
S'IL TE PLAÎT, DESSINE MOI UN VOLCAN

CONCEPTIONS SUR LE VOLCANISME,

DU COURS MOYEN À L'IUFM

Michèle LAPERRIERE-TACUSSEL
Professeur de Sciences Naturelles
I.U.F.M. de Grenoble

De nombreux travaux en Didactique des Sciences ont permis de mettre en évidence chez des adultes, en particulier en Biologie, la persistance de conceptions, éloignées des savoirs de référence, sur des sujets d'étude qu'ils avaient eu l'occasion de rencontrer au cours du cursus scolaire. Des travaux récents que nous avons conduits dans le cadre d'un DEA nous ont permis de faire le même constat en Géologie, dans le cas du volcanisme, mais aussi d'établir une typologie. Dans cet article, nous présenterons les résultats obtenus au cours de notre recherche en proposant, à travers une réflexion sur l'évolution des conceptions déjà présentes ou l'apparition, en cours de cursus, de nouvelles conceptions éloignées du savoir scientifique, quelques pistes de travail sur les possibles obstacles aux apprentissages en Géologie et la façon d'aborder le volcanisme à l'école élémentaire.

QU'APPELONS-NOUS CONCEPTIONS ?

Lorsqu'un apprenant construit ses connaissances, 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. Il se construit ainsi une «représentation du monde». L'étude de ce phénomène participe de plusieurs domaines :

- la psychologie cognitive où l'on met l'accent sur les «produits cognitifs reflétant ce que l'individu retient de ses interactions avec le monde» (M. Denis), autrement dit ses *représentations mentales* de différentes natures (images mentales, schèmes d'action...);

- la psychologie sociale avec la notion de *représentations sociales* (c'est-à-dire partagées par un groupe social particulier) ou de connaissances de sens commun («somme d'images mentales et de liens d'origine scientifiques, consommés et transformés pour servir à la vie quotidienne» S. Moscovici, M. Hewston);

- la didactique où, pour se distinguer des orientations précédentes, des auteurs comme A. Giordan et G. de Vecchi ont introduit le terme de *conceptions*, «structures d'accueil qui permettent de fédérer de nouvelles informations», qui elles-mêmes les intègrent.

On peut étudier les conceptions en choisissant d'entrer par l'un ou/et l'autre de ces domaines. Nous choisissons ici l'entrée «didactique des Sciences» en considérant 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.

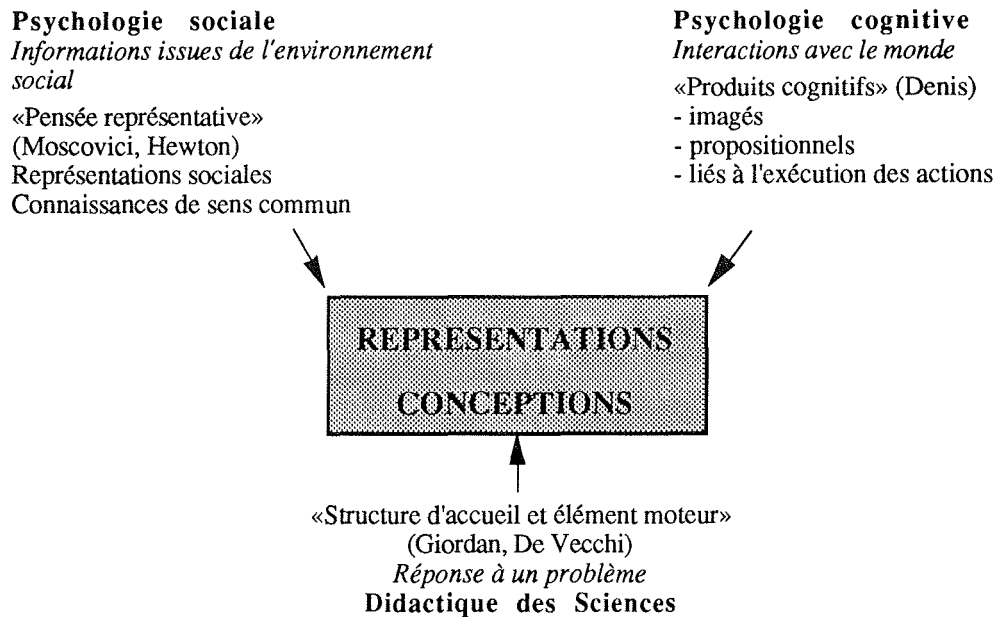


Schéma : Les conceptions, un point de rencontre de plusieurs champs

Méthodologie

Les résultats que nous présentons ici ont été obtenus au cours de l'année scolaire 1993-94 auprès de 45 élèves de cours moyen, 32 élèves de 4ème, 29 étudiants en première année d'IUFM (PE1) ayant choisi l'option Biologie-Géologie au concours et 24 stagiaires de deuxième année (PE2) n'ayant pas choisi cette option. Le recueil de données s'étant fait, à tous les niveaux, avant qu'il y ait eu cours sur le volcanisme, nous avons considéré que les conceptions mises en évidence en CM témoignent plutôt d'apports extérieurs à l'école ; en 4ème, elles doivent porter la trace des enseignements de CM ; chez les PE, elles constituent un «état des lieux» des connaissances sur le volcanisme chez l'adulte.

Une **analyse a priori** approfondie, basée sur l'étude, dans le domaine du volcanisme, des savoirs de référence, des programmes et des manuels ainsi que de l'histoire des sciences, nous a permis de préciser les savoirs en jeu dans notre sujet d'étude scientifique.

Sans faire une présentation approfondie, rappelons simplement que le volcanisme trouve sa place dans le modèle géologique récent de la tectonique globale (qui, en simplifiant à l'extrême, se base sur l'étude des mouvements des plaques lithosphériques, partie «superficielle» rigide du globe, par rapport à une couche visqueuse du manteau située juste dessous -voir annexe-). Il peut s'étudier à différents

niveaux dans l'espace (de l'atome à l'univers) et le temps (de la seconde au million d'années), comme le met en évidence la trame conceptuelle proposée dans la publication de recherche *Contribution à la définition de modèles didactiques pour une introduction de la Géologie à l'école élémentaire et dans la formation des maîtres** (voir en annexe).

En outre, il existe de nombreuses formes d'édifices volcaniques dont les caractéristiques dépendent du type d'activité volcanique (par exemple type explosif à lave visqueuse, type effusif à lave fluide), lui-même lié à l'origine et à la localisation du phénomène : volcans des dorsales océaniques, des zones de subduction, points chauds.

A l'intérieur de chaque catégorie, la diversité des formes est extrême et nous éloigne du volcan stéréotypé que nous avons tendance à utiliser comme modèle de référence ou à rechercher dans les dessins des élèves.

Ainsi, pouvons-nous définir un volcan, en empruntant la définition à J.M. Bardintzeff, simplement comme «un point de sortie par où du magma peut arriver en surface». La lave, dont il existe de nombreuses variétés, prend naissance à partir du contenu de chambres magmatiques situées de quelques km à environ 700 km de profondeur, et non au centre de la terre, faut-il le préciser ? L'édifice volcanique est pour l'essentiel constitué de matériaux d'origine volcanique.

Par ailleurs, l'analyse de la présentation des savoirs (que ce soit dans les ouvrages de référence, les programmes ou les manuels) nous a conduit à dégager **trois principaux pôles d'étude (ou d'approche) du phénomène** : le pôle *humain* (conséquences du volcanisme, méthodes d'étude, travail des volcanologues...), le pôle *descriptif* (objets géologiques liés au volcanisme, par exemple les produits de l'éruption) et le pôle *explicatif* (mécanismes en jeu, liaison avec la structure du globe, transformations de matière...), ce dernier étant le plus difficile et le plus abstrait.

L'analyse a priori nous a en outre aidé à construire **les questionnaires de recueil de données** que le lecteur trouvera en pages suivantes et pour lesquels nous avons utilisé trois techniques :

- Questionnaire par association d'idées.

Il utilise en partie la «méthode de construction autonome des savoirs» proposées par Gabrielle di Lorenzo (1991). Il consiste à faire établir par le sujet une liste de mots en relation de sens avec le mot «volcan». Cet outil nous a permis de vérifier la façon dont les apprenants abordent le phénomène et de voir si on retrouve dans leur approche la structure des savoirs correspondants. Comme nous l'avons vu ci-dessus, le volcanisme peut en effet s'étudier selon trois «pôles d'approche» différents correspondant chacun à des domaines notionnels particuliers.

- Questionnaire à questions ouvertes.

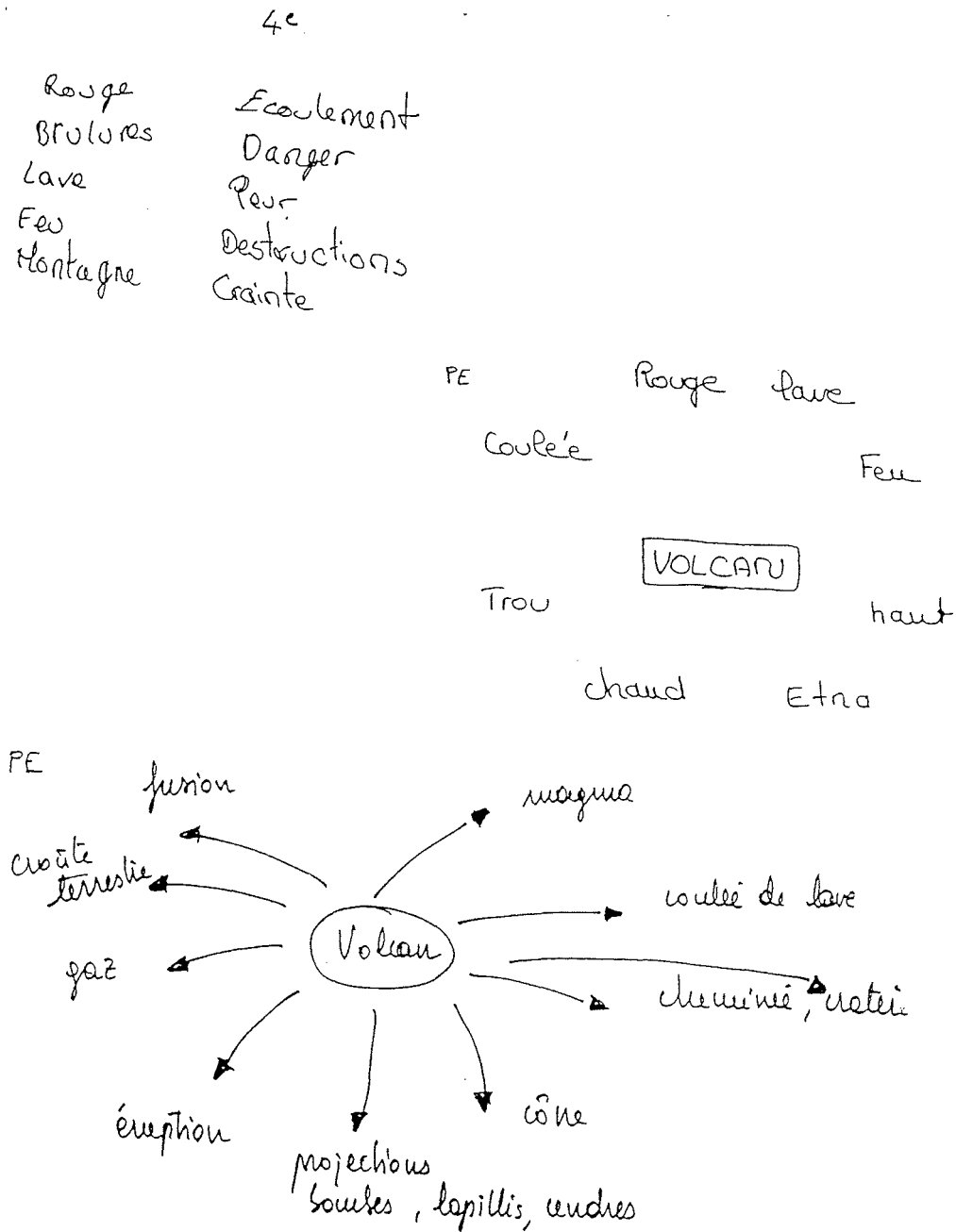
Lorsqu'il répond à ce questionnaire, à l'aide de mots ou de dessins, le sujet est en situation de production ; il doit donc, comme le dit Jean Marie De Ketele (1987),

* Cette brochure a fait l'objet d'une présentation dans la rubrique «A signaler», Grand N n° 49, année 1991-1992.

«reconnaître ou déterminer la réponse correcte à partir des éléments de son propre champ cognitif». Ceci nous a permis de repérer les conceptions en liaison avec les notions géologiques en jeu.

- Q-Sort.

Nous avons en fait utilisé un questionnaire de type «vrai-faux», mais avec degré d'accord, inspiré de la technique dite Q-Sort (Q pour qualities, Sort pour tri -en anglais-) introduite en 1935 par le statisticien Stephenson et permettant le tri d'énoncés qualitatifs. Le croisement des données recueillies avec ce questionnaire de sélection, passé après le précédent, a permis d'affiner les interprétations faites.



Le questionnaire par association d'idées : exemples de productions.

Questionnaire sur les volcans.

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

De la lave, de la poussière.

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

Du centre de la terre.

3) De quelle façon se forme la lave ?

Elle sort du centre de la terre pour remonter dans le volcan et sort après.

4) Que devient la lave après une éruption volcanique ?

Elle durcit et devient de la roche

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

- Non, parfois ils ne sont pas actifs on dit qu'ils "dorment"
- Par moment ils sont actifs ou inactif, mais je ne sais pas pourquoi

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

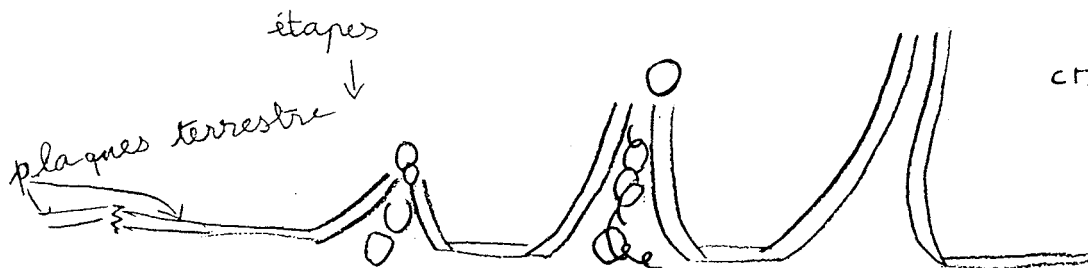
Avec l'écorce terrestre.

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

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

Oui, ils en existe beaucoup.

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



Le questionnaire à questions ouvertes : un exemple de réponse (CM).

Cocher la case correspondant le mieux à votre avis (-2 : pas du tout d'accord ; -1 : plutôt pas d'accord ; +1 : plutôt d'accord ; +2 : tout à fait d'accord).

	-2 -1 +1 +2	commentaires :
1/Les volcans ont la forme d'un cône.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
2/Un volcan est une montagne qui s'ouvre pour laisser sortir de la lave	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
3/La lave forme une couche continue sous l'écorce terrestre.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
4/Les volcans ont une altitude élevée.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
5/La partie visible du volcan est formée seulement de roches volcaniques.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
6/C'est du feu qui sort des volcans.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
7/ Les volcans ont une altitude élevée parce qu'ils se sont formés par soulèvement de l'écorce terrestre.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
8/La lave provient de la fusion des roches qui constituent le volcan.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
9/Les volcans sont creux.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
10/Quand de la lave sort d'un volcan elle refroidit et donne une roche.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
11/La partie visible du volcan est toujours formée des mêmes roches que l'écorce terrestre.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
12/La lave passe entre les plaques de l'écorce terrestre.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
13/Il y a des volcans en France.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
14/La lave provient du centre de la terre.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
15/C'est l'énergie du soleil qui provoque les éruptions volcaniques.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
16/Les volcans forment des reliefs car ils sont formés par accumulation de roches volcaniques.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
17/L'apparition d'un volcan est liée à un tremblement de terre.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____
18/Il y a des volcans sous la mer.....	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	_____

RÉSULTATS

Comment les élèves abordent-ils le phénomène ?

(rôle de l'enseignement reçu)

L'analyse des listes de mots obtenues à l'aide du questionnaire par association d'idées a permis de repérer certains termes qui se retrouvent à tous les niveaux et peuvent se traduire, en terme de conception du volcanisme, comme *une éruption destructrice de lave rouge et chaude*. Les mots «feu» et «montagne» (la montagne qui crache du feu) sont régulièrement cités par les CM, 4ème et PE2.

Toujours à partir de cette analyse, nous avons regroupé le vocabulaire utilisé en cinq catégories présentées ci-dessous ; ces cinq catégories correspondent aux pôles d'approche définis dans le paragraphe «méthodologie». Ce sont :

- la catégorie «objets» géologiques, où figurent les éléments caractérisant la forme des édifices volcaniques, les produits de l'éruption... (ont ainsi été placés dans cette catégorie des mots comme : «montagne», «feu», «lave»...);

- les «adjectifs», souvent cités en même temps qu'un des objets précédents (par exemple montagne «creuse»).

Ces deux catégories correspondent à ce que nous avons appelé le pôle *descriptif*.

- la catégorie «phénomènes» (où l'on trouve des mots comme éruption, fusion...) correspondant au pôle *explicatif*.

Remarquons que c'est bien dans ces trois premières catégories que se trouve l'essentiel du vocabulaire scientifique répertorié.

- tout ce qui a trait au domaine «affectif et esthétique», évoquant surtout des sentiments ou impressions (exemple des mots comme : danger, détruire, fantastique...).

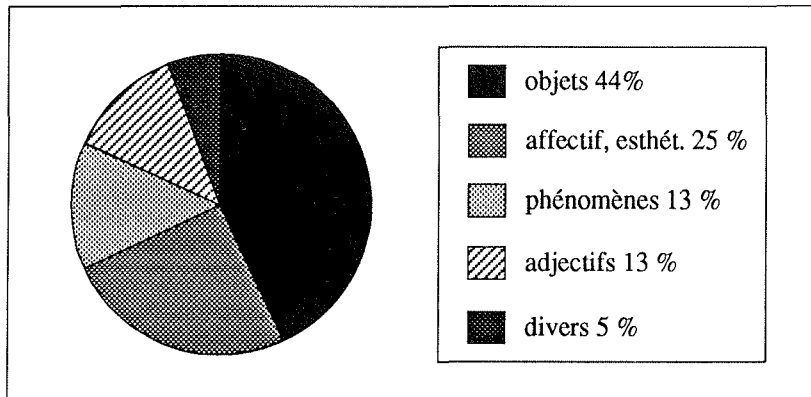
Cette catégorie, plus subjective, au vocabulaire moins scientifique, correspond au pôle *humain*.

- quelques «divers» difficiles à classer (ex. : dinosaures).

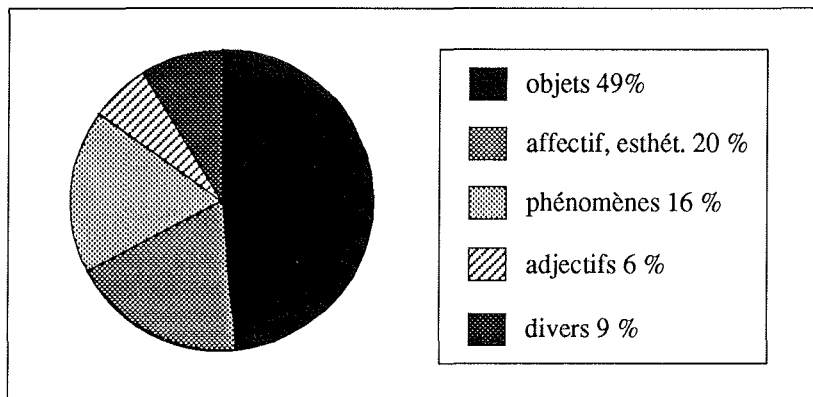
Le pourcentage de réponses de chaque catégorie a été chiffré et traduit graphiquement pour faciliter les comparaisons (voir figure ci-après).

En observant les résultats obtenus aux différents niveaux, nous voyons en particulier diminuer la catégorie «affectif-esthétique» (correspondant à un vocabulaire plus imagé, plus subjectif) alors que le pourcentage des «objets» et «phénomènes» (vocabulaire plus spécialisé) augmente : on note donc, des élèves du cours moyen aux PE2, **une acquisition progressive de vocabulaire scientifique et un passage vers une plus grande objectivité ; l'enseignement scientifique semble avoir joué son rôle.**

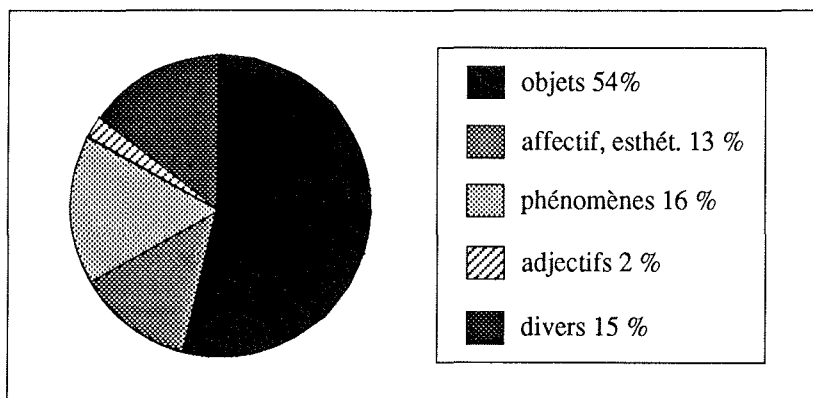
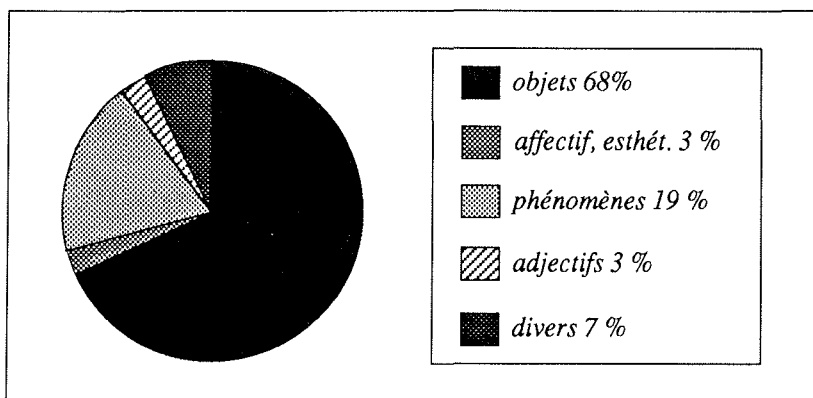
Evolution des modèles mentaux



Elèves de CM



Elèves de 4ème

Professeurs des écoles
stagiaires (PE2)*Etudiants PE1
(option
biologie-géologie
au concours)*

Les résultats au questionnaire par association d'idées : pourcentages de réponses
par catégories

A partir des réponses aux deux autres types de questionnaires, nous avons pu constater la persistance de certains modèles mentaux éloignés des savoirs de référence. Citons, par exemple :

- le volcan perçu comme un relief souvent conique et généralement creux ;
- la lave prenant son origine au centre de la terre.

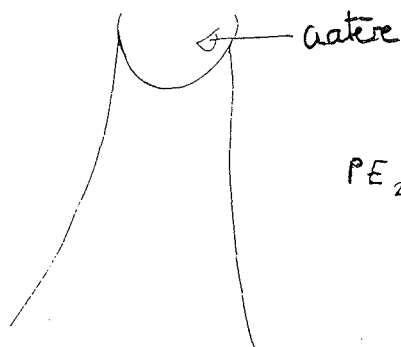
Certains modèles semblent même se développer, voire apparaître. Ainsi :

- la double interprétation de la formation de l'édifice volcanique : les phénomènes de soulèvement se voyant attribuer autant, sinon plus d'importance que l'accumulation des produits de l'éruption (alors qu'ils sont comparativement plutôt modestes) ;
- la lave figurée comme passant entre les plaques lithosphériques (problème d'échelle).

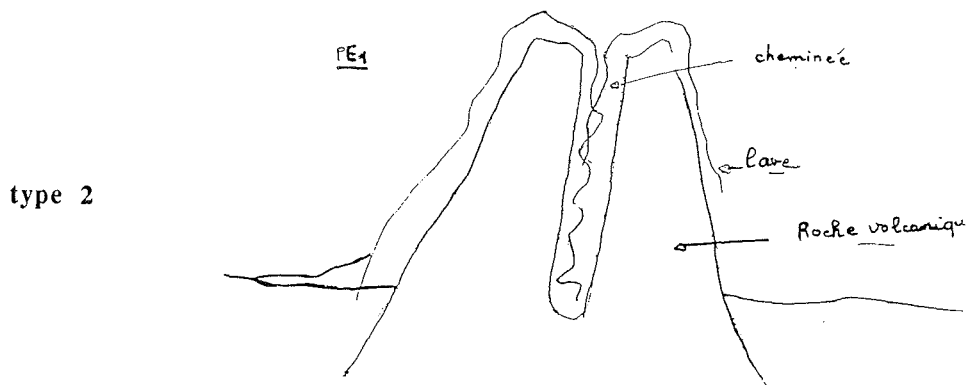
Vers une typologie de conceptions

Pour ce qui concerne la construction d'une typologie des conceptions sur le volcanisme, nous avons pu répertorier, en nous appuyant sur les dessins et réponses rédigées, sept catégories correspondant à des types identifiables de conceptions du volcanisme, en rapport avec des niveaux de conceptualisation différents.

- type 1 : cône volcanique sans détail de structure (réponses rédigées pauvres) ;
- type 2 : édifice bien délimité avec structure interne ; origine de la lave superficielle et liée au volcan ;

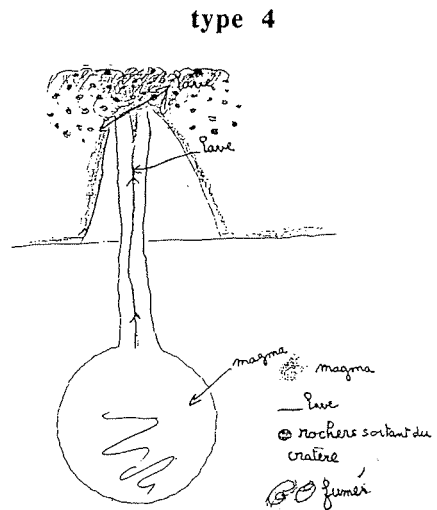
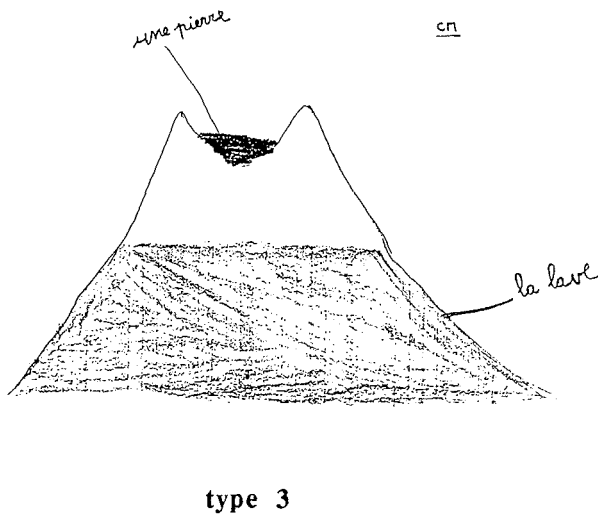


type 1

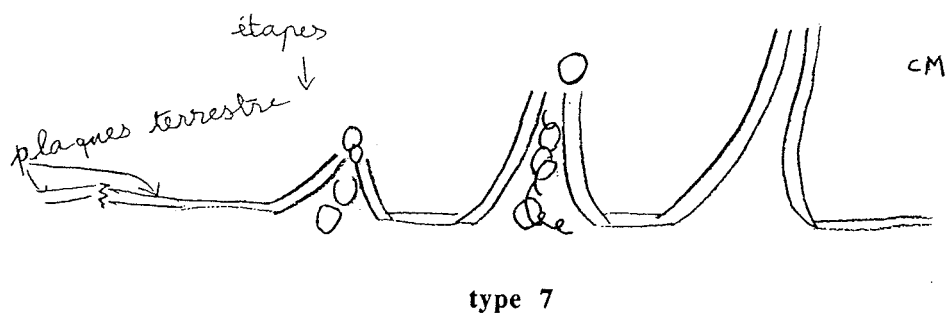
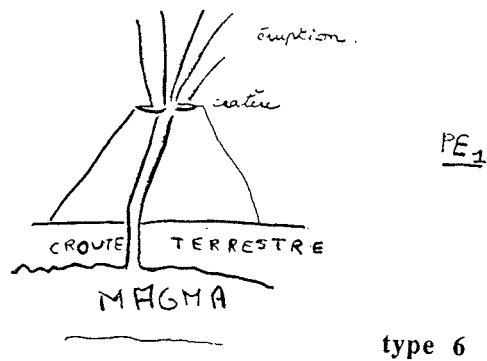
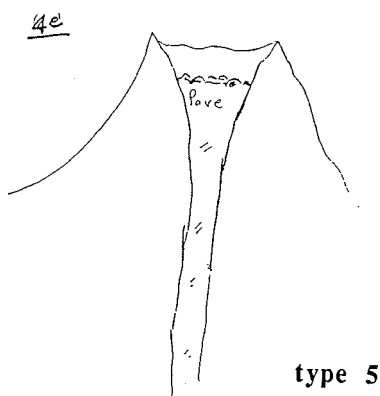


type 2

- type 3 : cône rempli de lave, associé à une origine profonde mais imprécise de celle-ci ;
- type 4 : présence d'un conduit faisant communiquer l'édifice volcanique avec un réservoir, fermé ou non ; attribution d'une origine profonde à la lave ;



- type 5 : édifice présentant un conduit non terminé ; origine profonde de la lave : évocation fréquente du «noyau», du «centre de la terre» ;
- type 6 : conduit faisant communiquer le volcan avec une couche ou nappe de lave ; origine profonde de la lave mais avec évocation de «l'écorce terrestre», des «couches terrestres internes», du «sous-sol» ;
- type 7 : édifice volcanique constitué par deux «plaques» qui s'affrontent ; origine profonde de la lave.



Ces «types» se répartissent selon les niveaux du cursus de la façon suivante :

	CM	4ème	PE2	PE1
type 1	7	1	2	0
type 2	7	3	1	1
type 3	11	4	0	0
type 4	8	10	7	9
type 5	5	9	6	2
type 6	3	6	4	16
type 7	1	0	0	2

Les types les plus simples dominent donc en CM. Les enfants ont peu de connaissances sur le sujet pour la plupart ; leur modèle mental est flou ou peu scientifique.

Ces premiers types régressent à partir de la 4ème et chez les PE2. Chez les PE1, les plus «scientifiques» des sujets de notre expérimentation, les types 1 et 3 ont disparu, le 6 domine (53%).

Nous voyons donc qu'au cours du cursus le modèle mental se précise et se rapproche des modèles de référence, avec l'attribution d'une origine profonde au phénomène.

Le croisement des réponses rédigées avec les réponses au Q-Sort a confirmé l'évolution perçue : la pensée préscientifique ne caractérise que quelques réponses d'élèves jeunes et le «feu» disparaît des conceptions. Un vocabulaire scientifique est acquis et de plus en plus utilisé et nous constatons apparemment une progression des connaissances scientifiques, en particulier pour l'origine profonde de la lave ou les changements d'état (fusion, solidification).

Ainsi pouvons nous conclure que la scolarité influence effectivement l'évolution des connaissances des élèves mais avec des résultats divers : s'il y a progrès dans certains domaines, nous voyons persister ou même se construire des façons d'expliquer le phénomène fort éloignées des savoirs de référence. C'est à partir de ce constat que nous proposons au lecteur, en guise de conclusion, quelques pistes de réflexion sur les difficultés et obstacles liés à la Géologie et à son enseignement.

Quelques réflexions sur l'enseignement de la Géologie en guise de conclusion

Les enseignants de l'école élémentaire savent bien quelle attention il faut accorder à la structuration du temps et de l'espace chez l'enfant. Or l'une des difficultés liées à l'enseignement de la Géologie est justement le problème du temps et de l'espace dans cette discipline : à la différence du temps des historiens, la durée des temps géologiques s'évalue en millions d'années et la notion de temps géologique est d'un accès difficile, y compris d'ailleurs pour l'adolescent et l'adulte.

D'autre part, 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), mais c'est le plus souvent à l'échelle d'un continent ou de la planète toute entière qu'il faut tenter de se les représenter. L'observation directe est souvent difficile.

Enfin, il faut souvent imaginer les structures en trois dimensions pour les comprendre : on peut penser par exemple à la reconstitution de la disposition des terrains à partir d'un affleurement.

L'enseignement de la Géologie présente donc un certain nombre de difficultés.

Pourtant celles-ci mêmes peuvent être une source d'intérêt pour les enfants, souvent à travers leur imaginaire : on constate en effet souvent combien nos élèves se passionnent pour l'exploration du temps avec les dinosaures, ou pour imaginer l'intérieur du globe par le biais de l'étude des volcans. Comment alors éviter l'apparition d'erreurs qui peuvent se révéler de véritables obstacles ?

Il semble que le problème se pose lors du passage à l'abstraction, à la modélisation. Cette étape vient souvent trop vite en classe, sans que les élèves aient vraiment exprimé leurs propres modèles et alors qu'ils n'ont pas eu le temps d'intégrer les observations réalisées, en particulier ce qui concerne les aspects temporels et spatiaux ; il y a alors un télescopage d'échelles qui se traduit bien, dans les résultats de notre recherche, dans l'exemple illustrant le type 7.

Par ailleurs, les manuels peuvent eux-mêmes aller apparemment dans le sens de certaines conceptions éloignées des savoirs de référence et conforter les élèves dans leur idées : ainsi, pour ne citer qu'un exemple, certaines coupes schématiques du globe présentées en CM dans lesquelles le magma est confondu avec le manteau.

L'enseignant averti de ces sources possibles de difficultés pourra y être plus attentif. Ainsi peut-être, les connaissances acquises par les élèves pourront-elles s'intégrer dans un modèle plus proche, et non plus éloigné, des savoirs de référence.

BIBLIOGRAPHIE

DEUNFF J., LAMEYRE J. et al., *Contribution à la définition de modèles didactiques pour une approche de la Géologie à l'école élémentaire et dans la formation des maîtres*, Ministère de l'Éducation Nationale, Direction des Ecoles, Paris 1990 (réédition CRDP Poitou-Charentes, 1995).

DE KETELE J.M., *Observer pour éduquer*, Peter Lang, Berne, 1987.

DI LORENZZO G., *Questions de savoir*, ESF, collection Pédagogies, 1992.

Pour aborder les savoirs sur le volcanisme, le lecteur pourra se reporter à :

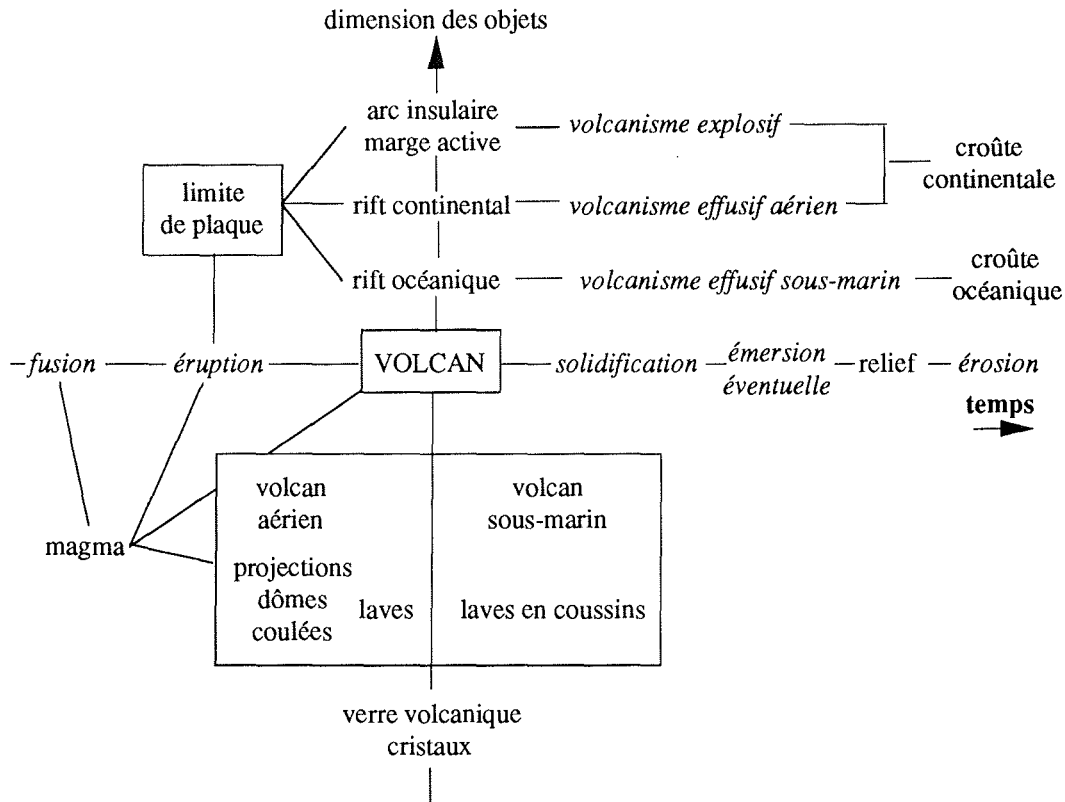
ALLEGRE C., *Les fureurs de la Terre*, éditions Odile Jacob, Paris, 1987.

BARDINTZEFF J.M., *Volcans et magmas*, éditions Le Rocher collection Sciences et Découverte, Paris, 1986.

KRAFFT M., *Les feux de la Terre, Histoires de volcans*, Découvertes Gallimard n. 113, Evreux 1991.

Chapitre «les volcans» in SABOURDY G., DEUNFF J.(sous la direction de), *La Géologie à l'école*, CRDP de Poitou-Charentes, Poitiers 1995.

ANNEXE



légende de la trame VOLCAN

magma	roche fondue
lave	magma émis en surface
laves en coussins	aspect des coulées sous-marines
plaque	ensemble rocheux rigide de la partie superficielle de la terre
arc insulaire	arc d'îles volcaniques, exemples : archipel du Japon, archipel des petites Antilles
marge active	limite entre continent et océan, soumise à des tremblements de terre, où les plaques se rapprochent au-dessus d'une zone de subduction, exemples : côtes du Pérou et du Chili
volcanisme explosif	donne des dômes et ou des projections telles que cendres et bombes, exemples : Fuji au Japon, la Soufrière à la Guadeloupe, la Montagne Pelée à la Martinique
rift	zone d'écartement de plaques, elle peut être située en domaine continental ou en domaine marin
volcanisme effusif	donne des coulées, exemples : Hawaï, Islande
point chaud	origine mantellique (dans le manteau, sous une plaque) d'un volcanisme qui se manifeste en dehors d'une limite de plaque, exemples : les îles Hawaï, la Réunion

TRAME CONCEPTUELLE : VOLCAN

