Tréma

45 | 2016
Modèles et didactiques

Problèmes, modélisations et modèles dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la nature à dimension historique : le cas des sciences de la vie et de la Terre (SVT)

Denise Orange Ravachol

Édition électronique
URL : http://journals.openedition.org/trema/3508
DOI : 10.4000/trema.3508
ISSN : 2107-0997

Éditeur
Faculté d'Éducation de l'université de Montpellier

Édition imprimée
Date de publication : 1 octobre 2016
Pagination : 71-82
ISBN : 979-10-96627-01-1
ISSN : 1167-315X

Référence électronique
Denise Orange Ravachol, « Problèmes, modélisations et modèles dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la nature à dimension historique : le cas des sciences de la vie et de la Terre (SVT) », *Tréma* [En ligne], 45 | 2016, mis en ligne le 01 janvier 2017, consulté le 30 avril 2019.
URL : http://journals.openedition.org/trema/3508 ; DOI : 10.4000/trema.3508

Ce document a été généré automatiquement le 30 avril 2019.

Trema

Problèmes, modélisations et modèles dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la nature à dimension historique : le cas des sciences de la vie et de la Terre (SVT)

Denise Orange Ravachol

I. Introduction

1 Porter attention aux modèles et à la modélisation dans l'enseignement et l'apprentissage des sciences de la vie et de la Terre (SVT) semble relever *a priori* d'une gageure. Tout en reconnaissant l'importance qu'ils prennent dans l'activité scientifique, nous devons les spécifier dans un champ disciplinaire où les problèmes ont une double nature, fonctionnalistes et/ou historiques (ces problèmes se focalisent sur l'explication du fonctionnement des vivants et de la Terre et ils tentent de reconstituer leur histoire). Nous savons aussi qu'il est illusoire d'en fournir des définitions univoques, comme l'a montré A.-M. Drouin dès la fin des années 1980 (Drouin, 1988). Et même si d'autres chercheurs didacticiens des sciences se sont emparés depuis de cette question (Martinand, 1992 ; Orange 1994, 1997 ; Desbeaux-Salviat et Rojat, 2006 ; Coquidé, 2008), force est de constater que ceux-ci ne s'accordent pas toujours. C'est aussi le cas des textes institutionnels récents. Bien que la tâche ne soit pas aisée, il nous paraît cependant utile de la poursuivre. Quelles formes de modèles permettent de tenir la double dimension des SVT ? À quelles conditions les élèves peuvent-ils s'approprier les fonctions heuristiques de ces modèles dans ce contexte disciplinaire ? Nous instruirons ces questions, en sciences de la Terre principalement, par l'étude de la place que prennent la modélisation

et les modèles dans les programmes d'enseignement et la mise en valeur des modèles dominants dans l'exercice de la classe. Puis nous mettrons en comparaison la manière dont la modélisation et les modèles des scientifiques et ceux proposés aux élèves intègrent, dans les explications ou les reconstitutions historiques, les rapports complexes entre le présent et le passé d'une part, entre le temps et l'espace d'autre part. Nos approfondissements, fortement étayés épistémologiquement, reposent sur l'idée que la construction de savoirs scientifiques exige un véritable travail des problèmes (une problématisation).

II. Plusieurs approches des modèles et de la modélisation dans les programmes d'enseignement scientifique récents

2 En France, modèles et modélisation sont pris en considération par les programmes scientifiques récents (1999-2015) du collège et du lycée et dans le socle commun de connaissances et de compétences (S3C, 2006) devenu socle commun de connaissances, de compétences et de culture (S4C, 2015), sans qu'il soit d'emblée aisé de reconnaître une cohérence dans leur place et leur fonction. Depuis la fin des années 1990, ces instructions officielles se sont profondément renouvelées, avec le souci de faire aimer la science aux élèves, de se conformer du mieux possible à ses pratiques, de veiller à installer une progressivité et une cohérence d'ensemble dans les apprentissages.

3 - L'introduction relative à l'enseignement des sciences au lycée (MEN, 1999) situe la modélisation au sein de l'activité scientifique et envisage la manière dont elle peut être interprétée pédagogiquement, à savoir en articulation avec l'observation et l'expérience : « *L'exercice de modélisation du réel est sans doute la démarche la plus importante et aussi la plus difficile dans la démarche scientifique* » ; « *le développement des sciences se fait par un va-et-vient entre l'observation et l'expérience d'un côté, la conceptualisation et la modélisation de l'autre* » - ce qui s'oppose à un « *exposé axiomatique de la science déjà faite* » (p. 5).

4 - Les programmes du primaire et du secondaire édités au cours des années 2000 insistent sur l'acculturation scientifique des élèves et ils donnent de l'importance aux démarches d'investigation à pratiquer tout au long du cursus. Si nous prenons en exemple l'enseignement des SVT du collège, son objectif est de permettre aux élèves de « *comprendre le monde* » et « *d'expliquer le réel* » (MEN, 2008, p. 9). Les collégiens doivent être véritablement parties prenantes de la construction de savoirs scientifiques, au travers d'une démarche d'investigation « *fondée sur l'observation de phénomènes perceptibles à différentes échelles d'organisation et des manipulations, expérimentations ou modélisations permettant de répondre à des questions, d'éprouver des hypothèses explicatives et de développer l'esprit critique* » (*ibidem*, p. 9). Dans une telle démarche, la modélisation est mise en avant au même titre que l'observation, des manipulations et des expérimentations mais, nous semble-t-il, après que tous ces autres processus ont été explorés et avec l'idée qu'elle peut remplacer l'expérimentation, ce qui est un contresens épistémologique.

5 - Dans les programmes scientifiques du lycée général (MEN, 2010a, 2010b, 2011), notamment ceux de SVT, la démarche d'investigation prend tout son sens dans la continuité du collège et de l'école. Définie par une succession d'étapes (donc linéarisée, au contraire de sa présentation à l'école et au collège), elle recourt à des activités pratiques dès que cela est possible. Mais elle doit aussi confronter les élèves à une pluralité de

méthodes et d'outils : « *ainsi, chaque élève rencontrera dans les meilleures conditions l'occasion d'aller sur le terrain, de disséquer, de préparer et réaliser des observations microscopiques, d'expérimenter avec l'aide d'un ordinateur, de modéliser, de pratiquer une recherche documentaire en ligne, etc.* » (préambule sur les SVT au lycée que l'on retrouve dans les programmes de seconde [2010a, p. 3], première et terminale scientifiques [2010b, p. 27 ; 2011, p. 2]). Comme au collège, la modélisation a une certaine importance… bien que reléguée dans une position subalterne par rapport au « concret », au vu de la place qu'elle occupe dans les énumérations des caractéristiques des démarches.

6 Dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre, la modélisation est mise au cœur du travail des problèmes de représentation et d'explication du monde, dans une relation ambigüe vis-à-vis du registre empirique (monde des observations et des expériences) :

7 - soit elle relève du registre des explications et son développement est étroitement articulé à la construction d'un registre empirique ;

8 - soit elle est vue comme l'un des derniers recours à mobiliser lorsque le fonctionnement du registre empirique (observation, expérimentation) atteint ses limites. Elle serait alors le « parent pauvre » de ce registre.

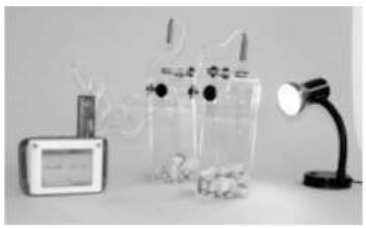
9 À cela s'ajoute le fait que les SVT auraient à recourir à des modèles auprès des mathématiques. Celles-ci seraient pourvoyeuses de modèles, pour développer en particulier la pensée logique et les capacités d'abstraction des élèves (S3C : MEN, 2006) ou pour se nourrir des questions posées par les autres domaines de connaissance et pour les nourrir en retour (S4C : MEN, 2015). Cela oblige à questionner les rapports qu'entretiennent ces deux disciplines, leurs spécificités et leurs convergences épistémologiques, ainsi que la prise en compte de la dimension historique des SVT dans d'éventuels modèles mathématiques.

III. La suprématie des modèles analogiques dans les programmes de SVT

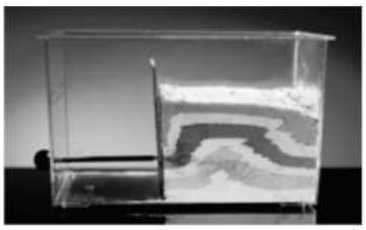
10 Le raisonnement analogique, c'est-à-dire la représentation d'un système matériel par un autre système matériel ayant des propriétés semblables au regard du problème travaillé, est commun chez les scientifiques (l'histoire des sciences en fournit de nombreux exemples ; Dugas, 1959 ; Canguilhem, 1983) et en situation scolaire d'apprentissage (Orange Ravachol, 2003 ; Crépin-Obert, 2011). Il ne paraît donc pas étonnant que la modélisation analogique soit particulièrement valorisée dans les programmes de SVT. Elle renvoie à ce que les enseignants, les manuels et les fournisseurs de matériel appellent communément « maquettes ». Celles-ci sont très utilisées par les enseignants, au point qu'elles deviennent, pour beaucoup d'entre eux, synonymes exclusifs de « modèles ». Pour les enseignants, les « maquettes » sont des dispositifs « concrets » censés aider à décrire et à expliquer un fonctionnement par « quelque chose » qui « fonctionne comme ». La figure 1* en donne quelques exemples, choisis à titre d'illustrations à différents niveaux d'enseignement du secondaire : le modèle des courants océaniques (Sordalab) ; la maquette ventilation pulmonaire (Jeulin) ; le modèle « écosystème » pour l'étude de l'effet de serre (Sordalab) ; le modèle Tectodidac (Pierron) destiné à reproduire les mouvements tectoniques.

Circulation des courants océaniques (http://www.sordalab.com, consulté le 15-01-16)

La ventilation pulmonaire (www.jeulin.fr, consulté le 15-01-16)



L'effet de serre (http://www.sordalab.com, consulté le 15-01-16)



Tectodidac pour reproduire les déformations dans une chaîne de montagnes (www.pierron.fr , consulté le 15-01-16)

Figure 1. Exemples de maquettes utilisées dans l'enseignement des SVT

11 Ce recours aux maquettes, apprécié des enseignants de SVT, s'accorde avec l'importance qu'ils donnent en biologie et en physiologie aux organes et aux molécules (voir par exemple les modèles de la ventilation pulmonaire et de la circulation sanguine, la modélisation des deux types de réactions immunitaires) et, plus largement, aux objets biologiques. En sciences de la Terre (géologie), ce sont les structures tectoniques (plis, failles, etc.) qui sont prégnantes, ce qui traduit, là aussi, une orientation vers cette forme de modélisation.

12 Cette modélisation analogique présente cependant des limites. Plus proche de la pensée et de l'expérience commune des élèves, elle peut leur apparaître plus « parlante ». Remarquons cependant combien elle est porteuse d'implicites : dans Tectodidac par exemple, pourquoi prendre un même matériau pulvérulent pour mimer toutes les strates sédimentaires ? Elle évite aussi certains problèmes biologiques d'importance, en particulier le problème des échanges pulmonaires « air-sang » avec la maquette de la ventilation. Elle élude les rapports au temps complexes qu'entretiennent les phénomènes biologiques et géologiques. N'est-ce pas d'ailleurs un des intérêts de Tectodidac qu'affiche le fournisseur Pierron : reproduire « *en quelques minutes les mouvements terrestres de plusieurs millions d'années !* » (Pierron Éducation, service en ligne, 2016) ? Notons enfin que cette modélisation analogique ne permet pas de rendre compte de certains fonctionnements, notamment ceux qui dépassent de simples explications par mise en histoire. Ajoutons que dans la mesure où ces maquettes exigent de la manipulation, leur usage risque d'être rapporté non plus à la construction d'une explication mais à la mise à l'épreuve par l'empirie de cette explication (autrement dit à de l'expérimentation). C'est d'ailleurs une méprise que nous avons repérée dans les instructions officielles (voir la section II de cet article).

IV. La prise en compte du temps dans les modélisations

13 L'utilisation des modèles dans l'enseignement des SVT reflète la difficulté de prendre en compte leur tension entre sciences fonctionnalistes et sciences historiques et, en conséquence, le rapport complexe qu'elles entretiennent avec le temps. Leurs problèmes se focalisent sur l'explication du fonctionnement des vivants et de la Terre en même temps qu'ils tentent de reconstituer leur histoire, dans des temporalités qui les obligent à établir des liens particuliers entre le présent et le passé, d'une part, entre le temps et l'espace, d'autre part, avec la nécessité de produire des explications et des histoires particulièrement contrôlées. C'est là qu'entre en jeu le principe méthodologique de l'actualisme, « *pont qui permet à notre imagination de se transporter du présent jusqu'au passé et d'évoquer, avec une certaine confiance dans son exactitude, la vision des faits qu'aucun œil humain n'a contemplés* » (Hooykaas, 1970, p. 2 /1963, p. 12) et qui stipule que « *les causes qui ont agi au long de l'histoire de la Terre ne diffèrent point essentiellement des causes géologiques actuelles* » (Gohau, 1997, p. 140).

IV. 1. Le principe de l'actualisme permet d'exporter du présent dans le passé

14 L'utilisation du principe de l'actualisme permet d'exporter de manière contrôlée du présent dans le passé. C'est ce qui se passe lorsqu'on tente d'expliquer des parentés structurales entre organismes fossiles et organismes actuels, ou encore entre pillow-lavas sises au sein de massifs montagneux et pillow-lavas océaniques présentement en formation. Illustrons ce dernier cas (figure 2). Les pillow-lavas résultent de la solidification de laves en milieu aquatique, comme le volcanisme sous-marin des dorsales actuelles en rejette. L'identification de pillow-lavas aériennes, dans le Massif alpin du Chenaillet par exemple, laisse penser qu'un processus ancien comparable en est à l'origine. C'est une manière contrôlée de reconstituer le passé terrestre. Remarquons qu'à vouloir ainsi construire une histoire géologique raisonnée, tout se passe comme si on rendait le passé semblable au présent, autrement dit comme si on « tuait » l'histoire. C'est lorsque cet actualisme élaboré ne peut plus fonctionner qu'il devient nécessaire de recourir à des événements singuliers dans le temps et l'espace (Orange Ravachol, 2012).

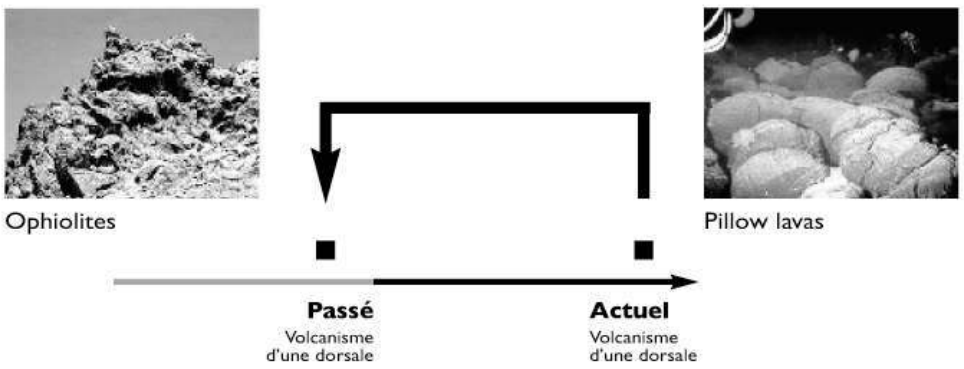


Figure 2. La mise en jeu d'un « actualisme simple »

IV. 2. Le principe de l'actualisme permet de faire du temps avec de l'espace (et réciproquement)

15 Prenons l'exemple d'un pli rocheux du paysage (le pli faille de Sassenage ; figure 3) de dimension hectométrique. On reconnaît en son sein des strates dont le contenu s'apparente à des dépôts sédimentaires récents parfaitement horizontaux.

Figure 3. Le pli/faille de Sassenage en Isère

16 Ces dépôts sédimentaires observables actuellement pourraient représenter un état initial des formations rocheuses du pli. Un modèle de plissement en contexte compressif serait alors à envisager pour expliquer leurs déformations. Le problème nait du fait que, dans la nature actuelle, des compressions existent mais beaucoup plus modestes en terme de raccourcissement que celles qu'il faut imaginer. Faudrait-il se défaire du principe de l'actualisme ? Non, car dans sa forme complexifiée, il est tout à fait opérationnel et, qui plus est, heuristique. Il oblige en effet à construire la nécessité d'un temps long durant lequel s'exercent ces compressions modestes (figure 4).

17 Ainsi un pli peut-il se former. L'obtention d'une chaîne de montagnes alpine relève de ce type de modélisation, où il se construit la nécessité d'un temps long producteur d'un (de) phénomène(s). Autant de conditions qui empêchent de basculer dans du catastrophisme commun, où des événements ad hoc affectent des éléments du système auquel on s'intéresse. En bref, où on ferait du *storytelling*.

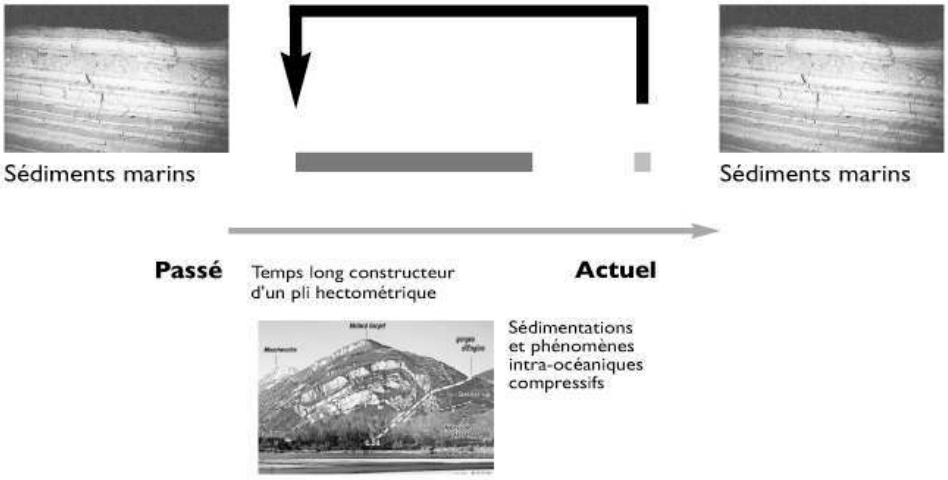


Figure 4. La mise en jeu de l'actualisme producteur d'un phénomène (ici un pli rocheux hectométrique)

18 Ainsi, dans le cadre des problèmes historiques, la modélisation construit la nécessité de plusieurs formes de temps (temps long constructeur d'un (de) phénomène(s) mais aussi événements), en mobilisant le principe d'actualisme et en écartant un catastrophisme de sens commun. Le catastrophisme n'est pas pour autant totalement abandonné. En effet, comme l'écrit l'épistémologue Whewell (1794-1866), « *the Catastrophist constructs theories, the Uniformitarian demolishes them* » (Aphorism CX, Whewell, 1847, p. 465). Le travail d'un problème historique de SVT articule donc, avec vigilance, ouverture et fermeture de possibles car, si plusieurs types de scénarios peuvent être envisagés, tous ne peuvent pas être retenus. Leur contrôle s'appuie sur des expériences de pensée mettant en jeu le principe d'actualisme. Ce principe permet d'exporter « tels quels » des phénomènes actuels en n'importe quel point du passé, ou encore d'intégrer des phénomènes actuels épars pour construire, *via* du temps long, de nouveaux phénomènes. Porté à ses limites, il va jusqu'à rendre l'événement nécessaire.

V. La prise en compte du temps et de l'espace dans les modèles analogiques

19 À mieux comprendre comment se travaillent les problèmes historiques pris en charge par les sciences de la nature, les sciences de la Terre en particulier, nous pourrions penser que la modélisation analogique n'y a pas vraiment sa place. En fait, les pratiques de recherche des scientifiques en montrent la nécessité et le degré de sophistication.

V. 1. Chez les scientifiques, des modélisations analogiques sophistiquées

20 Le problème géologique de la formation d'une chaîne de montagnes intracontinentale figure dans de nombreux programmes de recherche en géosciences. Au laboratoire de Montpellier, il participe à l'axe Géodynamique et son étude est couplée à celle d'autres phénomènes géologiques (érosion, sédimentation, climat), un type d'approche largement partagé au sein de la communauté des scientifiques.

21 Le problème de la formation d'une chaîne de montagnes se construit donc de manière multi-dimensionnelle : il renvoie à des reconstitutions historiques et à des aspects actuels du fonctionnement de la Terre ; il met en jeu des processus simultanés et/ou s'enchaînant ; il oblige à considérer de nombreux paramètres ; il va même jusqu'à se conjuguer à des préoccupations sociétales (notamment ce qui concerne les risques naturels : séismes, glissements de terrain, tsunamis), avec toutes les difficultés que cela pose pour sa problématisation. C'est dans ce contexte que la modélisation analogique (*analogue modelling*) devient nécessaire pour les chercheurs. Dans la conférence qu'il a donnée à l'Université de Lausanne en juin 2010[1], Malavieille[2] l'exprime ainsi :

> On a un gros problème quand on arrive sur le terrain, c'est qu'on approche en général un objet géologique qui est tridimensionnel, donc cet aspect en trois dimensions n'est pas facile à percevoir pour le commun des mortels. Tout le monde n'y arrive pas donc il faut trouver des outils qui permettent de comprendre ces structures en trois dimensions. L'autre difficulté, c'est que les structures en trois dimensions qu'on observe sont généralement le résultat d'une histoire géologique longue et complexe. Donc cette histoire géologique aussi, ça fait intervenir une démarche intellectuelle pour la reconstituer qui n'est pas du tout évidente. Alors l'intérêt de l'approche expérimentale[3] [...], c'est que justement, elle permet d'avoir accès à tous ces paramètres à la fois.

22 Les géologues assimilent la Terre à un objet complexe pris dans une histoire évolutive. Pour étudier son fonctionnement et son histoire, ils recourent à un modèle à compartiments, avec des entrées/sorties de matière et d'énergie qu'ils concrétisent par des modélisations analogiques (Figure 5a). Celles-ci ont un fort pouvoir heuristique. Elles nourrissent considérablement les problématisations des scientifiques, en leur permettant de penser et de discuter des relations complexes entre compartiments, des transformations intrinsèques aux compartiments, des régimes de fonctionnement et des événements marquants de leur histoire. C'est ce que nous retenons de la revue très documentée qu'en font Graveleau, Malavieille et Dominguez (2012) : « *they aim at better understanding and quantifying how the studied geological processes or objects evolve in space and time* » *et aussi* « *these have provided many valuable insights on the action and retroaction loops, thereby improving our understanding of mountain dynamics, structures, kinematics, mechanics and building processes* » (p. 1).

Figure 5a.
Experimental set up used for coupling tectonic "sandbox" and "geomorphic" modelling approaches. Graveleau, F., Malavieille, J. and Dominguez, S. (2012), p. 56.

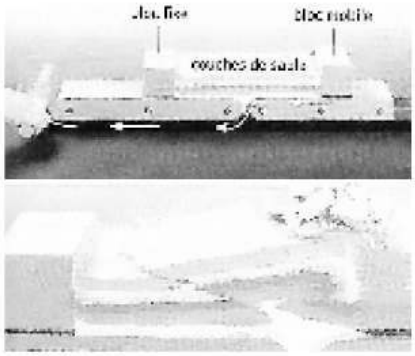


Figure 5b.
Modélisation des déformations dans une chaîne de montagnes.
Duco, A. (Dir.) (2011), p. 193.

Figure 5. Modélisations analogiques des scientifiques (5a) et en classe de 4e (5b, élèves de 13-14 ans)

V. 2. Les modélisations analogiques mises à la disposition des élèves

23 La figure 5 propose une comparaison entre la modélisation analogique des chercheurs et celle communément réalisée en classe de sciences (collège et lycée). La figure b est celle qui est mise à la disposition des élèves dans le cadre de l'explication de la formation d'une chaîne de montagnes intracontinentale. Dans le manuel où elle se trouve, elle est conçue pour « *comprendre les conséquences du rapprochement des plaques* » (Duco, 2011, p. 193). Sans entrer dans une comparaison exhaustive de ces « maquettes », il nous semble intéressant de faire ressortir les points suivants :

- Dans la modélisation des scientifiques comme dans celle proposée aux élèves, les plaques sont représentées avec une certaine complexité (un choix particulier de matériaux et plusieurs « couches » de matériaux) ;
- La Modélisation des scientifiques est étudiée selon les trois dimensions de l'espace et elle occupe une surface suffisamment importante pour limiter les effets de bord. La modélisation qu'étudient les élèves est davantage faite pour orienter leur attention sur ce qui est obtenu en coupe, soit en deux dimensions seulement.
- La Modélisation des scientifiques fait intervenir simultanément plusieurs processus (l'orogenèse[4], la tectogenèse et l'érosion). Quant à la modélisation des élèves, elle se focalise sur les déformations et leur origine.

24 Au contraire de ce que font les scientifiques, tout semble donc concourir dans la classe à une simplification de la modélisation analogique, par la limitation des facteurs en jeu, le cantonnement dans un espace à deux dimensions et le rabat sur du temps linéaire. Cela ne peut que consolider la tendance au *storytelling* des élèves que nous avons déjà repérée.

VI. Conclusion

25 Cette étude nous a permis de voir que, sans négliger la complexité et l'importance de la modélisation dans l'activité scientifique, les instructions officielles en cours dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre en limitent l'importance et la portée dans les démarches qu'elles encouragent pour les élèves. En effet, elles la considèrent plutôt comme un ersatz de l'observation et de l'expérimentation et la réduisent bien souvent à de la modélisation analogique. Il ne faudrait cependant pas penser qu'elles négligent totalement son rôle dans la construction d'explications en classe de sciences. Pour preuve la grande partie consacrée à l'histoire du modèle de la tectonique des plaques dans le programme de première scientifique (MEN, 2010b), qui conduit inévitablement à envisager ce rôle.

26 Un autre point fort ressort de notre étude. Il tient au mouvement d'ensemble prévalant dans la modélisation, selon que l'on s'intéresse à celle des scientifiques ou à celle conduite en classe.

- Chez les scientifiques, la modélisation sert grandement le développement et le travail d'idées explicatives. Les modèles sont surtout des outils pour penser et abstraire, sans que soit oubliée leur fonction pour prévoir et agir.
- Dans la classe, des modèles théoriques peuvent être introduits mais le travail et la discussion sur ce qui les a rendus nécessaires sont minimisés. La tendance est à leur réification et à un

usage orienté par leur validation par quelques données empiriques. Peu de choses sur leur portée heuristique sont mises en valeur. Quant à leur concrétisation sous la forme de maquette analogique, elle a principalement vocation à illustrer et/ou à aider à la représentation concrète.

27 Dit autrement, il nous semble que la modélisation des chercheurs et celle pratiquée dans la classe relèvent d'un dynamisme antiparallèle : celle des premiers sert une montée en complexité et en abstraction ; la seconde, en se cantonnant dans une fonction d'illustration et de validation, entretient une descente simplificatrice. La mise en valeur d'un tel dynamisme interroge, tant du côté de la recherche en didactique, pour conduire des études à « grain plus fin » que ce que nous venons de faire, que du côté de la formation des enseignants, dès lors qu'ils considèrent la recherche scientifique comme la pratique sociale de référence pour le fonctionnement de la classe de sciences.

BIBLIOGRAPHIE

Canguilhem, G. (1983). *Études d'histoire et de philosophie des sciences*. Paris : Vrin.

Coquidé, M. (2008). Réel, modélisation et simulation dans l'enseignement des sciences de la vie ». *Biologie-Géologie, Bulletin APBG, 2, 85-95*.

Crépin-Obert, P. (2011). Raison ou obstacle en histoire de la paléontologie en classe de collège : analogie ou analogisme ? *RDST, 3, 21-54.*

Desbaux-Salviat, B. et Rojat, D. (2006). Réalité et virtualité dans l'enseignement des sciences de la vie et de la Terre. *Aster, 43, 109-132*, http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/aster/RA043-06.pdf [consulté le 15/01/16].

Drouin, A.-M. (1988). Le modèle en question. *Aster, 7, 1-20*, http://ife.ens-lyon.fr/publications/edition-electronique/aster/RA007.pdf [consulté le 15/01/16]

Duco, A. (Dir.) (2011). *SVT 4e, nouveau programme 2009*. Paris : Belin.

Dugas, R. (1959). *La théorie physique au sens de Boltzmann*. Neuchâtel : Éditions du Griffon.

Gohau, G. (1997). De la méthode « actualiste » en géologie. *In* G. Gohau (Éd.), *De la géologie à son histoire*, (pp.139-149). Paris : CTHS.

Graveleau, F., Malavieille, J. & Dominguez, S. (2012). Experimental modelling of orogenic wedges: A review, *Tectonophysics, 538-540, 1-66*. http://www.academia.edu/1500083/Experimental_modelling_of_orogenic_wedges_A_review [consulté le 15/01/16]

Hooykaas, R. (1970). *Continuité et discontinuité en géologie et biologie.* Paris : Seuil. (The principle of uniformity in geology, biology and theology. Leiden : E.J. Brill, 1963, pour l'édition anglaise).

Martinand, J.-L. (1992). *Introduction. In Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences.* Paris : I.N.R.P.

Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie*. Paris : P.U.F.

Orange, C. (1994). Les modèles de la mise en relation au fonctionnement. *In* J.-L. Martinand (Coord.). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences* (pp. 25-45). Paris : I.N.R.P.

Orange Ravachol, D. (2003). *Utilisations du temps et explications en Sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques.* Thèse de doctorat, Université de Nantes. https://halshs.archives-ouvertes.fr/tel-00480254/document [consulté le 15/01/2016]

Orange Ravachol, D. (2012). *Didactique des sciences de la vie et de la Terre, Entre phénomènes et événements.* Rennes : P.U.R.

Pierron Education (2016). *Tectodidac®*, Service en ligne. http://www.pierron.fr/pi/produkt_detail.a4d?offrID=190023 [consulté le 15/01/16].

Whewell, W. (1847). *Philosophy of the inductive sciences*. London: John W. Parker, West strand.

MEN (1999). *Programme des lycées, Hors-série, n°6, 12 août 1999, volume 2*, http://www.education.gouv.fr/bo/1999/hs6/default.htm [consulté le 15/01/16].

MEN (2006). Socle commun des connaissances et des compétences, Décret du 11 juillet 2006, http://cache.media.education.gouv.fr/file/51/3/3513.pdf, [consulté le 15/01/16].

MEN (2008). Programme de collège. Programme de l'enseignement de sciences de la vie et de la Terre, *Bulletin officiel spécial n° 6 du 28 août 2008*, http://www.education.gouv.fr/cid22120/mene0817023a.html, [consulté le 15/01/16].

MEN (2010a). Programme de sciences de la vie et de la Terre en classe de seconde générale et technologique, *Bulletin officiel spécial n° 4 du 29 avril 2010*, http://media.education.gouv.fr/file/special_4/73/1/sciences_vie_Terre_143731.pdf, [consulté le 15/01/16].

MEN (2010b). Programme d'enseignement spécifique de sciences de la vie et de la Terre en classe de première de la série scientifique, *Bulletin officiel spécial n° 9 du 30 septembre 2010*, http://www.education.gouv.fr/cid53328/mene1019701a.html, [consulté le 15/01/16].

MEN (2011). Programme de l'enseignement spécifique et de spécialité de SVT. Classe terminale de la série scientifique, *Bulletin officiel spécial n° 8 du 13 octobre 2011*, http://media.education.gouv.fr/file/special_8_men/01/2/SVT_S_197012.pdf [consulté le 15/01/2016].

MEN (2015). Socle commun de connaissances, de compétences et de culture. *Bulletin officiel n° 17 du 23 avril 2015*, http://cache.media.education.gouv.fr/file/17/45/6/Socle_commun_de_connaissances,_de_competences_et_de_culture_415456.pdf, [consulté le 15/01/16].

NOTES

1. Colloque « Les géosciences au service de la société » en l'honneur du Professeur Michel Marthaler (24-26 juin 2010, Université de Lausanne).
2. Transcription : D. Orange Ravachol.
3. J. Malavieille fait ici référence à de la modélisation analogique.
4. L'orogenèse renvoie à la formation de reliefs, la tectogenèse à celle de structures tectoniques (exemple : plis, failles, chevauchement).

RÉSUMÉS

Les problèmes des sciences de la vie et de la Terre (SVT) sont fonctionnalistes et historiques. Comment la modélisation scientifique intègre-t-elle ces spécificités ? Quelles formes de modèles tiennent la double dimension de ces sciences ? Nous instruisons ces questions par l'étude de la place que prennent la modélisation et les modèles dans les programmes d'enseignement de SVT et par une comparaison entre la modélisation analogique des scientifiques et celle communément proposée aux élèves.

The problems of Life and Earth Sciences (SVT) are functionalist and historical. How does scientific modelling integrate these characteristics? Which models take into account the double dimension of these sciences? We deal with these questions by studying the place that modelling and models take in the curriculum, by identifying common models used in classrooms, by a comparison between scientists' analogue modelling and commonly analogue modelling proposed to the students.

INDEX

Mots-clés : chercheur/élève, modélisation analogique, sciences de la vie et de la Terre, temps/espace
Keywords : analogue modelling, Life and Earth Sciences, scientist/student, time/space

AUTEUR

DENISE ORANGE RAVACHOL

Professeur des universités en Sciences de l'Éducation (didactique des sciences), Université Charles de Gaulle - Lille 3, Théodile CIREL, EA 4354