

INTRODUCTION

Cet ouvrage s'inscrit dans le prolongement d'une thèse (Orange Ravachol, 2003a) et d'un mémoire d'habilitation à diriger des recherches (Orange Ravachol, 2010a) en sciences de l'éducation et plus précisément en didactique des sciences de la vie et de la Terre. La première est consacrée aux façons qu'ont les lycéens d'utiliser le temps dans les explications qu'ils proposent pour quelques problèmes des sciences de la Terre. Le second se focalise sur les problématisations fonctionnaliste et historique dans la construction de savoirs et dans les apprentissages en sciences de la Terre et de la vie, en portant une attention particulière au couple problématique phénomène/événement. Ces deux recherches s'enracinent dans un questionnement de longue date sur le fonctionnement des collégiens et des lycéens en classe de sciences de la vie et de la Terre (SVT). Pourquoi des décalages récurrents entre l'importance du travail fourni par les élèves, leur investissement dans les activités et les discussions, et l'évaluation qui leur revient par le biais de modestes notes? Comment est-il possible qu'une telle implication intellectuelle se solde par autant de dérapages lorsqu'il s'agit de restituer ou de réinvestir son savoir? À quoi renvoyer tous ces fourvoiements dans des exercices à première vue peu différents de ceux qui ont été travaillés en cours? Au-delà des modes d'enseignement, que nous pourrions aussi mettre à l'étude, ce sont les caractéristiques des problèmes et des savoirs construits en classe de géologie et de biologie que nous voulons interroger. Faut-il qu'ils soient ambigus pour que, en équipe de professeurs de SVT, nous ayons de si longues discussions pour interpréter des consignes d'exercices de manuels et d'épreuves de baccalauréat ou pour fixer le barème de devoirs communs! Dans cet ouvrage, nous portons une attention particulière aux types de problèmes et aux savoirs en jeu en classe de SVT de collège et de lycée dans le but de mieux comprendre les résistances à l'apprentissage des élèves. Nous nous y engageons avec le souci de nous appuyer sur de fortes assises théoriques :

- le cadre théorique de la problématisation développé par Fabre et Orange (1997) et leur équipe du CREN (Centre de recherche en éducation de Nantes) à laquelle nous appartenons. Ce cadre nous permet de penser les problèmes des sciences de la vie et de la Terre dans une dynamique d'extraction de la pensée commune et de construction de savoirs scientifiques apodictiques, c'est-à-dire ne se limitant pas aux solutions des problèmes mais comportant aussi leurs conditions de possibilité;
- un étayage épistémologique consistant. Michel Fabre, Christian Ridao et Christian Orange, à qui nous devons notre entrée en didactique, mais aussi

Guy Rumelhard, insistent depuis longtemps sur un tel ancrage. « Faire de l'épistémologie, c'est faire une critique des principes, des méthodes et des conclusions de la science et des scientifiques », nous rappelaient déjà Fabre et Ridao en 1987, lorsqu'il s'agissait de préparer un stage de formation continue de professeurs de SVT. Il va sans dire que de tels approfondissements peuvent aider à expliquer les résistances des élèves à l'apprentissage.

Astolfi (1993) a défini trois paradigmes pour les recherches en didactique des sciences : les recherches de faisabilité, les recherches de signification et les recherches de régularités. Nos travaux correspondent à des recherches de signification. Ils analysent des séquences didactiques de sciences de la vie et de la Terre pour en déterminer la cohérence et le sens qu'elles prennent tant pour le professeur que pour l'élève. Ce sont des recherches interprétatives. « Ce qui caractérise peut-être les recherches interprétatives c'est qu'elles ne disposent que de la seule émergence possible d'un sens à construire, comme résultat prévisible de recherche », écrit J.-P. Astolfi (*ibid.*, p. 11) et il poursuit en précisant qu'elles « cherchent à rendre compte de la complexité de situations didactiques singulières ». Pour conduire avec rigueur ces recherches, il est alors nécessaire de se doter de moyens de les surveiller. Dans nos travaux, nous retenons deux types de vigilance :

- si nous avons intérêt à référer le fonctionnement de la classe au fonctionnement de la communauté scientifique, nous ne pouvons pas adhérer à un exact parallélisme, du fait notamment des différences de temporalité où ils s'exercent. La connaissance du premier peut cependant aider à comprendre le second, en donnant à voir des aspects qui ne seraient pas forcément pris en compte dans les situations scolaires. Ainsi en est-il des caractéristiques des savoirs qui se construisent et des textes qui les supportent. Ces savoirs gagnent en généralité (ils dépassent le ou les cas ayant servi à les élaborer), en universalité (ils prennent du sens au-delà de la communauté qui les a construits) et en apodicticité (c'est-à-dire qu'ils ne se limitent pas aux solutions du problème mais intègrent également ce qui fait que ce sont ces solutions et pas d'autres qui sont retenues) ;
- pour engager des recherches de signification, autrement dit pour interpréter ce qui se joue dans la classe, qu'il s'agisse du fonctionnement des élèves, de celui de l'enseignant ou des interactions entre élève(s) et enseignant, il faut être outillé. C'est vers des appuis épistémologiques et didactiques que nous nous sommes tournée, non sans difficulté, parce que nous nous confrontons d'une part à la rareté des travaux en didactique des sciences de la Terre et d'autre part au fait que l'existant, tant en didactique des sciences de la Terre qu'en didactique des sciences de la vie, concerne avant tout le fonctionnement des élèves et/ou du maître dans le cadre de problèmes fonctionnalistes. Il nous a donc fallu construire des repères pour interpréter ce qui se joue dans la classe lorsqu'elle s'empare de problèmes historiques. Dans cet ouvrage, nous reviendrons sur les types de problèmes pris en charge par les SVT, problèmes fonctionnalistes et problèmes historiques, nous questionnerons non seulement leurs caractéristiques et leurs articulations mais aussi leur parenté avec les problèmes travaillés dans le champ disciplinaire de l'histoire.

Nos recherches en didactique des sciences de la Terre et de la vie font donc de ces assises épistémologique et didactique un cadre fortement structurant et heuristique. Ainsi, par exemple, comme les sciences de la Terre existent dans une tension entre un pôle fonctionnaliste et un pôle historique, il paraît fécond d'étudier les problématisations des chercheurs et des élèves lorsqu'ils prennent en charge des problèmes fonctionnalistes et des problèmes historiques. Les problèmes fonctionnalistes concernent le fonctionnement actuel du système Terre : l'explication de la répartition des volcans et des séismes actuels, du volcanisme des zones de subduction (Andes, Japon, Antilles), du fonctionnement d'une dorsale océanique, etc. Les problèmes historiques visent une reconstitution du passé de la planète. Le problème de la formation d'une chaîne de montagnes, l'explication de l'origine de la vie sur Terre sont des problèmes historiques. Ces deux types de problèmes sont représentés dans les programmes de collège et de lycée. Dans cet ouvrage, nous montrerons que la problématisation en sciences de la Terre n'est pas chose aisée, d'abord parce que les problèmes géologiques mettent en jeu des systèmes naturels complexes (le système Terre, le système océan, la biosphère, etc.), ensuite parce que ces problèmes ne sont jamais véritablement purs (le fonctionnement actuel de la Terre est étroitement lié à son histoire), enfin parce que l'histoire de la Terre, unique car révolue, transporte dans une profondeur du temps qui va bien au-delà de la présence humaine. Les géologues se heurtent donc tout à la fois au problème du repérage et de l'interprétation des traces du passé et à une diversité de reconstitutions possibles qu'il s'agit de mettre sous surveillance. À nous intéresser aux problématisations des scientifiques contemporains, par le biais notamment d'entretiens (Brack, Chopin, Le Pichon, Michard), nous reconstituons les espaces de contraintes qu'ils mettent en jeu, nous questionnons les fonctions explicatives du temps qu'ils mobilisent, nous construisons des repères pour mettre en place des situations de classe ou interpréter les propositions explicatives des élèves. Nous avons une attention toute particulière au principe méthodologique de l'actualisme, véritable garde-fou contre des reconstitutions par trop fantaisistes. C'est un postulat d'une utilisation exigeante parce qu'il confère une complexité certaine au présent, comme produit de l'histoire (le présent porte des traces du passé qu'il s'agit d'identifier et d'expliquer) et comme vivier de modélisation du passé de la Terre expliquant ces traces (le présent est le siège de processus en action). Il ouvre de plus sur des tensions : en effet, en exportant des processus actuels dans le passé, il contre la possibilité d'une histoire directionnaliste et événementielle ; mais, parce que la nature actuelle ne peut contenir tous les processus, il permet de construire des nécessités de l'histoire (nécessités du temps long producteur de phénomènes, nécessité d'événements historiques). Paradoxalement, le principe de l'actualisme d'une part sert l'évacuation d'un catastrophisme naïf et d'un événementiel *ad hoc*, d'autre part conduit à les retrouver dans une forme élaborée lorsqu'il atteint ses limites.

Nous assistons à l'époque actuelle à des recompositions des disciplines biologiques et géologiques de recherche et d'enseignement. Leurs problèmes se transforment : considération de plus en plus affirmée du devenir de leurs objets d'étude (évolution de la planète, conditions de survie de l'espèce humaine, etc.) ; reprise de vigueur de certaines controverses (sciences et créationnisme, *intelligent design* et évolution, etc.) ; mises en question de caractéristiques disciplinaires (pluridisciplinarité et développement durable, rapprochements entre sciences et histoire, etc.). De grands scientifiques vont d'ailleurs jusqu'à

proposer de modifier certains termes ramenant pourtant au cœur des préoccupations disciplinaires. Ainsi en est-il de celui d'évolution (évolution des êtres vivants) qu'il s'agirait d'abandonner « au profit de celui d'«histoire» » (Morange, 2011, p. 174). Ou encore ils proposent de rapprocher la biologie de l'histoire de façon à profiter des leçons des historiens (*ibid.*, p. 178). Faut-il y voir de simples reconfigurations de champs disciplinaires et de leurs frontières ? Il semble que ces inflexions sont plus profondes :

- nous y voyons l'occasion de raviver des réflexions tenues depuis le XIX^e siècle à propos des sciences de la nature. Whewell (1794-1866) mettait déjà en garde lorsqu'il parlait de sciences palétiologiques pour mieux prendre en compte le versant historique des sciences de la nature (la géologie notamment) :

« *The phrase Natural History has so accustomed us to a use of the word history in which we have nothing to do with time, that, if we were to employ the word historical to describe the palaetiological sciences, it would be in constant danger of being misunderstood.* » (Whewell, 1857, p. 532.)

D'autres scientifiques, épistémologues et historiens des sciences de renom ont depuis pris le relais pour contrer l'assujettissement de ces sciences aux seules lois invariantes de la nature (Gould, 1989-1991 ; mais aussi Hooykaas, 1963-1970 ; Mayr, 1982-1989 ; Gohau, 1987) ;

- nous voyons aussi dans ces recompositions disciplinaires une ouverture sur le fonctionnement et les mutations récentes d'autres disciplines en charge de problèmes historiques. Car si des bouleversements s'accomplissent au sein des sciences de la nature, d'autres s'affirment en histoire et en sociologie. Pensons à la question de l'événement, dont le retour est pointé dans les travaux de Nora (1974) et ceux de Dosse (2010), ou encore à celle des bifurcations dont se préoccupent les sciences sociales (Bessin *et al.*, 2010).

Enfin il faut faire mention de la place grandissante que prennent le *storytelling* et le catastrophisme dans les sphères publiques et privées de ce début de XXI^e siècle. Les médias s'en gargarisent, les politiques et les communicants de tout poil y trouvent un moyen efficace d'enrôler et de contrôler les esprits. Un ouvrage récent de Salmon (2007), *Storytelling. La machine à fabriquer des histoires et à formater les esprits*, en décortique les rouages. Il associe l'essor de cette « machine » à « la banalisation du concept même de récit et de la confusion entretenue entre un véritable récit (*narrative*) et un simple échange d'anecdotes (*stories*), un témoignage et un récit de fiction, une narration spontanée (orale ou écrite) et un rapport d'activité » (*ibid.*, p. 13). C'est une des raisons qui nous conduisent à étudier les liens qu'entretiennent les sciences de la nature et les récits, leurs phénomènes et leurs événements, et le catastrophisme, où il est aussi question d'événements, parce que tous interviennent dans la construction de savoirs savants, s'expriment dans la pensée commune et peuvent faire obstacle à l'appropriation de savoirs scientifiques (Orange Ravachol et Doussot, 2012).

C'est donc dans le cadre théorique de la problématisation, en privilégiant une entrée par le couple problématique phénomène/événement et en nous focalisant sur quelques

problèmes représentatifs des sciences de la Terre que nous allons étudier le fonctionnement des collégiens et des lycéens. Dans le premier chapitre de cet ouvrage, nous présentons ce cadre épistémologique et didactique, les problèmes scientifiques que nous retenons et le corpus de données sur lequel porteront nos analyses.

Dans le deuxième chapitre, nous montrons en quoi et de quelle manière le choix que nous avons fait de placer les sciences de la Terre dans une tension entre un pôle fonctionnaliste et un pôle historique renouvelle et consolide l'approche de la prise en compte du temps dans les explications géologiques. Nous articulons des approfondissements épistémologiques à des investigations didactiques et faisons émerger des problèmes didactiques de première importance et encore très peu mis en valeur dans les instructions officielles (collège, lycée).

Dans le troisième chapitre de cet ouvrage, nous nous focalisons sur les fonctions et les limites du principe méthodologique de l'actualisme. Nous poursuivons des recherches déjà bien entamées dans nos précédents travaux¹, en ouvrant sur des controverses et des discussions que ce principe a de nouveau suscitées au xx^e siècle, et qu'il provoque encore chez les scientifiques, et en montrant combien une exploration plus poussée de ses limites est féconde en termes de construction de phénomène et d'événement. Ces approfondissements servent l'étude des rapports qu'entretiennent les élèves avec ce principe. Nos investigations progressent parce qu'elles se tournent vers le pourquoi du cantonnement des élèves dans un usage élémentaire du principe de l'actualisme.

Le quatrième chapitre de cet ouvrage nous permet d'entrer dans la complexité de l'événement géologique et de comprendre en quoi il se distingue d'un phénomène géologique. D'un point de vue épistémologique et d'un point de vue didactique, nous approfondissons et questionnons la construction rétrospective des événements géologiques. Nous mettons en discussion la qualification des problèmes géologiques et les mises en histoires des élèves, dans ce qu'elles mettent en jeu d'événement, de phénomène et de contingence.

Nous nous employons dans le cinquième chapitre de cet ouvrage à questionner les rapports qu'entretiennent les explications géologiques historiques avec les récits. Cela nous paraît d'autant plus nécessaire que nous relevons de manière récurrente la tendance des élèves à utiliser la mise en petites histoires pour expliquer le fonctionnement d'un système géologique ou biologique, ce qui constitue un sérieux obstacle à la compréhension du fonctionnement des systèmes complexes et à la construction de savoirs scientifiques apodictiques. Nous complétons notre étude par une incursion en épistémologie et en didactique de l'histoire où ces questions se posent aussi.

Un chapitre conclusif résume les avancées de notre travail et donne à voir des bouleversements dont les sciences de la Terre sont actuellement le siège, du fait d'une centration de plus en plus marquée des problèmes sur l'Homme et son devenir. Nous verrons que l'événement fait alors un grand retour.

1. Notamment ORANGE RAVACHOL, 2003a et 2003b, ORANGE RAVACHOL et BEORCHIA, 2011.