

Démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences de la Terre : activités-élèves et scénarios

Eric Sanchez (eric.sanchez@inrp.fr)

Michèle Prieur (michele.prieur@inrp.fr)

Institut National de Recherche Pédagogique - ERTé ACCES et e.Praxis

B.P. 17424, 69347 LYON Cedex 07- FRANCE

+ 33 (0)4 72 76 61 97

MOTS-CLES : Sciences de la Terre, activités, modèle scientifique, scénario

Résumé

Les sciences de la Terre sont reconnues comme une discipline difficile et facilement rejetée par les élèves et les étudiants. Il n'en reste pas moins qu'en France elle tient une place importante dans les programmes de l'enseignement secondaire. Il nous semble en conséquence important d'envisager un renouvellement des pratiques afin de dépasser les difficultés propres à cette discipline. Nous proposons d'engager les élèves dans une démarche d'investigation scientifique permettant de construire du sens et d'acquérir des connaissances scientifiques argumentées. Une typologie des scénarios et des activités-élèves pouvant s'inscrire dans une telle démarche a été dégagée. Plus particulièrement un scénario impliquant une école de terrain a fait l'objet d'une expérimentation en lycée.

INTRODUCTION

Discipline mal aimée, la géologie est pourtant largement présente dans les programmes de l'enseignement secondaire en France. Les travaux de didactique qui se sont intéressés à son enseignement sont minoritaires par rapport à ceux qui concernent l'enseignement d'autres disciplines expérimentales mais ils convergent pour souligner les difficultés qu'ont les élèves à « lire » les données géologiques en raison des échelles de temps et d'espace impliquées et les difficultés qu'ils ont à relier leurs connaissances théoriques à des observations de type géologique. Nos propres travaux tendent à montrer que le statut du modèle scientifique pose problème aux enseignants de sciences de la vie et de la Terre de l'enseignement secondaire et que la classe de terrain, rendue obligatoire par les programmes de lycée, est généralement peu préparée et peu exploitée. Cette contribution vise à proposer une typologie de scénarios et d'activités-élèves pour l'enseignement des sciences de la Terre et à présenter un scénario qui a conduit à la réalisation d'une expérimentation impliquant trois classes de terminale scientifique.

LES SCIENCES DE LA TERRE, DISCIPLINE MAL AIMÉE ? DIFFICILE ? MAL ENSEIGNÉE ?

Différents auteurs ont souligné le caractère dévalorisé des sciences de la Terre auprès du public et des élèves. Les travaux de A. Bezzi (1999) montrent que les sciences de la Terre sont perçues comme « approximatives » et « subjectives » par des étudiants engagés dans des études de géosciences. Ces mêmes étudiants opposent cette discipline aux sciences physiques jugées « objectives » et « rigoureuses ». G. Gohau (2001) regrette quant à lui que la géologie soit une discipline « mal aimée » et J. Dodick et N. Orion (2003) soulignent le caractère dévalorisé de cette discipline dans les programmes scolaires des pays anglo-saxons. Parfois prise en charge par les enseignants de sciences physiques, parfois incluses dans le curriculum de géographie physique, plus rarement parfaitement stabilisées dans les programmes et enseignées par des enseignants formés pour cela, la position des sciences de la Terre est extrêmement variable selon les systèmes éducatifs. Le cas de la France est exceptionnel. Les sciences de la Terre y sont enseignées de manière significative durant l'ensemble du cursus secondaire depuis déjà fort longtemps. Gould (1990) relève également le statut dévalué des sciences qui font appel à des explications historiques ou narratives et la nécessité d'attribuer des mérites égaux à ce type de démarche avec celles employées dans les sciences théorico-expérimentales que sont la physique ou la biologie moléculaire. Ces mérites égaux sont revendiqués du fait que la fiabilité des preuves ou des

réfutations peut être tout aussi solide, en raison de l'importance des explications de type historique et de l'intérêt intrinsèque de ce type d'explications (Orange, 1999).

Un autre aspect que s'attachent à souligner de nombreux auteurs concerne la difficulté qu'ont les élèves à aborder la géologie (Ault, 1994). Ces difficultés sont largement liées au rapport que la discipline entretient avec le temps : difficultés à appréhender des temps longs, à élaborer un raisonnement diachronique, à saisir le rôle de la contingence dans l'histoire géologique (Gould, 1990) et à appréhender le dynamisme de phénomènes que la vitesse de réalisation rend inaccessibles à l'observation (Raab et Frodeman, 2002). Ces difficultés sont également liées aux rapports que la discipline entretient avec l'espace : difficultés à appréhender les différentes échelles impliquées, à s'orienter dans l'espace, à passer de représentations bi-dimensionnelles à des représentations tridimensionnelles ou à changer de référentiel d'observation.

Agassiz, cité par Gould (1988), insiste sur la nécessité, pour les disciplines qui traitent de résultats non reproductibles et excessivement complexes, de recourir à des démarches différentes de l'expérimentation et de la manipulation. Si l'expérimentation peut être utilisée en sciences de la Terre - elle l'est par exemple en pétrographie expérimentale - le caractère herméneutique et historique de cette discipline conduit à envisager la mise en œuvre de méthodes de terrain plutôt que de laboratoire et des explications de type narratif plutôt que portant sur les mécanismes impliqués. Les références empiriques de terrain permettent de construire des modèles aux caractères provisoires et perfectibles qui deviennent alors des outils pour interroger le réel. La modélisation joue un grand rôle dans les sciences de la Terre (Bachelard, 1979).

Quelques travaux récents offrent un éclairage sur l'enseignement de cette discipline. Les travaux de C. Orange (1999) soulignent les difficultés qu'ont les élèves à articuler références empiriques et énoncés théoriques lors de travaux sur le terrain. D'autre part nos propres travaux (Sanchez, Prieur, Devallois, 2004) tendent à montrer que le statut du modèle scientifique pose problème aux enseignants de sciences de la vie et de la Terre de l'enseignement secondaire. Le modèle est généralement perçu par ces enseignants comme un objectif d'enseignement plutôt que comme un outil à manipuler pour interroger le réel. Une enquête que nous avons conduite récemment (Sanchez, Prieur, Fontanieu, 2005) permet de faire le point sur le travail des élèves sur le terrain. Elle montre que les enseignants qui organisent une classe de terrain, travail rendu obligatoire par les programmes de lycée, ont des difficultés à organiser un travail d'investigation scientifique.

DEMARCHE D'INVESTIGATION : LE MODELE SCIENTIFIQUE COMME ARTICULATION ENTRE REGISTRES EMPIRIQUE ET THEORIQUE

Nos propositions pour l'enseignement des sciences de la Terre sont de trois ordres. Il s'agit en premier lieu de modifier le statut du modèle scientifique dans la classe. Nous proposons que ce modèle soit d'emblée présenté aux élèves comme un outil pour penser, une construction intellectuelle qui constitue une réponse provisoire et partielle à un problème scientifique, réponse qu'il faudra confronter aux réalités du terrain ou aux résultats expérimentaux. Nous proposons donc que le scénario mis en œuvre dans la classe consiste à articuler un certain nombre d'activités centrées sur l'utilisation d'un modèle scientifique. Nos propositions portent également sur la place de la classe de terrain pour l'enseignement de cette discipline et la place à accorder aux technologies de l'information et de la communication. Ces deux dernières propositions ne seront pas discutées ici.

Les scénarios qu'il est possible de proposer aux élèves s'inscrivent dans une démarche d'investigation scientifique (fig. 1) plaçant le modèle au cœur de cette démarche. Le modèle constitue une première réponse au problème scientifique étudié. En ce sens, il contient les différentes hypothèses formulées. L'identification des différentes caractéristiques et contraintes du modèle permet de formuler des conséquences vérifiables et de construire le protocole d'observation ou d'expérience. Les données recueillies sont sélectionnées en fonction de leur pertinence par rapport au modèle proposé qui constitue donc un cadre qui guide les observations réalisées. Le traitement que ces données subissent pour analyser

tient compte du modèle que l'élève évalue. Ces données sont confrontées au modèle qui peut ainsi être modifié ou complété. Son domaine de validité est précisé. Le problème peut être reformulé ou précisé.

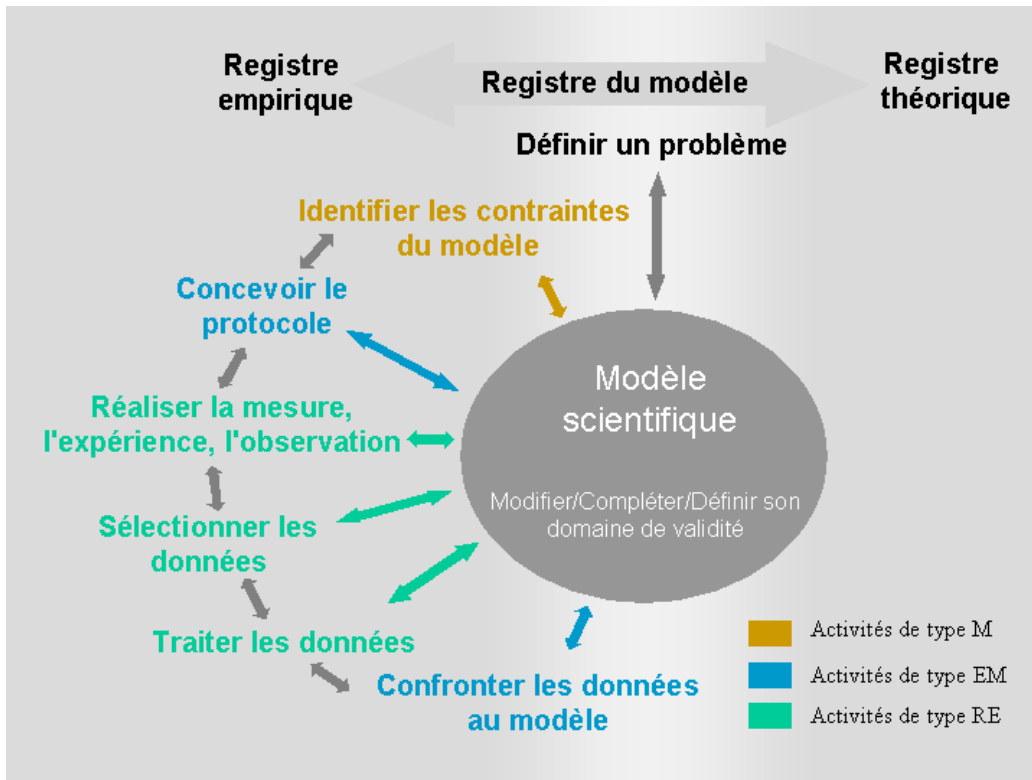


fig. 1 : démarche d'investigation en sciences de la vie et de la Terre

La démarche d'investigation scientifique n'est donc pas linéaire. Il y a en permanence des aller et retours qui passent par l'utilisation d'un modèle scientifique qui constitue un point d'appui à la démarche mise en œuvre et facilite l'articulation des registres empirique et théorique. Chaque activité réalisée prend du sens par rapport à cette démarche et l'élève est amené à comprendre les objectifs de son travail par rapport à l'investigation qu'il met en œuvre. Par ailleurs, ces activités doivent le conduire à ancrer ses connaissances théoriques sur des données empiriques, c'est-à-dire formuler des énoncés scientifiques, des énoncés argumentés, discutés et étayés par des données d'observation ou d'expérimentation.

UNE TYPOLOGIE DES ACTIVITES ET DES SCENARIOS DANS LA CLASSE

La mise en œuvre dans la classe de la démarche d'investigation que nous proposons nous a conduit à identifier un certain nombre de scénarios et d'activités dont nous proposons ici une typologie. Ces activités sont de différents ordres. En premier lieu, elles portent sur l'appropriation du modèle (notées M). Il s'agit en particulier d'identifier ses caractéristiques, d'identifier ses nécessités (Orange, 1999) c'est à dire d'établir des prévisions en terme d'observables expérimentaux ou de terrain. Il s'agit également des activités qui permettent de manipuler le modèle. En second lieu, nous avons distingué les activités-élèves qui consistent à articuler registre du modèle et registre empirique pour éprouver la validité d'un modèle (notées EM). Il s'agit plus particulièrement des activités qui conduisent les élèves à confronter leurs données d'observation au modèle afin de le compléter ou de l'instancier et donc de le discuter pour juger de sa pertinence et borner son domaine de validité. Nous avons également distingué les activités-élèves plus particulièrement centrées sur la maîtrise du registre empirique (notées RE). Ce sont des tâches que l'élève peut réaliser sans référence explicite au modèle scientifique en jeu mais pour lesquelles ce modèle reste bien présent.

Ces différentes activités permettent d'élaborer différents scénarios de type résolution de problème dans la classe (Poirier-Proulx, 1999). Ces scénarios, se distinguent par le type de situation-problème proposée

à l'élève et la nature du ou des modèles en jeu. Les différents types de situations-problèmes portent sur le sens qui est donné au travail de l'élève : éprouver un modèle, compléter ou choisir un modèle adapté à une situation. Elles portent également sur la nature du modèle donné à l'élève : modèle admis actuellement par la communauté scientifique, modèle ancien ou inadapté. La figure 3 indique différents types de scénarios.

Activités-élèves permettant de s'approprier le modèle (M)

- M1 Identifier les caractéristiques d'un modèle
- M2 Identifier les nécessités, les contraintes d'un modèle : « démonter » le modèle
- M3 Distinguer les données de terrain du modèle
- M5 Réaliser un modèle analogique
- M6 Faire fonctionner un modèle analogique

Activités-élèves permettant d'éprouver un modèle (EM)

- EM1 Concevoir un protocole d'observation ou d'expérimentation
- EM2 Sélectionner des données empiriques pertinentes vis à vis du modèle
- EM3 Confronter les données empiriques aux caractéristiques ou aux nécessités du modèle
- EM4 Instancier un modèle : paramétrer un modèle, le contextualiser avec des données du terrain
- EM5 Compléter un modèle partiel
- EM6 Faire fonctionner un modèle pour établir des prévisions (simulation)
- EM7 Identifier le domaine de validité d'un modèle

Activités-élèves en relation avec la maîtrise du registre empirique (RE)

- RE1 Situer des données empiriques dans l'espace ou/et dans le temps
- RE2 Sélectionner des données empiriques pertinentes au regard de leur lisibilité
- RE3 Mettre en forme des données empiriques pour faciliter leur lecture
- RE4 Confronter des données empiriques avec un modèle connu et maîtrisé pour leur donner du sens
- RE5 Déterminer les caractéristiques du RE à l'aide d'instruments de mesure, d'observation...

Fig. 2 : Typologie des activités d'investigation scientifique

- S1** Choisir parmi plusieurs modèles, le modèle adapté au contexte géologique étudié
- S2** Valider un modèle par l'étude d'un contexte géologique donné
- S3** Compléter un modèle incomplet par rapport au contexte géologique étudié
- S4** Discuter un modèle ancien et inadapté par rapport à des données récentes

Fig.3 : Scénarios pour une démarche d'investigation dans l'enseignement des sciences de la Terre (S)

UN SCENARIO : PREPARER ET EXPLOITER UNE CLASSE DE TERRAIN EN UTILISANT LES TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DE LA COMMUNICATION

Nous donnons à titre d'exemple la description d'un scénario qui a été testé avec trois classes de terminale scientifique en septembre/octobre 2005. Les enregistrements vidéo et audio réalisés, les traces informatiques recueillies ainsi que les productions des élèves sont en cours d'analyse. Il s'agit de vérifier la pertinence du scénario proposé.

Le scénario proposé est de type S2 (Valider un modèle par l'étude d'un contexte géologique donné). Il conduit les élèves à répondre à la question suivante : les Alpes sont-elles une chaîne de collision ? Le modèle tectonique d'une chaîne de collision est validé au cours d'une école de terrain de deux jours dans le Briançonnais. Cette expérimentation s'est déroulée en trois temps. Le tableau 1 indique les types d'activités réalisés par les binômes d'élèves au cours des trois séances.

Première séance : préparation de l'école de terrain (1h30)		
<i>Ce dont disposent les élèves...</i>	<i>Ce que font les élèves...</i>	<i>type</i>
Le schéma d'un modèle de formation d'une chaîne de collision (accrétion, subduction, collision)	Ils notent les indices de terrain que l'on devrait trouver dans les Alpes si le modèle proposé s'applique à cette chaîne de montagne	M1 M2 M3
Géonote, un logiciel d'accès à des données géoréférencées	Ils proposent un itinéraire pour recueillir les indices de terrain en faveur du modèle proposé	EM1 EM2
Seconde séance : école de terrain (2 jours)		
<i>Ce dont disposent les élèves...</i>	<i>Ce que font les élèves...</i>	<i>type</i>
GPS, appareil photo numérique, cartes topographie et géologique, terrain	Ils recherchent, identifient, schématisent, mesurent, localisent et photographient les indices en faveur du modèle proposé.	M3 RE1 à RE5 EM2 EM3
Troisième séance : exploitation de l'école de terrain (1h30)		
<i>Ce dont disposent les élèves...</i>	<i>Ce que font les élèves...</i>	<i>type</i>
Leurs notes, leurs photographies et autres documents de terrain Géonote, un logiciel d'édition de données géoréférencées	Ils sélectionnent, mettent en forme et commentent leurs photographies et géoréférencent ces images sur une carte géologique afin de réaliser un parcours géologique « virtuel » permettant d'argumenter en faveur du modèle proposé	RE1 à RE5 EM2 EM3 EM4
Leur parcours géologique « virtuel » réalisé à l'aide de Géonote	Ils échangent avec l'élève d'un autre binôme sur la production réalisée, réalisent des corrections et annotent les indices à l'aide de mots clefs issus du modèle proposé	EM2 EM3 EM4 EM7

Tableau 1 : activités réalisées par les élèves au cours du scénario proposé

CONCLUSION

Nos travaux actuels visent à valider les différents scénarios et activités que nous proposons de mettre en oeuvre dans une démarche d'investigation en sciences de la Terre. Les expérimentations qui sont conduites dans des classes de collèges et lycées visent à évaluer les apprentissages des élèves lors de telles séances, à identifier les variables didactiques pertinentes et apprécier le niveau d'engagement des élèves dans les activités qui leur sont proposées. Notre objectif est de rendre possible un renouvellement des pratiques. En effet, dans le contexte actuel de désaffection des étudiants pour les filières scientifiques, valoriser l'image des sciences est un enjeu important. L'un des leviers de cette valorisation passe par le type d'enseignement qui est mis en oeuvre dans les classes. Engager les élèves dans une démarche d'investigation scientifique, les rendre acteurs et conscients de cette démarche, les responsabiliser par rapport au travail qu'ils sont amenés à réaliser devrait les aider à percevoir que la science est avant tout un outil de compréhension du monde fondé sur le raisonnement et l'argumentation. Ceci ne pourra être réalisé que si un certain nombre d'obstacles sont levés. Il s'agit de concevoir le curriculum pour faciliter de telles activités dans la classe : volume des programmes raisonnable, conditions matérielles favorables du point de vue des horaires et des effectifs. Il s'agit également de prendre en compte cet aspect dans la formation des enseignants : formation épistémologique sur le statut du modèle et des démarches scientifiques, formations didactique et pédagogique sur les activités d'investigation scientifique dans la classe.

Bibliographie

Ault C. R. (1994) Research on problem solving : Earth science. In D. L. Gabel. Handbook of research on science teaching and learning. Macmillan Publishing company.

Bachelard S. (1979) Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles. In P Delattre et M. Thellier. Elaboration et justification des modèles. Maloine.

Bezzi A. (1999) What is thing called geoscience? Epistemological dimension elicited with the repertory grid and their implications for scientific literacy. *Science Education* vol 83, Issue 6, 675-700

Dodick, J. & Orion, N. (2003) *Geology as an historical science : Its perception within science and the education system.* *Science & Education*, 12, 197-211.

Gohau G., (2001), *La géologie, discipline mal aimée*, dans *Etudes sur l'enseignement des sciences physiques et naturelles*, Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences, textes réunis par Nicole Hulin, ENS éditions.

Gould, S-J. (1988) *La vie est belle – les surprises de l'évolution.* Le Seuil, Points sciences.

Gould, S-J.(1990) *Aux racines du temps.* Grasset et Fasquelle.

Orange C., Beorchia F., Ducroq P., Orange D., (1999), « Réel de terrain », « Réel de laboratoire » et construction de problèmes en Sciences de la vie et de la Terre, *Aster N°28*, pp 107, 129.

Poirier-Proulx L. (1999) *La résolution de problèmes en enseignement, cadre référentiel et outils de formation*, De Boeck Université

Sanchez E., Prieur M., Devallois D., (2004) *L'enseignement de la géologie en classe de seconde : quels obstacles, quelles pratiques.* Actes XXVèmes JIES. Chamonix.

Sanchez E., Prieur M., Fontanieu V., (2005) *L'enseignement des sciences de la Terre : Que font les élèves sur le terrain ?* Actes XXVI èmes JIES. Chamonix (à paraître)