

# LE VOLCANISME, DU COURS MOYEN À L'IUFM

Michèle Laperrière-Tacussel

*En géologie comme en biologie, les enseignants rencontrent à tous les niveaux des réponses d'élèves ou d'étudiants que l'on trouve dès le cours moyen. Ces réponses correspondent-elles à des conceptions repérables dont l'enseignant doit tenir compte ? Sur quels obstacles éventuels renseignent-elles ? Cet article qui présente les résultats d'une recherche conduite pour un DEA de didactique des disciplines scientifiques, tente d'apporter une réponse à cette question en ce qui concerne le volcanisme.*

la didactique de  
la géologie : un  
champ encore  
peu exploré

Quelles sont les conceptions des apprenants en géologie ? Peut-on les répertorier en repérant, comme en biologie, certains types qui se retrouveraient régulièrement ? Peut-on mettre en évidence, à travers ces persistances, des difficultés ou des obstacles qui permettraient de les expliquer ?

Il existe peu de travaux sur la question en géologie. Quelques recherches ont porté sur le concept de temps en géologie, ou sur la tectonique des plaques (Triquet, 1988 ; Har, 1991 ; Bichaud-Maréchal, 1992). On peut citer aussi l'importante publication (Deunff, Lameyre et al., 1990) d'un groupe de recherche, actuellement association Quartz (1), qui, parmi les résultats obtenus, présente une analyse des représentations des enfants sur des objets et phénomènes géologiques étudiés du CP (cours préparatoire, 7-9 ans) au CM (cours moyen, 9-11 ans), avec une interprétation en termes d'obstacles.

Ces travaux se situent tous à l'école élémentaire or, pour repérer types de conceptions et obstacles, il semble intéressant de rechercher des invariants en comparant les conceptions d'apprenants d'âges différents, à des moments différents du cursus scolaire.

Les travaux que je présente ici tentent de mettre en évidence et de comparer les conceptions sur le volcanisme chez des élèves de cours moyen et de quatrième des collèges (13-14 ans) et chez de futurs professeurs des écoles, étudiants ou stagiaires à l'IUFM (Institut Universitaire de Formation des Maîtres). Ainsi nous verrons tout au long du cursus que certaines conceptions persistent, que d'autres apparaissent ou évoluent. Parallèlement, nous nous interrogerons sur le rôle que les apports scolaires peuvent jouer dans cette évolution. Ce travail de recherche n'est pas centré sur la mise en évidence d'obstacles, mais il peut constituer une étude préalable à leur identification, comme nous l'évoquerons à la fin de cet article.

---

(1) Association QUARTZ, Faculté des Sciences, 123 avenue A. Thomas, 87060 Limoges Cedex.

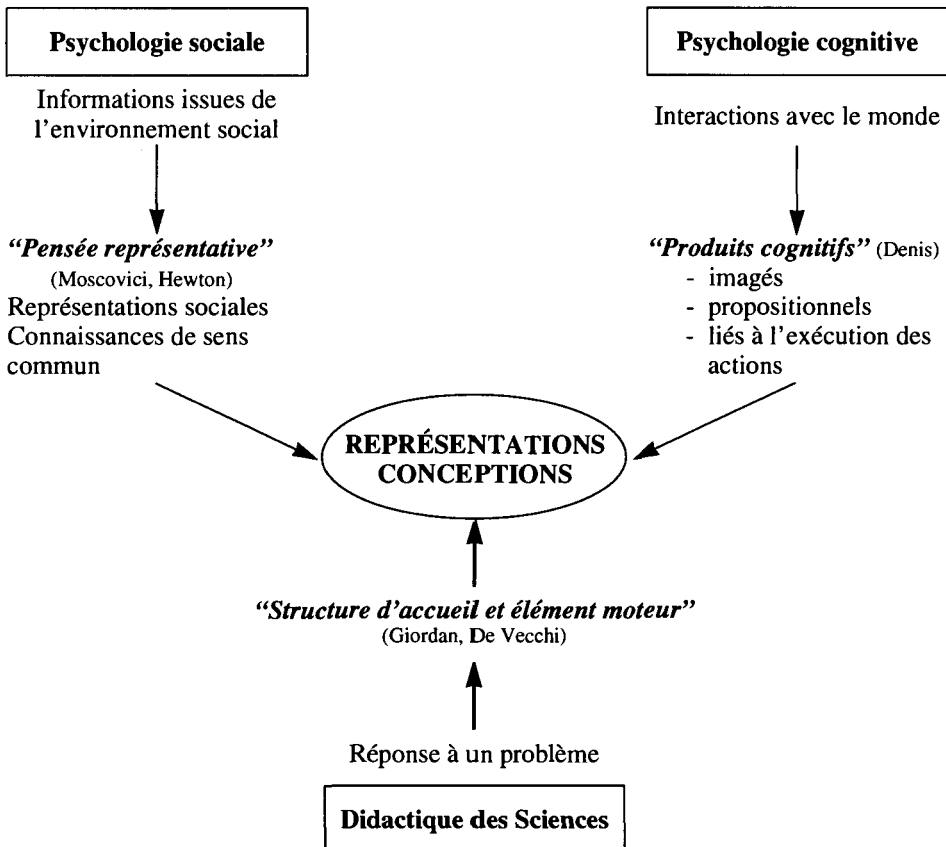
## 1. QU'APPELONS-NOUS CONCEPTIONS ?

une "conception  
des conceptions"

En didactique des sciences, l'utilisation de deux termes différents : représentations et conceptions, pour désigner un même objet d'étude avec des connotations différentes, traduit bien la complexité du phénomène d'apprentissage correspondant. Quand l'apprenant construit les connaissances qui se traduiront éventuellement dans les conceptions, il utilise des informations issues du monde extérieur ainsi que des éléments déjà stockés mentalement, l'ensemble étant traité, codé et activé en réponse à un problème. L'étude de ce phénomène participe donc en fait de plusieurs domaines, comme l'illustre le document 1, et des choix doivent être faits selon qu'on s'intéresse plutôt à tel ou tel aspect.

Nous considérerons ici les conceptions comme les hypothèses faites par le chercheur sur le fonctionnement cognitif de l'apprenant, à partir de productions ou de procédures observables de celui-ci.

### Document 1. Les conceptions, point de rencontre de plusieurs champs



## 2. LES SAVOIRS EN JEU

L'étude menée sur les savoirs a fourni le cadre épistémologique de la recherche ; elle a aussi permis d'effectuer une analyse *a priori* et de préciser la méthodologie tant au niveau du recueil des données qu'à celui de l'interprétation.

En effet, il apparaît évident que l'enseignement dispensé joue un rôle dans la construction des connaissances des apprenants, mais lequel ? Comment les informations reçues sont-elles (ou non) intégrées ? La logique du savoir devient-elle celle qui organise les modèles mentaux de l'élève ?

l'importance de  
la structure des  
savoirs...

Dans un premier temps j'ai cherché à établir cette logique en analysant la structure des savoirs à différents niveaux : du savoir "savant" au savoir enseigné. Ainsi m'a-t-il été possible de faire des hypothèses *a priori* sur la façon dont les élèves sont susceptibles d'aborder le volcanisme et sur les domaines notionnels en jeu, deux aspects qui ont servi de points d'appui à la méthode mise en place.

Par ailleurs, l'histoire des sciences nous informe sur les diverses façons dont a été abordé le problème des volcans au cours du temps ; ces autres approches correspondent à des contextes différents et à des moments où les techniques et théories actuelles n'existaient pas : elles m'ont aidée dans l'interprétation de réponses d'élèves qui, eux non plus, n'ont parfois pas encore ces outils à leur disposition.

Ainsi avons-nous cherché à répondre aux deux questions suivantes : comment se présente le savoir en jeu dans le cas du volcanisme ? Comment le phénomène géologique a-t-il été interprété depuis l'antiquité ?

Pour conduire l'analyse des savoirs, nous nous sommes appuyée :

- en ce qui concerne les savoirs de référence, sur des sources possibles de documentation des enseignants en géologie de l'enseignement secondaire, donc sur des ouvrages illustrant un premier domaine de transposition du domaine de la recherche à celui de l'enseignement universitaire (Caron, Gauthier et al. 1989 ; Bardintzeff 1991) ou à celui d'une vulgarisation considérée comme satisfaisante au plan scientifique (Bernard, Lubin 1976 ; Bardintzeff 1986) ;
- en ce qui concerne le savoir à enseigner, sur les programmes et instructions officielles (2) des niveaux considérés et les compléments de programmes qui les accompagnent ainsi que sur les manuels. Comme l'indiquent M. Tournier et M. Navarro (1985), le manuel "*propose un ordre pour l'apprentissage, tant en ce qui concerne l'organisation générale des contenus que l'organisation de l'enseignement*". Il témoigne donc du savoir à enseigner. Cependant, il est aussi "*une aide pour l'élève*". Il "*accom-*

...et comment  
s'en faire une  
idée

---

(2) Textes officiels de 1978-79 et 1985.

*pagne l'action du professeur en classe et la prolonge hors de la classe*" (note de service 86-133 du 14 mars 1986). Il représente une interprétation des textes officiels. Il appartient donc déjà au savoir enseigné.

Ces analyses utilisent surtout la structure d'ensemble des documents (en particulier le découpage en chapitres), les index ou lexiques, les mots-clés. Elles permettent de mettre en évidence les points suivants.

- Au niveau des savoirs de référence comme dans les programmes et manuels qui en sont la transposition, on peut utiliser une définition générale de l'objet "volcan" qui reprendrait par exemple celle de J.-M. Bardintzeff : *"un volcan est un point de sortie par où du magma peut arriver en surface de façon intermittente ou continue"*. Cependant le volcan "type" n'existe pas. Il existe par contre différentes formes d'édifice volcanique en fonction des types d'activité volcanique. Ceux-ci s'expliquent dans le cadre de la théorie de la tectonique globale qui permet de modéliser la dynamique interne du globe.

- Le volcanisme peut s'étudier selon différentes approches ; à partir de notre étude, nous avons défini trois "pôles d'approche" correspondant chacun à des domaines notionnels particuliers ; ce sont :

- . le pôle humain où l'on trouve tout ce qui correspond aux rapports entre l'homme et les volcans : conséquences positives ou négatives, avec leurs aspects catastrophistes, affectifs ou sensoriels ; méthodes d'étude du phénomène et travail des volcanologues ; géologie appliquée ;
- . le pôle descriptif dans lequel sont étudiés tous les objets géologiques liés au volcanisme, par exemple les produits de l'éruption ;
- . le pôle explicatif où sont étudiés la liaison du phénomène avec la structure du globe, les mécanismes en jeu, les transformations de matière.

Dans les manuels, ces pôles se retrouvent avec plus ou moins d'importance selon les niveaux du cursus et suivant les éditions : par exemple le manuel de quatrième des éditions Magnard semble donner plus d'importance aux aspects descriptifs que celui des éditions Nathan.

L'étude de l'évolution des contenus des programmes a été faite aux niveaux quatrième et troisième du collège (textes de 1978-79 et 1985). En effet, la géologie, en tant que discipline enseignée, n'a été introduite à l'école élémentaire qu'avec les Instructions officielles de 1985 et les programmes n'ont pas encore subi de modification à ce niveau.

Cette étude met en évidence une évolution de la structure du savoir à enseigner.

Avant 1985, les points de départ des sujets d'étude de quatrième sont régionaux, avec des études de roches qui s'appuient sur des analyses du paysage : *"[...] le professeur fondera son activité initiale sur l'observation et l'analyse d'un paysage aussi local que possible"*. L'ensemble du programme

où l'on voit  
évoluer les savoirs  
sur le volcanisme

est basé sur l'étude d'objets ou de phénomènes externes (ou de la traduction en surface de phénomènes internes dont l'interprétation demeure hypothétique). Ce n'est qu'en troisième que les études arrivent à une échelle planétaire, que l'on propose "un modèle de structure du globe". La tectonique globale n'est abordée qu'avec prudence et surtout pour "préciser et coordonner des informations issues de l'école parallèle" : on confirme simplement "l'existence de mouvements lents des continents" et que l'on peut "voir dans ces mouvements la cause hypothétique des manifestations de la dynamique interne".

Après 1985 par contre, l'étude des paysages, les observations locales ne sont plus que les supports "qui permettront d'édifier la tectonique globale" dont on "met en jeu la valeur explicative" et qui doit être "investie dans l'explication" des phénomènes géologiques étudiés. La théorie n'est pas discutée : "la discussion de la tectonique globale [...] ne relève pas de la classe de quatrième" et un certain dogmatisme transparaît : utilisation de formes affirmatives sans restrictions : elle "**montre** que les accumulations sédimentaires **sont entraînées ...**", "le fonctionnement de la lithosphère **doit** apparaître comme un **système cohérent capable d'expliquer** la genèse et la mise en place des roches". La théorie de la tectonique globale est devenue centrale ; elle structure l'ensemble du savoir à enseigner. L'aspect explicatif, l'interprétation, ont pris le pas sur les aspects plus descriptifs d'avant 1985.

Pour ce qui concerne la façon dont le volcanisme a été présenté au cours des siècles, c'est vers des ouvrages d'histoire des sciences (Gohau 1990 ; Ellenberger 1988 ; Krafft 1991) qu'il faut se tourner. À leur lecture, on peut constater que les descriptions sont généralement précises et exactes ; c'est au niveau des explications données aux phénomènes que se traduisent les conceptions que l'on peut supposer présentes aux différentes époques et que se révèlent les influences sociales et religieuses contemporaines ainsi que les références aux techniques en cours (volcanisme comparé aux effets de la poudre à canon jusqu'au XVII<sup>e</sup> siècle, modèle de la machine à vapeur au XVIII<sup>e</sup> siècle...). Parmi les interprétations les plus marquées, et que nous retrouverons dans les réponses des élèves, citons :

- l'existence d'un feu central alimentant les bouches volcaniques (de Platon, IV<sup>e</sup> siècle avant J.C., à Hutton, XVIII<sup>e</sup> siècle, en passant par les *Principes de Philosophie* de Descartes, XVII<sup>e</sup> siècle : "notre globe est pourvu d'un feu central") ;
- la formation des volcans par soulèvement puis éclatement de la surface de la terre (d'Albert le Grand au Moyen-Âge à la théorie de Léopold von Buch au XIX<sup>e</sup> siècle) ;
- l'assimilation de l'édifice volcanique à une "montagne creuse" (de Lucrèce : "l'*Etna* est une montagne entièrement creuse où circule un vent d'une extrême violence", à Needham, XVIII<sup>e</sup> siècle) ;

importance de  
l'analyse  
épistémologique  
pour une analyse  
*a priori*

- l'émission, par les volcans, de feu qui trouve son origine dans des combustions, plus ou moins profondes, alimentées par des matières minérales ou organiques et provoquées selon les cas par les vents, les rayons du soleil, des interactions avec l'eau... (de l'Antiquité au XVIIIème : *"Quant aux volcans, ils sont dus à des feux de charbons qui fondent les roches avoisinantes en coulées de laves"* Werner).

L'analyse des savoirs a rendu possible une analyse *a priori* permettant de voir sur quels domaines notionnels et quels pôles d'approche faire porter le questionnement, ainsi que d'avancer un certain nombre d'hypothèses de recherche : on peut en effet penser que l'influence du savoir enseigné pourra se traduire dans les conceptions, au fur et à mesure du cursus, par :

- l'acquisition progressive de connaissances scientifiques,
  - l'importance prise par l'explicatif par rapport au descriptif,
  - la progression de l'objectivité par rapport à la subjectivité,
- mais avec une possible persistance de conceptions éloignées des savoirs de référence.

Cela se traduit au plan méthodologique par la nécessité d'étudier la façon dont les apprenants entrent dans le sujet (par exemple pensent-ils d'abord aux conséquences humaines du volcanisme), quel vocabulaire ils utilisent, à quoi ils font référence lorsqu'ils expliquent la formation ou l'activité d'un volcan.

C'est le but visé par les dispositifs mis en place.

### 3. MÉTHODE ET RÉSULTATS

#### 3.1. Conditions de l'expérimentation

L'expérimentation a été conduite dans deux classes de cours moyen de Grenoble (22 et 23 élèves), deux groupes de quatrième de la périphérie grenobloise (collège de Voreppe : 32 élèves), deux sections d'étudiants ou stagiaires de l'IUFM (29 étudiants de première année - PE1- ayant choisi l'option biologie-géologie au concours donc plutôt scientifiques, 24 stagiaires de deuxième année - PE2 - dont seuls deux ont un baccalauréat scientifique). Soit un total de 130 sujets.

Chaque élève ou étudiant a fait l'objet de trois recueils de données, quatre pour la quatrième 1, sous forme de questionnaires passés avant que le volcanisme ait été abordé dans la classe. Nous considérons qu'ainsi les conceptions mises en évidence en CM témoignent plutôt d'apports extérieurs à l'école ; en quatrième elles devraient porter la trace des enseignements de cours moyen ; au niveau des PE, elles constitueraient un "état des lieux" des connaissances sur le volcanisme chez l'adulte.

### 3.2. Techniques utilisées

Les outils utilisés sont de trois types : recueil d'information par association d'idées, QSort et questionnaire à questions ouvertes.

La méthode d'association d'idées a permis de déterminer les pôles d'approche du volcanisme par les apprenants et de les comparer aux pôles définis lors de l'analyse des savoirs. Elle a aussi révélé une première conception, globale et quasi constamment représentée, du volcanisme.

La technique, basée en partie sur la "méthode de construction autonome des savoirs" de Gabrielle Di Lorenzo (1991) consiste à faire établir par le sujet une liste de mots en liaison de sens avec le mot "volcan", donné comme terme inducteur. Signalons que cet outil a été utilisé deux fois en quatrième : la première fois dans le cadre du cours de géologie, la seconde, environ six semaines plus tard, en cours de français dans le cadre d'une activité d'écriture poétique. Ceci a montré l'influence du contexte de passation.

des techniques  
pour recueillir les  
productions

Le questionnaire à questions ouvertes et le QSort (voir en annexe) ont permis de repérer les conceptions en liaison avec les notions géologiques en jeu. Les items en ont été rédigés à partir, d'une part, des hypothèses *a priori* sur les domaines notionnels concernés, d'autre part des indications fournies par l'histoire des sciences, enfin, des résultats du recueil précédent. Les domaines notionnels correspondent à ce qui concerne :

- les produits de l'éruption volcanique,
- les lieu et mode de formation et le devenir de la lave,
- la nature des matériaux constituant l'édifice volcanique,
- la structure de cet édifice et sa liaison avec la structure du globe,
- sa formation.

Un dessin ou un schéma était demandé dans certains items correspondant aux deux derniers points.

Le croisement des données obtenues à l'aide de ces deux types de questionnaires a permis d'affiner les interprétations faites. En effet, il s'agit de deux sortes d'outils, l'un où les sujets sont en situation de production, l'autre plus directif, le QSort, où ils auront à procéder à des opérations de sélection. Pour reprendre Jean Marie De Ketele (1987), dans un questionnaire de sélection, type QSort, "il s'agit d'opérer un **choix de la (ou des) solution(s) correcte(s) ou la (les) meilleure(s) parmi un éventail de solutions imposées** : il se pourrait donc - notamment - que la solution correcte apparaisse ainsi dans le champ cognitif du répondant alors qu'elle ne s'y trouvait pas au départ ; d'autre part aucun travail de formulation de la réponse n'est exigé de la part du répondant [...] Dans les items de production, le processus est différent : il s'agit pour le répondant **de reconnaître ou de déterminer la réponse correcte à partir des éléments de son propre champ cognitif... et de la formuler correctement.**"

Nous avons donc fait passer d'abord le questionnaire à questions ouvertes puis le questionnaire de type QSort. Ce dernier outil a été construit à partir des réponses au questionnaire "ouvert" afin de nous aider à attribuer un sens aux premières réponses données tout en vérifiant leur cohérence, et par là même de vérifier la validité de nos interprétations. Il a donc permis de préciser les conceptions en jeu.

### 3.3. Traitement des réponses et résultats

#### • Association d'idées (listes de mots)

Les éléments pris en compte sont premièrement le nombre moyen de mots proposés par élève à chaque niveau, deuxièmement le vocabulaire utilisé. Celui-ci a été classé en cinq catégories :

- les "objets" géologiques, c'est-à-dire les éléments caractérisant par exemple la forme des édifices volcaniques, les produits de l'éruption... (ex. : lave, feu, montagne...) et correspondant au pôle descriptif ;
- les "adjectifs" souvent cités en même temps qu'un des "objets" précédents ou en rapport direct avec cette catégorie (ex. : montagne *creuse*, feu *liquide*...) ;
- les "phénomènes" (ex. : éruption, fusion) correspondant au pôle explicatif ;
- ce qui se rattache aux domaines "affectif et esthétique", comportant aussi quelques adjectifs mais isolés, évoquant des sentiments ou impressions (ex. : danger, détruire, fantastique) et correspondant au pôle humain ;
- quelques "divers" (ex. : dinosaure).

Le pourcentage de réponses de chaque catégorie a été chiffré et traduit graphiquement pour faciliter les comparaisons. Remarquons que les adjectifs qualificatifs qui n'étaient pas directement associés à un "objet" ont été classés dans la catégorie "affectif-esthétique" .

On se rend compte (analyse des listes de mots, voir document 2) que certains termes se retrouvent à tous les niveaux du cursus et peuvent être interprétés, en terme de conception du volcanisme, comme une *éruption destructrice de lave rouge et chaude* ; "feu" et "montagne" (*la montagne qui crache du feu*) se retrouvent quant à eux avec constance en CM, quatrième et PE2.



## Document 2. Éléments d'analyse des listes de mots

	CM	4ème	PE2	PE1
affectif esthétique	<b>mort</b> <b>tuer</b> <b>dévastateur</b> <b>destructeur</b> rouge enfer peur bruit	<b>dévastateur</b> <b>destruction</b> <b>peur</b> <b>mort</b> <b>rouge</b> incontrôlable paillettes	<b>destruction</b> <b>catastrophe</b> <b>rouge</b> puissance force magique	(très peu de réponses) destruction rouge
objets	<b>lave</b> <b>feu</b> <b>montagne</b> cornets de glace	<b>lave</b> <b>montagne</b> <b>feu</b> roches coulées cheminée	<b>lave</b> <b>feu</b> <b>roches</b> <b>pierres</b> <b>cratères</b> eau étincelles flamme nuages	<b>lave</b> <b>roches</b> <b>cratères</b> <b>coulées</b> <b>magma</b> lapillis phénocristaux caldeira rift hotspot
adjectifs	<b>chaud brûlant</b> liquide	<b>chaud brûlant</b> visqueux	(peu nombreux) chaud	(rares) chaud
phénomènes	<b>éruption</b> <b>tremblement</b> <b>de terre</b>	<b>éruption</b> <b>tremblement</b> <b>de terre</b> fusion fissuration	<b>éruption</b> fusion	<b>éruption</b> <b>fusion</b> mouvements terrestres montée

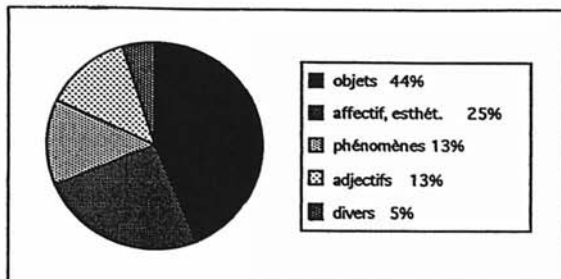
Les mots les plus souvent cités sont en caractères gras.

l'influence de  
l'enseignement  
scientifique

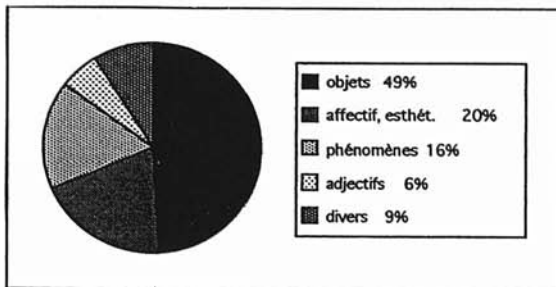
On voit cependant transparaître, parallèlement au cursus scolaire, d'une part une augmentation des connaissances scientifiques des CM vers les PE1, d'autre part une diminution corrélative de l'expressivité, de la subjectivité. Le pôle d'approche scientifique (objets, phénomènes) est de mieux en mieux représenté, surtout pour les aspects descriptifs (objets), le pôle explicatif n'étant vraiment bien représenté que chez les PE1 (voir document 3). L'enseignement scientifique semble avoir joué son rôle dans l'acquisition de connaissances et d'une plus grande objectivité. Les résultats suivants vont permettre de préciser cela.

**Document 3. Les “pôles d’approche” aux différents niveaux**  
(Réponses au premier questionnaire)

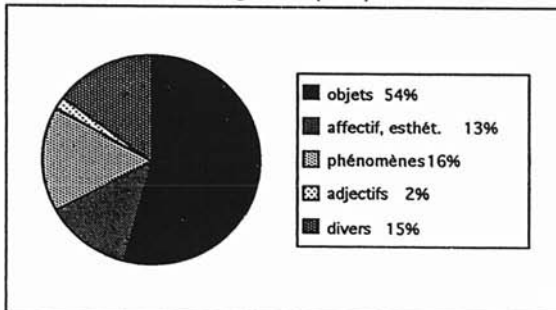
Élèves de C.M.



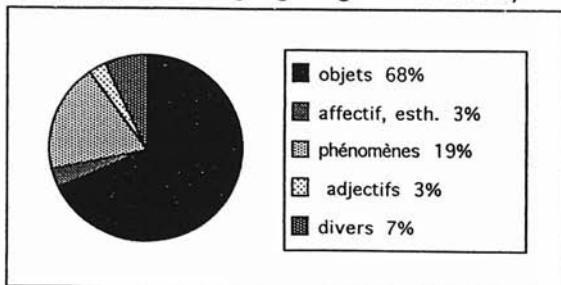
Élèves de quatrième



Professeurs des Écoles stagiaires (PE2)



Étudiants PE1 (option biologie-géologie au concours)



• **Questionnaire à questions ouvertes et QSort**

Nous n'exposerons ici que le résultat global des réponses aux deux types de questionnaires, sachant que les données correspondantes ont été traitées successivement, le QSort ayant été conçu après étude des réponses au premier questionnaire. Pour le traitement des données, les domaines notionnels préalablement définis constituaient la grille de lecture. L'analyse des réponses rédigées s'est appuyée sur la mise en évidence et le comptage de "mots-clés" se retrouvant dans les formulations des apprenants.

Les résultats obtenus ont souligné la persistance de certains modèles mentaux : volcan perçu comme un relief généralement conique, souvent creux ; origine double de l'édifice volcanique : les mécanismes de soulèvement se voyant attribuer un rôle aussi (et même plus) important que l'accumulation des produits d'éruption ; origine de la lave au centre de la terre.

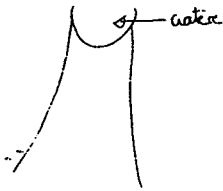
On note cependant, au cours du cursus, une évolution des conceptions dans le sens d'une moins grande distance avec les savoirs scientifiques. Nous avons en effet défini sept catégories (ou "types") de conceptions à partir des productions obtenues (dessins et réponses rédigées). Ces catégories ont été numérotées de 1 à 7. Les types 1 à 3 correspondent aux niveaux de formulation les plus élémentaires, avec en 3 un "saut" dans les connaissances puisque c'est à partir de ce niveau que les apprenants attribuent une origine profonde à la lave ; les types 4 à 7 font intervenir des connaissances progressivement plus élaborées ou utilisent une terminologie plus scientifique. Des exemples de dessins d'élèves se rattachant aux différents types sont donnés dans le document 4.

Les catégories définies sont les suivantes.

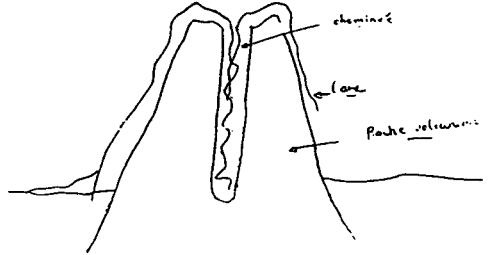
- Type 1 : cône volcanique sans détail de structure, en relation avec des réponses diverses et floues quant à l'origine de la lave, voire l'absence de réponse.
- Type 2 : cône bien délimité, avec une structure interne ; les élèves produisant ce type de dessin donnent à la lave une origine superficielle liée au volcan ("intérieur du volcan", "en haut du volcan").
- Type 3 : cône rempli de lave, associé à une origine profonde (mais imprécise) de celle-ci "la lave est sous la terre et monte remplir le volcan".
- Type 4 : présence d'un conduit faisant communiquer l'édifice volcanique avec un réservoir, fermé ou non ; origine profonde de la lave.
- Type 5 : édifice présentant un conduit non terminé ; origine profonde de la lave.
- Type 6 : conduit faisant communiquer le volcan avec une couche ou nappe de lave ; origine profonde mais évoquant souvent l'"écorce terrestre", le "sous-sol", les "couches terrestres internes".

pour les  
conceptions du  
volcanisme une  
typologie...

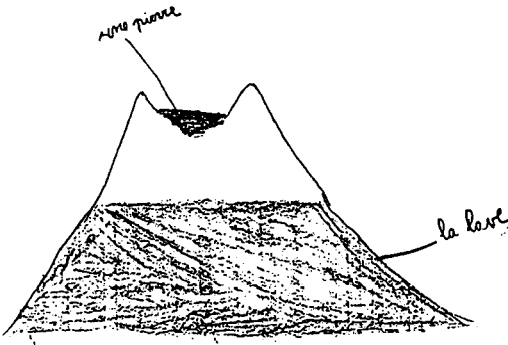
Document 4. Quelques exemples de dessins



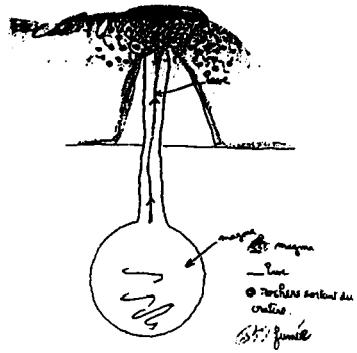
Type 1 (PE2)



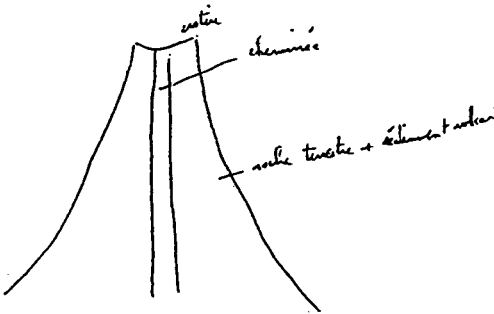
Type 2 (PE1)



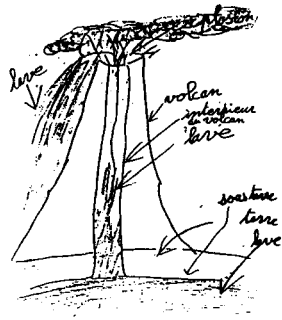
Type 3 (CM)



Type 4 (CM2)



Type 5 (PE2)



Type 6 (CM)



Type 7 (CM)

... et une répartition qui varie selon les niveaux du cursus

-Type 7 : édifice volcanique constitué par deux "plaques terrestres" qui s'affrontent ; origine profonde de la lave.

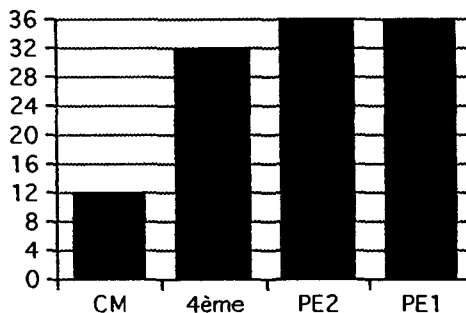
Ces conceptions se répartissent comme suit selon les niveaux du cursus :

	CM	Quatrième	PE2	PE1
Type 1	7	1	2	0
Type 2	7	3	1	1
Type 3	<b>11</b>	4	0	0
Type 4	8	<b>10</b>	<b>7</b>	9
Type 5	5	<b>9</b>	<b>6</b>	2
Type 6	3	6	4	<b>16</b>
Type 7	1	0	0	<b>2</b>
(Total)	(42)	(33)	(20)	(30)

On constate que les types les plus simples sont plus nombreux chez les élèves de cours moyen et régressent, voire disparaissent au cours du cursus, cependant que les types les plus élaborés caractérisent les apprenants du niveau le plus scientifique.

Il nous a donc été possible de dégager des catégories de conceptions sur le volcanisme, en particulier pour ce qui concerne la structure et la formation de l'édifice volcanique et la formation de la lave, et de mesurer l'influence du cursus à travers l'évolution de ces conceptions ; nous avons constaté en effet que, parallèlement aux informations qu'ils reçoivent dans le cadre de leurs études, les apprenants acquièrent un vocabulaire spécialisé (roche, magma par exemple) et qu'ils construisent tous un certain nombre de connaissances, comme nous le confirment les réponses au QSort : ainsi le volcanisme est mis en relation avec l'activité interne du globe ; c'est de la lave et non du "feu" qui sort d'un volcan en éruption et cette lave "se transforme en roche" (voir diagramme, document 5)... Les aspects descriptifs sont cependant mieux représentés que les aspects explicatifs et apparaissent plus tôt dans le cursus, comme nous l'avions prévu.

**Document 5. Exemple de répartition des réponses au QSort :**  
item 10 "Quand de la lave sort d'un volcan elle refroidit et donne une roche"



Les chiffres expriment le "poids" des réponses données à chaque niveau pour un même nombre d'individus, c'est-à-dire le score obtenu par addition des points attribués à l'item par l'ensemble des réponses ; les choix possibles allaient de -2 (pas du tout d'accord) à +2 (tout à fait d'accord), voir questionnaire en annexe.

#### 4. LES CONCEPTIONS RÉPERTORIÉES NOUS RENSEIGNENT-ELLES SUR LES OBSTACLES ?

Nous avons constaté que si les conceptions les plus éloignées des savoirs de référence diminuent en fonction de l'enseignement scientifique reçu, elles ne disparaissent pas complètement.

des  
interprétations  
erronées  
persistantes

Ainsi, pour ne prendre que quelques exemples, la plupart des apprenants, y compris les étudiants futurs professeurs des écoles, considèrent que la lave vient du centre de la Terre, lieu d'une activité mystérieuse, fantasmatique, ce qui rappelle les idées de l'Antiquité. Pour eux, comme au temps de Von Busch, géologue du XIX<sup>ème</sup> siècle, l'édifice volcanique se forme essentiellement par soulèvement, sous l'influence d'une poussée interne, "comme un bouton" disent-ils.

Si chez le jeune enfant on peut penser que les informations correspondantes n'ont pas été apportées, chez certains adultes, quelles qu'aient été les informations reçues, on constate qu'il y a donc parfois retour à l'imaginaire, au perceptif ou à une pensée de type analogique.

Ceci est peut-être à mettre en relation avec certaines difficultés propres à la géologie, en particulier la difficulté à reproduire les phénomènes géologiques pour expérimenter ou même, tout simplement, à réaliser une observation directe ; ou encore le problème de l'appréhension du temps et de l'espace.

spécificités de la  
géologie et  
obstacles  
épistémologiques

Pour le premier point, on sait que les témoignages disponibles sont généralement fragmentaires et dispersés à travers le temps et la planète : il faut être capable de reconstituer le "puzzle". Par ailleurs, surtout en classe, la mise en place d'expériences significatives et la modélisation sous forme de maquette par exemple, qui pourraient être utilisées comme substitut du réel et/ou comme support de la réflexion, sont difficiles et généralement très approximatives.

Pour le second point, la durée des phénomènes géologiques s'évalue le plus souvent en millions d'années et la notion de temps géologiques est d'un accès difficile, même pour l'adolescent et l'adulte. S. Demontis, F. Torixi et A. Flaviani ont montré (1991) que chez des élèves de 13 à 15 ans, "les obstacles les plus souvent rencontrés concernent l'incapacité d'évaluer la succession chronologique, la durée des évène-

ments et le concept de dynamique terrestre". Les travaux de F. Har et M.-F. Bichaud-Maréchal, déjà cités, développent également le concept de temps géologiques et les difficultés de transposition et d'apprentissage correspondantes.

En outre, les objets du savoir géologique s'établissent à des échelles diversifiées dans l'espace, de la molécule (réseau cristallin par exemple) à l'univers (planétologie, astronomie), mais c'est souvent à l'échelle d'un continent ou même à celle de la planète qu'on doit tenter de se les représenter. (On peut se faire une idée de cela avec l'orogénèse, c'est-à-dire la naissance d'une chaîne de montagnes, dans le cadre de la théorie de la tectonique des plaques.)

En ce qui concerne notre sujet d'étude, nous avons choisi le volcanisme en partie parce que nous pensions atténuer ces difficultés ; le phénomène comme l'objet qui en résulte (volcan) sont en effet au moins partiellement accessibles à l'observation, directement ou grâce aux médias, et leurs manifestations les plus visibles peuvent s'étudier à l'échelle humaine dans le temps et l'espace. En fait, comme le dit Claude Allègre, "[...] il n'existe pas une terre à deux vitesses ! Les manifestations de courte durée ne sont que des signes éphémères de phénomènes de longue, de très longue durée. [...] Voilà où va résider la difficulté de l'étude des séismes et des volcans. [...] Il faut trouver des méthodes pour raccorder des échelles de temps totalement disproportionnées." (C. Allègre 1987).

Il semble donc qu'il existe en géologie des obstacles épistémologiques spécifiques de la discipline.

Mais notre analyse des conceptions nous a montré que ce type d'obstacles n'était pas le seul qu'il fallait prendre en compte. En effet certaines conceptions éloignées du savoir scientifique semblent se développer parallèlement à l'enseignement reçu : ainsi ce sont les élèves de quatrième, qui ont étudié le volcanisme au cours moyen (se reporter aux programmes) et les PE1, étudiants considérés comme "scientifiques" et ayant choisi l'option Sciences de la Vie et de la Terre au concours, qui sont les plus nombreux à considérer que "la lave passe entre les plaques de l'écorce terrestre" comme le confirment les réponses au QSort. Ces apprenants ont connaissance de l'existence des plaques lithosphériques, mais le modèle mental qu'ils s'en sont construit donne lieu à de fausses interprétations des phénomènes observés.

Les obstacles épistémologiques se doublent donc d'obstacles didactiques.

de possibles  
obstacles  
didactiques...

Ces obstacles nous semblent liés au processus de transposition didactique, concept que l'on doit à Yves Chevallard (1991). Nous envisageons ainsi plusieurs pistes de réflexion à propos des éléments susceptibles d'intervenir dans la persistance ou l'apparition de conceptions éloignées des savoirs de référence.

liés à la  
présentation des  
savoirs...

Le fonctionnement du système éducatif peut être le premier de ces éléments. En effet, le temps consacré à chacun des points du programme est limité ; cela débouche sur une démarche pédagogique qui ne prend pas toujours en compte les conceptions des élèves, et encore moins le temps nécessaire aux apprentissages. Et même, comme le dit Gilbert Arsac (1989) *"le système d'enseignement a tendance [...] à vouloir identifier temps de l'enseignement et temps de l'apprentissage, et à traiter en terme d'échec ou de retard scolaire toute différence entre ces deux rythmes"*. Par ailleurs, les choix qui sont faits dans la nature des concepts à enseigner et les relations qui les organisent conduisent fréquemment à un important degré d'abstraction, privilégiant les mécanismes et les interprétations alors que les élèves ne conçoivent pas même encore l'objet d'observation correspondant. On peut rattacher à cela les conceptions qui montrent un télescopage entre la dimension des plaques et celle des points de remontée du magma (voir dessin de type 7 du document 4).

... ou aux  
supports  
didactiques

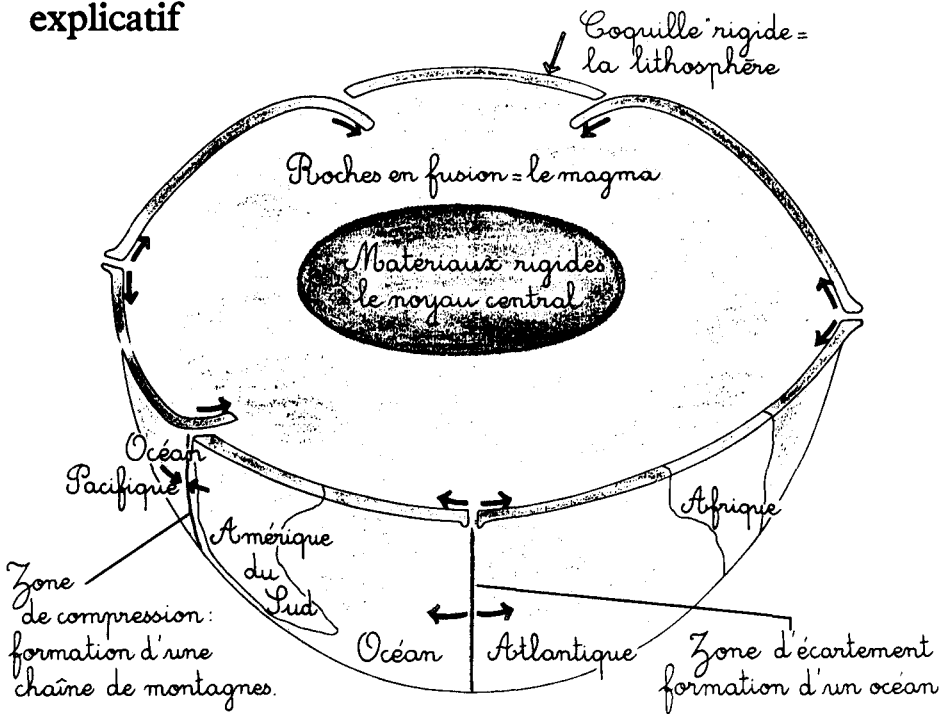
Un deuxième élément est la nature des documents iconographiques présents dans les manuels et utilisés par l'enseignant, et l'usage qui en est fait. Pour illustrer rapidement ce point, reprenons deux exemples de conceptions persistantes bien représentées et mettons en parallèle avec elles certains documents extraits de manuels scolaires utilisés actuellement dans les classes.

Le premier exemple est celui de l'existence d'une couche continue de magma sous l'écorce terrestre alors qu'en fait le manteau est à l'état solide. Au cours moyen, le manuel Sciences et Technologie des éditions Bordas (collection Tavernier) confirme explicitement cette interprétation en la proposant comme "modèle explicatif" de la structure du globe (voir document 6). Dans le manuel de Biologie-Géologie de quatrième, pour aider les élèves à comprendre les courants de convection dans le manteau, les éditions Nathan font appel, sous forme de schémas commentés, au modèle de l'eau (donc un liquide) chauffée par une résistance électrique (document 7) ; l'état solide du manteau n'est en fait signalé que par deux mots, tout en bas d'une page entière d'illustrations.



Document 6. À propos de ce qu'il y a sous la lithosphère :  
extrait d'un manuel de CM (Tavernier, Bordas, 1987)

Un modèle  
explicatif

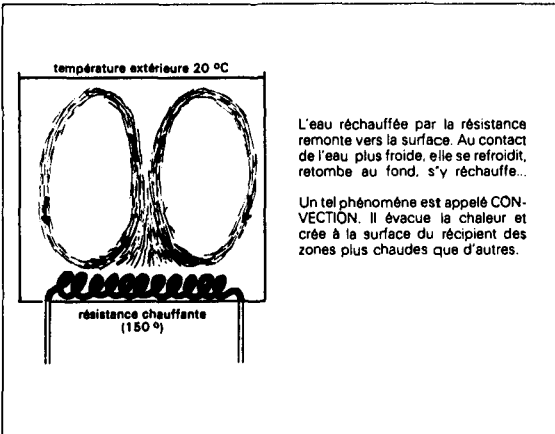


**Document 7. À propos de ce qu'il y a sous la lithosphère :  
extrait d'un manuel de 4ème (Périlleux, Thomas, Nathan, 1988)**

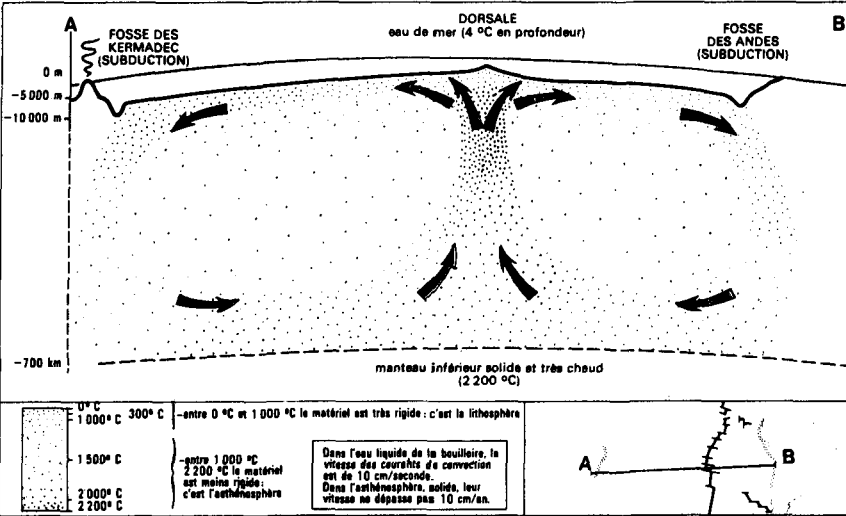
Document 2

**La Terre  
évacue  
sa chaleur**

Quand on produit de la chaleur, elle s'évacue.  
L'évacuation de la chaleur par la Terre n'est pas uniforme. Des observations réalisées en laboratoire peuvent-elles expliquer les modalités d'évacuation et l'inégale répartition du flux de chaleur à la surface du globe ?



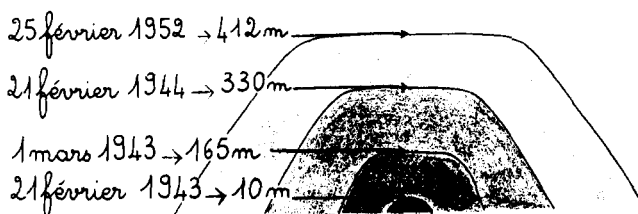
**10** Comportement de l'eau dans une bouilloire.



**11** Convection à l'échelle du globe. Les différences de température entre l'intérieur et la surface créent des mouvements, à l'état solide, des roches du manteau. Ces mouvements permettent l'évacuation de la chaleur interne du globe.

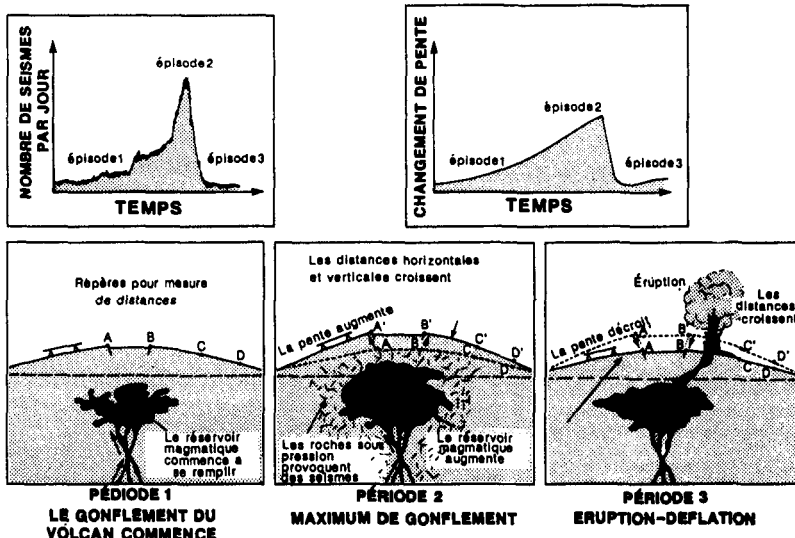
Le deuxième exemple est celui de la formation d'un cône volcanique par soulèvement, sans que les produits de l'éruption volcanique jouent aucun rôle. Nous retrouvons au cours moyen, dans le manuel des éditions Bordas, une illustration susceptible d'entretenir la confusion dans l'esprit des enfants (document 8). De la même façon, si nous examinons les légendes du schéma "Prévision des éruptions volcaniques" du manuel de Biologie-Géologie (quatrième) des éditions Magnard, nous trouvons : "Période 1 le gonflement du volcan commence", "Période 2 maximum de gonflement - les distances horizontales et verticales croissent - la pente augmente". Cependant aucune échelle n'est donnée pour apprécier la valeur relative de ce gonflement et situer le phénomène par rapport aux bouches d'émission (document 9).

**Document 8. À propos de la formation d'un cône volcanique :**  
extrait d'un manuel de CM (Tavernier, Bordas, 1987)



Le volcan Parícutin se trouve au Mexique. Il a fait son apparition en 1943. Sa croissance fut très rapide. Il est resté actif pendant 9 ans et a éjecté 3,6 milliards de tonnes de matériaux.

**Document 9. À propos de la formation d'un cône volcanique :**  
extrait d'un manuel de 4ème (Magnard, 1988)



Ces illustrations visent à faciliter la compréhension de phénomènes peu accessibles grâce à des simplifications ou des analogies ; mais dans les deux cas, si le professeur n'y prend pas garde, les conceptions peuvent se trouver ainsi confortées ou générées par l'enseignement. Il se crée des obstacles d'origine didactique.

## CONCLUSION

Les concepts didactiques définis en biologie, et plus généralement en didactique des sciences, se retrouvent donc en géologie. Ainsi peut-on établir des catégories de conceptions, identifier des obstacles, voir le rôle joué par la transposition didactique... Bien que certains aspects soient plus spécifiques de la discipline, comme la place prise par les problèmes liés au temps et à l'espace et les problèmes de modélisation, les résultats des recherches en didactique, et tout particulièrement ce qui concerne les obstacles et leur origine, doivent donc pouvoir nous guider dans la compréhension des phénomènes d'apprentissage dans ce domaine et dans une réflexion sur la façon de situer l'enseignement de la géologie dans une transposition du savoir qui rende les concepts géologiques accessibles, sans les trahir, aux différents niveaux du cursus.

Michèle LAPERRIERE-TACUSSEL  
IUFM Grenoble

## BIBLIOGRAPHIE

- ALLÈGRE, C. (1987), *Les fureurs de la Terre*, Paris, Odile Jacob.
- ARSAC, G. (1988), "La transposition didactique en mathématiques" in *La transposition didactique en Mathématiques, en Physique, en Biologie*, Villeurbanne, IREM et LIRDIS, Université Claude Bernard.
- BARDINTZEFF, J.-M. (1986), *Volcans et magmas*, Paris, Le Rocher, coll. Sciences et Découvertes.
- BARDINTZEFF, J.-M. (1991), *Volcanologie*, Paris, Masson, Enseigner les Sciences de la Terre.
- BERNARD, A., LUMBIN, J.-C. (1976), *Encyclopædia Universalis*, Paris, 6ème édition.
- BICHAUD-MARÉCHAL, F. (1992), *Des représentations "savantes" des temps géologiques à l'élaboration d'une échelle de temps à l'école*, Mémoire de DEA, Paris 7.

- CARON, J.-M., GAUTHIER, A. et al. (1989), *Comprendre et enseigner la planète Terre*, Paris, Ophrys.
- CHEVALLARD, Y. (1991), *La transposition didactique*, Grenoble, La Pensée Sauvage.
- DE KETELE, J.-M. (1987), *Observer pour éduquer*, Berne, Peter Lang.
- DEMONTIS, S., TORIXI, F., FLAVIANI, A. (1991), «Les “milieux” anciens». in *Actes des XIIIèmes journées internationales sur la communication, l'éducation et la culture scientifiques et techniques*, Chamonix, Giordan, Martinand, Raichvarg éditeurs.
- DEUNFF, J., LAMEYRE, J. et al. (1990), *Contribution à la définition de modèles didactiques pour une approche de la Géologie à l'école élémentaire et dans la formation des maîtres*, Paris, Direction des écoles, réédité (1995) au CRDP Poitou-Charentes.
- DEUNFF, J., SABOURDY, G. et al. (1995), *La Géologie à l'école*, CRDP Poitou-Charentes.
- DI LORENZZO, G. (1991), *Questions de savoir*, Paris, ESF, coll. Pédagogies.
- ELLENBERGER, F. (1988), *Histoire de la Géologie*, Paris, Lavoisier, Coll. Tec&Doc.
- GOHAU, G. (1990), *Les Sciences de la Terre au XVIIème et au XVIIIème siècle. Naissance de la Géologie*, Paris, Albin-Michel.
- HAR, F. (1991), *Analyses des difficultés liées au concept de temps en géologie. Proposition d'aides didactiques*, Mémoire de DEA, Paris 7.
- KRAFFT, M. (1991), *Les feux de la terre. Histoires de volcans*, Evreux, Découvertes Gallimard.
- PÉRILLEUX, E., THOMAS, P. (1988), *Biologie Géologie 4<sup>e</sup>*, Paris, Nathan.
- SALVIAT, N., DESBEAUX, B. (1988), *Sciences et techniques biologiques et géologiques*, 4e, Paris, Magnard.
- TAVERNIER, R. (1987), *Sciences et Technologies, CM*, Paris, Bordas.
- TOURNIER, M., NAVARRO, N. (1985), *Les professeurs et le manuel scolaire*, Paris, INRP, coll. Rapports de recherches - 1985 N° 5.
- TRIQUET, E. (1988), *Problèmes liés à la définition du concept de tectonique des plaques par les élèves du cours moyen*, Mémoire de DEA, Grenoble, Université Joseph Fourier.

**ANNEXE**

**Questionnaire sur les volcans**

1) Qu'est-ce qui sort d'un volcan en éruption ?

---

---

---

2) A ton avis, de quel endroit provient la lave ?

---

---

---

3) De quelle façon se forme la lave ?

---

---

---

4) Que devient la lave après une éruption volcanique ?

---

---

---

5) D'après toi, les volcans sont-ils toujours actifs ? Pourquoi ?

---

---

---

6) Avec quels matériaux est fait l'édifice volcanique (c'est-à-dire le "relief" visible qu'on appelle volcan) ?

---

---

---

7) Fais au dos de cette feuille le schéma annoté d'un volcan en coupe longitudinale.

8) Existe-t-il plusieurs sortes de volcans ?

---

---

---

9) Explique comment tu imagines les étapes de la formation d'un volcan (tu peux les dessiner).

---

---

---

