Les savoirs géologiques et la société : entre problématisation et *storytelling*

Denise Orange Ravachol

CREN EA 2661
Université de Nantes
IUFM des Pays de la Loire
F – 44300 Nantes

E-mail:
denise.orange@univ-nantes.fr

In Reynard E., Laigre L. et Kramar N. (Eds) (2011). *Les géosciences au service de la société. Actes du colloque en l'honneur du Professeur Michel Marthaler*, 24-26 juin 2010, Lausanne (Géovisions n° 37). Institut de géographie, Université de Lausanne.

Introduction

Les problèmes dont s'emparent les géosciences suscitent l'intérêt du public, qu'ils renvoient à l'histoire de la Terre (crises biologiques), à des phénomènes spectaculaires (volcanisme, séismes) ou qu'ils soient directement en prise avec des enjeux sociétaux (les changements climatiques, la question des ressources naturelles). Dans une société où le partage du savoir des chercheurs et l'acculturation scientifique sont régulièrement mis en avant, quelles difficultés pose l'accès du plus grand nombre à des savoirs scientifiques et plus particulièrement à des savoirs géologiques ? C'est à cette question que se consacre notre contribution, en se focalisant sur la reconstitution de l'histoire de la Terre et les contrôles qu'elle exige. En prenant l'exemple de la formation d'une chaîne de montagnes, un problème cher à Michel Marthaler (2001), nous étudions d'une part comment les géologues parviennent à produire des explications scientifiques, d'autre part comment les élèves la reconstituent et quelles formes de raisonnement ils adoptent.

Qu'est-ce que « s'y connaître » en sciences de la Terre ?

Qu'est-ce que « s'y connaître » (Reboul, 1992) en sciences de la Terre ? La question vaut la peine d'être posée, la géologie s'employant non seulement à expliquer le fonctionnement de la Terre, mais aussi à reconstituer son histoire. Or, cette histoire terrestre propulse dans un passé s'étirant bien au-delà de la mémoire humaine, ce qui accroît le risque de se cantonner dans des spéculations difficilement contrôlables. Les géologues l'ont depuis longtemps compris. Sans abandonner le projet de reconstruire l'histoire « réelle » de la Terre, ils se dotent de gardes fous. Ainsi en est-il du principe méthodologique de l'actualisme (on dit aussi principe des causes actuelles ; l'adjectif « actuel » de l'expression « principe des causes actuelles » résulte d'une mauvaise traduction de l'anglais *actual*. Il signifie *réel* et non *actuel*), véritable instrument de contrôle des reconstitutions historiques et d'accès à la matérialité et à la signification des archives de la Terre. Voici comment l'historien des sciences Gohau le définit (1997 : 140) : il s'agit d'un principe qui affirme que « *le présent est la clef du passé* » ou que « *les causes qui ont agi au long de l'histoire de la Terre ne diffèrent point essentiellement des causes géologiques actuelles (érosion, transport, sédimentation, métamorphisme, volcanisme, plissement et soulèvement des montagnes)* ». Pour saisir l'importance de ce principe, ajoutons que l'épistémologue Hooykaas (1970 : 11) n'en fait rien moins que « *le 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 de faits qu'aucun œil humain n'a contemplés* ». Une condition pour s'y connaître en reconstitution du passé de la Terre est donc de recourir consciemment au principe de l'actualisme.

L'histoire des sciences de la Terre donne à voir le rôle majeur tenu par le principe de l'actualisme dans le fonctionnement de ces sciences depuis leur émergence (XVIIe-XIXe siècles) en tant que sciences historiques. Il contribue en effet à les affranchir des cosmogonies et du catastrophisme qu'elles véhiculent (Hooykaas, 1970 : 114) et il

écarte des interprétations à la lettre des textes religieux. Mais il est d'une utilisation exigeante. Les grandes controverses du XIXe siècle en attestent, au premier rang desquelles se trouvent celles en lien avec le problème de la formation des chaînes de montagnes. Car, si la nature présente est un vivier de causes géologiques exportables dans le passé, peut-elle les contenir toutes ? Assurément non. L'exemple d'une surrection montagneuse est de ce fait particulièrement parlant. Pour ne pas lâcher l'actualisme, il est nécessaire d'inventer des phénomènes anciens ayant des parentés avec des phénomènes actuels. Si la nature actuelle ne donne pas à voir l'intégralité de certains phénomènes anciens, à tout le moins devons-nous admettre qu'elle en fournit des bribes qu'il s'agit d'intégrer sur un temps long de façon à reconstituer le phénomène entier. Pour reprendre Bergson (1981 : 341), « *le temps est invention* », mais sous contrôle, puisque ces expériences de pensée théoriques s'articulent nécessairement à la construction et à la mise en jeu de contraintes empiriques.

La construction de savoirs raisonnés sur la formation d'une chaîne de montagnes

Comment les géologues parviennent-ils à reconstituer scientifiquement la formation d'une chaîne de montagnes ? Quels usages font-ils du principe de l'actualisme ? Pour travailler ces questions, nous nous appuyons sur l'entretien que nous a accordé le tectonicien André Michard (Orange Ravachol, 2003). Le souci des géologues, nous dit-il, est de construire un scénario explicatif fonctionnel et vraisemblable dans un contexte de tectonique des plaques. Le principe de l'actualisme y contribue, et c'est de manière indirecte que nous en saisissons le rôle, sur l'exemple de la mise en place des ophiolites.

Lorsque Michard évoque le travail de ce problème par les géologues, il s'attarde peu sur la genèse de ce cortège de roches : « *La communauté scientifique actuelle dans son ensemble reconnaît une origine océanique aux ophiolites* ». La mise en correspondance avec des phénomènes actuels perceptibles par l'homme (le magmatisme d'une dorsale océanique) n'est pas problématique. Nous y voyons la mobilisation aisée d'un actualisme de premier niveau (actualisme d'analogie).

Lorsqu'il s'agit d'expliquer des phénomènes orogéniques et tectoniques, Michard s'arme de précautions. D'une part, la question des charriages est encore discutée : des chercheurs minimisent de tels déplacements et le terrain montre ses limites. D'autre part, des processus à l'œuvre dans la nature actuelle font figure d'images éparses d'une obduction : « *il existe un cisaillement intra-océanique et même des zones où une obduction est en cours* » (Nouvelle Calédonie, Nouvelle Guinée ou Taïwan). Il faut donc reconnaître que l'obduction ne se livre pas en totalité aux yeux des chercheurs. Alors, ils l'inventent, par des expériences de pensée qui mobilisent le principe de l'actualisme et construisent la nécessité d'un temps long producteur de phénomènes (Fig. 1).

La reconstitution de l'histoire réelle d'une chaîne de montagnes exige donc d'envisager des processus actuels producteurs de reliefs et de structures et de les imaginer sur une durée qui dépasse le temps humain, dans les limites imposées par le cadre

théorique de la tectonique des plaques. La pratique de cette forme élaborée du principe de l'actualisme (actualisme de second niveau) est aussi la marque de l'activité du géologue.

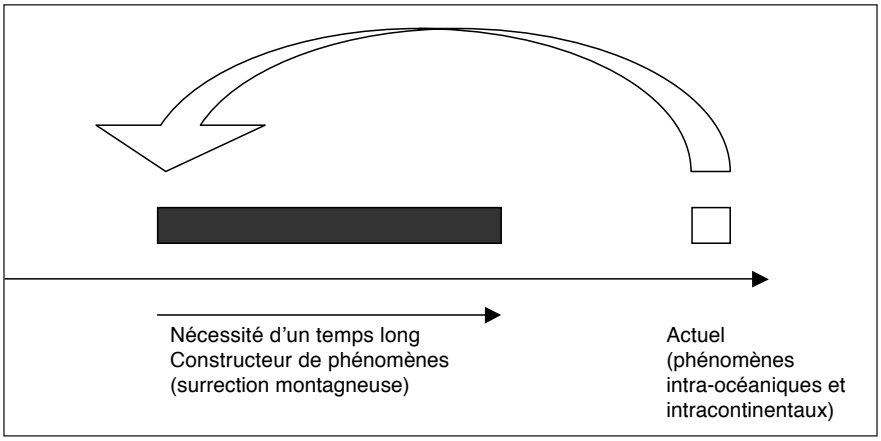

Fig. 1 : Principe de l'actualisme et explication de l'orogenèse.

Avant d'en venir au fonctionnement intellectuel des élèves, nous sommes à même de caractériser la démarche de problématisation du scientifique travaillant le problème historique de la formation d'une chaîne de montagnes. Dans le cadre théorique de la tectonique des plaques, il co-construit et articule un registre empirique (données de terrain et de laboratoire) et un registre de scénarios fonctionnels possibles (Fig. 2). L'actualisme fait figure de principe structurant de cette co-construction complexe et, en conséquence, de condition de possibilité d'une reconstitution historique raisonnée. Il fonctionne à la croisée d'un système de tensions, dont celle qui tend à lui substituer un catastrophisme immédiat.

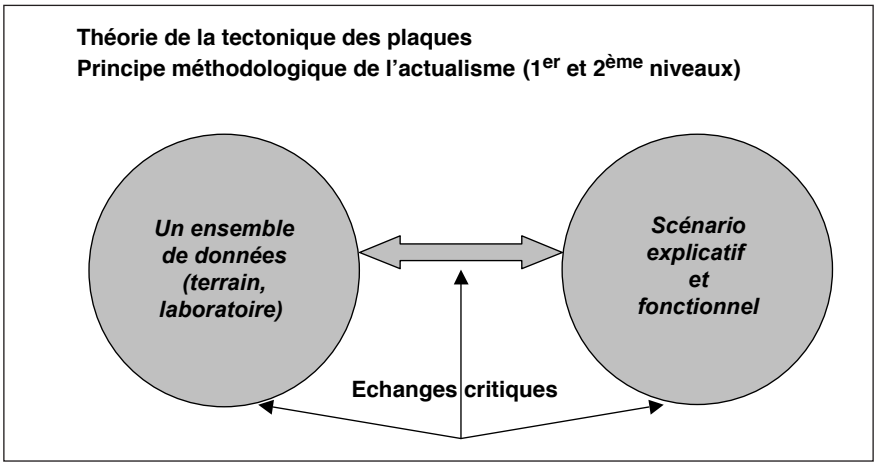

Fig. 2 : Fonctionnement de la reconstitution de la formation d'une chaîne de montagnes par les géologues.

L'explication de la formation d'une chaîne de montagnes par des profanes

Pour le problème de la formation d'une chaîne de montagnes, nous venons de voir que les géologues mettent leurs recherches sous surveillance épistémologique et qu'ils sont capables de produire des scénarios raisonnés parce que sous-tendus par une articulation de pratiques théoriques et empiriques, au sein desquelles le principe méthodologique de l'actualisme tient une place non négligeable. Comment des profanes s'emparent-ils de ce même problème, quelles formes de raisonnement adoptent-ils, quel rapport à l'actualisme entretiennent-ils ? Notre choix se porte sur des élèves de collège (13-14 ans) et de lycée (16-17 ans). Leurs travaux prennent place au début d'une séquence d'apprentissage. Tous ont étudié les aspects globaux de la tectonique des plaques (accrétion, subduction). Les collégiens doivent expliquer la formation de la chaîne himalayenne, les lycéens la mise en place d'ophiolites alpines (Tabl. 1).

Collégiens (13/14 ans)	**Lycéens (16/17 ans)**
Expliquez comment s'est formée une chaîne de montagnes telle que l'Himalaya. Vous répondrez par un texte et des schémas mettant en jeu la lithosphère.	Expliquez la formation et la localisation des ophiolites du Chenaillet.
Recherche individuelle, puis en groupe	*Recherche individuelle*

Tabl. 1 : Problèmes relatifs à la formation d'une chaîne pris en charge par les élèves.

Les explications des collégiens

Lorsqu'on demande à des élèves de quatrième (13-14 ans) d'expliquer la formation de l'Himalaya, ils font généralement intervenir des processus de rencontre et d'affrontement de plaques (Fig. 3). Les mouvements de plaques qu'ils convoquent (une remontée vers le haut de deux plaques, le passage d'une plaque sous une autre, etc.) sont contingents (ils pourraient être autres), de circonstance (le besoin de relief est réglé par un bricolage d'objets géologiques) et rarement assujettis à des contraintes temporelles exigeantes (référence à des phénomènes actuels et convocation d'un temps long par exemple). Nous remarquons aussi qu'un certain nombre d'élèves fait intervenir les plaques jusqu'à leur collision, puis change d'objet pour la surrection montagneuse (Fig. 3a), comme s'il n'était pas envisageable pour eux que les plaques perdent leur intégrité. Ce sont autant de marques d'une mise en *petites histoires* de la formation d'une chaîne de montagnes. Les différents schémas de l'affiche de la figure 3a confortent notre interprétation. A la manière de deux personnages, deux plaques initialement éloignées se rapprochent, puis se heurtent, ce qui occasionne soit l'injection ascendante d'un matériau plus malléable (Fig. 3a), soit la remontée des deux plaques vers le haut (Fig. 3b). Au final, des reliefs sont construits en même temps que les plaques restent intactes. Ces propositions explicatives ne sont pas conformes aux explications scientifiques actuelles.

Les collégiens s'en tiennent donc principalement à expliquer la formation du relief, certes dans le cadre de la tectonique des plaques, mais sans en respecter les règles et sans se soucier de contraintes de temps. D'une certaine manière, tout est possible, pourvu que l'on obtienne une forme montagneuse. Les collégiens racontent de *petites histoires* de plaques (*storytelling*).

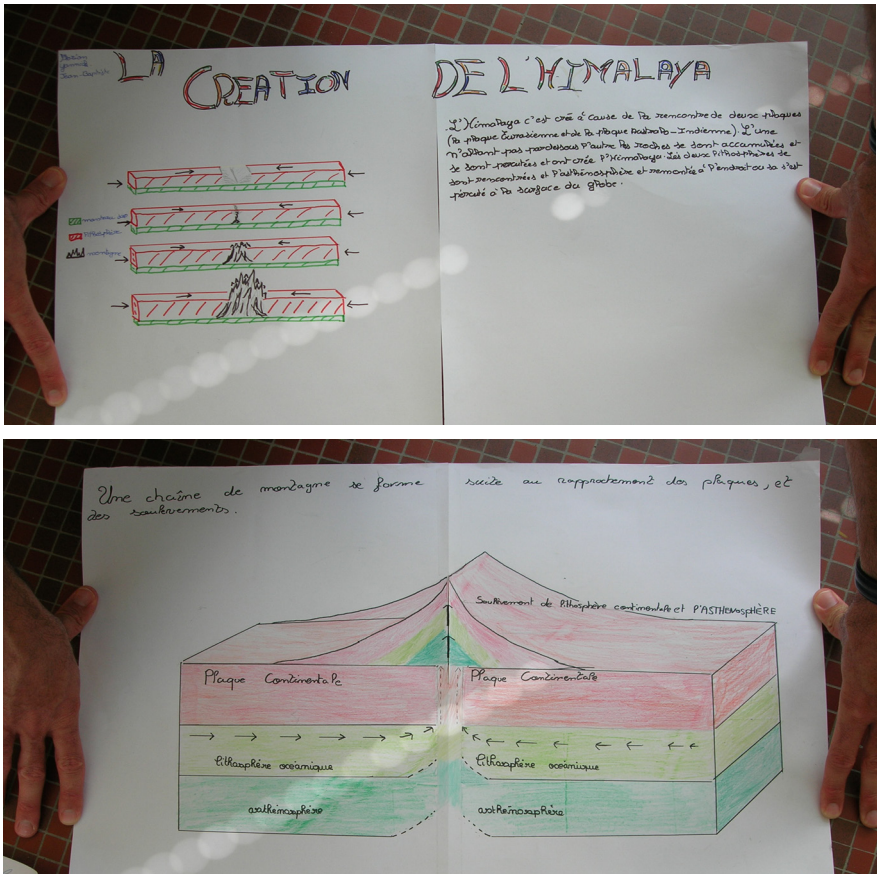

Fig. 3 : Formation d'une chaîne de montagnes selon des collégiens (13-14 ans). A. Transcription du texte : L'Himalaya s'est créée à cause de la rencontre de deux plaques, la plaque eurasienne et la plaque australo-indienne. L'une n'allant pas par dessous l'autre, les roches se sont accumulées et se sont percutées et ont créé l'Himalaya. Les deux lithosphères se sont rencontrées et l'asthénosphère est remontée à l'endroit où ça s'est percuté à la surface du globe. B. Transcription du texte : Une chaîne de montagnes se forme suite au rapprochement des plaques, et des soulèvements.

Les explications des lycéens

Confrontés au problème de la mise en place des ophiolites, les lycéens recourent eux aussi à du catastrophisme immédiat. Avec leur connaissance des phénomènes géologiques (en matière de possibles tectoniques et orogéniques notamment), nous constatons que ces élèves proposent des solutions qui se rapprochent davantage, en

apparence, de celles des chercheurs. Mais tout se passe comme s'ils se permettaient tout, sans règle ni contrôle, jusqu'à obtenir la configuration actuelle des formations géologiques étudiées. Comme des bricoleurs (Lévi Strauss, 1962), ils inventent le montage de la chaîne de montagnes avec les objets (fonds océaniques, plaques, etc.) et les outils (rapprochement, écartement, affrontement, failles inverses, etc.) dont ils disposent (Fig. 4). Rien de la nature actuelle ne leur sert véritablement de référence et la nécessité du temps long producteur de phénomènes n'est pas construite (Fig. 5). Ils sont bien loin de tenir le principe de l'actualisme constructeur de la nécessité de ce temps long (Fig. 1). Au mieux, ils se cantonnent dans un actualisme d'analogie. Globalement, ils proposent seulement des solutions à l'obtention d'une figure géologique. C'est la marque évidente d'un manque de problématisation géologique dont la condition réside dans la mobilisation du principe de l'actualisme. Comme les collégiens, les lycéens se rabattent sur une mise en histoire (*storytelling*).

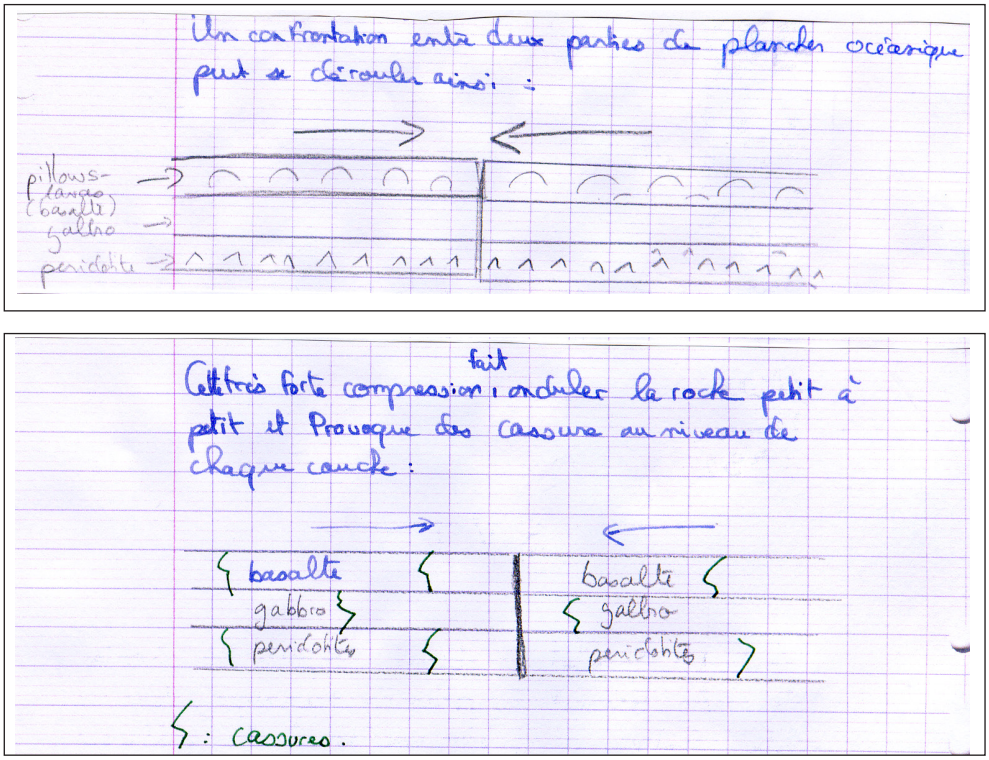

Fig .4 : Mise en place des ophiolites selon des lycéens (16/17 ans). A. Transcription du texte : Une confrontation entre deux parties de plancher océanique peut se dérouler ainsi. B. Transcription du texte : Cette très forte compression fait onduler la roche petit à petit et provoque des cassures au niveau de chaque couche. C. Transcription du texte : Les « blocs » brisés de chaque roche deviennent de plus en plus indépendants et le mouvement continu de compression les oriente alors plus facilement.

Comparaison des explications des collégiens et des lycéens

Chez le profane (dans nos exemples, des élèves de collège et de lycée avant apprentissage), la démarche de production d'un scénario de formation d'une chaîne de montagnes s'inscrit dans un cadre théorique de tectonique des plaques peu contraignant dans le temps et l'espace (Fig. 3 et 4). Elle met principalement en jeu du catastrophisme de premier niveau (tout s'envisage : remontée de plaques, passage d'une plaque sous une autre, etc.) (Fig. 5). Au mieux recourt-elle à un actualisme de premier niveau (actualisme d'analogie) faisant le plus souvent se conserver dans le temps non pas les processus, comme ce principe l'exige, mais les objets (la conservation des plaques par exemple). Au final, l'explication, généralement portée par un raisonnement linéaire (un élément du système prend valeur de personnage principal dont on suit l'évolution), reste une mise en histoire simple qui cantonne les élèves dans la pensée commune.

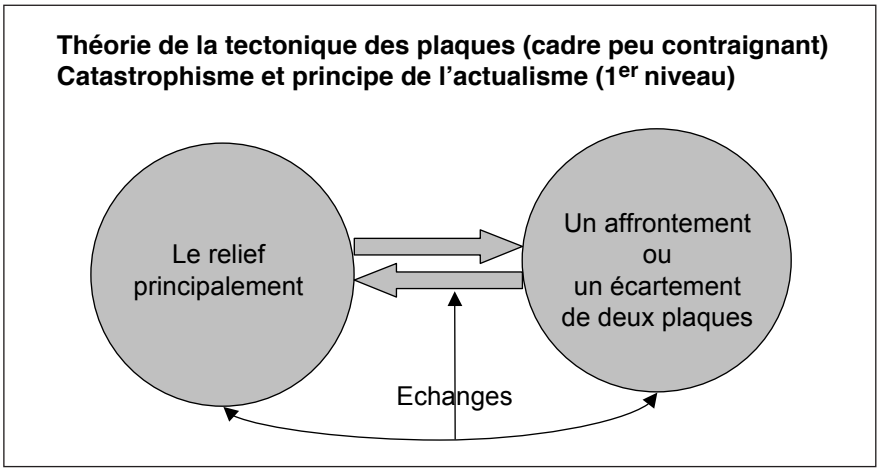

Fig. 5 : Reconstitution de la formation d'une chaîne de montagnes par des profanes (collégiens et lycéens avant apprentissage).

Conclusion

Sur les problèmes de géologie historique, les profanes ne travaillent pas exactement comme les scientifiques. Ils mobilisent instinctivement une actualisme analogique et un catastrophisme de circonstance (sans tenir compte des périodes longues de temps). Jamais ils ne font fonctionner un actualisme élaboré. A cela s'ajoute le fait que leurs explications sont de petites histoires comme la pensée commune a coutume d'en produire. Au lieu de construire des phénomènes, via l'actualisme, ils font des récits mêlant de manière peu contrôlée l'exceptionnel et l'ordinaire (Bruner, 1997 : 60), ils convoquent des événements ad hoc qu'ils enchaînent dans un syncrétisme de chronologie et de causalité et, lorsqu'ils mobilisent du temps long, c'est d'un temps long magique qu'il s'agit, parce que permettant de tout obtenir sur la durée (Orange Ravachol, 2010). Procédant ainsi, les élèves sont bien loin des pratiques des géologues, même si leurs solutions aux problèmes ressemblent à celles des

scientifiques. N'est-ce pas d'ailleurs ce qui distingue le profane du scientifique ? Comme l'écrit Roqueplo (1974 : 104), le profane, « *étranger à la pratique, peut-il comprendre quoi que ce soit du discours de la science si on ne lui met pas « un peu de chair autour du squelette* » ? ». Comment les conduire alors à se défaire d'une telle tendance ? Comment les amener à « s'y connaître » en géologie ? Nous voyons plusieurs pistes complémentaires pour y parvenir :

- renforcer l' « expérience » empirique mais aussi théorique des profanes (les élèves, le grand public, etc.) de sorte qu'ils soient en mesure de se démarquer des solutions immédiates et d'examiner certains scénarios possibles de la Terre (ouverture de possibilités) ;
- permettre aux profanes de contrôler leurs histoires géologiques, avec un œil critique (débat leur permettant de développer des raisons) ;
- faire comprendre aux profanes qu'un savoir scientifique ne se limite pas aux solutions des problèmes et qu'il est tout aussi important de savoir pourquoi ces solutions sont possibles quand d'autres sont impossibles. Cela oblige à concevoir la construction du savoir comme une problématisation (Fabre & Orange, 1997) et à l'unir étroitement à des pratiques. Ce serait une façon de dégager les reconstitutions du passé de la Terre du bon sens et de l'empirisme immédiat qui conduisent inévitablement à une histoire rudimentaire et de les considérer comme une problématisation productrice de raisons d'une grande histoire.

Bibliographie

Bergson H. (1981). *L'évolution créatrice*. Paris, Quadrige/PUF.

Bruner J. (1997). … *Car la culture donne forme à l'esprit.* Paris, Eshel.

Fabre M., Orange C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *ASTER*, 24, 37-57. Disponible sur : http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/8550 (consulté le 10-01-11).

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

Hooykaas R. (1970). *Continuité et discontinuité en géologie et biologie*. Paris, Seuil.

Lévi-Strauss C. (1962). *La pensée sauvage*. Paris, Plon.

Marthaler M. (2001). *Le Cervin est-il africain ?* Lausanne, Editions L.E.P. Loisirs et Pédagogie.

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. Disponible sur : http://tel.archives-ouvertes.fr/index.php?halsid=1ufqci48pj022jvrqfq2jj6nd1&view_this_doc=tel-00480254&version=1 (consulté le 10.01.11).

Orange Ravachol D. (2010). *Problématisations fonctionnaliste et historique dans la construction de savoir et les apprentissages en sciences de la Terre et de la vie : entre continuité phénoménale et discontinuité événementielle*. Mémoire de recherche pour l'Habilitation à Diriger des Recherches, Université de Nantes.

Reboul O. (1992). *Les valeurs de l'éducation*. Paris, PUF.

Roqueplo P. (1974). *Le partage des savoirs, science, culture, vulgarisation*. Paris, Seuil.