Magmatisme et conditions de construction de textes de savoirs problématisés au collège

Magmatism and conditions of construction of problematized knowledge texts at middle school

Hanaà Chalak

Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/ree/9163>

DOI : 10.4000/ree.9163

ISSN : 1954-3077

Éditeur

Nantes Université

Référence électronique

Hanaà Chalak, « Magmatisme et conditions de construction de textes de savoirs problématisés au collège », *Recherches en éducation* [En ligne], HS5 | 2013, mis en ligne le 01 mars 2013, consulté le 25 janvier 2022. URL : <http://journals.openedition.org/ree/9163> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/ree.9163>

Recherches en éducation est mise à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

Magmatisme et conditions de construction de textes de savoirs problématisés au collège

Hanaà Chalak¹

Résumé

Les savoirs scolaires tels qu'ils sont présentés aux élèves semblent se limiter selon certaines recherches à des textes propositionnels dévoilant les résultats de la science sans aucune corrélation aux problèmes. Pour étudier les conditions de construction de textes de savoirs problématisés, nous avons mis en place, au sein d'une équipe de recherche, une séquence « forcée » en classe de quatrième traitant le problème du fonctionnement des volcans. Nous analysons les textes de savoirs produits par la classe lors de cette séquence afin de savoir s'ils portent les traces de la problématisation ou s'ils se contentent d'exposer uniquement les solutions. Cette analyse nous permettra d'effectuer une modélisation praxéologique des pratiques enseignantes de mise en texte et d'étudier les techniques mobilisées dans la séquence forcée. Il apparaît que la mise en texte problématisée nécessite l'introduction de sauts abstraits permettant un travail d'abstraction et de généralisation du problème posé.

Les savoirs scolaires sont qualifiés par Astolfi (1992, 2005) de « propositionnels » puisqu'ils se résument – en dépit des efforts mobilisés par les enseignants pour intégrer la problématisation en classe – à des textes simples exposant les résultats de la science. Les savoirs sont présentés aux élèves, selon Fabre (2007, p.69), « sans aucune relation aux problèmes dont ils constituent pourtant les réponses ». Toutefois, les savoirs scientifiques sont problématisés c'est-à-dire qu'ils se focalisent sur la construction des problèmes et sur l'accès aux raisons qui sous-tendent les solutions et ne peuvent aucunement se réduire à des savoirs assertoriques et factuels (Fabre, 1999 ; Orange, 2000). D'où la nécessité, pour nous, de déterminer les conditions de possibilité d'une mise en texte problématisé qui intègre les traces de la problématisation et ne limite pas les savoirs scientifiques à des textes propositionnels. Jusque-là, les situations étudiées par les chercheurs du Centre de recherche en éducation de Nantes (CREN) qui s'intéressent à la problématisation étaient essentiellement centrées sur l'analyse de débats scientifiques portant sur des affiches présentées à la classe et réalisées par des groupes d'élèves en réponse à un problème donné (Fabre & Orange, 1997). Mais la mise en texte des savoirs n'est pas accomplie à la fin de ces séances et il a été constaté que les textes de savoirs élaborés au-delà des situations de débats ne prenaient pas en compte les nécessités construites (Orange & Orange Ravachol, 2007). Cela nous emmène à analyser le processus de problématisation, non plus à l'échelle du débat scientifique – qui reste bien évidemment un moment privilégié pour problématiser – mais à celle de la séquence d'enseignement-apprentissage. Par conséquent, notre recherche s'intéresse à une séquence « forcée » (Orange, 2010) construite, en sciences de la Terre, par un groupe de recherche² pour tenter d'apporter des éléments de réponse à notre questionnement.

1. Les textes de savoirs problématisés en sciences de la Terre

Cette étude se situe au sein du cadre théorique de la problématisation qui met en avant la « construction » des problèmes en sciences de la Terre (Fabre, 1999 ; Orange, 2000 ; Orange Ravachol, 2003). Les savoirs sont considérés comme apodictiques, c'est-à-dire organisés autour de la construction de nécessités et l'activité scientifique est nettement liée à des problèmes

¹ Hanaà Chalak, Attachée temporaire d'enseignement et de recherche, Centre de Recherche en Education de Nantes (CREN), Université de Nantes.

² Le groupe de recherche est composé d'une enseignante Isabelle Rest et deux didacticiens en sciences de la Terre : Denise Orange Ravachol et Hanaà Chalak.

explicatifs. En référence à ces caractérisations, les savoirs ne peuvent pas se limiter aux solutions des problèmes mais sont porteurs des conditions de possibilité de ces solutions, c'est-à-dire des raisons qui les sous-tendent. Prenons l'exemple du magmatisme, pour illustrer notre positionnement épistémologique. Accorder de l'importance à la solution du problème du magmatisme, dans sa globalité, consiste à expliquer la fabrication du magma par des fusions se déroulant sous des conditions particulières et dans des zones bien précises du globe (zone de subduction, dorsales océaniques, points chauds). Présenté ainsi c'est un savoir factuel et assertorique qui consiste à « savoir que c'est comme cela ». Il correspond parfaitement aux savoirs scientifiques admis actuellement puisqu'il a traversé toutes les étapes de mises à l'épreuve et qu'il est fondé sur des arguments de preuve irréfutables. De plus, c'est un savoir situé dans l'ordre épistémologique du vrai et du faux ne présentant aucun caractère de nécessité. Dans une démarche de problématisation, il ne suffit pas que les élèves accèdent à cette solution ni qu'on leur dise que le magma – comme ils pourraient le penser – ne provient pas d'une masse en fusion préexistante dans les profondeurs terrestres (Orange, 1995 ; Laperrière-Tacussel, 1995) et que cette idée est fausse en les confrontant aux résultats scientifiques des études sismiques. Il est primordial de les emmener au bout de leur logique, à travers des situations qui les aideront, à passer d'une problématique de sortie d'un magma liquide préexistant à l'intérieur de la Terre à une problématique de fabrication de magma à des conditions précises (Orange & Orange Ravachol, 2004). De plus, il est important qu'ils intègrent les conditions de possibilités de cette problématique (nécessité d'une production locale du magma et nécessité d'un mécanisme entraînant la fusion) (Orange Ravachol, 2003) et qu'ils soient capables d'expliquer pourquoi cette formation est possible et nécessaire et pourquoi il ne peut pas en être autrement (Reboul, 1992). Par conséquent, nous considérons qu'un texte de savoir problématisé concernant le problème du magmatisme devrait intégrer ces nécessités en plus des solutions.

Au cours de la transposition didactique, la mise en texte des savoirs scolaires a tendance à présenter aux élèves un savoir scolaire isolé de tout questionnement, destitué et vidé de tout sens épistémologique. C'est essentiellement « un savoir de résultat qui ne répond à aucune question, à aucun problème. Il sort de nulle part, sans genèse visible » (Fabre, 2009, p.215). Or, les savoirs ne peuvent pas exister indépendamment des problèmes avec lesquels ils maintiennent un rapport dynamique (Bachelard, 1949) et même si la déconnexion entre savoir et problème existe, elle reste illusoire (Dewey, 1993). Le savoir demeure inextricablement lié au problème et c'est précisément cette liaison qui accorde au savoir son sens et son existence. Dit autrement, le « savoir des réponses » ne peut prendre sens qu'en lien avec le « savoir des questions » (Fabre, 2009). Il est par conséquent nécessaire que les liens entre savoirs et problèmes soient davantage travaillés dans l'enseignement primaire et secondaire, afin que les savoirs scolaires retrouvent le sens qu'ils ont égaré et se débarrassent ainsi de leur statut propositionnel. Rendre au savoir sa « saveur », selon la célèbre expression d'Astolfi (2008), impliquerait de mettre les problèmes au cœur des apprentissages et de faire de leur construction – et non seulement de leur résolution – l'enjeu essentiel de l'activité intellectuelle. Les savoirs scolaires ne peuvent aucunement se restreindre à la solution finale escomptée.

2. Méthodologie globale de recueil et d'analyse des données

Afin d'étudier les conditions de possibilité d'une mise en texte problématisé en sciences de la Terre, une séquence forcée (Orange, 2010) portant sur le fonctionnement des volcans et l'origine des matériaux volcaniques en classe de quatrième a été co-construite par un groupe de recherche. Ce dernier comprend, outre l'enseignante, deux didacticiens des sciences de la vie et de la Terre (SVT). La séquence, composée de cinq séances, a été menée par l'enseignante dans sa classe de quatrième de vingt-cinq élèves âgés de douze à quatorze ans et s'intègre dans la partie du programme consacrée à l'étude de l'« activité interne du globe » (M.E.N., 2008, p.24). Des enregistrements audio et vidéo ont été effectués et toutes les productions des élèves ont été ramassées.

Les enregistrements ont été transcrits et la séquence analysée selon une méthodologie que nous avons mise en œuvre pour répondre à nos questions de recherche. Dans un premier temps, il s'agit de partir du scénario didactique, d'identifier les textes construits pendant la séquence, de les caractériser, les comparer et les étudier du point de vue de leur relation au problème posé et à la problématisation. L'analyse de ces textes nous permettra, dans un deuxième temps, de modéliser les pratiques enseignantes de mise en texte grâce à des outils (tâche, ostensif, technique, technologie) empruntés à la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) de Chevallard (1997, 1998). La TAD développée en didactique des mathématiques analyse toute action humaine en termes de bloc pratico-technique (savoir-faire), et de bloc technologico-théorique (savoir). Plus précisément, l'activité des personnes se décline en différents « types de tâches », accomplies au moyen d'une certaine manière de faire « technique », justifiée par une technologie, à son tour justifiée par une « théorie ». Bosch et Chevallard (1999, p.92) notent que « la mise en œuvre d'une technique se traduit par une manipulation d'ostensifs ». Les ostensifs représentent la partie « matérielle » de l'activité qui se donne à voir lors de la réalisation de la tâche comme les mots, discours, écritures, symboles, graphismes et gestes. La mise en texte des savoirs scientifiques relève d'un type de tâche enseignant dont l'accomplissement appelle des techniques particulières et des technologies que nous nous proposons de décrire.

3. Conception de la séquence forcée d'enseignement-apprentissage

Les séquences forcées sont élaborées par un groupe de recherche constitué de chercheurs en didactique et d'enseignants expérimentés dans le but de créer des phénomènes, des apprentissages et d'explorer de nouveaux territoires de l'espace didactique (Orange, 2010). L'implication des enseignants – qui connaissent très bien les caractéristiques de leur classe et de leurs élèves – dans le choix des situations constitue une nécessité de ces séquences. Elles ne cherchent pas à construire des séquences « reproductibles » et « exemplaires » puisqu'elles dépendent d'un cadre théorique bien défini qu'elles cherchent à faire évoluer. Leur principale intention est de mieux comprendre le fonctionnement des apprentissages scolaires et d'envisager une évolution éventuelle du cadre théorique de recherche. C'est pour ces raisons que nous avons fait appel à ce type de séquences. La séquence étudiée a été construite par une enseignante et deux didacticiens et se définit par deux catégories d'objectifs (Orange, 2010).

Les objectifs de recherche de la séquence étudiée visent l'identification des conditions de possibilités d'une construction problématisée des savoirs magmatiques et d'une mise en texte de ces savoirs ne se limitant pas au caractère propositionnel usuel des savoirs scolaires (Delbos & Jorion, 1990 ; Astolfi, 1992).

Les objectifs d'apprentissage prennent appui sur une étude épistémologique réalisée *a priori*. Le problème explicatif du fonctionnement des volcans en classe de quatrième, étudié dans le cadre théorique de la problématisation, articule des registres empiriques (la fusion contrôlée par la température et la pression, la solidité de l'intérieur du globe à l'exception du noyau externe et l'évacuation des matériaux volcaniques lors des éruptions) et des modèles pour établir la nécessité d'une formation du magma ainsi que celle de sa remontée³ (figure 1 ci-après). Ces nécessités fonctionnelles (ou raisons), que les élèves doivent construire, sous-tendent les solutions au problème du fonctionnement des volcans dans un cadre explicatif mécaniste s'appuyant sur les comportements de la matière (variation d'état et caractère de la fusion partielle). Le réseau de ces deux nécessités et des contraintes empiriques liées peut définir le concept du magmatisme à ce niveau d'enseignement et leur construction peut être parfaitement envisageable pour la classe de quatrième.

³ Nous signalons que l'espace des contraintes a été construit en lien avec les programmes officiels de quatrième (M.E.N., 2008) qui envisagent les phénomènes magmatiques sans lien avec la dynamique du globe et la tectonique des plaques. Celle-ci est traitée ultérieurement selon la progression de la partie du programme consacrée à « l'activité interne du globe ».

Figure 1 - Espace des contraintes envisageable pour le niveau de quatrième en rapport avec le magmatisme

Après avoir établi les objectifs de recherche et d'apprentissage, le groupe tient des réunions avant et après chacune des séances. La séquence est construite au fur et à mesure en fonction de ces objectifs. Son déroulement ne peut pas être entièrement programmé *a priori* puisque chaque séance est construite à partir des productions précédentes de la classe. Nous présentons, dans ce qui suit, une description exhaustive de la séquence forcée construite par le groupe de recherche.

■ Description détaillée de l'organisation de la séquence forcée

Séance 1

Individuellement et par écrit, les élèves répondent à la consigne suivante : « Par un schéma et un texte, expliquez comment fonctionne un volcan et d'où viennent les matériaux volcaniques ? ». Par la suite, ils sont répartis – dans la mesure du possible par l'enseignante et les chercheurs assistant à la séance – en groupes ayant des conceptions homogènes. Les élèves sont chargés, pendant ce travail de groupe, de proposer une production commune sur une affiche en se basant sur ce qu'ils avaient déjà réalisé de manière individuelle. Au terme de la séance, l'enseignante récupère les productions de groupe élaborées par les élèves. Celles-ci seront étudiées, en plus des productions individuelles, par le groupe de recherche et serviront à la préparation des séances ultérieures.

Séances 2 et 3

Chaque groupe présente son affiche à la classe qui pose des questions, demande des explications et un débat s'instaure dans la classe. A la fin de ce débat, un document, préparé par le groupe de recherche (figure 2 ci-après) et représentant trois « caricatures » inspirées des affiches de groupe, est distribué aux élèves qui indiquent individuellement et par écrit si chacune

des explications proposées peut ou non fonctionner en argumentant leur choix. Ce document a été construit en s'inspirant des recherches précédentes réalisées par certains des membres de l'équipe sur le fonctionnement des mouvements du bras (Orange & Orange Ravachol, 2007). L'explication A représente un fonctionnement local du magmatisme sans lien avec la structure de la Terre. L'explication B se rapporte à une production centrale magmatique qui se fait au niveau du noyau terrestre. L'explication C se rapproche d'une production magmatique plus ou moins profonde et le magma est produit (ou préexiste) à une certaine profondeur située entre le noyau et le volcan. Au terme des deux séances, l'enseignante récolte les productions argumentatives individuelles des élèves afin que le groupe de recherche puisse les exploiter. Ces productions représentent le premier écrit intermédiaire (E1) produit par les élèves lors de la séquence forcée.

Figure 2 - Document préparé par le groupe de recherche et distribué aux élèves de quatrième après le débat scientifique (écrit individuel E1)

Préciser pour chacune des explications si elle peut ou non fonctionner et pourquoi		
	Peut-elle fonctionner ? (oui/non)	Pourquoi ?
Exp. A		
Exp. B		
Exp. C		

Séances 4 et 5

Par binôme, l'enseignante demande aux élèves de répartir les neuf raisons (figure 3) sélectionnées, par le groupe de recherche, à partir de leurs écrits individuels E1 en deux catégories.

Figure 3 - Les raisons du non fonctionnement des explications proposées au classement

A'. Ça ne fonctionne pas parce que la chambre n'est pas assez profonde	B'. Ça ne fonctionne pas parce que la température n'est pas assez élevée pour que ça fonde	C'. Ça ne fonctionne pas car la chambre n'est pas approvisionnée en magma
D'. Ça ne fonctionne pas parce que la poche est trop profonde	E' Ça ne fonctionne pas car le magma ne peut pas remonter	F'. Ça ne fonctionne pas car il n'y a aucune production de magma
G'. Ça ne fonctionne pas car il ne fait pas assez chaud pour former du magma	H'. Ça ne fonctionne pas car il n'y a pas de cheminée pour que le magma puisse remonter	I'. Ça ne fonctionne pas car c'est très éloigné de la surface de la Terre

La mise en commun de ce travail se fait collectivement au tableau. Le groupe classe se met d'accord sur un classement et un titre est donné à chacune des deux catégories : la production du magma ; la profondeur et la remontée du magma (figure 4 ci-après). Ces titres sont liés aux raisons de non fonctionnement : « ça ne fonctionne pas parce qu'il n'y a pas production de magma et parce que le magma ne peut pas remonter ». Cet écrit représente le deuxième écrit intermédiaire (E2) de la séquence.

Figure 4 - La répartition consensuelle des raisons de non fonctionnement en deux catégories avec les titres donnés (écrit intermédiaire 2)

A gauche, la production du magma : étiquette B', C', F', G'.

A droite, la profondeur et la remontée du magma : étiquette D', E', I', A', H'

Après avoir catégorisé les raisons et donné des titres aux deux catégories obtenues, l'enseignante introduit l'ébauche du texte de savoir final (E3a) en effectuant une inversion (figure 5). En effet, puisque cela ne fonctionne pas pour les raisons citées, il s'agit de voir comment c'est dans la Terre pour que le magma puisse se former et remonter.

Figure 5 - Ebauche du texte de savoir final sur le fonctionnement des volcans (E3a)

Comment c'est dans la Terre pour que ça marche ?	
Il faut que le magma remonte	Il faut que le magma se forme

Par la suite, un document scientifique préparé par le groupe de recherche est distribué aux élèves qui l'exploitent pour repérer les solutions qui réalisent les nécessités identifiées. Ce travail s'effectue collectivement et aboutit à un texte de savoir final écrit au tableau (E3b) (figure 6) et construit par le groupe classe.

Figure 6 - Le texte de savoir final produit par la classe sur le fonctionnement des volcans (Ecrit final 3b)

Comment c'est dans la Terre pour que ça marche ?	
Il faut que le magma remonte	Il faut que le magma se forme
Le magma est poussé par la pression des gaz. Cela crée des failles et des cheminées pour que le magma remonte. Son lieu de fabrication peu profond par rapport à l'échelle de la Terre permet sa remontée vers la surface.	La roche fond à des profondeurs de la Terre (100 à 200km) à des températures d'environ 1000° à 2000° et sous une certaine pression. Cela se forme à environ -70 à -200 km de profondeur. La roche fond et produit du magma : un mélange de gaz et de roche fondue.

Cette séquence a été construite selon le cadre théorique de la problématisation dans une volonté d'impliquer les élèves dans la construction de savoirs dans le domaine du magmatisme et de textes qui soient problématisés et non propositionnels. Dans quelle mesure le groupe de recherche a-t-il réussi à atteindre ces objectifs ? Avec quelles pratiques et sous quelles conditions ? Nous commençons par apporter des éléments de réponse à ces questions en analysant les écrits produits lors de cette séquence forcée.

4. Caractérisation des différents écrits produits lors de la séquence forcée

Nous nous intéressons aux différents écrits élaborés par les élèves pendant la séquence forcée. Nous étudions de plus près leur contenu et leurs caractéristiques en vue de déceler s'ils portent d'éventuelles traces de problématisation ou s'ils se limitent à l'exposition des solutions sous une forme propositionnelle. Nous identifions leur fonction au sein de la séquence ainsi que les liens qu'ils entretiennent les uns avec les autres

■ **Les écrits intermédiaires E1** (productions argumentatives « pour » et « contre »)

Les écrits intermédiaires E1 clôturent la phase de débat scientifique et concernent une production individuelle d'arguments « pour » et/ou « contre » le fonctionnement des caricatures proposées aux élèves (figure 2). Ces écrits seront étudiés d'une manière quantitative et qualitative.

• *Etude quantitative des argumentations*

Notre étude quantitative consiste à mettre en évidence le nombre d'argumentations « pour » et « contre » le fonctionnement des trois caricatures (ou explications) suggérées aux élèves à partir de leurs productions de groupe. Le tableau 1 ci-dessous explicite les résultats de cette étude.

Tableau 1 - Nombre d'argumentations « pour » et « contre » le fonctionnement des trois caricatures d'explications proposées aux élèves de quatrième (après le débat)

Nombre d'argumentations	Explication A	Explication B	Explication C	Total
Argumentations « pour » le fonctionnement	0	18	15	33
Argumentations « contre » le fonctionnement	24	6	9	39
Absence de réponse	1	1	1	3
Total	25	25	25	75

Nous remarquons que, suite au débat, aucun argument n'a été avancé en faveur de la possibilité de fonctionnement de l'explication locale A. Effectivement, cette dernière ne peut plus fonctionner pour l'ensemble des élèves (24 argumentations « contre ») alors qu'un nombre important de productions initiales (15 individuelles et 2 de groupe) se positionnait dans un cadre local magmatique. Nous pouvons ainsi constater que la construction de l'impossibilité de fonctionnement de l'explication A a été développée pendant le débat scientifique. Les argumentations des élèves semblent être exclusivement en faveur des explications B et C avec une légère préférence pour l'explication B (18 pour la B et 15 pour la C).

- *Etude qualitative des argumentations*

Nous reprenons chacune des trois explications A, B et C en étudiant les raisons correspondantes avancées par les élèves suite au débat.

L'explication A ne fonctionne plus pour des raisons liées majoritairement aux conditions de formation du magma et à la position de la chambre qui, pour les élèves, devrait être plus en profondeur ou dans le sous-sol, puisque c'est en profondeur que la température est assez élevée pour former du magma : « Car la chambre magmatique n'est pas assez profonde et il ne fait pas assez chaud (Antoine, L.) ». De plus, quelques arguments relient son non fonctionnement à l'impossibilité de la remontée du magma, au manque d'approvisionnement de la chambre magmatique et de production de laves. Il semble, d'après les arguments avancés, que la formation du magma nécessiterait une chambre située en profondeur et/ou une température suffisamment élevée pour fondre la roche.

Pour un nombre important d'élèves, l'explication B pourrait fonctionner parce que le magma est produit (ou se situe) en profondeur, au niveau du noyau, et qu'à cet endroit la température est suffisamment élevée pour qu'il se forme : « Le lieu est assez chaud pour former du magma (Antoine, B.) ». Certaines formulations d'élèves font référence à une formation du magma, d'autres à une préexistence de ce magma en profondeur. Cependant, l'explication B ne pourrait pas fonctionner, pour quelques élèves, parce que le noyau est très profond et très éloigné du volcan pour pouvoir l'alimenter. Le magma aurait effectivement du mal à remonter et à traverser toute cette distance. De plus, il est impossible, pour eux, que le magma provienne du noyau qui ne joue aucun rôle dans les éruptions volcaniques. Après avoir abandonné les explications locales (explication A), il apparaît que les élèves favorisent celles où la chambre magmatique se situe en profondeur et où la température est suffisamment élevée pour créer du magma.

L'explication C serait possible pour les élèves car la température est assez élevée, à l'endroit profond où se trouve la poche, pour que la roche fonde et forme du magma : « Car la chambre magmatique se trouve en profondeur dans le sous-sol et donc la température est assez élevée pour ronger la roche et la faire fondre (Théo) ». Certains arguments utilisent uniquement, dans leurs justifications, la position de la chambre magmatique au niveau du « sous-sol », d'autres relient cette position avec l'augmentation de la température. Toutefois, pour d'autres élèves, l'explication C ne pourrait pas fonctionner parce que la poche est loin du noyau ce qui fait que la température n'est pas suffisamment élevée pour engendrer la formation du magma. De plus, le magma, dans ce modèle, ne pourrait pas remonter « parce que la poche n'est pas reliée au noyau » qui est à l'origine du magma selon Pauline. Nous soulignons que l'explication C fonctionne pour un nombre important d'élèves pour les mêmes raisons que celles proposées pour la précédente (explication B). Les élèves semblent lier la création du magma à l'augmentation de la température régnant dans les profondeurs terrestres. Mais la poche de magma de l'explication C est moins profonde que le noyau (explication B) ce qui pose une question : selon les élèves, à quelle profondeur est-il nécessaire d'aller à l'intérieur du globe pour que la température soit suffisante pour la fusion de la roche ? Leurs écrits ne mentionnent pas de profondeurs précises.

Les écrits individuels E1 gardent une trace écrite des arguments ayant émergé pendant le débat scientifique, ce qui est en parfaite adéquation avec les objectifs de recherche de la séquence forcée. L'étude des argumentations avancées révèle leur richesse et nous permet de constater un abandon du modèle local A, car il apparaît nécessaire, pour les élèves, que la température soit suffisamment élevée pour créer du magma et que la chambre magmatique soit en profondeur. Les avis semblent partagés entre les deux explications B et C qui se rapprochent d'une explication centrale. Quoi qu'il en soit, ces écrits individuels de travail se situent selon une visée épistémologique du « problématique » où la question du vrai et du faux est temporairement suspendue pour celle du possible et de l'impossible donc du contingent et du nécessaire (Orange & al., 2001). De plus, les argumentations sont, pour une partie remarquable, de nature fonctionnelle et non descriptive, ce qui traduit une véritable avancée vers les nécessités. Suite à ces développements, nous pouvons considérer chacun des écrits individuels E1 comme un

mono-texte raisonné puisqu'il comporte plusieurs argumentations (ou raisons) non contradictoires. Son but est d'identifier, suite au débat, les raisons « pour » et « contre » le fonctionnement de trois caricatures construites à partir des modèles initiaux des élèves. A partir de ces écrits E1, neuf raisons de non fonctionnement ont été sélectionnées par le groupe de recherche et proposées aux élèves qui devaient les répartir en deux catégories. L'écrit intermédiaire E2, que nous étudions dans le paragraphe suivant, est ainsi produit.

■ **Classement des raisons de non fonctionnement en deux catégories (E2)**

Les neuf raisons de non fonctionnement des modèles (figure 3) ont été proposées aux élèves sans la moindre référence aux explications concernées (A, B, C). Les quatre raisons B', C', F', G' ont été regroupées dans une catégorie qui concerne la production du magma. Les cinq raisons A', D', E', H', I' ont été classées dans une catégorie liée à la profondeur et à la remontée du magma. Ces deux catégories mettent en évidence les deux principales raisons de non fonctionnement : « ça ne fonctionne pas parce que le magma ne peut pas se former et ne peut pas remonter ». Elles représentent les nécessités (nécessité de formation et nécessité de remontée du magma) auxquelles les élèves doivent accéder pour construire un savoir magmatique problématisé. Cet écrit de travail se situe, comme le précédent, dans l'ordre épistémologique du « problématique ». Le travail des élèves ne se focalise plus sur les modèles explicatifs initiaux de groupe, ni sur les caricatures mais sur les raisons et les arguments portant sur ces modèles. Le but de cet écrit intermédiaire E2 est de catégoriser les raisons de non fonctionnement qui pourraient par la suite, en s'inversant, faire accéder les élèves aux conditions et aux nécessités de fonctionnement. C'est un mono-texte raisonné car il comprend plusieurs argumentations (ou raisons) non contradictoires classées en deux catégories dans un tableau. Suite à la catégorisation réalisée, les écrits finaux E3a et E3b sont construits.

■ **Les écrits finaux (E3a et E3b)**

Après avoir donné des titres aux deux catégories, l'enseignante introduit, par une sorte d'inversion, le tableau E3a (figure 5) qui constitue l'ébauche du texte de savoir final sur le fonctionnement des volcans. Puisque cela ne fonctionne pas pour des raisons liées à l'absence de production et de remontée du magma, il s'agit de voir comment c'est dans la Terre pour que le magma puisse se former et remonter. Ainsi, l'écrit E3a s'interroge « Comment c'est dans la Terre pour que ça marche ? » et met en avant deux nécessités : « Il faut que le magma remonte » et « Il faut que le magma se forme ». Pour le compléter, les élèves exploitent collectivement la documentation scientifique pour renseigner les deux colonnes du tableau des raisons. Ils passent ainsi à la recherche des solutions permettant de réaliser les nécessités identifiées. L'écrit E3b final obtenu (figure 6) est un mono-texte problématisé parce qu'il intègre deux nécessités (remontée et formation du magma) ainsi que les solutions qui répondent à celles-ci. Il porte ainsi des caractéristiques qui l'éloignent d'un texte « propositionnel » car il ne se contente pas d'exposer les solutions mais y inclut les nécessités. C'est un texte qui marque, au moins en partie, l'apodicticité des savoirs malgré le fait qu'il n'explicite pas nettement la solidité de l'intérieur du globe. Il garde un lien avec la problématisation développée pendant la séance et révélée par les écrits précédents.

Après cette étude détaillée des écrits de la séquence forcée, nous notons que le processus de mise en texte de l'enseignante, mise en œuvre avec la collaboration du groupe de recherche, apparaît centré sur la recherche des raisons et des solutions dans une logique de problématisation (Orange Ravachol, 2010). Cette logique se centre sur la construction d'un savoir scientifique qui comporte les solutions mais aussi les conditions de possibilité de ces solutions (*ibid.*). Afin de mieux comprendre la pratique de mise en texte de l'enseignante et ce mode de fonctionnement guidé par une logique de problématisation, nous nous proposons de réaliser une modélisation praxéologique des pratiques de mise en texte forcées en jeu dans la séquence étudiée.

5. Modélisation praxéologique des pratiques de mise en texte

La description de la séquence forcée ainsi que l'analyse des écrits produits nous permettent de modéliser les pratiques en jeu dans la mise en texte forcée du problème du fonctionnement des volcans et de l'origine des matériaux volcaniques. Nous rappelons que l'analyse praxéologique de la pratique enseignante, telle qu'elle est définie dans la Théorie Anthropologique du Didactique (TAD) (Chevallard, 1998) nous sert de repère pour effectuer cette modélisation. Les données à notre disposition concernant la séquence forcée vont nous permettre d'étudier le bloc pratico-technique (savoir-faire), c'est-à-dire les techniques et les tâches. La mise en texte relève d'une tâche enseignante dont l'accomplissement appelle des techniques enseignantes particulières que nous nous proposons d'identifier. Pour cela, nous avons repéré les tâches de la classe et en avons identifié neuf. Pour chacune de ces tâches, nous avons repéré les ostensifs produits et utilisés. Ces derniers, rappelons-le, représentent la partie « matérielle » de l'activité qui se donne à voir lors de la réalisation de la tâche comme les mots, discours, écritures, symboles, graphismes et gestes (Bosch & Chevallard, 1999). La modélisation praxéologique obtenue (figure 7 ci-après) présente les caractéristiques des techniques enseignantes de mise en texte de la séquence forcée.

La modélisation praxéologique construite permet de souligner plusieurs éléments fondamentaux dans les techniques de mise en texte de l'enseignante. Ces techniques, construites par le groupe de recherche, se basent sur la production d'ostensifs par les élèves à partir de la réalisation de tâches et sur l'utilisation de certains ostensifs produits comme objet de travail pour les tâches suivantes. De plus, l'équipe s'est servie de quelques ostensifs élaborés par les élèves et les a aménagés pour en introduire de nouveaux qui seront employés comme objets de travail pour les tâches suivantes. Trois interventions capitales sur trois ostensifs produits par les élèves ont été décidées par le groupe de recherche. Elles ont été considérées comme étant nécessaires pour répondre aux objectifs de recherche et conduire la classe vers la construction d'un texte problématisé et non propositionnel.

La première intervention consiste à simplifier, schématiser et dépersonnaliser (ne pas attribuer à un auteur) les explications possibles révélées par les productions de groupe. L'introduction des caricatures d'explications a permis de produire des argumentations individuelles écrites. Ce travail constitue un premier saut abstraitif permettant de faire passer les élèves d'une discussion orale des nécessités à des arguments écrits individuels.

La deuxième intervention s'appuie aussi sur une dépersonnalisation relative, cette fois, aux raisons de non fonctionnement. En effet, le groupe en a sélectionné neuf et les a dissociées de leurs auteurs. De plus, les neuf raisons de non fonctionnement proposées aux élèves pour classement ont été décontextualisées et séparées de la caricature à laquelle elles font référence. Les élèves classent ces raisons en deux catégories et repèrent, suite à la désignation de titres aux catégories obtenues, les raisons principales de non fonctionnement des volcans. Ceci constitue un deuxième saut abstraitif permettant d'avancer et de progresser dans le travail d'abstraction et de généralisation du problème posé. Ce saut marque le passage des éléments de discours argumentatifs à des catégories d'argumentations.

La troisième intervention s'appuie sur un classement des raisons contre le fonctionnement pour désigner celles qui font que les volcans peuvent fonctionner. L'inversion effectuée par l'enseignante conduit, lors de cette dernière étape, aux nécessités visées par les objectifs d'apprentissage de la séquence forcée et l'espace des contraintes envisageable en classe de quatrième (figure 1). Cela correspond à un troisième saut abstraitif permettant de produire – contrairement aux étapes précédentes de la séquence – un tableau décontextualisé, général, intégrant les raisons et capable d'être compris indépendamment des activités antérieures.

Figure 7 - Techniques de mise en texte de l'enseignante pour la séquence forcée sur le fonctionnement des volcans

Ces procédés didactiques ont été déjà mis en œuvre lors d'une séquence forcée concernant les mouvements du bras à l'école élémentaire (Orange & Orange Ravachol, 2007). Nous pointons pour cette situation une logique de problématisation qui se centre davantage sur les conditions de possibilités des solutions que sur les solutions elles-mêmes. Les techniques de mise en texte ont permis de produire un texte final intégrant les nécessités et ne se réduisant pas aux seules solutions. La classe passe des idées explicatives (individuelles et de groupe), à des argumentations « pour » et « contre » le fonctionnement des trois caricatures, à une identification des raisons de fonctionnement, pour finir avec un texte final qui combine solutions et raisons. La mise en œuvre de ces techniques suppose la manipulation et la création d'ostensifs schématiques et écrits. De plus, les tâches d'écriture, qui jalonnent la séquence, ont préparé la formulation du texte final de savoir construit par la classe dans cette séquence.

Conclusion

Nous avons entamé cette recherche dans le but d'identifier les conditions de construction d'un texte de savoir problématisé. Pour cela, nous avons mis en place, au sein d'une équipe de recherche, une séquence forcée en classe de quatrième. La description de la séquence et l'étude des textes produits nous ont permis de modéliser les techniques mises en œuvre pour une activité de mise en texte qui est apparue problématisée selon notre cadre didactique de la problématisation. Les écrits construits portent les caractéristiques des textes problématisés puisqu'ils ne se limitent pas aux solutions des problèmes mais intègrent les conditions de possibilités de ces solutions. Nos analyses montrent que cette construction nécessite des interventions enseignantes conduisant à des sauts abstraits permettant de faire passer les élèves des idées aux raisons qui sous-tendent les solutions. Toutefois, il est nécessaire de poursuivre les analyses en se penchant sur ce qui s'est passé au cours des activités de classe vu que les savoirs ne peuvent aucunement se réduire aux seuls textes écrits. Comment les textes ont-ils été construits ? Quelles difficultés l'enseignante a-t-elle rencontrées ? Retrouve-t-on les traces de la problématisation dans l'activité des élèves et comment cette problématisation s'est-elle développée ? Comment les élèves ont-ils pris en charge l'introduction de nouveaux ostensifs abstraits par le groupe de recherche ? Quels sont les liens entre les écrits et la mise en texte orale ?

Bibliographie

- ASTOLFI J.-P. (1992), *L'école pour apprendre*, Paris, ESF Editeur.
- ASTOLFI J.-P. (2005), « Problèmes scientifiques et pratiques de formation », *Les formes de l'éducation : variété et variations*, O. Maulini & C. Montandon, Bruxelles, De Boeck.
- ASTOLFI J.-P. (2008), *La saveur des savoirs. Disciplines et plaisir d'apprendre*, Paris, ESF Editeur.
- BACHELARD G. (1949), *Le rationalisme appliqué*, Paris, Presses Universitaires de France.
- BOSCH M. & CHEVALLARD Y. (1999), « La sensibilité de l'activité mathématique aux ostensifs », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, n°19, p.77-124.
- CHEVALLARD Y. (1997), « Familiale et problématique, la figure du professeur », *Recherches en Didactique des Mathématiques*, volume 17/3, p.17-54.
- CHEVALLARD Y. (1998), « Analyse des pratiques enseignantes et didactique des mathématiques : l'approche anthropologique », Actes de l'Université d'été, La Rochelle juillet 1998.
- DELBOS G. & JORION P. (1990), *La transmission des savoirs*, Paris, Editions De la Maison des sciences de l'Homme.
- DEWEY J. (1967/1993), *Logique, La théorie de l'enquête*, Paris, Presses Universitaires de France.

FABRE M. (2007), « Des savoirs scolaires sans problèmes et sans enjeux. La faute à qui ? », *Revue française de pédagogie*, n°161, p.69-78.

FABRE M. (2009), *Philosophie et pédagogie du problème*, Paris, Jean Vrin.

FABRE M. (1999), *Situations-problèmes et savoir scolaire*, Paris, Presses Universitaires de France.

FABRE M. & ORANGE C. (1997), « Construction des problèmes et franchissements d'obstacles », *ASTER*, n°24, p.37-57.

LAPERRIERE-TACUSSEL M. (1995), « Le volcanisme au cours moyen à l'IUFM », *ASTER*, n°20, p.61-84, INRP.

M.E.N. (2008), Programmes de l'enseignement de sciences de la vie et de la Terre (Collège), B.O.E.N., n°6, 28 août 2008.

ORANGE C. (1995), « Volcanisme et fonctionnement interne de la Terre : repères didactiques pour un enseignement de l'école élémentaire au lycée », *ASTER*, n°20, p.85-103.

ORANGE C. (2000), *Idées et raisons : construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en Sciences de la vie et de la Terre*, mémoire de recherche pour l'H.D.R. université de Nantes.

ORANGE C. & ORANGE RAVACHOL D. (2004), « Les conceptions des élèves et leur mode de raisonnement en sciences de la Terre », *Géochronique*, juin, N°90, pp.29-32.

ORANGE C. & ORANGE RAVACHOL D. (2007), « Problématisation et mise en texte des savoirs scolaires : le cas d'une séquence sur les mouvements corporels au cycle 3 de l'école élémentaire », *Actes des 5èmes rencontres scientifiques de l'ARDIST*, La Grande Motte, octobre 2007, p.305-312. Disponible sur : <http://ardist.aix-mrs.iufm.fr/wp-content/actes2007>, consulté le 31/08/2011.

ORANGE C. (2010), « Situations forcées, recherches didactiques et développement du métier d'enseignant », *Recherches en éducation*, Hors série n°2, octobre 2010, p.73-85. Disponible sur : <http://www.recherches-en-education.net/IMG/pdf/REE-HS-no2.pdf>, consulté le 16/11/2011.

ORANGE RAVACHOL D. (2003), *Utilisation du temps et explications en Sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude de quelques problèmes géologiques*, thèse de Doctorat, université de Nantes.

ORANGE RAVACHOL D. (2010), « Collaboration chercheur didacticien / enseignant et choix de l'enseignant en situation scolaire : une étude de cas en sciences de la Terre », *Recherches en éducation*, Hors série n°1, juin 2010, p.47-59. Disponible sur : <http://www.recherches-en-education.net>, consulté le 06/09/2011.

REBOUL O. (1992), *Les valeurs de l'éducation*, Paris, Presses Universitaires de France.