rapport entre compétences statistiques et connaissances mathématiques (Régnier, 2008). Une façon originale pour une approche réflexive de ce rapport est exprimée au travers de la question : *peut-on concilier intuition et rigueur mathématique ?* autour de laquelle s'est organisée la communication de Catherine Vermandele *et al.*. Nous y percevons la tension qui existe entre deux orientations pédagogiques dialectiquement liées. D'une part, adopter une approche intuitive mais qui risque de réduire les outils statistiques à de simples techniques calculatoires, voire de simples recettes, conduisant à des interprétations insuffisamment nuancées des résultats. D'autre part, vouloir à tout prix respecter un niveau relativement élevé de rigueur mathématique dans la présentation des concepts et méthodes mais qui risque de rendre la statistique inaccessible à ceux sans formation poussée en mathématiques. C'est là un des facteurs qui nous préoccupe fortement dans l'activité même d'enseignement de la statistique auprès d'étudiants en sciences humaines et sociales (Régnier, 2002b). C'est alors que nous pouvons aussi envisager des questions autour de la perspective *statistique sans mathématiques* telle que l'aborde Pierre

J.-Cl. Régnier

Lavallée dans la communication : *Enseigner la théorie des sondages sans formule : une utopie ?*

En rapport au champ de la didactique de la statistique que nous aborderons plus loin, nous pourrions situer ici ces questionnements dans le cadre du processus de transposition didactique (Chevallard, 1985), concept clé en didactique des mathématiques sans toutefois le développer. Par exemple, les schématisations ci-dessous (Figures 1 et 2) s'appuient sur le processus de désynchronisation des savoirs afin d'identifier des champs institutionnellement reconnus. Il s'agit de délimiter des savoirs partiels pouvant s'exprimer dans un discours autonome.

Globalement, d'un point de vue épistémologique, se posent des questions sur les rapports que la statistique entretient avec des disciplines qui ont alors le statut de disciplines-outils (Figure 1).

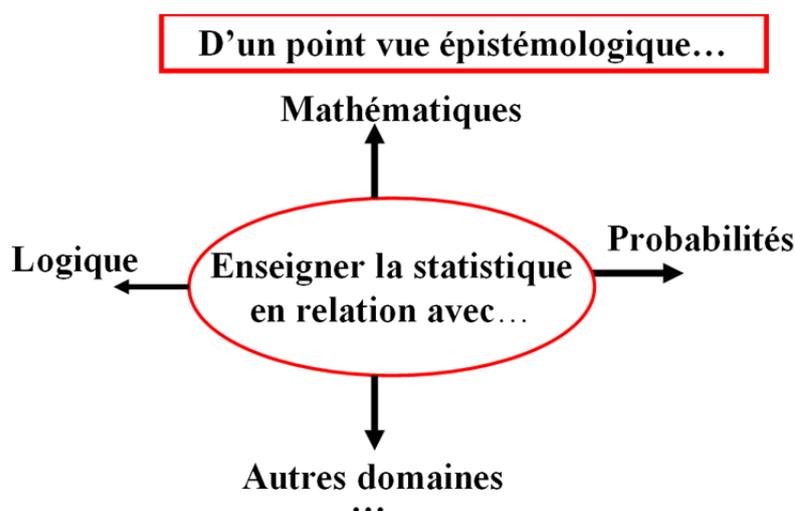


FIGURE 1 – Point de vue épistémologique dans l'enseignement de la statistique

À côté de la formation en statistique destinée à des professionnels de la statistique, les statisticiens, nous sommes donc contraints de penser celle destinée aux élèves, étudiants, chercheurs, enseignants ou professionnels, utilisateurs non spécialistes de la statistique. C'est le thème développé par Gilberte Schuyten en exposant ses *réflexions sur l'enseignement de la statistique en sciences humaines et sociales*. Ainsi la question de la formation en statistique et l'enseignement qui vise son étayage, est contrainte d'être pensée en dehors du propre territoire de la statistique. Nous schématisons ce point de vue par la figure 2 ci-dessous :

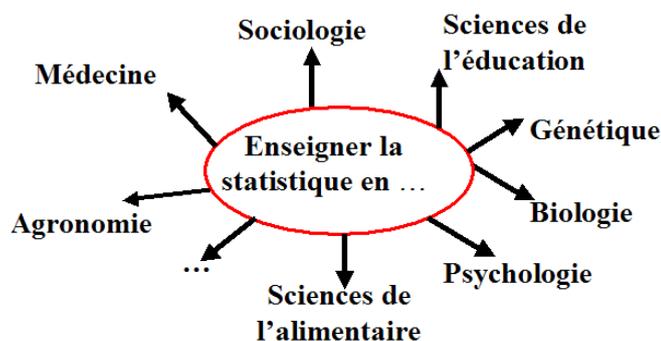


FIGURE 2 – Divers territoires investis par la statistique qui nécessitent un enseignement

Les communications réalisées illustrent la nécessité de la prise en considération de ces différents territoires pour penser la formation et l'enseignement de la statistique. Dit autrement, cela revient à penser la statistique dans une perspective de déterritorialisation de son objet. Ce qui renvoie ensuite aux outils sur lesquels l'enseignement de la statistique peut prendre appui. L'ordinateur et l'informatique y tiennent tout particulièrement une place et un rôle historique qui renvoient alors à une problématique analogue à celle du rapport entre statistique et mathématiques. Quelles sont les connaissances et compétences minimales requises pour que les outils informatiques puissent être utilisés avec efficacité ? Nous avons pu déjà constater, au travers d'observations que nous avons nous-même conduites dans le contexte de l'enseignement de la statistique en sciences de l'éducation, combien le coût de l'apprentissage pour utiliser les outils informatiques peut être élevé. Cet apprentissage peut même générer un déficit dans l'apprentissage de la statistique en raison des conditions temporelles imposées des séquences d'enseignement orientées par des critères plus économiques que pédagogiques.

La place et le rôle de l'informatique peuvent être diversement abordés comme nous tentons de le synthétiser dans la figure 3 :

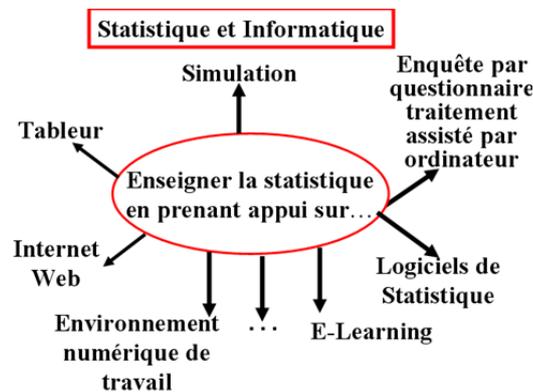


FIGURE 3 – *Informatique dans l'enseignement de la statistique*

Dans le cadre d'une approche didactique, nous pourrions citer les travaux de Jean-Claude Oriol (2002, 2007) et Jean-Claude Régnier (Oriol et Régnier, 2004) qui tentent d'étudier quelques conditions d'efficacité d'une séquence didactique fondée sur une enquête par questionnaire, ou ceux qui portent sur le fonctionnement didactique de la simulation en statistique à propos du concept d'intervalle de confiance (Oriol et Régnier, 2003a) ou de celui de corrélation (Oriol et Régnier, 2003b). En reprenant les apports du CFIES'2008, nous pourrions citer quelques-unes des communications dont l'objet ressort explicitement de ce rapport informatique et statistique. Ainsi en est-il de l'*Étude des effets d'un support didactique virtuel dans le processus d'enseignement/apprentissage de la statistique* (Elayne De Moura Braga, Jean-Claude Régnier), des *Différentes approches de l'enseignement du Data Mining pour des publics variés : statisticiens, informaticiens ou gestionnaires* (Grégoire De Lassence), de l'*Utilisation de simulations à des fins pédagogiques* (Jean Sagaut) ou encore de l'*E-learning pour la théorie des sondages* (M. Rueda).

La question des contextes dans lesquels se déroulent les activités de formation est aussi à considérer. Le contexte est un des déterminants de l'action pédagogique et didactique. Il nous semble d'ailleurs que cette notion de contexte mériterait d'être étudiée plus finement dans le cadre de la didactique de la statistique tout comme le suggère Jacques Miermont (1997) pour

J.-Cl. Régnier

ce qui concerne la communication et la cognition. Nous schématisons (Figure 4) ce que nous avons nommé les contextes possibles.

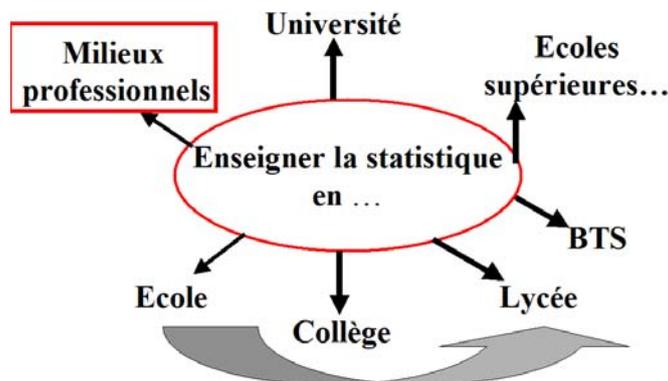


FIGURE 4 – Contextes de formation en statistique

Enfin, la réflexion requise par une centration sur le processus d’enseignement de la statistique ne peut éviter de se confronter au questionnement fondamental que nous présentons schématiquement dans la figure 5 :



FIGURE 5 – Questionnement fondamental sur l’enseignement de la statistique

Du point de vue axiologique, nous ne pouvons pas laisser de côté l’une des modalités à la question des fins de l’enseignement de la statistique orientées par la formation citoyenne en statistique que l’on peut identifier dans la communication : *Enseigner la statistique en lien avec la citoyenneté en classes de collège et lycée* (Françoise Delzongle).

Pour conclure ce chapitre, il nous semble pertinent de reformuler la question centrale de la problématique qui organise notre discours présent : tout ce questionnement pour une bonne part ancré sur des pratiques réfléchies, renvoie-t-il à des objets de recherche susceptibles d’être étudiés dans des cadres théoriques scientifiques épistémologiquement acceptables ou bien seulement à un art enrichi par l’accumulation des expériences issues des pratiques ordinaires, du bon sens et de la seule compétence en statistique du formateur ?

4 La didactique de la statistique : un cadre théorique d'intelligibilité

Pour préciser notre posture face à la question que nous avons reformulée précédemment et dont le titre de notre article visait à rendre compte synthétiquement, nous dirions qu'elle se définit comme le produit d'une tension dialectique entre les deux pôles « science » et « art » que l'énoncé tente d'explicitier. L'importance de la pratique enseignante est indéniable mais l'enrichissement viendra de la mise en œuvre de méthodes et de cadres théoriques d'analyse de cette pratique professionnelle saisie en situation dans des contextes à identifier. C'est d'ailleurs ce que visent les travaux du champ de la didactique professionnelle (Pastré, 2007 ; Pastré *et al.*, 2006). Mais nous pensons aussi qu'un cadre plus spécifique tel que celui des didactiques disciplinaires est un apport fondamental s'il ne se transforme pas en lieu de production d'énoncés dogmatiques et prescriptifs. C'est dans ce sens que nous choisissons la didactique de la statistique (Régner, 2000) que nous définissons succinctement comme un cadre théorique d'étude des processus de communication, de diffusion et d'acquisition, notamment en situation scolaire ou universitaire, qui ne peut être réduite à la connaissance et à la compétence statistiques. Ce cadre théorique prend en compte les éléments suivants dans une perspective systémique que nous schématisons ci-dessous. Pour aborder ce système didactique nous usons d'une représentation tétraédrique (Figure 6) issue de Régner (2006).

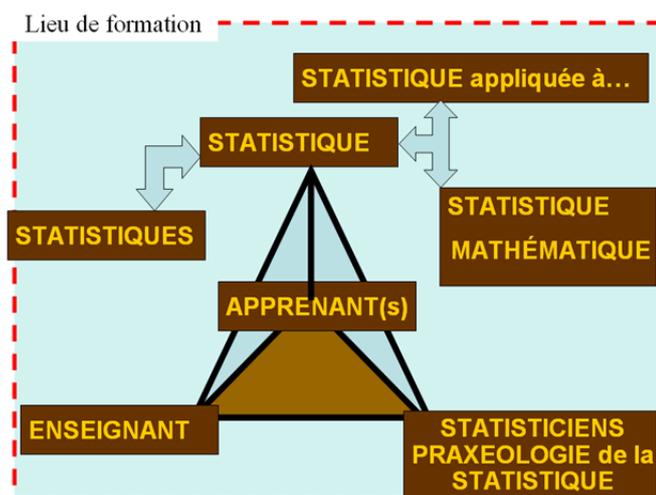


FIGURE 6 – *Tétraèdre didactique selon Régner (2006)*

A côté des trois pôles habituels du triangle didactique, concept de base de la didactique des mathématiques, à savoir les pôles Enseignant, Apprenant(s) et Statistique, nous en identifions un quatrième qui est celui des pratiques sociales professionnelles de référence. Dans notre schéma (Figure 6), nous désignons ce pôle par les statisticiens et la praxéologie de la statistique. Il représente l'intégration d'un milieu social, culturel et professionnel autre que celui des enseignants parmi les éléments à prendre en considération dans une théorie des situations didactiques de statistique. Le rôle de référence que joue ce milieu peut permettre d'identifier des obstacles macrodidactiques au sens de Brousseau (2004). Quant au pôle Savoir du modèle habituel du triangle didactique, c'est-à-dire Statistique, il est à analyser en tant que champ conceptuel au sens de Vergnaud (1991, 1994, 1996) intégrant les statistiques en tant qu'objets des traitements statistiques, au sens de données statistiques, et les champs de la statistique appliquée à ... et de la statistique mathématique dans des relations interactives et

J.-Cl. Régnier

même dialectiques. Il est aussi à aborder dans une perspective épistémologique bachelardienne (Bachelard, 1938, 1966, 1970).

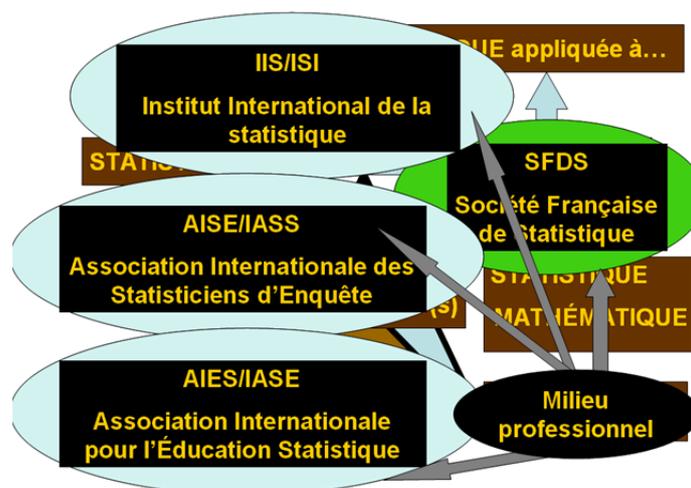


FIGURE 7 – *Milieu professionnel*

L'identité de ce milieu statistique (Figure 7) se manifeste à la fois dans des institutions universitaires et dans des organisations associatives au sein desquelles la science statistique se développe, ses paradigmes se débattent, les pratiques théorisées de la statistique et de son enseignement se confrontent, la formation en statistique y est organisée. Au niveau national, nous avons cité la SFdS, Société Française de Statistique. Au niveau international, l'IIS⁴, Institut International de la Statistique, et l'AIES, Association Internationale pour l'Éducation Statistique. Mais il y en a bien d'autres qui reflètent les courants et les domaines divers de la statistique. Ce milieu professionnel se manifeste aussi par le biais de congrès, de colloques nationaux ou internationaux, et des revues dont nous pouvons citer *Statistical Education Research Journal* (SERJ⁵) ou maintenant la *Revue Statistique et Enseignement*.

Dans son ouvrage dont nous avons fait une recension (Régnier, 2002a), Batanero (2001) tente d'explicitier ce cadre théorique, ses objets et ses méthodes. Son propos traite de diverses facettes de la statistique : science, instrument d'étude dans divers domaines, champ d'investigation didactique, autant pour la formation des jeunes que pour celle des professionnels, des chercheurs et des professeurs. Il vise à donner quelques réponses à la problématique suivante. Quand nous réfléchissons à la formation didactique qui serait requise par les statisticiens et les mathématiciens, qui ont une formation suffisamment solide et actualisée dans les méthodes et techniques de la statistique, il surgit la nécessité de formaliser ce que, dans le langage de la didactique, nous connaissons en terme de contenu didactique. Quelle est alors cette connaissance, une fois que l'on domine les techniques mathématiques ? Comment la synthétiser, la rendre utile et attrayante pour les futurs professeurs ? Quelles situations didactiques pouvons-nous mettre en œuvre pour l'enseignement du contenu didactique en restant cohérent avec la perspective socioconstructiviste de l'apprentissage ?

Il n'est pas de notre propos de développer plus avant les concepts et méthodes de la didactique de la statistique. Toutefois nous pourrions l'illustrer en rappelant quelques

⁴ Institut International de la Statistique : <http://www.cbs.nl/isi/devfundtxt.htm>

⁵ Statistical Education Research Journal : <http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications.php?show=serj>

communications réalisées à CFIES'2008 qui s'inscrivent, au moins pour partie, dans ce cadre théorique :

1. *Tableaux, diagrammes et graphiques : fil conducteur pour l'approche statistique dans les manuels scolaires de mathématiques en France pour le collège.* (Clovis Gomes Da Silva Junior)
2. *Décalage didactique dans un cours de statistique descriptive en première année à l'université* (Valérie Henry)
3. *L'introduction d'un enseignement de la statistique au cycle III de l'école élémentaire en France. Étude des manuels de mathématiques* (Bernard Coutanson, Jean-Claude Régnier)
4. *Que peut apporter la théorie des représentations sociales à la compréhension de l'enseignement de la statistique ?* (Alain Bihan-Poudec, 2012)
5. *Statistique inductive : compréhension des concepts, procédures et raisonnements activés dans la comparaison d'une moyenne à une norme* (Noëlle Zandrera)

Pour conclure ce chapitre, nous pourrions rappeler que nous considérons l'une ou l'autre des deux perspectives, nommées très schématiquement « science » et « art ». Il demeure les deux questions récurrentes : celle de la capitalisation des connaissances produites par la recherche scientifique ou par l'expérience ordinaire, et celle de la formation du formateur. Et pour nous replacer dans la perspective historique dans laquelle nous avons abordé la question de la formation en statistique, nous nous interrogeons sur ce qui a été capitalisé entre 1962 et 2012 dans le domaine du « savoir enseigner la statistique », en dépit de tous les travaux menés au sein de la Société Française de Statistique (SFdS), des Instituts de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques (I.R.E.M.), de l'Association des Professeurs de Mathématiques (A.P.M.E.P.) et, au niveau international, au sein du réseau que constitue l'IASE/AIES⁶ (1982, 1987). Cela mériterait un travail complémentaire méticuleux pour réaliser un état de l'art comme il est d'usage de dire.

5 Retour sur quelques objets d'étude de la didactique de la statistique : erreurs, difficultés, obstacles dans l'apprentissage de la statistique

En nous situant dans la posture explicitée dans les chapitres précédents, nous souhaiterions aborder, de manière limitée, quelques faits d'observation que le cadre de la didactique de la statistique peut aider à comprendre. Pour illustrer notre intention, nous nous reportons à la communication à CFIES'2008 de Jeanne Fine sur la *Formation des professeurs de mathématiques du secondaire au mode de pensée statistique*, qui a ensuite donné lieu à la publication de l'article (Fine, 2010) *Probabilités et statistique inférentielle : approche sondage versus approche modèle*. Elle rapporte les résultats d'une étude méthodique pour mieux comprendre l'impact des nouveaux programmes de mathématiques des collèges et lycées en France qui donnent une place de plus en plus importante à la statistique et aux probabilités. Au moyen d'une enquête par questionnaire auprès d'un groupe d'étudiants inscrits en préparation au CAPES – Certificat d'Aptitude au Professorat de l'Enseignement

⁶ Association Internationale pour l'Éducation Statistique : <http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/>

J.-Cl. Régnier

Secondaire – de mathématiques à l'IUFM Midi-Pyrénées – Institut Universitaire de Formation des Maîtres – elle a pu, à partir de données de terrain, mettre en évidence qu'une grande majorité des étudiants a été déconcertée par les questions posées touchant aux domaines de la statistique et des probabilités, pourtant abordés en licence de mathématiques, et même que le mode de pensée statistique n'est pas du tout acquis. De là, elle tente d'en analyser les causes et d'énoncer des propositions pour une formation des enseignants de mathématiques au mode de pensée statistique. C'est cette façon de voir que nous situons plutôt du côté de ce que nous dénommons « didactique scientifique » que de celui nommé « art pédagogique ».

Les difficultés dans l'apprentissage et les obstacles à l'apprentissage de la statistique sont des objets centraux d'intérêt pour la pratique enseignante. Les erreurs produites par un sujet qui apprend, parfois désigné par apprenant, qui peut être un enfant, un jeune ou un adulte, qui peut se trouver dans un contexte scolaire, universitaire, professionnel ou autre, et être ou non accompagné par un enseignant ou un formateur, sont à considérer, la plupart du temps, comme l'expression d'une manière de connaître et lire le monde, et donc elles constituent des traces précieuses observables, certes très superficielles, sur la façon dont ce sujet résout, avec ses connaissances du moment, les problèmes auxquels il est confronté. Ce point de vue épistémologique est inspiré de celui développé par Gaston Bachelard (1938, 1966, 1970). La conception de l'apprentissage sur laquelle nous nous appuyons est celle qui le considère comme un processus adaptatif inspiré du modèle constructiviste piagétien et socioconstructiviste vygostkien (Vygotski, 1985). Le moteur dominant de ce processus est la résolution des problèmes face auxquels le sujet se trouve placé soit dans des situations de la vie courante, soit dans des situations artificiellement construites à des fins de faire apprendre. Dans cette conception et en situation d'enseignement et d'apprentissage, l'erreur prend un statut différent de celui qu'elle a habituellement dans d'autres contextes professionnels ou sociaux ou encore dans une conception béhavioriste de l'apprentissage. Le sens que nous donnons à l'erreur s'appuie sur les caractéristiques suivantes :

1. Elles ne sont pas des erreurs pour celui qui les commet.
2. Elles sont constitutives du sens de la connaissance acquise par un sujet.
3. Elles sont un état des connaissances d'un sujet à un moment donné de son développement.
4. Reproductibilité : elles sont reproductibles chez l'élève.
5. Persistance : elles ont une certaine persistance.
6. Systémique : elles ne sont pas isolées, sont en relation avec d'autres.

Il pourrait être aussi intéressant d'envisager les erreurs dues à une absence de connaissance évidente (erreur de manipulation lors de l'utilisation d'un nouvel appareil), à un dysfonctionnement d'une tâche routinière (erreur de calcul erratique) ou encore à l'esprit fatigué selon l'expression de Bachelard.

Si nous cherchons à examiner le statut et le rôle de l'erreur assignés par l'enseignant dans les processus d'enseignement et d'apprentissage, nous pouvons aisément comprendre qu'ils dépendent de conceptions explicites ou implicites, conscientes ou non que l'enseignant a vis à vis de ces processus. Ainsi, dans une conception dite transmissive selon laquelle l'élève est supposé totalement ignorant de l'objet d'apprentissage tandis que le maître sait, et selon laquelle le rôle de l'enseignant consiste à déverser le savoir dans une « tête vide », l'erreur est de l'entière responsabilité de l'élève. En effet, c'est qu'il n'a pas appris ses leçons, n'a pas su profiter du savoir du maître, n'a pas écouté en classe, n'a pas fait ses devoirs. Cette erreur doit être évitée à tout prix et est synonyme de faute. Ainsi, pour y remédier, l'élève doit travailler

davantage, voire sous la contrainte de la coercition. Dans une conception dite béhavioriste, selon laquelle on ne peut avoir accès aux structures mentales du sujet mais pour laquelle on peut faire acquérir au sujet un savoir en lui aménageant un certain nombre d'étapes bien choisies et graduées, l'erreur n'est pas prévue ni envisagée. Si, par malheur, elle apparaît, elle est du ressort de l'enseignant. Ce dernier a proposé aux élèves une tâche trop complexe, il aurait dû la découper en plusieurs sous-tâches. Le traitement de l'erreur se situe en amont du côté du professeur. Enfin, dans des conceptions constructiviste ou socioconstructiviste du développement cognitif, l'erreur a une place centrale puisqu'elle exprime un état du savoir du sujet, un niveau de conceptualisation et de développement cognitif. Dans ce cadre, on ne peut dissocier l'erreur du processus de l'apprentissage. Une des tâches de l'enseignant est alors de :

1. procéder à l'identification des erreurs produites par l'apprenant en lien avec la situation dans laquelle elles se manifestent ;
2. procéder à leur analyse ;
3. tenter de les comprendre ;
4. mettre en œuvre des situations didactiques visant à les traiter sur la base de remédiation.

Dans cette perspective, Astolfi (1997) donne même à l'erreur un statut d'outil pour enseigner les sciences.

Si nous revenons à la notion d'obstacle à l'apprentissage, il convient d'explicitier au moins la nature ou l'origine de l'obstacle afin de la rendre opératoire. Dans la littérature, nous rencontrons les notions d'obstacle épistémologique et d'obstacle pédagogique chez Gaston Bachelard (1938, 1966, 1970), celle d'obstacle didactique dans le contexte de la didactique des mathématiques (Brousseau 1998), mais il convient aussi d'explorer les obstacles d'origine culturelle, d'origine sociale, d'origine psychogénétique ou encore d'origine affective. L'identification des difficultés et des obstacles à l'apprentissage est un défi important pour améliorer l'efficacité du processus d'enseignement. Dans cette perspective, Seydou Loua (2008) a conduit, sous notre direction en Master en sciences de l'éducation, un travail de recherche pour tenter de mettre en œuvre la notion d'obstacle de la théorie épistémologique bachelardienne dans le contexte de la statistique. Partant de données que nous avons construites par le passé à partir d'enquêtes par questionnaire au sein de nos groupes d'étudiants de licence⁷ (L3) et de Master⁸ (M1), il a cherché à analyser les difficultés d'apprentissage de la statistique à la lumière de la théorie bachelardienne des obstacles. Il conclut que l'analyse des réponses des étudiants aux différentes situations problèmes a déjà permis de retrouver certains obstacles que Gaston Bachelard avait mis en avant dans le domaine de la physique, de la chimie et de la biologie, tel que l'obstacle réaliste, l'obstacle quantitatif et celui des représentations premières.

Nous attendons du cadre théorique de la didactique de la statistique, des notions, des concepts, des méthodes de recherche pertinentes et efficaces pour nous aider à comprendre ces erreurs, difficultés et obstacles, et à réinvestir ces connaissances ainsi produites dans une tentative d'amélioration de l'enseignement en fournissant des médiations pertinentes au sujet qui apprend. Il est clair que l'expérience professionnelle permet à l'enseignant, au fil des

⁷ Il s'agissait d'étudiants de 3^e année universitaire préparant une licence en sciences humaines et sociales (sciences de l'éducation).

⁸ Il s'agissait d'étudiants de 4^e année universitaire préparant un Master en sciences humaines et sociales (sciences de l'éducation). M1 est la 1^{re} année de Master correspondant au niveau du diplôme de maîtrise.

J.-Cl. Régnier

années, de se constituer un répertoire d'erreurs produites, des difficultés manifestées ou des obstacles rencontrés par ses élèves ou étudiants. Par cette observation spontanée, l'enseignant construit, de manière plus ou moins explicite, des données qui vont intervenir dans la conceptualisation sous-jacente à son action enseignante qui ressemble alors à un art pédagogique. C'est sur une base de connaissances-en-acte que l'enseignant régule sa pratique enseignante. À cet égard la théorie des champs conceptuels développée par Gérard Vergnaud (1991, 1994, 1996) apporte à la didactique de la statistique des outils pertinents pour comprendre ce processus de conceptualisation et son rapport à l'action. Revenant au cas des objets qui nous intéressent, l'enseignant va déployer un système explicatif concernant par exemple les erreurs. Le risque majeur tient dans le fait que ses interprétations sont hautement soumises à ses propres représentations qui, en l'absence de lieu et de moment de concertation avec des pairs, ne seront pas confrontées, ou encore seront soumises aux représentations sociales et même aux stéréotypes. Parmi les interprétations les plus connues, nous trouvons : les élèves n'ont pas travaillé, étudié leurs leçons, écouté en classe, ou ils ne sont pas motivés, intéressés, ou bien le niveau scolaire exigé pour accéder a baissé, ou encore les enseignants des classes antérieures n'ont pas fait leur travail, etc. De ces interprétations découlent des remédiations dont l'efficacité est elle-même évaluée à partir de son répertoire d'expériences. Les uns considèrent qu'il faut punir, les autres, écouter, les autres encore laisser tomber, etc. Nous n'irons pas plus avant sur cette question des pratiques professionnelles enseignantes que nous rattachons dans notre modèle simplifié plutôt au pôle « art ». La limitation que nous percevons dans la restriction à la perspective « art pédagogique » est la difficulté rencontrée par le praticien à la prise de conscience par lui-même de ce qui se passe dans le contexte de sa pratique enseignante et le sens que peuvent prendre les erreurs, difficultés et obstacles dans le contexte de sa classe.

L'apport majeur d'une approche instrumentée par les outils du cadre de la didactique de la statistique réside essentiellement dans l'aide à la prise de distance et à la prise de conscience de ce qui peut se passer dans les situations d'enseignement et d'apprentissage pour aider à identifier, caractériser et interpréter les faits et les phénomènes didactiques et pédagogiques en allant au delà des apparences, des émotions et du ressenti, mais aussi de préjugés au sens bachelardien et des représentations stéréotypiques.

6 Conclusion

Par cet article, nous nous sommes fixé le but de retravailler à la problématisation de la question de la formation en statistique quand elle se fonde sur un enseignement. Une des questions fondamentales qui nous préoccupe, car elle est orientatrice et organisatrice des travaux de recherche que nous menons en sciences de l'éducation, est : l'enseignement et l'apprentissage de la statistique peuvent-ils être objets de recherches scientifiques dont les apports pourraient bénéficier aux pratiques ordinaires en salle de classe ? Le titre de ce présent article visait donc à communiquer cette interrogation sous une forme un peu polémique en plaçant cette question dans une tension dialectique entre deux termes désignés schématiquement par « art » et « science ». Art pédagogique dans la mesure où, dans le contexte culturel français, la pédagogie suggère un art d'enseigner tandis que la didactique, au sens de la *didactique des mathématiques à la française*, renvoie plus à une science pour enseigner, ce qui explique le choix de didactique scientifique. Nous avons dans divers écrits tenté d'explicitier le rapport entre pédagogie et didactique (Régnier, 2000, p. 105) qui demeure complexe et sensible à l'idéologie. Nous avons cherché à montrer ici la complémentarité de

ces deux perspectives et l'intérêt de les considérer dans cette relation dialectique. Nous avons alors mis en œuvre ce point de vue en prenant appui sur les apports de quelques contributions au 1^{er} Colloque Francophone International sur l'Enseignement de la Statistique (CFIES'2008) portant sur la question de la formation en statistique, pour démontrer l'intérêt des apports d'une approche systématisée des faits et phénomènes d'enseignement pour en mieux comprendre les processus en jeu et si possible en améliorer l'efficacité.

Références

- [1] Académie des Sciences (2000), *La statistique*, Rapport sur la science et la technologie n°8, Éditions TEC&DOC, Paris.
- [2] Armatte, M. (2010), Le rôle de l'histoire dans l'enseignement de la statistique, *Statistique et Enseignement*, **1**(2), 37-47, <http://www.statistique-et-enseignement.fr/>.
- [3] Astolfi, J.-P. (1997), *L'erreur, un outil pour enseigner*, ESF éditeur, Paris.
- [4] Bachelard, G. (1938), *La formation de l'esprit scientifique, contribution à une psychanalyse de la connaissance objective* (1^{re} éd.), Librairie philosophique, Paris.
- [5] Bachelard, G. (1966), *Le nouvel esprit scientifique* (1^{re} éd. : 1934), PUF, Paris.
- [6] Bachelard, G. (1970), *La philosophie du non* (1^{re} éd. : 1940), PUF, Paris.
- [7] Barbut, M. et F. Latreille (1962), Le colloque sur l'enseignement des mathématiques et de la statistique pour les sciences humaines, *Mathématiques et Sciences humaines*, Tome 1, 11-28, http://numdam.org/item?id=MSH_1962_1_11_0.
- [8] Batanero, C. (2001), *Didáctica de la Estadística*, GIEE Universidad de Granada, ISBN 84-699-4295-6, <http://www.ugr.es/batanero/libros%20y%20tesis%20doctorales.htm>.
- [9] Bihan-Poudec, A. (2012), Statistique ou statistiques? Que peut apporter la théorie des représentations sociales à la compréhension de l'enseignement de la statistique?, *Statistique et Enseignement*, **3**(1), 37-57, <http://www.statistique-et-enseignement.fr/>.
- [10] Brousseau, G. (1998), *Théorie des situations didactiques*, La Pensée Sauvage, Grenoble.
- [11] Brousseau, G. (2004), *Situations fondamentales et processus génétiques de la statistique*, XII École d'été de didactique des mathématiques.
- [12] CFIES'2008 – Programme : <http://iutcerral.univ-lyon2.fr/EnsStat08/program.htm>.
- [13] CFIES'2008 – Thèmes : <http://iutcerral.univ-lyon2.fr/EnsStat08/areas.htm>.
- [14] CFIES'2008 – Site du colloque : <http://iutcerral.univ-lyon2.fr/EnsStat08/>.
- [15] Chevallard, Y. (1985, 1991), *La transposition didactique – Du savoir savant au savoir enseigné*, La Pensée Sauvage, Grenoble.
- [16] Cheysson, E. (1890), Rapport sur l'enseignement de la statistique, *Bulletin du Conseil supérieur de la statistique*, 4.
- [17] Desrosières, A. (2010), Un enseignement sur l'histoire de la statistique et de l'économétrie pour les élèves de l'ENSAE, *Statistique et Enseignement*, **1**(1), 21-33, <http://www.statistique-et-enseignement.fr/>.

J.-Cl. Régnier

- [18] Dreesbeke, J.-J. (2005), Les racines de la Société Française de Statistique, *Journal de la SFdS*, **146**(4), 5-22, http://smf4.emath.fr/Publications/JSFds/146_4/pdf/sfds_jsfds_146_4_5-22.pdf.
- [19] Fine, J. (2010), Probabilités et statistique inférentielle : approche sondage versus approche modèle, *Statistique et Enseignement*, **1**(2), 5-21, <http://www.statistique-et-enseignement.fr/>.
- [20] Glaymann, M. et T. Varga (1973), *Les probabilités à l'école*, CEDIC, Paris.
- [21] IASE – Association Internationale pour l'Education Statistique (1982), *Teaching Statistics in Schools throughout the World* (The report from the ISI Taskforce on Teaching Statistics at School Level provides a review of the nature of statistical education at the time in 16 developed and developing countries): <http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications.php?show=teach1982>.
- [22] IASE – Association Internationale pour l'Education Statistique (1987), *The Training of Statisticians Round the World* (The report of the ISI Task Force on Technical and Tertiary Education in Statistics. An effort was made to include chapters on all major regions in the world and to describe how training of statisticians is arranged in each of the countries included in the report): <http://www.stat.auckland.ac.nz/~iase/publications.php?show=train1987>.
- [23] Loua, S. (2008), *L'Analyse des difficultés d'apprentissage de la statistique à la lumière de la théorie bachelardienne des obstacles*, Mémoire de Master Recherche en Sciences de l'éducation, Université de Lyon-Lyon2 (Dir. : J.-C. Régnier).
- [24] Miermont, J. (1997), Contextes. In Blanchet, A. & Coll. *Recherches sur le langage en psychologie clinique*, 130-171, Dunod, Paris.
- [25] Morisson, C. (1987), L'enseignement des statistiques en France du milieu du XIXème siècle à 1960. In Affichard, J. (Ed.), *Pour une histoire de la statistique : Tome 1 Contributions, Tome 2 Matériaux*, Economica-INSEE, Paris.
- [26] Oriol, J.-C. (2007), *Formation à la statistique par la pratique d'enquêtes par questionnaires et la simulation : étude didactique d'une expérience d'enseignement dans un département d'IUT*, Thèse de Doctorat, Université de Lyon-Lyon 2 (Dir. : J.-C. Régnier).
- [27] Oriol, J.-C. (2002), Réaliser une enquête par questionnaires : un outil didactique pour la statistique inférentielle à l'Université. In *3ème Rencontre Europe-Amérique-Latine sur la formation technologique et professionnelle*, La Havane, Cuba.
- [28] Oriol, J.-C. et J.-C. Régnier (2003a), Fonctionnement didactique de la simulation en statistique. Exemple de l'enseignement du concept d'intervalle de confiance, *Actes des 35^{èmes} Journées de Statistique de la SFdS*, 743-750.
- [29] Oriol, J.-C. et J.-C. Régnier (2003b), Fonctionnement didactique de la simulation en statistique dans l'enseignement du concept de corrélation, *Espace Mathématique Francophone 2003*, Tozeur, Tunisie.
- [30] Oriol, J.-C. et J.-C. Régnier (2004), Loi de Benford et Pratique d'enquêtes par questionnaires : un exemple de situations didactiques en statistique, *Actes des 35^{èmes} Journées de Statistique de la SFdS*.

- [31] Pastré, P., P. Mayen et G. Vergnaud (2006), La didactique professionnelle : note de synthèse, *Revue Française de Pédagogie*, 154, 19-30.
- [32] Pastré, P. (2007), Quelques réflexions sur l'organisation de l'activité enseignante, *Recherche et Formation*, 56, 81-93.
- [33] Régnier, J.-C. (2000), *Auto-évaluation et autocorrection dans l'enseignement des mathématiques et de la statistique : entre praxéologie et épistémologie scolaire*, Note de synthèse, HDR Université Marc Bloch – Strasbourg : http://theses.univ-lyon2.fr/documents/lyon2/2000/regnier_jc.
- [34] Régnier, J.-C. (2002a), Didáctica de la Estadística de Carmen Batanero, ISBN 84-699-4295-6, *Journal de la Société Française de Statistique*, 113-114.
- [35] Régnier, J.-C. (2002b), A propos de la formation en statistique. Approches praxéologiques et épistémologiques de questions du champ de la didactique de la statistique, *Questions éducatives. L'école et ses marges*, CRE Université de Saint-Étienne (France), n° 22-23, 157-201.
- [36] Régnier, J.-C. (2006), Formation de l'esprit statistique et raisonnement statistique. Que peut-on attendre de la didactique de la statistique ? In Castela, C. et C. Houdement (Dir.), *Actes du séminaire national de Didactique des Mathématiques*, Année 2005, Editeurs : ARDM & IREM de Paris, 7, 13-37.
- [37] Régnier, J.-C. (2008), Connaissances mathématiques et compétences statistiques : quelques obstacles à l'apprentissage de la statistique chez les non-spécialistes, *Actes des 40^{èmes} Journées de Statistique de la SFdS – 36^{ème} Congrès de la Société Statistique du Canada*, Ottawa, Canada.
- [38] Vergnaud, G. (1991), Théorie des champs conceptuels, *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 10(2-3), 133-169.
- [39] Vergnaud, G. (1994), Le rôle de l'enseignant à la lumière des concepts de schème et de champ conceptuel. In Artigue, M., R. Gras, C. Laborde et P. Tavinot (Eds), *Vingt ans de didactique des mathématiques*, 177-191, La pensée Sauvage, Grenoble.
- [40] Vergnaud, G. (1996), Au fond de l'action, la conceptualisation. In Barbier, J.-M. (coord.), *Savoirs théoriques et savoirs d'action*, PUF, Paris.
- [41] Vygotski, L. S. (1985), *Langage et Pensée*, Messidor, Terrains/Éditions Sociales, Paris (Traduction intégrale des textes russes par Françoise Sève, suivie d'un commentaire sur les remarques critiques de Vygotski par Jean Piaget).