



HAL
open science

Regards croisés sur trois problèmes historiques enseignés en Sciences de la vie et de la Terre

Patricia Crépin-Obert, François Dessart, Fabienne Paulin, Denise
Orange-Ravachol

► To cite this version:

Patricia Crépin-Obert, François Dessart, Fabienne Paulin, Denise Orange-Ravachol. Regards croisés sur trois problèmes historiques enseignés en Sciences de la vie et de la Terre. Congrès international de l'AREF Bordeaux 3-5 juillet 2019, AREF, Jul 2019, Bordeaux, France. hal-04227359

HAL Id: hal-04227359

<https://hal.science/hal-04227359>

Submitted on 3 Oct 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial 4.0 International License

Regards croisés sur trois problèmes historiques enseignés en Sciences de la vie et de la Terre

Crépin-Obert Patricia, LDAR, Universités de Paris-Est Créteil, Artois, Cergy-Pontoise, Paris,
Rouen
Dessart François, S2HEP, Université de Lyon 1
Paulin Fabienne, S2HEP, Université de Lyon 1
Orange-Ravachol Denise, Théodile-CIREL, Université de Lille

Résumé :

Cette contribution est issue d'un symposium où sont discutées les interactions entre l'enseignement des SVT et l'histoire. Elles sont étudiées selon plusieurs axes épistémologiques : l'histoire des sciences en regard du savoir construit par les scientifiques ; les sciences historiques en articulation des sciences fonctionnalistes ; l'histoire de la vie et de la Terre selon les problématisations conduites. L'étude croisée de trois problèmes historiques - évolution des Homininés, âge de la Terre, formation de la chaîne alpine - montre les décalages entre les fondements épistémologiques des sciences historiques et les instructions officielles, les représentations des enseignants, le discours d'un formateur.

Mots-clés :

Epistémologie des sciences historiques, histoire de la vie et de la Terre, histoire des sciences, prescriptions officielles et formation des enseignants, problématisation

Introduction

Notre contribution est issue d'un symposium consacré aux différents modes de mise en œuvre de l'histoire dans l'enseignement des sciences de la Vie et de la Terre (SVT). Cette discipline scolaire se caractérise en effet par la prise en charge et l'articulation de problèmes fonctionnalistes et de problèmes historiques que les programmes de l'Éducation Nationale et les pratiques des enseignants identifient mais dont ils sous-estiment la complexité des démarches et des types de raisonnement mobilisés dans les reconstitutions historiques. Les apports de l'épistémologie des sciences, mis en valeur dans plusieurs travaux en didactique des sciences de la vie et de la Terre, peinent à s'inviter dans la construction des objectifs d'apprentissage et le travail des problèmes historiques en classe.

Nous souhaitons engager une réflexion sur les raisons de la difficile prise en compte de l'historicité des objets géologiques et biologiques dans l'enseignement des SVT. Nous plaçons notre étude dans le cadre théorique de l'apprentissage par problématisation et nous privilégions trois entrées dans le travail des problèmes historiques des SVT :

- une analyse croisée des programmes de l'Éducation Nationale et de la mise en place des épreuves d'évaluation des capacités expérimentales (ECE ; classe de Terminale scientifique). Elle se focalise sur les connaissances visées en épistémologie lorsque des élèves sont confrontés à des problèmes historiques.
- l'utilisation de l'histoire de sciences comme levier à la problématisation. Cette étude, est faite dans le cadre d'un module de formation des enseignants. Elle se rapporte au problème de l'âge de la Terre, dans le cadre des enseignements de SVT en classe de 3ème.
- la manière dont un professeur de SVT, formateur d'enseignants, reconstruit lors d'un stage de terrain avec des enseignants de SVT, un événement tectonique majeur de la formation de la chaîne alpine.

Après avoir situé théoriquement notre étude, nous présenterons et discuterons ce qui ressort des trois cas retenus du point de vue de l'approche du travail des problèmes historiques et des appuis sur le fonctionnement de la communauté des chercheurs dans les instructions officielles et chez les enseignants de SVT.

Cadre théorique de la problématisation historique et questions de recherche

Que l'on se place dans la communauté des chercheurs ou dans le cadre de l'enseignement, les sciences du vivant et les sciences de la Terre sont pensées aujourd'hui comme des sciences travaillant de manière distincte ou complémentaire des problèmes fonctionnalistes et des problèmes historiques (Gould, 1989 ; Orange & Orange-Ravachol, 1995 ; Gayon, 2004 ; Gohau, 2012) : l'étude du fonctionnement actuel des vivants ou de la Terre s'inscrit dans leur histoire évolutive ; et l'actuel est un point « fixe » de l'histoire des vivants et de la Terre. Dans le champ disciplinaire scolaire des SVT, les problèmes historiques sont nombreux : l'origine de la vie, la formation des Alpes, la crise Crétacé-Tertiaire, les climats passés, le buisson humain... Si la reconstitution des événements passés ou des patterns évolutifs s'appuie sur l'étude des modes de fonctionnement (les process) des vivants et de la Terre actuelle (comment une cellule se divise, comment fonctionne une dorsale océanique), elle développe en complémentarité des modes de raisonnement propres aux sciences historiques.

C'est ainsi que par des expériences de pensée conjuguant « débobinage » et « rembobinage » de l'histoire, mais aussi en mettant en jeu la contingence, elle construit des événements vus comme des nécessités de l'histoire (Gould, 1989 ; Orange-Ravachol, 2005). Ces problématisations font que les reconstitutions historiques effectuées sont tenues par des raisons fortes (ces reconstitutions historiques sont raisonnées, apodictiques). Et construire de l'« l'histoire » dans l'enseignement des SVT ne signifie pas seulement introduire des éléments d'histoire des sciences, c'est aussi et surtout se référer aux pratiques des chercheurs, aux controverses fortes qui ont accompagnées leur travail des problèmes.

C'est sous l'angle de la tension des sciences de la vie et de la Terre entre sciences fonctionnalistes et sciences historiques que nous avons choisi de préciser et de fédérer notre questionnement. Dans les limites de cette contribution, et pour trois études de cas, nous retenons les questions suivantes :

1. Comment et avec quels appuis épistémologiques les instructions officielles et les enseignants s'emparent-ils des problèmes historiques en SVT ? Comment les articulent-ils aux problèmes fonctionnalistes ?
2. En quoi cette réflexion pourrait-elle permettre de préciser ce que c'est que « s'y connaître » en matière de SVT historiques et en matière de développement de l'esprit critique dans cette discipline ?

Le problème historique de l'évolution humaine dans les prescriptions officielles

Références institutionnelles et épistémologie des sciences

Travailler des problèmes historiques et fonctionnalistes en classe permet de mobiliser des modes de raisonnement et de validation multiples applicables aux objets isolables en laboratoire et également aux objets uniques, historiquement situés. Cette palette épistémologique diversifiée est en mesure de répondre aux attentes des nouveaux programmes sur le nécessaire développement des compétences épistémologiques :

Dans le cadre de l'enseignement scientifique, il s'agit donc, en permanence, d'associer l'acquisition de quelques savoirs et savoir-faire exigibles à la compréhension de leur nature et de leur construction. [...] il s'agit, chaque fois que l'on met en œuvre une authentique pratique scientifique, de l'explicitier et de prendre conscience de sa nature¹

Cependant, l'enseignement des SVT, ne pourra conduire vers ces objectifs que si l'on rend visibles et explicites les approches fonctionnalistes et surtout historiques. Cependant l'étude complète des préambules des nouveaux programmes met peu en valeur les sciences historiques et leur épistémologie. Ils focalisent sur « l'histoire raisonnée des sciences », « l'observation et l'expérience en laboratoire » afin que l'élève comprenne « en la pratiquant, la construction du savoir scientifique »².

Dans ce cadre programmatique peu explicite sur les pratiques des sciences historiques, nous avons voulu savoir comment étaient mobilisés les aspects épistémologiques spécifiques de ces sciences dans les activités des élèves.

¹ https://cache.media.education.gouv.fr/file/SP1-MEN-22-1-2019/13/4/spe573_annexe_1063134.pdf consulté le 23 octobre 2019, pages 2 et 3.

² Ibid page 4

Une analyse des énoncés d'une épreuve pratique du baccalauréat

Nous utilisons un corpus d'énoncés des sujets des évaluations des capacités expérimentales (ECE) mises en place en 2005. Cette épreuve du baccalauréat concerne les élèves de terminale scientifique et, depuis 2018, ces énoncés sont mis en ligne avant l'épreuve. Au nombre de 80, ils sont élaborés par des professeurs, validés par l'inspection générale et en accès libre sur le site EDUSCOL (site officiel de l'Éducation Nationale). Ce sont donc des documents officiels nous donnant accès aux attendus épistémologiques institutionnels de la fin du cycle terminal et en cela ils sont pertinents pour notre étude.

Les énoncés présentent une situation problème, contextualisée, et les élèves doivent (en 1 heure) proposer une stratégie de résolution à mettre en œuvre pour répondre au problème posé. 20 des 80 sujets portent sur des problèmes historiques à portée plus ou moins générale. Nos critères d'analyse concernent les arguments et le mode de validation permis par les données fournies ou recueillies par l'élève. Dans un problème historique la validation nécessite une accumulation suffisante de données convergentes et la conclusion retenue est la plus vraisemblable possible. On parle de « cohérentisme » pour ce type de démarche.

Nous présentons un exemple qui met en évidence un des écueils liés à l'absence de prise en compte de l'épistémologie des sciences historiques³, le sujet SVT n°51 : un nouveau fossile du genre humain⁴. Il s'agit pour l'élève de choisir entre trois hypothèses sur la place possible dans le buisson humain d'un nouveau fossile d'Homininé à partir de deux mesures crâniennes et de leur rapport. Avec ces données (une marge d'erreur de 5% est accordée) l'élève doit pouvoir répondre précisément sur la place de ce nouveau fossile.

Faisons un détour par l'état de la recherche sur ce fossile, qui est en réalité l'Homme de Florès (*Homo floresiensis*) découvert en 2003 sur l'île du même nom. Sa place dans le buisson humain a été étudiée par plusieurs équipes de paléanthropologues. Deux études nous permettent d'apprécier la complexité de ce genre de recherche sur des objets du passé. En 2013, une première étude est publiée (Baab et al., 2013) portant sur 248 crânes, caractérisés par 24 points de mesure. Le traitement statistique a permis d'exclure, avec un degré de confiance élevé, une filiation directe avec *Homo sapiens*. En 2017, une autre étude (Argue et al, 2017) s'appuie sur 133 points de mesure concernant différents os et plusieurs espèces sont comparées. Un nouvel âge est proposé, plus ancien qu'initialement, et rendant *Homo floresiensis* contemporain d'*Homo habilis*. La conclusion prudente d'un des protagonistes de l'enquête, Mike Lee, est intéressante dans sa formulation : « nous sommes sûrs à 99% qu'*Homo floresiensis* n'est pas lié à *Homo erectus* et presque à 100% qu'il n'est pas non plus un *Homo sapiens* mal formé ». Malgré un très grand nombre de mesures, le problème reste en chantier.

Une validation peu étayée mettant à mal le cohérentisme

Il apparaît clairement que les deux mesures demandées aux élèves sont très loin d'être suffisantes pour travailler correctement le problème soulevé et nous assistons à une réduction forte du cohérentisme. Nous comprenons également qu'en lieu et place d'une démarche en science historique avec un mode de validation qui s'appuie sur des données suffisamment étayées mises en cohérence, l'activité proposée aux élèves s'apparente davantage à une démarche en science fonctionnaliste. Elle conduit à une conclusion certaine sur la place de ce fossile dans le buisson humain. Ce qui est discutable d'un point de vue épistémologique.

Nous avons dans une étude précédente, montré que des activités d'enseignement sur la phylogénie (les parentés entre les êtres vivants qui mobilisent l'épistémologie des sciences

³ Une étude complète des sujets est en cours de validation pour publication (Paulin et Charlat, 2020)

⁴ Le fichier (sujet 51) est téléchargeable à cette adresse : <https://eduscol.education.fr/cid58536/serie-s.html#lien3> (consulté le 25 octobre 2019)

historiques) étaient souvent transformées peu ou prou en activités de type fonctionnaliste ou expérimentale au lieu d'être abordées dans une démarche de reconstitution historique (Paulin, Charlat et Triquet, 2019). Notre étude questionne *in fine* la transposition des démarches scientifiques dans l'enseignement dans sa capacité à prendre en compte des démarches des sciences historiques.

Le problème historique de l'âge de la Terre en formation d'enseignants utilisant l'histoire des sciences

Controverse en histoire de la géologie et problématisation historique

Cette étude s'intéresse aux pratiques enseignantes accordant une place privilégiée à l'histoire des sciences comme ressource pour faire problématiser les élèves. Suite aux études portant sur les apprentissages par problématisation des élèves via des temps privilégiés de débat argumentatif en classe en biologie et en géologie (Orange, 2012), d'autres plus récentes tentent de cerner l'impact des interventions enseignantes sur la problématisation tenue au cours d'une progression pédagogique (Lhoste, Peterfalvi et Schneeberger, 2010 ; Crépin-Obert, 2017). Et lors de séquences d'enseignement fondées sur l'histoire des sciences, les enseignants ont du mal à percevoir les objectifs d'apprentissage en épistémologie des sciences car ils se focalisent sur les objectifs notionnels (Maurines et Beaufils, 2011). Or le savoir ne se limite pas aux notions acquises. En tant que savoir raisonné, il est issu d'argumentations pouvant être construites lors de controverses animées autour d'un problème scientifique. Nous constatons que la place du problème n'est pas explicitée dans la grille d'analyse proposée par l'étude précitée.

De notre point de vue, tout problème traité est à remettre au cœur du raisonnement scientifique à construire en classe, ici celui de l'âge de la Terre. Mais ce problème risque d'être un faux problème en classe s'il est rabattu sur la solution factuelle et consensuelle aujourd'hui. Une idée majeure dans le cadre de la problématisation est de redonner une certaine épaisseur au problème. Cette opération est possible via l'histoire de la géologie qui permet de remonter à la source du problème et de reconnecter la solution aux processus de raisonnement qui l'ont validée. Deux dédoublements sont opérés : l'un consiste à comprendre le passage de l'assertorique « la solution donnée » - 4,55 milliards d'années - à l'apodictique « la solution raisonnée » - en remontant aux différentes raisons qui ont rendu nécessaire un temps long et quantifié ; l'autre consiste à mettre en tension les faits et les idées explicatives dans un cadre épistémique assumé, autrement dit les contraintes à prendre en compte et les conditions de possibilités des solutions, les âges de la Terre dans un cadre évolutionniste ou non.

Par l'histoire des sciences le problème peut être redéployé selon les trois dimensions d'une problématisation : au XVIII^e siècle se structure le périmètre de la science par rapport au dogme religieux, soulevant un problème nouveau ou énigme qu'est l'âge de la Terre ; au XIX^e siècle se développe une controverse internationale entre géologues et physiciens ; et le XX^e siècle voit la résolution du problème grâce à la découverte de la radioactivité et sa mesure au sein de fragments de météorites en 1956. Notons qu'à la base, cette problématisation est palétiologique – ou historique – et se différencie d'une problématisation nomologique – ou fonctionnaliste - par une démarche de preuve caractéristique. Chacune d'elles a des spécificités épistémologiques (Orange-Ravachol, 2005 ; Lecointre, 2011 ; Gray, 2014) que tout enseignant de sciences devrait avoir cerné.

Nous considérons donc que ce problème historique a un fort potentiel de transposition didactique. Au sein d'une étude élargie (Crépin-Obert, à paraître 2020), notre problématique est la suivante : si l'histoire des sciences est le fondement choisi d'une pratique enseignante,

comment peut-elle être un levier de problématisation en classe de collège à propos de l'âge controversé de la Terre ? Nous choisissons de développer ici une de nos questions de recherche : quelles représentations du problème historique et quels repères épistémologiques peuvent être mis au jour en formation des enseignants lors d'activités via une source primaire, étape de la problématisation historique ?

Une situation de formation d'enseignants basée sur un écrit de Darwin

Un stage de formation continue innovant « Interdisciplinarité et histoire des sciences au cycle 4 de collège » a été conçu et mis en œuvre de 2017 à 2019 dans le cadre de l'IREMS⁵ de Paris, afin d'éclairer et de développer des pratiques enseignantes intégrant des éléments historiques au croisement de différentes disciplines scolaires – mathématiques, physique-chimie, sciences de la vie et de la Terre. Les formateurs ont exploré et analysé des sources primaires majeures sur ce problème historique qu'est le temps profond géologique (Buffon, Cuvier, Lyell, Darwin, Kelvin, Patterson, etc.).

Lors du stage, nous avons fait étudier un de ces textes aux stagiaires, retenu pour son accessibilité en classe de 3^{ème} de collège et en illustration d'un protagoniste de la controverse du XIX^e siècle (Darwin, 1859). Après une lecture commentée de l'extrait choisi, nous avons testé sa réception en tant que dispositif didactique avec cinq activités⁶ par les stagiaires : réagir à la première lecture (A1), organiser sous forme d'un schéma la démonstration de Darwin fondée sur les phénomènes sédimentaires (A2), construire un diagramme des interactions de la communauté scientifique avec le chercheur (A3), tester la reproductibilité des calculs de l'auteur qui donne une approximation d'un temps géologique de 300 millions d'années pour l'érosion d'une colline de la fin de l'ère secondaire (A4), comparer l'extrait dans deux éditions, 1859 et 1873 (A5). Les productions des stagiaires ont été collectées et leurs présentations, appuyées des discussions au sein du groupe de formés, ont été enregistrées.

Des représentations en épistémologie des sciences en décalage avec l'activité d'un scientifique

Les analyses effectuées par les stagiaires, guidées par les tâches données, ont fait émerger plusieurs points saillants de leurs représentations d'un problème travaillé en sciences historiques en regard des sciences fonctionnalistes : la méthode scientifique unique, la place majorée des faits observés, les notions de preuve et de vérité attendues. De plus les stagiaires prennent comme repère leur propre démarche d'enseignement pour appréhender ce problème historique. La réception du texte par les activités menées (réactions, productions écrites et discours de présentation) a permis d'identifier certains éléments significatifs d'une épistémologie naïve sur la science (colonne 1 du tableau 1) en décalage avec la problématisation historique réalisée par le scientifique. Les échanges collectifs lors des présentations leur ont permis une prise de distance vers une épistémologie plus experte (colonne 2 du tableau 1).

Tableau 1 - Des représentations et des repères épistémologiques contrastés

⁵ Institut de Recherche sur l'Enseignement des Mathématiques et des Sciences

⁶ Le tableau 1 rappelle la numérotation des activités en relation avec les supports et les discours des stagiaires

1 Écrits (E) et discours (D) des stagiaires significatifs d' une épistémologie naïve	2 Discussions avec les stagiaires vers une épistémologie experte
Mythe de « la méthode scientifique » selon une succession constante et linéaire d'étapes « <i>PHO –problématique, hypothèses, observations</i> » (E-A2)	Une pluralité de démarche de preuves en sciences expérimentales et en sciences historiques
Une vision uniquement positiviste ou inductiviste de la science « <i>Il (Darwin) sélectionne dans les travaux des différents scientifiques les éléments dont il a besoin pour corroborer sa propre théorie, alors on n'a pas tous les éléments des autres scientifiques mais du coup il s'appuie que sur ce qui l'intéresse</i> » (D-A5)	Les faits sont construits , et non pas donnés. Sélectionnés ou provoqués par le chercheur, ils sont confrontés au modèle explicatif selon différentes démarches
Confusion sur la nature des arguments « <i>illustration</i> » pour nommer une modélisation de James Croll sur laquelle s'appuie Darwin (E-A3)	Différencier clairement la nature argumentative entre faits et explications
Survvalorisation des faits comme preuve : « <i>Sur le fait que l'érosion prend du temps on a distingué 2 choses : ce qu'il constate, ce qu'il voit vraiment, ce qui fait office de preuve et ce qui n'est qu'une explication, ce qu'il imagine ce qu'il pense sans vraiment avoir de preuves</i> » (D-A2)	Une preuve scientifique se construit par mise en tension entre des arguments d'un registre empirique et des arguments appartenant au registre des modèles explicatifs
Conviction au sens d'une simple opinion personnelle « <i>ça fait un peu penser à l'idée de convaincre et on retrouve l'idée que si on écrit bien tout le monde va adhérer</i> » (D-A1)	Un cadre théorique (ici évolutionniste) dirige toute la pensée du chercheur ; ultérieurement partagé ce cadre de pensée pourra être qualifié de paradigme
Rapport négatif aux incertitudes , à l'encontre d'une « vérité » attendue incontestable « <i>Moi je rejoins aussi cette idée (conviction), parce que quand on lit à chaque fois il fait effectivement plein d'approximations : il dit oh on va considérer la taille des couches, on va considérer la vitesse, on va s'appuyer d'accord sur les strates qui sont comme ci-comme ça... et d'un seul coup il arrive : à ce rythme-là, disons 300 millions d'années</i> » (D-A1)	Les incertitudes font partie intégrante des modèles explicatifs élaborés, en alertant sur le degré de contrôle du jeu systémique des paramètres
Représentation de l'activité du scientifique plaquée sur l'actuel « <i>Je trouve que ça apporte un peu plus de scientifique en faisant des schémas, ou en mettant des calculs. Ça apporte à l'idée qu'on s'approche plus de quelque chose de vrai</i> » (D-A1)	Le mode de communication de la recherche scientifique a évolué au cours du temps
Discrédit voire rejet de la démonstration de Darwin en ne considérant plus que l'erreur mathématique « <i>E1 : On n'a pas compris trop pourquoi spécialement il a fait cette hypothèse là. D'où le point d'interrogation. E2 : On serait même plutôt d'avis du contraire puisque si on érode la partie basse et que ça s'effondre ça fait des éboulis qui vont protéger, ça fait un brise-lame au pied de la falaise, donc ça va aller moins vite. Si on n'a pas le droit de ramasser les galets sur les plages de Normandie, c'est pour protéger les falaises [...] E2 : En fait on comprend pas ce qu'il veut. E1 : Conclusion on n'a rien compris</i> » (D-A4)	Appréhender une démarche heuristique qui explore un champ d'hypothèses possibles, parmi lesquelles certaines seront invalidées
Science enseignée vs science en laboratoire « <i>Moi j'ai trouvé que ça mettait beaucoup en avant le fait qu'il essaye de convaincre, alors il explique évidemment mais l'intention est de convaincre alors que nous dans notre démarche quand on a un cours moi c'est expliquer je n'ai pas l'intention de convaincre</i> » (D-A1)	Un système explicatif de recherche en cours distant d'un modèle de communication ou d'enseignement

D'une façon récurrente les stagiaires ont qualifié de « conviction » la démarche de recherche d'un temps long géologique par Darwin : sélection des données de terrain, pensée cadrée par l'évolution des vivants, manipulation des valeurs chiffrées avec de nombreuses estimations, absence de schémas. Ils jettent ainsi le discrédit sur cette démarche non conforme à une démarche scientifique telle qu'ils se la représentent focalisée sur l'expérimental. Pourtant le témoignage de Darwin est bien révélateur des fondements épistémologiques d'une démarche ancrée en science historique.

De plus en mettant l'accent sur le problème scientifique, certains objectifs d'apprentissage en épistémologie des science prennent sens : hypothèses controversées dans un périmètre scientifique au sein d'une communauté de géologues et de physiciens, rebond de problèmes successifs donnant de plus en plus d'ampleur aux temps géologiques, preuve mathématique privilégiée en réseau avec d'autres preuves en sciences historiques liées à la chronologie relative, importance du cadre théorique évolutionniste.

Enfin des points de vigilance critique sur la construction du problème ont été cernés par les stagiaires : la fiabilité et l'évolution d'une publication, l'importance et la complexité des interactions au sein d'une communauté scientifique pluridisciplinaire, l'extrême précision d'une monstration par mise en cohérence des arguments sans recours à l'expérience, la non reproductibilité de la preuve mathématique avancée.

Le problème historique de la formation des Alpes en situation de formation sur le terrain

Contingence et nécessité

Le cadre théorique dans lequel nous nous plaçons est celui de l'épistémologie du problème (Bachelard, 1960) que nous envisageons dans le cadre de la géologie en tant que science historique. Nous mobilisons également le cadre de la problématisation historique (Orange-Ravachol, 2005). De plus, nous considérons avec Gould (1989) que toute reconstitution historique s'inscrit dans une narration, organisant des événements, qui se définissent avant tout par leur contingence : ils auraient pu ne pas se produire. Mais la construction de ces événements repose également sur la mise en évidence des conditions de possibilité à l'origine d'une temporalité rationnelle de l'histoire.

Le récit répond selon nous à cette exigence de rationalité, notamment de par sa capacité à expliquer les changements du monde, ce que Bruner (2002) désigne par une « rupture » dans le cours des choses. Mais le récit organise également les événements par la « mise en intrigue » (Ricoeur, 1984) autour de laquelle se met en place une structure dirigée de l'histoire.

Nous analysons ici la mise en œuvre de la causalité narrative, (ibid.) qui s'appuie sur le principe d'antériorité dont dépend l'inversion de l'effet de contingence en effet de nécessité, à l'origine même des événements :

L'inversion de l'effet de contingence en effet de nécessité se produit au cœur même de l'événement : en tant que simple occurrence, ce dernier se borne à mettre en défaut les attentes créées par le cours antérieur des événements ; il est simplement l'inattendu, le surprenant, il ne devient partie intégrante de l'histoire que compris après coup, une fois transfiguré par la nécessité en quelque sorte rétrograde qui procède de la totalité temporelle menée à son terme (Ricoeur, 1980 : 169–170).

Les reconstitutions historiques supposent donc une inversion de l'effet de contingence qui permet au travers d'une rétrodition la construction d'une temporalité rationnelle des événements géologiques.

Comment le médiateur procède-t-il pour articuler phénomènes et événements quand il mobilise des modèles géologiques « sur le terrain » ? Et comment organise-t-il de ce fait la construction narrative de son histoire géologique ?

Une situation de formation à la géologie dans le massif alpin

Nous questionnons ici les modalités de mise en récit de l'histoire géologique dans le cadre de la médiation scientifique « sur le terrain ». Plus précisément, nous analysons les procédés narratifs mobilisés dans les reconstitutions historiques produites par un médiateur lors d'un stage de formation pour enseignants de SVT « sur le terrain ». En appui sur les instructions officielles de l'Éducation Nationale, il recherche les marqueurs de terrain témoignant d'une compression tectonique, à l'origine de la surrection des Alpes. Il procède ainsi à un inventaire des unités géologiques impliquées dans l'événement tectonique majeur à l'étude, le chevauchement pennique. Un parcours, organisé le long de plusieurs affleurements, le conduit à positionner les unités géologiques dans l'espace et dans le temps. Des descriptions à plusieurs échelles lui permettent de schématiser la superposition de ces unités. Son objectif est double : il doit expliquer les phénomènes mis en jeu dans le processus tectoniques ; mais il doit surtout reconstituer une histoire, i.e. une succession d'événements qui trouvent leur origine, en partie, dans l'explication des phénomènes, mais qui ne peuvent en aucun cas s'y réduire.

Le médiateur devrait donc procéder à une construction narrative (Gould, 1989) qui ne s'en tienne pas seulement à une organisation temporelle de phénomènes géologiques. C'est là une des conditions indispensables à la construction de savoirs historiques rationnels.

Des obstacles à la construction d'une rationalité historique

Des modèles fonctionnalistes prédominants

Nos résultats montrent que la construction d'une temporalité rationnelle est difficile. Les modèles fonctionnalistes l'emportent largement sur la construction de l'historicité des événements. Nous pensons que cette tendance, guidée par des instructions officielles donnant une place prépondérante au fonctionnalisme, conduit davantage à un « usage de modèles *ad hoc* » qu'à une véritable construction de l'histoire géologique.

Un focus sur les datations pour installer une temporalité

Afin de dire comment l'histoire géologique doit être reconstituée, le médiateur use d'une chronologie des phénomènes qui ne mobilise pas de nécessités.

Tableau 2 - Principe d'antériorité

Éléments du discours du médiateur	Interprétation
« vous ne pouvez pas raconter une histoire sans chapitres successifs qui se succèdent justement comme le dit l'adjectif successif »	Nécessité de construire une histoire selon une succession d'événements : L'historialité repose sur la chronologie
« donc il est un fait que si vous ne datez pas et ben vous allez mélanger vos chapitres »	La datation permet de mettre de l'ordre dans les événements Mise en œuvre (implicite) du principe d'antériorité
(...)	
« et dans la plupart des cas ce qui est important ce qu'on ajoute , ce qui disparaît un peu des programmes actuels, c'est qu' on date tout ça »	Le médiateur précise pourtant la nécessité de s'ancrer dans une temporalité. Nécessité d'une temporalité

Il conduit son public à ancrer les phénomènes dans une temporalité, étape d'une construction des événements géologiques, mais qui n'amène pas ces événements vers une historicité qui seule traduit un haut niveau de rationalité. Il évoque clairement ce besoin de construire

Congrès international de l'AREF Bordeaux 3-5 juillet 2019

Symposium N°652

l'histoire sur une temporalité fondée sur une chronologie et une databilité des événements. Mais cette databilité tient plus de leurs propriétés que de leurs relations.

Il semble pourtant nécessaire de considérer la temporalité comme une des dimensions fondamentales de la construction rationnelle des « explications historiques ». Or le fonctionnalisme mobilisé sur le terrain tend ici à produire une temporalité « *ad hoc* » qui n'est pas celle de l'histoire géologique locale. Il modélise les observations de terrain en « petites histoires » qui n'articulent pas nécessité et contingence (Orange-Ravachol, 2012).

L'écueil du modèle historique

Le médiateur est donc amené à étayer sa reconstitution historique en convoquant la temporalité dans ses explications. Mais nous voyons là un écueil qui consiste à utiliser un modèle fonctionnaliste comme support de l'histoire. Nous avons considéré ce modèle historique en appui sur la critique que faisait Popper de l'« historicisme ». Le risque est grand en effet de procéder à une modélisation de l'histoire et ainsi de faire fonctionner un temps interne au modèle et de lui laisser raconter l'histoire. Ce modèle devient en quelque sorte « prescripteur » de l'histoire et met ainsi de côté les registres empirique et théorique qui sont pourtant indispensables pour contraindre rigoureusement la reconstitution historique. Alors que le médiateur cherche à reconstituer l'histoire, les contraintes liées au programme de SVT semblent le maintenir dans un fonctionnalisme qui empêche de penser la contingence. Ainsi, il passe à côté de la dimension contingente des événements et ne construit leur nécessité que sur des phénomènes et non des événements (Dessart et Triquet, 2015). Ce processus qui « historicise » les phénomènes en événements ne construit pas l'histoire des géologues (Dessart et Triquet, 2019). Il fait raconter une histoire théorique au modèle, histoire contrainte seulement par les phénomènes et non par des événements nécessaires et contingents.

Mise en perspective des trois problèmes historiques enseignés et discussion

Nous avons choisi de conduire notre étude en situant les SVT dans une tension entre sciences fonctionnalistes et sciences historiques. Ce positionnement est heuristique car il peut servir de curseur pour caractériser les problèmes et leur travail par les chercheurs, les enseignants ou les élèves. Ainsi les trois problèmes scientifiques que nous avons choisis - le positionnement dans le passé terrestre d'un reste d'Homininé fossile ; la détermination de l'âge de la Terre, la reconstitution du chevauchement pennique en tant qu'événement marquant de la formation des Alpes - ont une dimension historique affirmée. Mais si leur construction s'articule nécessairement avec ce que l'on connaît du fonctionnement actuel des vivants et de la Terre, elle oblige à dépasser la mise en jeu de temporalités de sens commun, c'est-à-dire des temporalités centrées sur l'expérience humaine contemporaine. Cette prise de recul n'est pas simple. L'histoire des sciences, parce qu'elle est riche des problématisations fonctionnalistes et historiques des chercheurs, est particulièrement pourvoyeuse de repères d'une part pour penser des ruptures avec les modes de pensée communs, d'autre part pour cerner la logique des instructions officielles et le fonctionnement des enseignants et des élèves confrontés à des problèmes historiques. Au regard de nos trois études de cas, force est de constater que des décalages importants existent entre les démarches des chercheurs, celles promues par les instructions officielles, celles adoptées par les formateurs d'enseignants et enseignants de SVT. Ce sont plusieurs de ces décalages marquants que nous voulons pointer et au-delà desquels nous voulons préciser les visées épistémologiques nécessaires pour s'y connaître en sciences de la vie et de la Terre.

Le tropisme de l'historique vers le fonctionnalisme

Ce tropisme est marqué lorsqu'on s'intéresse à la manière dont les prescriptions officielles s'emploient à placer un nouveau fossile d'Homininé dans le buisson humain. La tâche, qui réside dans la mise à l'épreuve de trois solutions possibles par un nombre limité de mesures, se réduit à ce qui est habituellement demandé par ces mêmes prescriptions pour des problèmes fonctionnalistes. Elle n'est pas porteuse des vigilances des scientifiques qui s'emparent de ce problème historique (recours à un nombre important de mesures mais pas seulement cela). Tout se passe comme si les notions de fossile et de buisson humain allaient de soi. Ce tropisme se retrouve avec l'idée de la « méthode » scientifique survalorisant des faits dans l'approche qu'ont des enseignants du problème de l'âge de la Terre. Il se retrouve à nouveau dans le récit historique du chevauchement alpin que le formateur redirige systématiquement vers un modèle fonctionnaliste.

La prégnance de l'empirisme et la survalorisation de la preuve

La prégnance de l'empirisme se retrouve pour chacun des problèmes que nous avons étudiés, que ce soit dans les prescriptions officielles ou dans les discours des enseignants et formateurs d'enseignants. Les « faits » d'abord, les « faits » comme des données qu'il suffirait de découvrir, les « faits » aussi dans un rôle principal de preuves : pour filtrer une hypothèse (placement d'un fossile dans le buisson humain), pour aller au plus précis d'un âge (problème de l'âge de la Terre), pour mettre en valeur des phénomènes géologiques (problème de la formation d'une chaîne de montagnes). Ces façons de raisonner focalisent plus sur la validité des solutions que sur les raisons qui les contraignent.

Des mises en « petites histoires » empêchant la construction de nécessités événementielles

La tendance vers la construction de « petites histoires » géologiques se retrouve dans la situation de reconstitution du chevauchement pennique. Ce qui semble particulièrement préoccuper le formateur d'enseignants de SVT est la caractérisation et l'agencement dans le temps de phénomènes géologiques, en ne questionnant que partiellement ce qui permet d'aboutir à cet enchaînement (seule la datation semble « faire foi ») et avec l'idée sous-jacente que les événements représentent soit le passage d'un phénomène à un autre, soit un phénomène particulièrement étonnant de l'histoire. L'histoire produite n'est donc pas vraiment tenue par des nécessités ; dit autrement elle pourrait être en partie autre. De plus, sa construction ne saisit pas de manière explicite le rôle de la contingence historique. C'est une tendance que l'on retrouve dans d'autres problèmes de la géologie historique.

Ces trois études de cas montrent l'importance d'appuis épistémologiques pour entrer et développer un travail des problèmes de la géologie et de la biologie historiques. Sans cela, le risque est grand de les rabattre sur des problèmes fonctionnalistes, en maintenant les fonctions du temps à celles de l'expérience et de la pensée commune.

Bibliographie

- Argue, D., Groves, C.P., Lee, M.S.Y. & Jungers, W.L. (2017). The affinities of *Homo floresiensis* based on phylogenetic analyses of cranial, dental, and postcranial characters. *J. Hum. Evol.* 107 : 107-133.
- Baab, K.L., McNulty, K.P. & Harvati, K. (2013). *Homo floresiensis* contextualized: a geometric morphometric comparative analysis of fossil and pathological human samples. *PLoS One* 8: e69119.
- Bachelard, G. (1960). *La formation de l'esprit scientifique*. Vrin, Paris.
- Crépin-Obert, P. (2017). « Pratique de débat et problématisation en paléontologie. Le problème de la filiation entre ammonite et escargot en CM2 ». In Bächtold, M., Boilevin, J.-M. & Calmettes, B. (dir.). *La pratique de l'enseignant en sciences : comment l'analyser et la modéliser ?* (p. 65-94). Louvain-la-Neuve, Belgique : Presses Universitaires de Louvain.
- Crépin-Obert, P. (à paraître 2020). « Darwin et la nécessité d'un temps long pour la sélection naturelle : approche historique et épistémologique d'une controverse en formation des enseignants de collège. » In C. Fortin & J. Gobert (dir) *Didactique de l'évolution*. 30 pages.
- Darwin, C. (1859/ 2013 par T. Hoquet) « chap. IX Sur l'imperfection des archives géologiques ». *L'origine des espèces*. (p. 271-297). Paris : Editions du Seuil.
- Dessart, F. et Triquet, E. (2015). Médiation géologique de terrain. Explorer "le réel de terrain" et problématiser les événements grâce au récit. *Spirale-E*, (55) :75–94.
- Dessart, F. & Triquet, E. (2019). Les analepses dans les récits de médiation géologique « sur le terrain » : un outil pour mobiliser la démarche historique ? *RDST 19* : 117-140.
- Gayon, J. (2004). De la biologie comme science historique, *Sens public, La représentation du vivant – du cerveau au comportement*. [En ligne]. URL : <http://www.sens-public.org/spip.php?article32>.
- Gohau, G. (2012). Des sciences paléontologiques (Whewell) aux archives de la nature. *Travaux du comité français d'histoire de la Géologie*, 3ème série, (tome 26, 3) : 55-63.
- Gould, S. J. (1989). *La vie est belle - les surprises de l'évolution* (M. Blanc, Trad. 1991). Paris : Éditions du Seuil.
- Gray, R. (2014). The distinction between experimental and historical sciences as a framework for improving classroom inquiry. *Science Education*, 98(2) : 327-341.
- Lecointre. G. (2011). « Récit de l'histoire de la vie ou de l'utilisation du récit ». In Heams & al (dir.). *Les mondes darwiniens. L'évolution de l'évolution*. (p. 601-632). Editions matériologiques.com.
- Lhoste, Y., Peterfalvi, B. & Schneeberger, P., (2010). Poser et construire un problème en classe de SVT Quels repères pour l'enseignant ? *Actes du congrès de l'AREF*. Genève. 10 p.
- Maurines, L. & Beaufile, (2011). Un enjeu de l'histoire des sciences dans l'enseignement : l'image de la nature des sciences et de l'activité scientifique. *RDST 3* : 271-305.
- Orange, C. & Orange-Ravachol, D. (1995). Biologie et géologie, analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques. *ASTER*, 21 : 27-49.
- Orange C. (2012). *Enseigner les sciences. Problèmes, débats et savoirs scientifiques en classe*. Bruxelles : De Boeck Education.
- Orange-Ravachol, D. (2005). Problématisation fonctionnaliste et problématisation historique

Congrès international de l'AREF Bordeaux 3-5 juillet 2019

Symposium N°652

en sciences de la Terre chez les chercheurs et chez les lycées. *ASTER 40* : 177-204.

Orange-Ravachol, D. (2012). *Didactique des SVT. Entre phénomènes et événements*. Rennes : PUR, collection Païdeia.

Paulin, F., Charlat, S. & Triquet, E. 2019. La biologie évolutive et sa dimension historique : un levier pour aborder le rapport à l'incertitude dans l'enseignement des sciences. *RDST* 19 : 141-164.

Popper, K. R. (1956). Misère de l'historicisme. *Recherches en sciences humaines*, vol 8. Paris : Plon : 632-636.

Ricœur, P. (1980). « Pour une théorie du discours narratif ». *La narrativité*. (p. 5-71). Paris : Éditions du CNRS.

Ricœur, P. (1983). Temps et récit, tome 1, L'intrigue et le récit historique. Paris, Seuil.

Ricœur, P. (1984). Temps et récit, tome 2, La configuration dans le récit de fiction. Paris, Seuil.