

GÉOCHRONIQUE

Magazine des Géosciences

JUIN 2004 - 12 €

Les sciences de la Terre,
de l'école au lycée



N° 90

Les sciences de la Terre, de l'école au lycée

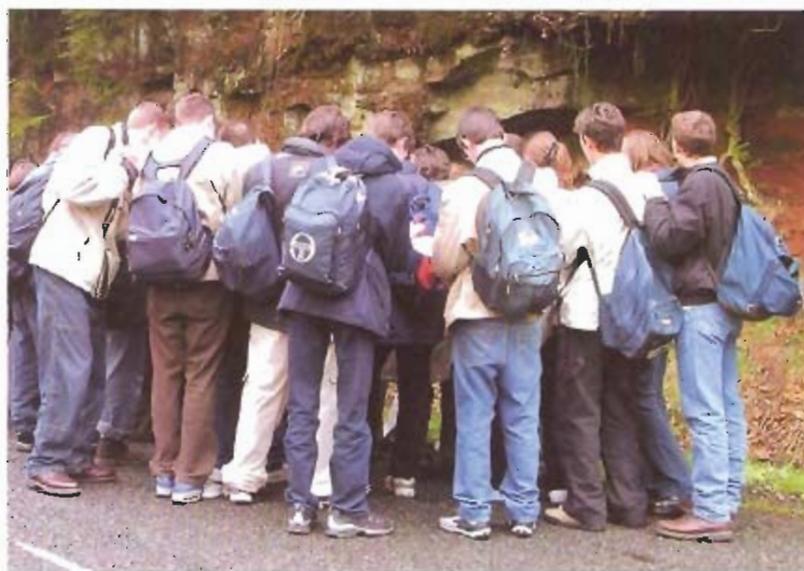
Géochronique propose pour la première fois un dossier sur l'enseignement des Sciences de la Terre de l'école au lycée. Nous tenons en premier lieu à remercier Michel Corsini, Maître de Conférences à l'université de Nice, qui a bien voulu accepter de se charger de contacter les auteurs et réunir les articles ; sans son travail cette tentative était vouée à l'échec.

L'idée de réaliser ce dossier nous est venue à la suite des travaux du récent colloque « enseignement et vulgarisation des sciences de la Terre de l'école à l'université » qui s'est tenu à Nice du 14 au 16 Mai 2003. Trois thèmes sont abordés ;

- une mise au point sur les programmes de Sciences de la Terre dans l'enseignement primaire et secondaire, et sur la formation des Maîtres ;
- quelques considérations sur les spécificités de l'enseignement des sciences de la Terre et les difficultés rencontrées par les enseignants et par les élèves ;
- un aperçu sur les nouveaux outils pédagogiques à la disposition des professeurs et des élèves.

Il s'agit d'un sujet complexe, passionnant ... et polémique. En effet, nous avons constaté que rares sont nos collègues géologues n'ayant pas des idées arrêtées sur ce qu'il faudrait faire selon eux dans ce domaine ; les uns voudraient que les programmes fassent une place plus large au terrain, aux faits concrets ; les autres plaident pour une étude plus approfondie des grands mécanismes géodynamiques... Mais tous s'accordent pour critiquer ce qui existe ! Avant tout nous leur conseillons de participer à une séquence d'enseignement des sciences de la Terre au collège ou au lycée, ou d'animer une sortie sur le terrain avec des élèves ; ils verront à quel point c'est difficile d'intéresser les enfants et les adolescents à la géologie et seront surpris, voire désarçonnés, par les questions posées ! Cela incite à la modestie... Dans ce contexte, il faut rendre hommage aux professeurs qui ne sacrifient pas l'enseignement des sciences de la Terre au profit de celui des sciences de la Vie, réputé plus facile (!), particulièrement à ceux qui ont le courage, pour ne pas dire l'inconscience, d'emmener les élèves sur le terrain avec tous les risques que cela comporte !

Bien entendu ce dossier ne prétend pas à l'exhaustivité ; il ne reflète que très partiellement les orientations actuelles de l'enseignement des sciences de la Terre (programmes et pédagogie) dans le



Élèves de première S observant un chenalet dans le grès vosgien (vallée de la Zinzel, nord des Vosges). L'affleurement est situé en bordure d'une route, ce qui nécessite une surveillance particulière de la part des professeurs accompagnateurs (photo O. Legay).

Primaire et le Secondaire. Pour lui garder un volume raisonnable, de nombreux points n'ont pu être abordés, comme par exemple la comparaison de l'enseignement en France et dans les autres pays européens, ou abordés trop brièvement, comme la formation continue des enseignants, sujet capital en regard de l'évolution rapide de la discipline et des programmes. Par ailleurs, le vocabulaire utilisé pourra parfois dérouter certains lecteurs ! Nous espérons qu'ils ne nous en tiendront pas rigueur, et nous souhaitons surtout que ce dossier suscite des réactions que nous publierons, à condition bien sûr qu'elles soient constructives.

La Rédaction

Les sciences de la Terre dans l'enseignement primaire et secondaire

Les sciences de la Terre dans l'enseignement secondaire : évolution des programmes depuis 1959

Les sciences de la Terre sont enseignées dans le secondaire, en association avec les sciences du vivant, depuis le début du XIX^e siècle. L'enseignement de la minéralogie, introduit dans les Écoles centrales (1795), maintenu dans les Lycées napoléoniens (1802) et les Collèges royaux de la Restauration (1814) laisse place à un

enseignement dit de géologie, dès 1847 pour l'enseignement spécial et en 1850 pour l'enseignement secondaire classique. Cet enseignement va rapidement s'organiser autour d'une trilogie : étude des roches, étude des phénomènes géologiques actuels, histoire géologique de la France. Cette trilogie ne disparaît que dans les années 1980 avec l'introduction généralisée d'un enseignement construit sur et autour de la théorie synthétique de la tectonique des plaques. Ce changement de paradigme, cette « révolution dans les sciences de la Terre » va, bien

au-delà des contenus, modifier les approches, les méthodes, voire la démarche de cet enseignement.

Dès son introduction, l'enseignement de la géologie est limité à quelques classes. Il s'installe en 1880 en quatrième pour y rester, quasiment sans interruption, jusqu'à aujourd'hui. Dans le second cycle, des éléments de géologie figurent dès le XIX^e siècle, successivement, dans les programmes des classes de seconde ou terminale (classes de Philosophie et de Mathématiques), mais sans jamais accéder à une véritable reconnaissance, avant la création de la classe de première D en 1966. Les sciences de la Terre n'occupent véritablement une place significative dans le second cycle que depuis qu'elles figurent dans les trois niveaux du lycée (1994) et donnent lieu régulièrement à des questions au baccalauréat.

Cet enseignement a profondément évolué depuis 40 à 50 ans, tant dans ses contenus que dans ses méthodes, sans que bien souvent les élèves d'hier s'en soient rendus compte ou que les enseignants d'aujourd'hui en aient suivi les implications.

Un enseignement naturaliste de la géologie

La réforme de 1965 crée au lycée une filière mathématiques et sciences naturelles, la filière D, laquelle devient rapidement la section « sciences naturelles », par où vont passer la majorité des enseignants et universitaires du domaine des sciences du vivant et des sciences de la Terre (*Bulletin officiel*, N° 24, 24 juin 1965). L'héritage de cette section est manifeste dans les représentations universitaires de l'enseignement secondaire. L'enseignement de la géologie reprend pied dans le second cycle à la rentrée de 1966 avec la classe de première D. Il est porté par le plus ambitieux des programmes d'enseignement de cette discipline, quoi qu'il s'intitule très modestement : « Quelques aspects de la connaissance de la Terre ». C'est un peu l'enseignement universitaire qui a glissé dans le secondaire.

L'introduction à l'étude de la géologie s'appuie sur les analyses comparées de

44

GÉOLOGIE

On peut ranger à part les **ROCHES CRISTALLOPHYLLIENNES**, qui sont cristallines et feuilletées et qui ont formé la première écorce terrestre.

II. — Roches sédimentaires.

On les range en trois grandes catégories :

- | | |
|---|--|
| <p>1° Roches calcaires :
Font effervescence avec les acides.
Sont décomposées par la chaleur.
Se rayent au couteau.</p> | <p><i>Calcaires cristallins</i> : spath, aragonite.
<i>Marbres</i> : peuvent se polir.
<i>Craie</i> : calcaire tendre.
<i>Calcaire oolithique</i> } pierres
<i>Calcaire grossier</i> } de construction.
<i>Travertins</i>.</p> |
| <p>2° Roches siliceuses :
Ne font pas effervescence avec les acides.
Ne se rayent pas au couteau.
Font feu au briquet.</p> | <p><i>Silex</i> : cassure irrégulière à arêtes tranchantes.
<i>Sable</i> : grains de silice isolés.
<i>Grès</i> : grains de sable soudés par un ciment.
<i>Poudingue</i> : cailloux réunis par un ciment.
<i>Meulière</i> : nombreuses cavités.
<i>Tripoli</i> : formé de débris d'Alguos.</p> |
| <p>3° Roches argileuses :
Sont plastiques.
Font pâte avec l'eau.
Sont imperméables.
Dureissent par la cuisson.</p> | <p><i>Argile plastique</i> : colorée par des impuretés.
<i>Kaolin</i> : argile pure, blanche.
<i>Schistes et Ardoises</i> : se divisent en feuillets.
<i>Marne</i> : mélange d'argile et de calcaire.</p> |
| <p>4° Roches salines :
Se rayent à l'ongle.
Sont solubles dans l'eau.</p> | <p><i>Gypse ou pierre à plâtre</i>.
<i>Sel gemme</i>.
<i>Phosphates</i>.</p> |
| <p>5° Roches combustibles :
Ont une origine organique.</p> | <p>1. R. charbonneuses. } tourbe, lignite, houille, anthracite, graphite, diamant.
2. R. bitumineuses. } Pétrole, Bitume.
3. R. résineuses. } Ambre ou succin.</p> |

Les roches sédimentaires peuvent se transformer sous l'influence de l'eau, des hautes températures et des fortes pressions.

Clé de détermination des roches utilisée par les élèves ... en 1927 ! (d'après E. Caustier, géologie à l'usage des élèves de la classe de quatrième, 24^e édition. Paris, librairie Vuibert, 348p., 376 fig.).

cortes topographiques et géologiques et de photographies aériennes régionales. Puis, on y étudie des notions de pétrographie, de paléontologie, de micropaléontologie, de stratigraphie, de tectonique, de géomorphologie, on y donne quelques notions sur la genèse des sols avant de s'essayer à une synthèse régionale. Cet enseignement, où la sortie de terrain et les études pratiques (l'horaire d'enseignement des sciences naturelles est de 2 heures de travaux pratiques et 1 heure de cours par semaine) en classes (observations, diagnoses de roches et de fossiles, réalisation de coupes géologiques, étude de cartes et photographies, etc.) sont la règle, colle à l'enseignement universitaire du moment. La géologie locale y est privilégiée dans la mesure où elle permet une étude directe et concrète. Les manuels scolaires proposent, dans le même esprit, des études régionales appuyées sur de nombreux documents photographiques et cartographiques. Ces ouvrages se démarquent de leurs prédécesseurs par leur aspect « manuel pratique de géologie », version allégée d'ouvrages de premier cycle universitaire. Cet enseignement poursuit celui de quatrième, quasi inchangé depuis 1912, et construit sur la trilogie précédemment citée, dans sa version locale. Marcel Orio écrit alors en préface de son ouvrage de quatrième : « La géologie s'apprend sur le terrain ». Il faut observer, comparer, analyser en préalable à l'interprétation.

Si cet enseignement de première D reste stable jusqu'à la création de la première S en 1982, ce qui est très long, voire exceptionnel, pour un programme, celui de quatrième est en revanche plusieurs fois réformé entre temps.

D'un enseignement de géologie locale à un enseignement local

À la rentrée 1968 une circulaire préconise en sixième l'adoption d'une démarche expérimentale où l'élève est mis en situation de concevoir des expériences, de les réaliser et d'en exploiter les résultats. Il est souhaité une plus grande autonomie de l'élève. Cette rénovation des programmes touche la classe de quatrième en 1970. Pour la première fois la trilogie « roches, phénomènes et époques géologiques » disparaît. Les aspects de géologie dynamique interne et externe sont supprimés et l'histoire des époques géologiques se réduit à celle de la région à partir de l'étude des roches et fossiles locaux. Le travail sur le terrain consiste en observations,

prises de croquis et collectes d'échantillons. L'élève doit apprendre à synthétiser ces informations pour produire un discours organisé. Cet exercice d'interprétation synthétique trouve sa pleine expression dans la réalisation d'une carte géologique locale simplifiée. Le programme les y invite, mais la complexité géologique de certaines régions condamne bien souvent cette entreprise à une copie simplifiée de la carte déjà existante.

La réforme dite « du collège pour tous » scinde cet enseignement, à partir de 1978, entre la quatrième et la troisième. Le cours, devenu travaux dirigés en 1970, se fait désormais uniquement sous forme de travaux pratiques. Il s'agit en quatrième, à partir d'observations faites sur le terrain et d'études au laboratoire, d'établir un lien entre paysage et nature des roches, d'en étudier divers types régionaux et d'en reconstituer leur histoire. À la troisième est réservée la synthèse plus abstraite et l'enseignement y cherche à reconstituer l'histoire de la région à partir de données stratigraphiques, paléontologiques, tectoniques et paléogéographiques. L'étude des phénomènes géologiques et de l'histoire de la Terre sont à nouveau au programme mais annoncent un enseignement à une échelle plus globale. L'arrivée massive d'élèves, mais aussi celle d'enseignants peu formés, surtout à la géologie, réduit les ambitions de contenus des programmes. La brièveté des programmes et la plus grande liberté pédagogique qu'ils laissent, cachent mal la nécessité qu'il y a à gérer une situation critique. Le granite devient la roche la plus étudiée de France !

La création de la première S : la géologie globale

À la rentrée de 1982 les classes de première C et D fusionnent pour donner la classe de première S. Il s'agit désormais d'y enseigner les aspects synthétiques essentiels des sciences de la Terre. Le programme traite de la constitution du globe, de géodynamique interne et des ressources naturelles. L'étude de quelques roches n'a pas disparu, mais s'y ajoutent des documents graphiques exprimant les apports de la géophysique ou de la géochimie et des coupes schématisées (des modèles en fait) dans la croûte continentale ou océanique. La dimension régionale s'éloigne, voire disparaît. Les documents tendent à se substituer, plus encore qu'auparavant, aux observations réelles. À la rentrée 1987, la géologie fait son retour, 75 ans après, dans le programme

de seconde. L'époque est à la valorisation des aspects techniques, les sciences naturelles n'y échappent pas, elles sont momentanément rebaptisées « sciences et techniques biologiques et géologiques » et la géologie devient appliquée. L'étude des ressources naturelles du programme de première S passe en seconde. L'étude de la formation et de l'exploitation de ressources géologiques (combustibles fossiles, minerais, eau) se fait sur documents. Les observations réelles et concrètes sont rares. Peu de lycées peuvent s'appuyer sur du matériel concret en collections et moins encore ont la possibilité de sortir étudier cette géologie sur le terrain. L'analyse de documents divers (tableaux numériques, graphiques, récit d'observations ou d'expériences) fonde cet enseignement. Ce qui importe c'est de savoir lire et comparer des documents, pour en extraire des informations. Pour des notions de géologie appliquée, cet enseignement n'a bien souvent de pratique, de concret et d'appliqué que le sujet. Notons que cette situation n'a rien d'exceptionnel à l'université : on y enseigne bien souvent des éléments de géologie appliquée sans application concrète et matérielle.

Cette modification de programme se répercute logiquement en 1988 sur celui de première S. Désormais l'enseignement de la géologie va porter exclusivement sur la dynamique du globe terrestre (Supplément au *Bulletin officiel* N°21, 2 juin 1988). Il comprend alors l'étude de : la structure du globe ; la formation des océans ; la subduction et la résorption de la croûte océanique ; la théorie de la tectonique des plaques ; l'accumulation des sédiments ; la formation des chaînes de montagnes ; le métomorphisme ; le magmatisme ; la formation et l'accumulation de ressources géologiques ; le cycle global de la matière.

Le grand écart : de la géologie locale à la géologie globale

Les programmes de quatrième, réformés également en 1988, tentent de lier la géologie locale et globale. Ils sont ambitieux et probablement trop pour les élèves qui se pressent alors dans cette classe. Des exemples locaux doivent y servir d'introduction à l'étude des roches et de leur histoire. Puis vient l'étude du volcanisme et des tremblements de terre, et leur répartition globale. De celle-ci doit être tirée une compréhension de la théorie de la tectonique des plaques, cadre dans lequel il devient alors possible d'étudier la diversi-

té des roches (le granite, une roche sédimentaire et quelques roches métamorphiques). De l'étude de celles-ci on peut alors passer à la présentation de l'histoire de la Terre. Il reste enfin à parler de la géologie au service des hommes (gisements d'eau et ressources énergétiques ; prévention des risques naturels). C'est une partie du programme de seconde qui est reprise. L'iconographie toujours plus riche des manuels scolaires tente d'illustrer des objets de moins en moins étudiés concrètement. Il faut dire que la somme des connaissances mises en jeu ne laisse guère le temps du détour par l'activité pratique et force à passer rapidement sur les conditions d'obtention des documents. Il n'y a plus de notions de géologie dans le programme de troisième.

Le changement d'échelle d'étude, de régionale à globale, les changements de moyens d'études (techniques géophysiques et géochimiques, tectonique et pétrographie expérimentales), l'importance des modèles et modélisations pour penser des structures et des fonctionnements inaccessibles à l'observation directe, vont éloigner l'élève de la réalité de l'objet étudié. À mesure que nos connaissances de la structure et de la mécanique du globe terrestre se précisent, la distance augmente entre la théorie explicative et le réel de terrain accessible. Les contenus sont plus abstraits, plus conceptuels. Ils renvoient à la maîtrise d'outils et de connaissances nouvelles qui empruntent aux domaines des sciences physiques et chimiques, allongeant la liste des prérequis nécessaires. Les données ou prétendues telles sont des constructions de plus en plus sophistiquées dont la dimension interprétative échappe souvent à l'élève, voire à l'enseignant. Les sciences de la Terre, car il est désormais réducteur de parler de géologie, vivent de la fin des années 1960 à 1990 une véritable révolution scientifique au sens de Thomas S. Kuhn. Elle se traduit par une remise en cause et un abandon de connaissances et de méthodes anciennes et par une élaboration de connaissances tout d'abord hésitante, puis enthousiaste et débordante. Les modèles proposés un jour et nécessaires à penser, sont modifiés, corrigés ou abandonnés le lendemain. Cette science qui bouillonne prend de vitesse l'enseignement universitaire et la formation des enseignants. Les programmes scolaires qui, dès les années 1980, se reconstruisent sur ces savoirs nouveaux, débordent bien des enseignants ce qui n'est pas sans

poser tout d'abord quelques problèmes de maîtrise des savoirs nouveaux et quelques résistances aux changements. Ces programmes des années 1980 étaient bien en rupture avec ceux des années 1960-1970, pour des raisons de contenus, mais aussi pour cause d'évolution des démarches et méthodes. Les supports d'enseignements s'enrichissent rapidement des images vidéo, des transparents, des maquettes analogiques, puis des simulations sur ordinateurs au cours des années 1990. Ces changements répondent à des besoins nouveaux de substituts du réel, mais créent également de nouvelles méthodes. Les programmes, bien que deux fois réformés, n'ont guère changé sur le fond depuis dix ans. Ils se sont toutefois enrichis par rapport aux années 1980 par des emprunts à la planétologie et à la climatologie et un renforcement de leurs aspects géophysiques et géochimiques.

Les sciences de la Terre et de l'Univers au baccalauréat

La réforme des lycées de 1992, qui modernise l'appellation des sciences naturelles (on parle désormais des sciences de la Vie et de la Terre), modifie quelques peu les programmes d'enseignement des sciences de la Terre. En seconde, la géologie des ressources naturelles cède le pas à l'étude de la Terre dans l'espace. Il s'agit de préciser l'originalité géologique de la Terre vis-à-vis des autres planètes, comme condition ou cadre du développement de la vie. La géologie emprunte ici à la planétologie comparée. L'approvisionnement en eau persiste cependant et l'étude des sols revient au programme. Les activités pratiques consistent à analyser, comparer et commenter des dessins, photographies, radiophotographies, tableaux et graphiques. En première S, l'enseignement des sciences de la Terre sous le bandeau « Terre et énergie » traite de la dynamique du Globe (expansion océanique, subduction, collision) avant de s'intéresser à la répartition terrestre du rayonnement solaire comme cause de la dynamique atmosphérique et océanique et, par leur intermédiaire, comme cause de la géodynamique externe (érosion, transport, sédimentation). Les tendances évolutives décrites précédemment se confirment. Redessinés, parfois en mieux, les documents graphiques des manuels scolaires sont tirés directement de publications ou d'ouvrages universitaires. Leur degré de conceptualisation est souvent exagéré par rapport aux attentes des pro-

grammes. L'élève, devenu étudiant, ne retrouve pas pareille qualité graphique dans les documents photocopiés qui lui sont remis.

À la rentrée 1994, les classes de terminales D et C (créées en 1967) fusionnent en une classe de terminale S à trois spécialités. L'enseignement de géologie s'y réduisait depuis l'origine à quelques éléments de paléontologie nécessaires à la compréhension de l'évolution des espèces. Le nouveau programme élargit cet enseignement à l'histoire et l'évolution de la Terre et des êtres vivants, ce qui concrètement ne fait qu'ajouter ou rappeler quelques notions sur la dynamique des masses continentales. Le programme de l'enseignement de spécialité SVT y ajoute l'étude de roches (produits et témoins du temps), l'étude des crises biologiques (la crise Crétacé/Tertiaire) et l'étude de l'évolution humaine. Des éléments des sciences de la Terre sont alors enseignés dans les 3 années du second cycle. En 1995, pour la première fois, à l'exception de quelques questions de paléontologie évolutive, la géologie va donner lieu à des questions ou baccalauréat. Cette présence marque une reconnaissance des sciences de la Terre, toujours restées secondaires par rapport aux sciences du vivant dans l'enseignement des collèges et lycées.

Le programme actuel de quatrième est celui de 1996. Il poursuit celui de 1988. De l'évolution des paysages ou manifestations visibles en surface de la géodynamique interne et externe (érosion, transport, sédimentation, tremblements de terre, volcanisme), il passe à l'explication de la structure dynamique du Globe avant de reconstituer l'histoire géologique de la Terre. Les documents, sources de l'essentiel des travaux, malgré l'invitation renouvelée à étudier la géologie locale sur le terrain, sont semblables à ceux utilisés en lycée, voire à l'université. Peut-il en être autrement compte tenu des contenus ?

Les programmes actuels (*Bulletin officiel*, Hors série N°5, 30 août 2001 ; *Bulletin officiel*, Hors série, N°11, 28 novembre 2002) d'enseignement des lycées ont été mis en place progressivement à partir de 2001. Ils représentent une redistribution des programmes précédents entre les 3 niveaux du lycée. L'enseignement s'y revendique comme étant tout explicatif et cherche à « fournir » aux élèves un modèle dynamique de la Terre.

La classe de seconde ajoute à un enseignement de planétologie comparée, une étude de la dynamique des enveloppes

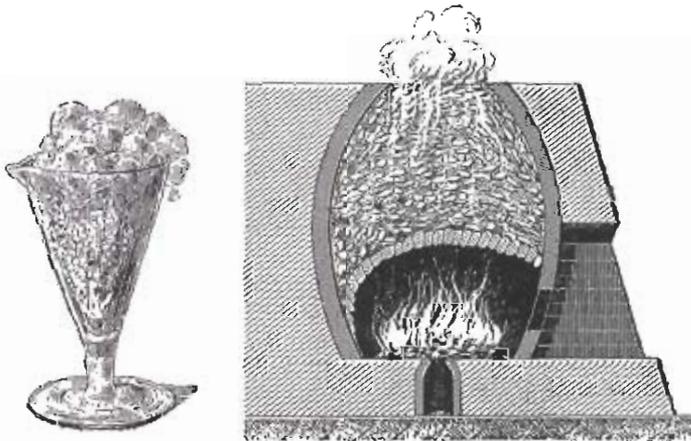
externes (atmosphères et hydrosphère) de la Terre, précédemment abordée en première S. Il s'agit de « situer l'homme dans son environnement ». En première S le programme est limité à une partie de l'étude de la dynamique globale : l'autre est reporté en Terminale S. Le programme de la première S porte sur : la structure et la composition chimique de la Terre, l'étude de la lithosphère et la cinématique des plaques, les mécanismes d'expansion océanique et la machinerie thermique. Curieusement, la convergence et la collision continentale sont traitées en Terminale S : pour interpréter la tectonique extensive des zones d'expansion, il faut attendre l'année suivante. En terminale l'unité du programme de SVT se fait autour de la dimension temporelle, dans le domaine du vivant comme dans celui de la Terre. À l'étude de l'origine et de l'évolution de l'Homme s'ajoute ainsi celle de la mesure du temps (relative ou absolue) et celle des crises biologiques. L'enseignement de spécialité SVT y ajoute une étude des climats anciens et des variations du niveau de la mer (*Bulletin officiel*, Hors série, N°11, 28 novembre 2002).

La Terre inaccessible ?

L'enseignement des sciences de la Terre dans le secondaire est fondamentalement structuré sur l'explication de la dyna-

mique du globe terrestre. L'échelle d'étude est celle du Globe et la géologie locale ne vient qu'aider par son accessibilité physique (et pas forcément conceptuelle) à rendre plus concret et palpable une connaissance construite à partir de documents essentiellement obtenus par des mesures du domaine de la géophysique ou de la géochimie. La classe de terrain en première S cherche justement à renouer le lien entre théorisation, modélisation, simulation et observation critique et analytique de terrain ; lien trop vite rompu lors de l'introduction d'un enseignement sur la tectonique globale dans les années 1980. Du côté des exercices pratiques, le sujet d'étude contraint à un travail sur documents faisant peu de place aux objets réels, ce qui ne fait qu'augmenter la représentation abstraite que l'élève peut se faire d'un objet a priori bien concret. Du point de vue conceptuel, il n'est pas sûr que l'élève mesure justement le degré interprétatif des documents qu'il utilise. Ce qui impartie actuellement c'est de comprendre des modèles. Au-delà des évolutions des contenus des programmes et des moyens et méthodes mis en œuvre pour les appliquer, il conviendrait de réfléchir plus longuement à la nature des connaissances et représentations ainsi transmises.

P. SAVATON



Effervescence du calcaire à l'acide dilué ; fabrication de la chaux (d'après E. Caustier, op.cit.)

Nouveaux programmes en sciences de la Terre et formation des enseignants de l'enseignement secondaire

La rénovation récente des contenus des programmes de sciences de la Terre et de l'Univers (STU) en collèges et lycées repré-

sente une avancée considérable pour les Géosciences. Ces dernières deviennent en effet une science « adulte », bien identifiée et donc intégrée dans la formation scientifique générale. En conséquence, l'enseignement des STU se décline sur l'ensemble du cursus de l'enseignement secondaire, les spécificités des STU (maîtrise du terrain, systèmes physico-chimiques complexes, variabilité des

échelles de temps et d'espace, démarches historique et prédictive, ...) sont identifiées et l'enseignement des STU est évolué par une épreuve spécifique au baccalauréat.

Cette évolution peut conduire à une légitime inquiétude chez les enseignants du secondaire qui ressentent parfois des difficultés à enseigner les STU. Il devient fondamental d'améliorer la formation, initiale comme continue, de ces enseignants. L'objet de cet article est, à partir de l'analyse des enjeux de cette discipline d'une part et des contenus des programmes d'autre part, de proposer quelques pistes de réflexion pour une meilleure formation des enseignants.

Les enjeux de la discipline

Comprendre le fonctionnement de la planète Terre et son évolution dans le cadre du système solaire est un objectif fondamental de la connaissance. L'origine et l'évolution du système solaire, la formation et la dynamique de la terre, l'origine et l'évolution de la vie sur Terre, les grandes crises et la disparition des espèces au cours des temps géologiques, la lignée humaine, la formation des volcans, des séismes, des chaînes de montagnes, la formation et la disposition des océans, sont autant de questions fondamentales pour les scientifiques mais aussi des sujets qui passionnent un large public.

Les STU font l'objet au niveau international, à l'exception de la France, d'un vigoureux effort de recherches dont les retombées sociétales en termes de gestion de l'environnement comme de développement durable sont considérables. En effet, une exigence sociale grandissante de sécurité et de prévention met les problèmes des aléas et des risques naturels au centre des préoccupations et donc des recherches en STU. Bien qu'il s'agisse là d'un domaine qui nécessite l'intervention de nombreuses autres disciplines (sciences de la vie, chimie, sciences de l'Homme et de la société, ingénierie, ...), l'analyse et la compréhension de ces processus naturels sont fondamentaux pour que des progrès significatifs soient réalisés. Le développement des pays émergents et l'augmentation inexorable de la consommation énergétique des pays développés impose la recherche et la gestion des ressources naturelles comme par exemple l'eau, les hydrocarbures, ou bien encore les minerais et les métaux précieux. La prise de conscience de l'impact

de l'activité humaine sur l'environnement est à l'origine de recherches dans des domaines aussi variés que le traçage des polluants dans les sols et les eaux, le traitement et le stockage des déchets, les variations climatiques et le réchauffement de la planète, le séquestre géologique et l'inertage du CO₂, ...

Les STU répondent donc à quatre grands types d'enjeux : la connaissance fondamentale de la terre, mais aussi des autres planètes, du système solaire, des exoplanètes, de l'évolution de la vie sur terre ; la gestion des ressources naturelles (eau, matières premières minérales et énergétiques) ; la maîtrise et la prévision des aléas et risques naturels (sismique, volcanique, gravitaire, hydrique, climatique) ; enfin, et en association avec de nombreuses autres disciplines, la gestion de l'environnement dans le cadre d'une politique de développement durable.

Les enjeux des STU dans le cadre des nouveaux programmes

Les enjeux scientifiques étant identifiés, il est possible d'analyser leur déclinaison dans le cadre des nouveaux programmes. Il est clair que les sciences de l'environnement sont un objectif important de la formation durant tout le cursus scolaire. Le rôle du professeur de SVT devient central dans un projet d'éducation civique à l'environnement. Dans cet esprit, il a été choisi de traiter la dynamique des enveloppes fluides de la Terre, et leurs conséquences en termes de variations climatiques, en classe de seconde. Ainsi, et en dépit de la difficulté des concepts scientifiques à mettre en jeu, ces problématiques à forte implication sociétale sont-elles présentées à l'ensemble des élèves des lycées. Pour les élèves des filières scientifiques, ces questions peuvent être approfondies en classe de terminale dans le cadre de l'enseignement de spécialité.

De plus, c'est à différents niveaux du cursus (cinquième, quatrième, seconde, terminale) que les conséquences de la dynamique de la planète en termes d'aléas et risques naturels peuvent être présentés. C'est l'occasion de montrer combien la connaissance scientifique peut être importante pour l'homme et ses activités et combien la recherche fondamentale peut trouver son application dans la vie quotidienne.

On mesure encore le rôle des professeurs de SVT dans la formation des individus quand ils présentent les acquis scientifiques sur l'évolution et la lignée humaine.

Dès la classe de troisième, le concept d'évaluation est construit. Il est approfondi par un enseignement obligatoire en terminale scientifique et optionnel en première littéraire et première économique et sociale. C'est tout au long du cursus qu'il a été choisi d'établir les savoirs fondamentaux de la discipline (composition, structures et dynamiques de la planète). Dès la classe de cinquième on aborde les STU par l'étude sur le terrain des paysages, des roches sédimentaires et de la dynamique externe de la Terre. En classe de quatrième, la dynamique interne de la Terre et son expression à la surface de la planète sont présentées. Pour les filières scientifiques, il s'agit d'aboutir à une vision globale et unitaire du système Terre grâce à une cohérence verticale des programmes de la seconde à la terminale.

Les STU ne sont pas organisées autour de « disciplines abstraites » mais autour d'« objets concrets » : systèmes planétaires, océans, atmosphère, roches et structures géologiques. Ce sont d'abord des sciences d'observation. Cependant, la taille, le nombre de paramètres libres et la présence de multiples rétroactions engendrent la complexité des systèmes étudiés, ainsi que le caractère hautement non linéaire de leurs compartiments. La compréhension d'objets naturellement complexes et de leur fonctionnement exige une grande créativité et des efforts de modélisation. Il est donc indispensable d'initier les élèves à une démarche scientifique spécifique : observer, analyser et modéliser. Ceci ne peut se faire qu'à travers la mise en place de travaux pratiques et de classes de terrain où la démarche scientifique est mise en œuvre tout en révélant l'aspect fascinant des STU (exploration spatiale, volcans, séismes, chaînes de montagnes, fossiles, ...). Au cœur de cette démarche, les changements d'échelles d'espace et de temps et la mesure du temps deviennent des pratiques récurrentes. Il est clair que les programmes proposés sont ambitieux et que de nombreux concepts sont complexes. Afin de rendre ces contenus accessibles aux élèves des collèges et lycées, il est fondamental que les limites en soient explicites et surtout respectées par les enseignants. On ne répètera jamais assez que les programmes sont définis par des textes officiels et non pas par des manuels scolaires dont les contenus, du fait de la concurrence entre les maisons d'édition et/ou de la démesure de certains auteurs, vont très ou-delà du nécessaire dans le secondaire.

Quelques pistes pour améliorer la formation des enseignants du secondaire

Devant l'étendue des connaissances à acquérir et la complexité des concepts et méthodes propres aux sciences de la Vie et de la Terre, la formation initiale des enseignants doit s'attacher à établir les connaissances fondamentales de ces disciplines. Il est urgent au sein des formations universitaires d'apprendre à identifier, pour les sciences de la Terre en particulier, les connaissances de premier ordre et à s'affranchir de l'accessoire !

Améliorer la formation initiale des futurs enseignants impose d'abord d'introduire plus de science, c'est-à-dire d'insister sur la démarche scientifique, et moins de catalogues (accumulations de connaissances) dans l'enseignement universitaire. Améliorer la formation initiale en STU passe aussi par un accroissement quantitatif et qualitatif de l'enseignement sur le terrain. C'est la meilleure façon d'appréhender les objets géologiques dans leur diversité et parfois leur complexité. C'est surtout le moyen le plus efficace pour apprendre à maîtriser les variations des échelles de temps et d'espace. Améliorer la formation initiale passe enfin par un investissement plus fort des enseignants-chercheurs géologues de qualité, c'est-à-dire des meilleurs scientifiques et pédagogues, dans ces filières de formation. Il faut sans cesse rappeler que former des enseignants est une mission aussi noble et importante que former des ingénieurs ou des chercheurs. Il faut donc valoriser cette mission de formation dans l'évolution des carrières universitaires.

Les enseignants-chercheurs ne sont pas les seuls acteurs du système éducatif à mobiliser. En effet, pour être efficace, une évaluation des contenus et des pratiques pédagogiques dans le supérieur doit s'accompagner d'une sérieuse évolution d'une part des contenus des programmes des concours de recrutement (eux aussi à recentrer sur les connaissances de premier ordre) et d'autre part du type de questionnement pratiqué par les membres des jurys du CAPES et de l'agrégation.

Dans les paragraphes précédents, il a souvent été question de démarche scientifique. En STU cette pratique est fondamentale et ne doit pas être caricaturée dans une présentation standardisée (et qui date du 19^e siècle !) de type : observations – modèle – conséquences vérifiables. Dans

la démarche du scientifique, rien n'interdit un modèle a priori et une approche hypothético-déductive. De plus, la pratique d'une stratégie de type « essais-erreurs » est fréquente et souvent très efficace.

Les enjeux de la formation continue sont encore plus importants. La science évolue rapidement, en conséquence, il faut admettre, reconnaître et surtout organiser la formation tout au long de la vie profes-

sionnelle des enseignants du secondaire. Ceci passe d'abord par une forte mobilisation des scientifiques et une modification des pratiques à l'Université qui doit reconnaître la formation continue comme une mission à part entière. Ceci passe ensuite par une volonté du Ministère et de l'Inspection générale de dégager les moyens nécessaires et organiser la formation continue. Il leur appartient de

mutualiser les ressources pédagogiques et d'identifier quelques ateliers de terrain (exemples « types ») qui, validés par les scientifiques, permettront une vraie appropriation des connaissances. Il appartient surtout à l'Inspection générale et aux inspecteurs pédagogiques régionaux de mettre en place des équipes de formation en veillant à la qualité scientifique des formateurs impliqués afin que ces derniers soient des relais efficaces entre les différents acteurs de la formation continue des enseignants.

J.-M. LARDEAUX, A. MAMECIER



Les notions essentielles contenues dans les programmes des sciences de la Terre.

La formation en sciences de la Terre des professeurs de SVT

Les sciences de la Terre sont enseignées dans le secondaire au sein d'une discipline scolaire intitulée sciences de la vie et de la Terre, depuis 1992 ou sciences naturelles, depuis 1902 et histoire naturelle au XIX^e siècle (à ces trois désignations officielles et durables se sont ajoutées celles de sciences et techniques biologiques et géologiques de 1987 à 1992 et de Biologie-Géologie au gré des textes et programmes). Des notions figurent également dans les programmes de géographie du secondaire et dans les programmes de sciences du cycle 3 (CM1 et CM2) des écoles primaires.

LE PROGRAMME DE GÉOLOGIE À L'ÉCOLE PRIMAIRE

En référence aux nouveaux programmes du cycle des approfondissements (cycle 3), et de façon très générale « l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école vise la construction d'une représentation rationnelle de la matière et du vivant par l'observation, puis l'analyse raisonnée de phénomènes qui suscitent l'intérêt des élèves ». Dans la précision de ses objectifs, ce programme doit susciter chez l'enfant le développement de ses capacités d'expression, tant écrites qu'orales, qui se mettent, par exemple, en place à l'occasion d'expériences intellectuelles et culturelles spécifiques dans l'école... On doit souligner la dimension transversale de la maîtrise de la langue et de la langue française, au travers des différentes disciplines abordées à l'école élémentaire. Plusieurs thèmes relevant de disciplines scientifiques distinctes seront ainsi traités au cours de la scolarité. Voici ceux qui se rapprochent des sciences de la Terre, regroupés sous des chapitres différents :

- dans le chapitre relatif au ciel et à la terre, on étudiera deux manifestations différentes de l'activité de notre planète : les volcans et les séismes. L'objectif de cette partie du programme « est en tout premier lieu d'observer méthodiquement les phénomènes les plus quotidiens et d'engager les élèves dans une première démarche de construction d'un modèle scientifique » ;
- dans le chapitre relatif à l'unité et à la diversité du monde vivant, on abordera les grandes étapes de l'histoire de la Terre et on étudiera quelques fossiles typiques (traces de l'évolution des êtres vivants) ;
- dans le chapitre relatif à l'éducation à l'environnement et à la santé, les objectifs visés ne seront pas seulement scientifiques mais toucheront aussi plusieurs disciplines enseignées à l'école élémentaire (dimension transdisciplinaire). Les différentes activités menées dans ce cadre-là devront cependant s'appuyer sur une compréhension des phénomènes scientifiques. En rapport avec les sciences de la terre, on traitera ainsi plutôt de la conduite à tenir en cas de séisme et on amènera l'enfant à prendre conscience de la complexité de l'environnement qui nous entoure. Les enfants sont très intéressés par tout ce qui concerne l'histoire de la planète, surtout par les volcans et les tremblements de terre. Ces thèmes occupent une place de choix à l'école élémentaire car ils permettent de trouver des situations d'apprentissage motivantes. L'enseignement des sciences de la Terre permet à la fois de suivre les objectifs fixés par les programmes et de développer des compétences transversales ou disciplinaires dans d'autres domaines que celui des sciences.

L. LOPEZ

Des recrutements divers

Les enseignants de SVT des collèges et lycées recrutés sur concours sont titulaires du CAPES (Certificat d'aptitude au professorat de l'enseignement secondaire) sciences de la Vie et de la Terre (ex-CAPES de sciences naturelles) ou de l'agrégation de sciences de la Vie / sciences de la Terre et de l'Univers (ex-agrégation ès sciences naturelles). Les besoins en enseignants du supérieur au nombre des lauréats des concours donnent toujours lieu au recrutement de personnels vacataires ou contractuels titulaires a minima d'une licence du domaine des sciences du vivant. Des situations locales et ponctuelles de pénurie ont pu faire recruter parfois pour enseigner les SVT des titulaires de licences sciences de la Terre ou de licences plus éloignées de la discipline à enseigner. Ces personnels non-titulaires, ont été parfois, titularisés sans passer par les concours internes.

Les enseignants du primaire, instituteurs et professeurs des écoles ont été recrutés sur concours soit au niveau du baccalauréat ou du DEUG, pour l'entrée dans les écoles normales d'instituteurs et d'institutrices, soit au niveau de la licence depuis la création des Instituts universitaires de formation des maîtres (IUFM) (loi d'orientation du 10 juillet 1989 et décret du 28 septembre 1990).

Comme on le devine d'emblée, la diversité des origines et des statuts s'accompagne d'une grande diversité des cursus et des connaissances. Nous ne nous intéresserons dans cet article qu'à la formation en sciences de la Terre des enseignants passés par les concours externes du CAPES et de l'agrégation (voir également encadré sur les rapports des jurys de concours).

Le concours du CAPES est ouvert à tout étudiant titulaire d'une licence ou de son équivalent. Dans les faits, la majorité des candidats au CAPES de SVT sont titulaires également d'une maîtrise, condition requise par ailleurs pour se présenter à l'agrégation. Une fois reçus à l'un de ces concours, les lauréats sont affectés pour une durée d'un an à la fois dans un IUFM et dans un collège ou un lycée où ils effectuent un service d'enseignement ne devant pas dépasser 6 heures par semaine. Tous ces enseignants suivent donc un an de formation dans un IUFM en parallèle à la pratique de leur métier. Pour se présenter au concours du CAPES, le candidat peut suivre ou non une préparation ou concours auprès d'un IUFM (préparation en parte-

natariat avec l'université de rattachement). Le candidat qui se présente à l'agrégation peut de la même manière le faire en candidat libre ou comme étudiant d'une préparation universitaire à l'agrégation. La formation en sciences de la Terre d'un enseignant se répartit donc sur ses années à l'université et sur une à deux années dans un IUFM.

La diversité des maquettes d'enseignement des DEUG, licences et maîtrises, rend difficile la description précise de la formation en ST suivie par un étudiant, en l'absence d'une étude exhaustive et comparative de tous ces cursus. La mise en place prévue de la réforme « Licence/Master/Doctorat » à la rentrée 2004 et les maquettes établies en ce sens ne peuvent encore être prises en compte à cette date. Cette réforme va modifier la formation universitaire en ST des futurs candidats aux concours. Si la possibilité de parcours différenciés peut permettre une formation plus conséquente et pertinente pour ces futurs candidats, le repli sur soi de chaque champ disciplinaire de recherche, réaction de survie lorsque les postes se font rares, peut laisser craindre également un appauvrissement. En effet, l'absence de reconnaissance d'une véritable filière « concours du secondaire » en licence et master entraîne un renforcement des dominantes disciplinaires des formations aux dépens des enseignements complémentaires : il faudra être encore plus « sciences de la Vie » ou « sciences de la Terre et de l'Univers ».

On peut toutefois énoncer quelques constantes et caractéristiques majoritaires des actuels cursus universitaires des candidats au CAPES et à l'agrégation.

Des formations universitaires encore plus variées

La première année de DEUG est considérée comme une année d'accueil et d'orientation des étudiants et se traduit généralement par un enseignement peu approfondi. Il s'agit avant tout, en ST, de présenter soit quelques aspects jugés au plus attractifs ou plus médiatiques ou plus fondamentaux. On parle souvent de la nécessité de leur donner des bases, ignorant semble-t-il que ces étudiants, plus encore aujourd'hui qu'hier, sont titulaires d'un baccalauréat scientifique et pour cela ont suivi déjà quelques années d'enseignement de SVT comprenant un ambitieux programme de ST. Maîtrisés ou non, les savoirs étudiés ont laissé des traces et parler de construire des bases en ignorant leurs acquis antérieurs est au minimum

maladroit. Mais, c'est bien souvent le cas. La première année se limite donc à rappeler des notions générales sur les roches et les phénomènes géologiques ou à reprendre en quelques heures une présentation de la place de la Terre dans l'Univers, de sa structure et de sa dynamique externe et interne. Peu d'universités proposent des travaux pratiques. Les enseignements se font en amphithéâtre ou parfois sous forme de groupes de travaux dirigés. Les sorties ou stages de terrain ne sont généralement pas au programme. Quelques universités consacrent néanmoins plus de 50 heures aux ST.

La deuxième année de DEUG est plus ou moins spécialisée selon les établissements. Ces spécialisations obligent l'étudiant à choisir (pré-choisir ?) une filière avec ou sans enseignement de ST. Les universités qui reconnaissent l'importance d'une filière enseignement secondaire proposent généralement un parcours alliant sciences du vivant et sciences de la Terre. En ce cas, on peut compter sur plus d'une centaine d'heures de ST. Sinon, la place horaire dans les maquettes est extrêmement variable, allant de ce que certains n'hésitent pas à appeler un vernis de ST (20 à 30 heures) jusqu'à un enseignement construit en modules répartis sur les deux semestres, avec des cours, des travaux dirigés et des travaux pratiques, parfois même une sortie voire un stage de terrain. Du côté des contenus, la diversité est grande, mais classiquement et sous des appellations et regroupements variables on y traite de pétrographie, de pétrologie, de cartographie, de tectonique, de paléontologie, parfois de géomorphologie et d'éléments de géophysique et géochimie. La spécialisation STU n'est pas conseillée car elle fait trop peu de place aux sciences du vivant.

De nombreuses universités dans l'optique des concours d'enseignement proposent une licence de type biologie générale et sciences de la Terre (et de l'Univers) ou licence BGST(U). Dans ce cas les ST peuvent y représenter 20 à 40 % des enseignements. Ils correspondent alors soit à un approfondissement (on parle en histoire de l'éducation d'enseignement concentrique ou circulaire, pour cet enseignement qui consiste à reprendre plusieurs années de suite les mêmes thèmes mais à un niveau sans cesse croissant) du DEUG (mêmes sujets mais à un plus haut niveau), soit à un élargissement des thèmes d'études avec classiquement un enseignement appuyé

sur les apports de la géophysique, la géochimie, la climatologie, mais aussi l'histoire géologique de la France, les processus génétiques du magmatisme et du métamorphisme. Cet enseignement en cours, TD, TP se complète parfois d'une sortie ou d'un stage de terrain avec rapport. Schématiquement, il en est de même pour la maîtrise lorsqu'une maîtrise de type BGST(U) existe. Licence et maîtrise constituent bien souvent les 4 semestres d'un enseignement plus approfondi des sciences de la Terre, avec des choix de répartition étalée ou concentrée sur tel ou tel semestre. Bien souvent, l'année de maîtrise offre des compléments en histoire géologique de

la France ou en géologie appliquée (ressources naturelles et environnement) ou en géochimie (isotopes ; radiocronologie), géophysique ... Notre propos n'est pas ici de décrire en détail ni les contenus, ni les méthodes, ni la forme pédagogique de ces enseignements, ni leur répartition détaillée. Cette rapide présentation cherche en revanche à rappeler que les étudiants qui préparent les concours d'enseignement secondaire sont issus de cursus universitaires à dominante de sciences du vivant, où les ST(U) occupent en temps, au sens strict, une place secondaire, voire parfois accessoire. Les contenus d'enseignement peuvent soit se rapprocher des

contenus des filières STU et des thèmes actuellement porteurs des recherches en STU, soit poursuivre un enseignement généraliste des STU alliant domaines nouveaux et traditionnels des STU.

Les prépas CAPES ...

La majorité des lauréats du CAPES a suivi une préparation au concours au sein d'un IUFM, à l'issue de leur cursus à l'université. Officiellement la responsabilité de la mise en œuvre de ces préparations est du ressort de ces instituts. Classiquement la préparation aux épreuves scientifiques est assurée par leur université de rattachement.

Le concours du CAPES distingue des épreuves écrites et orales dites scientifiques car testant fondamentalement les

LES RAPPORTS DE JURYS DES CONCOURS DU CAPES ET DE L'AGRÉGATION

L'agrégation d'histoire naturelle fut créée en 1869, mais le recrutement ne commença qu'en 1881. Rappelons que le concours de l'agrégation est créé en 1776 par Louis XV, puis supprimé par la Révolution et rétabli en 1821. En 1840, Victor Cousin scinde l'agrégation de sciences en deux : sciences mathématiques et sciences physiques et naturelles. En 1852, Hippolyte Fartaul réduit à deux les agrégations : lettres et sciences, mais son successeur Gustave Rauland rétablit en 1858 la scission en deux de l'agrégation scientifique. C'est seulement avec Victor Duruy en 1869 qu'apparaissent les trois spécialités : sciences mathématiques, sciences physiques et sciences naturelles. L'agrégation de sciences physiques comparte à l'écrit, jusqu'en 1885, une composition d'histoire naturelle. Sa création marque la reconnaissance pleine et entière d'une discipline scalaire avec ses spécificités épistémologiques, didactiques et pédagogiques. Elle contribue à édifier les fondements du système éducatif français en imposant une idée forte : l'exercice du métier de professeur exige, pour parvenir à ses buts, une formation scientifique ou culturelle de haut niveau. Concours destiné à l'origine à recruter une élite d'enseignants pour un enseignement d'élite (et des élites), il a marqué profondément tout l'enseignement classique et la distinction historique entre les collèges et les lycées. Dès son origine, la géologie fait partie des épreuves du concours. La distinction de deux options, sciences de la Terre et sciences biologiques, date de 1959. Elle ne marque qu'une répartition différente des épreuves et des coefficients donnés aux deux domaines. Les modifications de 1968, 1979, 1995 et 2002 sont marginales au regard des exigences de connaissances.

Le CAPES externe de sciences naturelles est créé en 1950, en remplacement du CAEC (Certificat d'aptitude à l'enseignement dans les collèges, existait déjà à cette date, mais uniquement pour les établissements féminins) section sciences physiques et sciences naturelles créé en 1941. Il est réformé en 1952, puis de nombreuses fois depuis sans que l'organisation et l'esprit en soient véritablement modifiés. Les lauréats admis dans un Centre pédagogique régional (CPR) étaient stagiaires durant deux ans. La titularisation faisait suite à deux épreuves pratiques en situation. Les modalités ont été modifiées par la suite avant que les CPR disparaissent à la création des IUFM en 1990.

Le CAPES interne est créé en 1987, l'agrégation interne en 1989. De 1951 à 1981, le nombre des enseignants est multiplié par dix, mais dès 1973 l'inflation du recrutement se lasse pour arriver à un niveau d'étiage en 1980. Depuis quinze ans les recrutements sont de nouveau en hausse avec une forte augmentation ces cinq dernières années. Cependant, le concours 2004 recrutera près de 750 enseignants de SVT sur les deux concours externes, soit 30 % de moins qu'en 2003.

Les rapports des jurys de concours, au moins pour les 40 dernières années, n'ont cessé de dénoncer l'insuffisante formation en ST des candidats relativement à leur formation dans le domaine des sciences de la Vie. À la méconnaissance reprochée des objets et outils classiques de la géologie (pétrigraphie macroscopique et microscopique, cartes géologiques) s'ajoute celle de la réalité pratique du terrain. L'approche est jugée trop livresque et théorique. Aux candidats qui en savent trop peu, s'ajoutent ceux qui sont incapables d'utiliser ce qu'ils ont appris. Les rapports sont traditionnellement très critiques sur le niveau de lecture et d'interprétation des cartes géologiques : c'est une constante depuis l'origine des concours ! À partir de la fin des années 1970, les jurys déplorent le manque de mise à jour des connaissances géologiques. Les disciplines nouvelles des sciences de la Terre s'imposent difficilement dans certains cursus universitaires et les connaissances sur la tectonique des plaques sont alors jugées trop approximatives, voire inexistantes. Ce regret persiste mais dans d'autres domaines de connaissances. Depuis les années 1990, les rapports dénoncent une perte de contact avec les objets concrets, un manque de connaissance de la géologie locale et régionale, un manque de pratique de la géologie qui rend le candidat apte à raisonner aussi bien sur des modèles physiquement inaccessibles que sur des échantillons classiques.

Les rapports sont devenus beaucoup plus détaillés ces dernières années pour aider à la préparation des étudiants aux concours. Ils s'étonnent régulièrement d'avoir à faire les mêmes observations, ce qui pose la question de l'origine de la persistance de telles faiblesses.

P. SAVATON

connaissances scientifiques du candidat, et une épreuve orale à caractère pré-professionnel testant plus spécifiquement la capacité du candidat à orchestrer ses connaissances dans le cadre de la préparation d'une situation d'enseignement. Les connaissances scientifiques attendues des candidats sont cadrées par un programme officiel, qui couvre l'ensemble des connaissances scientifiques nécessaires à la maîtrise conceptuelle des programmes d'enseignement du secondaire. En d'autres termes, le programme du concours couvre l'intégralité des enseignements universitaires de premier et second cycle d'un cursus BGSTU équilibré, ce qui fait dire à certains étudiants qu'il n'y a pas de programme, que « tout est à savoir ». Certes, certains de ces enseignements ont pu fournir des développements allant au-delà des attendus du concours, mais d'autres s'en sont orrêtés en deçà.

En sciences de la Vie et de la Terre, l'étude détaillée du programme, c'est-à-dire l'identification des concepts, notions et données nécessaires à la maîtrise des connaissances exigibles, mais aussi la lecture des sujets de concours (écrits et oraux) confirme le haut niveau de formation en ST attendu des candidats. Ce programme détermine directement celui de toute préparation efficace au concours. Il impose un bilan des cursus suivis comme préalable à la définition des enseignements et certains étudiants apprennent à leurs dépens comment, partant de loin, il est difficile d'arriver à temps au niveau attendu. Aux aspects méthodologiques inhérents à la préparation d'un concours, aux aspects pré-professionnels encore bien modestes et théoriques de tels concours d'enseignement, les préparations se trouvent forcées d'ajouter, de manière conséquente parfois, de larges compléments aux connaissances scientifiques acquises.

Le concours impose des règles qui ne sont pas celles des épreuves et diplômes universitaires. Les jurys ne peuvent dès lors qu'encourager les étudiants à choisir leur université en conséquence et inviter ces mêmes universités à prendre en compte dès l'origine les besoins du concours. La disparition, il y a près de 15 ans maintenant, de la filière universitaire des sciences naturelles a marqué un accroissement de la distance entre les formations universitaires et la préparation des concours. Cette évolution a toute l'apparence d'un désintéressement croissant des universités

pour cette mission historique de formation des futurs enseignants.

La préparation, déterminée par le programme et la nature des épreuves, cherche donc tout à la fois à combler l'écart entre les connaissances universitaires acquises et les attendus scientifiques du concours et à préparer méthodologiquement des étudiants à rédiger un écrit, présenter un oral et répondre à des questions. Cette préparation méthodologique est spécifique.

... ou apprendre à parler de la Terre et à faire parler la Terre

Un écrit de CAPES mesure tout à la fois les connaissances scientifiques du candidat, son degré de maîtrise et la capacité qui en découle à analyser, comparer et interpréter des documents, à organiser des informations, à faire des choix, à relier de manière pertinente étude de cas et cadre théorique, à utiliser judicieusement des modèles ... et la qualité de son expression écrite. Rien, a priori, de bien différent avec ce que l'on pourrait être en droit d'attendre de tout étudiant titulaire ou minimum d'une licence ou de son équivalent. Il se trouve toutefois que ces critères ne sont guère déterminants dans son cursus antérieur : la nature et le déroulement des épreuves d'examen, leur correction, sont peut-être en cause. La lecture des rapports de jury (voir encadré) permet à chacun de s'informer des écarts constatés entre attentes et réalité. Nous ne reprendrons ici de ces lectures que quelques remarques méthodologiques et pratiques. Un écrit de CAPES peut s'appuyer ou non sur des documents fournis. En présence de documents, trop de candidats se contentent d'un discours théorique, parfois scientifiquement juste, mais où des connaissances sont exposées hors de toute démarche préalable d'analyse et d'organisation sélective des données. Des connaissances mémorisées plutôt qu'appropriées sont ainsi exposées en faisant abstraction d'une démarche qui fonde l'enseignement secondaire des SVT. Notons également les remarques constantes des jurys, depuis la création du CAPES, sur la faiblesse de l'expression graphique des candidats, qui peinent à enrichir leur texte de dessins et schémas descriptifs, explicatifs, modélisateurs ou synthétiques. Chacun voit pourtant combien un schéma parle parfois beaucoup plus qu'un texte.

On pourrait en dire autant d'un oral de CAPES, où le candidat doit organiser et

présenter des connaissances scientifiques sur un sujet bien précis, tiré au sort, en se plaçant dans une démarche d'exposition qui est celle attendue d'un enseignant de SVT du secondaire. À savoir : toujours partir du concret, du pratique, de l'étude de cas pour aller vers le plus général, le plus conceptuel, le plus théorique, le plus abstrait au plus modélisé. Pour cela il faut connaître les objets de la géologie, il faut les avoir auparavant manipulés bien des fois physiquement et intellectuellement pour être capable, un jour d'examen, en temps limité, de faire des choix et de tenir un discours simple et raisonné sur des objets complexes. Les jurys de CAPES regrettent toujours autant de nombreux exposés figés dans un discours théorique, de nombreux exposés où le matériel concret est inexistant, où les cartes au mieux décorent les murs, où les échantillons sont juste pris en main et reposés, où les paysages restent à imaginer, où les maquettes et montages ne sont jamais dynamiques. L'absence d'exploitation de la carte géologique témoigne bien d'une méconnaissance de ces ressources. L'exposé scientifique est aussi la démonstration d'une capacité à construire un discours spécifique pour un public donné. Ce n'est pas un cours du secondaire mais il doit en avoir l'esprit et la démarche, voire l'attitude.

À l'oral du CAPES, les candidats, dont l'exposé scientifique ne porte pas sur les sciences de la Terre, passent un entretien de 15 minutes appelé « second entretien ». Il s'agit de « faire parler », sans préparation préalable, divers types d'objets et de documents géologiques (échantillons de roches, de minéraux ou de fossiles, cartes géologiques, hydrogéologiques, diagrammes, tableaux d'analyses, photographies d'affleurements ou de paysages). C'est à la fois l'étendue de sa culture et la maîtrise de celle-ci qui est testée en temps limité. Il faut être réactif et savoir aller à l'essentiel sans négliger le détail.

Ces exercices s'apprennent, c'est l'objet des préparations. On peut souhaiter que ce soit également un souci de nos cursus universitaires.

Les épreuves de l'agrégation ne sont pas fondamentalement différentes dans l'esprit. Elles sont plus longues, demandent des connaissances parfois plus poussées, testent le candidat à travers des écrits, des travaux pratiques et des oraux. Elles demandent de savoir allier encore plus capacité de synthèse et d'organisation avec préci-

sion et détails. Nombre d'informations, de données, de valeurs doivent être mémorisées pour permettre de produire, sans documents, un discours appuyé sur des exemples précis. Il ne suffit pas de savoir où trouver l'information, il faut souvent être capable de la fournir au besoin.

La formation des stagiaires IUFM

La formation en STU mise en œuvre dans les préparations est fondamentalement déterminée par les attendus du concours, tant en terme de contenus que de méthodes.

Les lauréats de ces concours deviennent stagiaires d'un IUFM l'année suivante. Ils sont alors en formation professionnelle. Le temps n'est plus alors à compléter des connaissances scientifiques mais à apprendre comment les utiliser au quotidien dans un cadre professionnel pour pen-

ser et mettre en œuvre un enseignement. Les aspects pédagogiques dominent souvent dans cette formation sur les aspects didactiques et épistémologiques. La réflexion sur les spécificités de l'enseignement des sciences de la Terre par rapport aux sciences du vivant (dimension temps et espace, importance des pré-requis physiques et chimiques, importance des modèles et des mesures indirectes, place de l'observation par rapport à l'expérimentation, conditions de validation/invalidation des modèles) est laissée à l'appréciation des formateurs et stagiaires.

Il convient de noter que, dans leur grande majorité, les enseignants de SVT se disent plutôt « biologistes » que « géologues ». Les enseignants assurant la formation des futurs enseignants de SVT (formateurs des IUFM) sont donc généralement beaucoup

moins à l'aise pour traiter de l'enseignement des STU. Ceci ne facilite pas la prise de distance vis-à-vis de l'objet à enseigner, tant dans la définition des contenus et la justification de leurs limites, que dans l'identification des pré-requis et des articulations entre concepts. La mise en œuvre d'activités pratiques ou de classes de terrain s'en trouve d'autant limitée.

Ce n'est pas un constat nouveau, le corps d'inspection, les jurys de concours, les universitaires et les enseignants eux-mêmes l'ont déjà bien des fois établi, mais sans qu'il y soit apporté de corrections. Cela reste aujourd'hui un défi de notre enseignement, comment faire pour rapprocher les enseignants de SVT des sciences de la Terre et de l'Univers, pour qu'ils en rapprochent à leur tour leurs élèves ?

P. SAVATON

L'enseignement des sciences de la Terre ; spécificités et difficultés

La géologie est-elle enfermée dans sa spécificité ?

Difficilement accessible en raison de la démesure de ses échelles d'observation et de temps, l'abstraction de ses concepts, de la complexité de son jargon, la géologie est-elle une discipline enfermée sur elle-même ? Quelques exemples de pratique d'enseignement choisis à différents niveaux du système éducatif vont nous permettre de répondre sans ambiguïté à cette question. Les sciences de la Terre se révèlent en fait un merveilleux tremplin pour aborder des disciplines voisines : physique, chimie, mathématiques, français, histoire, géographie, écologie, environnement ...

À l'école primaire

Les enfants, très curieux de leur environnement, s'interrogent sur les phénomènes géologiques et leur causes: pourquoi la Terre tremble-t-elle parfois ? d'où proviennent ces flots de laves incandescentes rejetées par les volcans ? quels mystères renferment ces curieux animaux que l'on

trouvent piégés et pétrifiés dans les roches ? Les images des volcans en activité fascinent, celles des tremblements de terre effraient, les histoires de dinosaures font rêver. Quelle que soit l'entrée en matière, elle se révèle attractive et motivante. Une fois l'attention des élèves captivée par une séquence sur un thème géologique, le professeur d'école peut, sans grande difficulté, entraîner ses élèves sur le terrain d'autres disciplines. Quelques exemples d'activités réalisées en classe de CM1-CM2 vont illustrer ces propos.

Activités de lecture et d'écriture autour du volcanisme

Pour aborder le thème des volcans, une première activité consiste à recueillir les représentations écrites des enfants à l'aide d'une fiche comportant plusieurs questions : qu'est-ce qu'un volcan ? où se forment les volcans sur la Terre ? que se passe-t-il pendant une éruption volcanique ? On leur demande également de dessiner un volcan en éruption avec sa légende. L'analyse des productions enfantines montre que la plupart des enfants définissent le volcan comme « une mon-

tagne qui crache du feu ou de la lave ». Les volcans ne sont pas mis en relation avec une localisation géographique particulière : il y a des volcans « de partout, sur des montagnes, sur les îles, dans les pays chauds, dans les endroits désertiques ». Sur les dessins légendés, tous les élèves ont représenté un volcan en éruption et mentionné le mot « lave » dans la légende. Ils associent systématiquement l'éruption à un type de volcanisme effusif. La question qui se pose alors à l'enseignant est de savoir par quel moyen déconstruire ou modifier ces conceptions. Une des solutions est de passer par la confrontation de documents (lecture d'images, lecture de textes ...) qui donne à l'enfant les moyens de confirmer ou d'infirmer ses idées et de modifier ses images mentales.

Un volcan n'est pas une montagne

Un premier travail de lecture d'images est proposé pour aller contre la conception des enfants qui associent un volcan à l'existence d'un relief et confondent montagne et volcans. Il s'agit d'ordonner chronologiquement sept images concernent lo

Dessine un volcan avec sa légende :



Dessine un volcan avec sa légende : *les or actine le*



Qu'est-ce qu'un volcan ?

C'est une montagne qui projette de la lave.



Que se passe-t-il pendant une éruption volcanique (quand un volcan entre en activité) ?

d'abord il y a de la lave qui sort puis il y a un gros nuage de fumée qui se forme.

Dessine un volcan avec sa légende :



Quelques représentations de volcans par des élèves de l'école primaire

naissance du Paricutin en 1942. L'activité est bien réussie et au terme de cette phase collective, une nouvelle définition du volcan est donnée : « Un volcan c'est d'abord un trou dans le sol. Il met en contact l'intérieur et l'extérieur de la Terre ». Pour que chaque enfant ait une trace écrite de ce travail, un document reprenant les images ordonnées de façon chronologique est fourni. L'élève devra associer à chaque vignette l'extrait de texte qui lui correspond. Ce texte scientifique est tiré de *Volcans et tremblements de Terre*, Ed. 2 Coqs d'Or, KRAFT M., 1983. L'activité proposée est une activité d'écriture qui sous-entend la mobilisation par l'enfant de compétences liées à l'organisation d'informations. Ce dernier devra tenir compte à la fois des étiquettes portant mention de la chronologie, des documents iconiques et du texte scientifique. Les résultats de cette activité montrent que certains enfants ont des difficul-

tés à organiser les différentes informations : le document n'a pas été lu dans sa globalité mais chaque vignette a été traitée indépendamment des autres ; la chronologie et le descriptif n'ont pas été traités simultanément.

Tous les volcans ne sont pas effusifs

L'objectif est d'amener l'enfant à connaître l'existence de deux types de volcanisme : effusif et explosif. Chaque enfant reçoit une page comportant quatre textes relatant quatre éruptions volcaniques différentes (Vésuve, Mauno-Loa, Mont Saint-Helens, Montagne Pelée). Les enfants ayant lu le même texte vont se regrouper en binôme afin de reproduire par un dessin ou une maquette, l'éruption volcanique telle qu'elle est décrite. Dans toutes les productions, les enfants ont schématisé l'éruption en représentant des coulées de lave, montrant ainsi une très grande difficulté à déconstruire les images mentales initiales. L'enseignant va

alors aider l'enfant dans la déconstruction de certaines de ses représentations et dans la construction d'un nouveau savoir par une activité de lecture comparée. L'enseignant lit à voix haute les quatre textes et les enfants sont alors en situation d'écoute active. Ils doivent repérer tous les mots ou expressions relatifs aux éruptions volcaniques décrites et les noter sur leur ardoise. Cette phase d'isolement lexical s'avère un véritable déclencheur dans la mesure où les enfants se rendent immédiatement compte que toutes les éruptions ne sont pas identiques. Le travail autour des maquettes est repris et corrigé.

Ce travail montre donc bien que, dans le cadre d'une démarche constructive, on peut faire acquérir de nouvelles connaissances disciplinaires en mobilisant chez l'enfant des compétences liées à d'autres domaines, notamment par des activités de français (lecture-écriture).

Mobilisation de compétences de physique et de mathématiques autour des séismes

Abordée à l'école élémentaire, l'étude des séismes ne doit pas se réduire au seul aspect catastrophique, conséquence de l'activité de la Terre. Il faut pouvoir donner à l'enfant les moyens de comprendre ce qui se passe en amont du tremblement de terre. L'analyse des représentations enfantines révèle d'une part que pour les enfants de l'école élémentaire, l'origine d'un séisme n'est pas forcément interne et d'autre part que la relation de cause à effet entre la formation d'une faille et la propagation d'une onde est loin d'être établie. On demande alors à l'enfant de s'impliquer dans la recherche en proposant un dispositif expérimental susceptible de répondre aux questions que l'on se pose : « J'ai observé que, suite à un tremblement de terre, il pouvait y avoir des cassures au niveau de la surface du sol. Qu'est-ce qui peut être à l'origine de la rupture des roches ? ». Pour rechercher l'origine d'un séisme, on propose notamment à l'enfant de simuler un séisme en lui fournissant une plaque support qui représentera la surface de la Terre, des sucres ou autres objets qui seront placés à la surface de la plaque. La consigne est alors d'imaginer qu'un séisme secoue la région où se trouve la plaque. Comment le provoquer ? L'enfant va, pour cela, devoir imaginer et réaliser un dispositif expérimental susceptible d'apporter des éléments de réponse au problème posé. Il se place dans une démarche scienti-



Exemples d'expérimentations réalisées sur la rupture des matériaux et la propagation des ondes dans le cadre des activités sur les séismes à l'école primaire

lique. D'autre part pour amener les enfants à établir des liens entre rupture des matériaux et propagation des vibrations, on propose aux enfants de casser des matériaux différents afin de comprendre ce qui peut être à l'origine d'une rupture. Toutes les pistes de travail envisagées convergent vers la même conclusion qui mobilise des notions de physique : « pour casser, je dois exercer une force ». La présentation du matériel (barres de bois, polystyrène et béton cellulaire) et des poids de masses différentes va permettre à l'enfant d'imaginer des protocoles expérimentaux qui permettront de les casser. Lorsqu'il est envisagé de fixer les poids, une discussion va naître. Quel choix ? Doit-on commencer par les poids les plus faibles. Un gros poids est-il forcément plus lourd qu'un petit poids ? Peut-on en avoir la confirmation par la lecture de sa masse : 1 kg et 100 g ? Comment les comparer ... À ce stade, on mobilise chez l'enfant, des compétences liées aux mathématiques (grandeurs et mesures).

Dans l'enseignement secondaire

Dans l'esprit des nouveaux programmes de l'enseignement secondaire, certaines activités interdisciplinaires sont développées au collège dans le cadre des Itinéraires De Découverte (IDD) et au lycée dans le cadre de Travaux Personnels Encadrés (TPE). Nous allons voir que les sciences de la Terre se placent aisément au centre de ces thèmes interdisciplinaires conçus pour éviter le cloisonnement des disciplines.

Le temps en géologie est une notion qui est abordée de manière spécifique en classe de terminale S à la fois sous l'aspect de la chronologie relative et de la chronologie absolue. La radiochronologie

s'appuie dans son principe sur le phénomène de décroissance radioactive des atomes instables. Elle utilise un dispositif d'analyse qui repose sur une instrumentation sophistiquée (spectrométrie de masse, laser, ...). Le calcul des âges passe par la résolution d'équations. La datation des roches est donc une entrée possible vers la physique, la chimie et les mathématiques.

La sismologie qui donne accès à la connaissance de la structure interne de la Terre est abordée en classe de première S. Elle s'appuie également sur des principes physiques (propagation des ondes, énergie, magnitude, pression, comportement mécanique des solides, etc.). L'étude des tremblements de terre qui occasionnent aussi d'importants dégâts constitue un outil d'investigation dans le domaine des risques naturels et de l'éducation à l'environnement.

L'analyse des paysages : un champ privilégié d'investigation interdisciplinaire

En sciences de la Terre, la lecture de paysages sur le terrain est une approche fondamentale d'une exceptionnelle richesse d'un point de vue pédagogique. Elle permet de découvrir ou de réinvestir avec les élèves les concepts géologiques abordés dans les programmes (tectonique des plaques, collision continentale, changements climatiques, érosion). Au cours d'une sortie pédagogique, les paysages permettent d'aborder les structures géologiques à une échelle d'observation idéale pour appréhender leur dimension spatiale (fossé d'effondrement, chevauchements, etc). Elle confronte l'observateur à la réalité de ces objets, par rapport à leur conceptualisation théorique. Dans une excursion où plusieurs sites sont program-

més, le paysage permet aussi une bonne intégration des observations réalisées dans chacun des affleurements visités et facilite leur assimilation.

Au-delà de l'approche strictement disciplinaire, l'analyse de paysage se révèle également comme un dispositif parfaitement bien adapté à un apprentissage interdisciplinaire au niveau du collège et du lycée. Situé au carrefour des disciplines, le paysage permet de croiser les regards et de montrer à la fois la spécificité et la forte interaction entre les disciplines : géographie, géologie, écologie, environnement, risques naturels, etc... L'analyse des paysages met aussi l'accent sur la dynamique des systèmes naturels : qu'il soit abordé sous l'angle géologique, géographique ou botanique, le paysage n'est que le résultat d'une histoire passée et il est inévitablement amené à se transformer.

La reconnaissance des grands ensembles géologiques dans un paysage s'appuie essentiellement sur les formes du relief, elles-mêmes liées à la nature et à la structure des roches. Après avoir identifié les principaux ensembles rocheux à partir de leur aspect dans le paysage (caudex, forme, structure), le géologue s'attache à préciser leur relations spatiales à partir de constructions géométriques élémentaires (superposition, recoupement, etc.). Il recherche les indices qui lui permettront de comprendre le paysage dans un contexte géodynamique précis (divergence, convergence) et de reconstituer éventuellement l'histoire régionale. Toutefois dans sa démarche d'observation et de déduction, le géologue fera nécessairement appel à des critères de reconnaissance empruntés à d'autres disciplines. En l'absence d'affleurement, c'est sous



L'analyse de paysage se prête à une approche pluridisciplinaire : géologie, écologie, environnement, aménagement du territoire, risques, etc. (exemple de la basse vallée du Var, Alpes-Maritimes).

vent le couvert végétal fortement liée au substrat qui permet de distinguer un terrain calcaire d'un terrain marneux, une roche siliceuse d'une roche carbonatée. L'écologue quant à lui repère dans le paysage le degré de développement et la diversité de la couverture végétale. Il met en relation la répartition de la végétation et son contrôle par la structure, à la nature des roches (reliefs, altitude, exposition et nature du substrat). Il fait également ressortir l'action de l'homme sur le milieu naturel (cultures, incendies, etc.). Pour le géographe, la lecture du paysage permet d'identifier et de localiser les principales unités topographiques, l'organisation de l'évacuation des eaux, l'occupation humaine et la mise en valeur de l'espace (agriculture, habitat, implantation des voies de communication, etc.). Tous ces éléments peuvent directement être mis en relation avec la géologie.

Enfin quelle que soit l'approche disciplinaire, la lecture des paysages fait appel à des outils et des techniques spécifiques (cartographie, croquis, maquettes, modèles numériques de terrain, photographies aériennes, images satellitaires, ...) qui sont autant de liens vers les domaines de la technologie, de l'informatique et des arts plastiques.

La présence ou l'absence de sol, le mode de circulation de l'eau, la forme et l'exposition des reliefs sont liés au contexte géologique. La géologie commande la répartition de la biosphère et exerce un contrôle direct sur le développement de l'habitat, des cultures et de l'industrie. Introduite par une approche géologique, l'analyse des paysages est donc un dispositif pédagogique fondamentalement tourné vers l'interdisciplinarité.

M. CORSINI, L. LOPEZ

Les conceptions des élèves et leur mode de raisonnement en sciences de la Terre

L'étude de ce que disent ou écrivent les élèves, de l'école au lycée et même au-delà, montre que certaines de leurs idées erronées perdurent, malgré ce qu'ils apprennent en cours de sciences ; et cela est vrai pour la géologie comme pour les autres disciplines scientifiques. On sait, depuis que les recherches en didactique des sciences se sont développées dans les années 80, que ces « erreurs » persistantes ne peuvent pas simplement être mises sur le compte d'un manque de travail des élèves ou d'enseignements imprécis. Ce sont les savoirs eux-mêmes qui résistent aux apprentissages, parce que ces savoirs vont souvent à l'encontre de nos façons usuelles de raisonner. Bachelard (1938) nous avait alertés, sans être toujours entendu des pédagogues : la pensée commune, celle dont on se sert dans la vie quotidienne, fait souvent obstacle à l'accès aux savoirs scientifiques ; contrairement à ce que l'on entend trop souvent, la géologie, comme les autres sciences, n'est pas qu'une affaire de bon sens, bien au contraire.

S'intéresser aux conceptions des élèves en sciences de la Terre, c'est tenter de comprendre comment ceux-ci abordent les problèmes géologiques, avant, pendant et après un enseignement, et tenter d'expliquer les raisons de la résistance de ces conceptions à l'enseignement. Le but de cette présentation n'est pas de faire une synthèse des travaux conduits, en France et à l'étranger, sur les conceptions des élèves en sciences de la Terre. Nous voulons simplement présenter, à partir de quelques exemples, le principe même de

l'étude des conceptions des élèves et l'intérêt qu'elle présente pour l'enseignement, mais aussi pour l'épistémologie de la discipline ; montrer aussi comment, derrière les régularités trouvées dans les productions des élèves ou des étudiants, on peut identifier les modes de raisonnement les plus fréquemment mobilisés par eux et qui peuvent s'opposer à leur entrée dans les problématiques géologiques.

Pour organiser cette présentation, nous nous appuyerons sur une particularité importante des sciences de la Terre, qui est leur double approche (Gohau G., 1997 ; Orange D., 2003) :

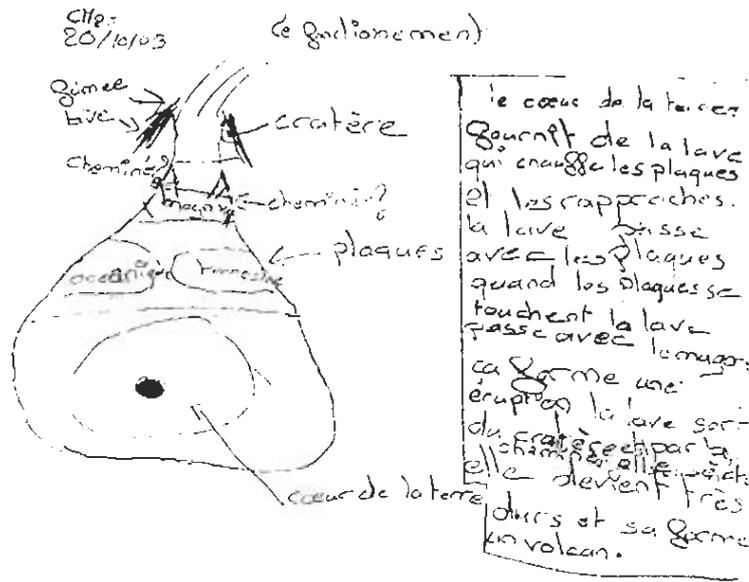
- ce sont d'une part des « sciences fonctionnalistes », qui tentent de rendre compte de phénomènes liés au fonctionnement de la Terre ;

- ce sont d'autre part des « sciences historiques » dont le but est de rendre raison d'événements de l'histoire de notre planète. Ces deux approches, complémentaires, ne mettent pas en jeu les mêmes modes de raisonnement et ne présentent donc pas les mêmes difficultés pour les élèves. Nous proposons ici deux éclairages sur les conceptions des élèves en sciences de la Terre. Le premier se rapporte à la géologie fonctionnaliste et se limitera à un exemple, celui de la conception magmatique de la Terre ; ce sera l'occasion d'explicitier quelques principes de l'étude des conceptions. Le second présentera quelques difficultés que les élèves ont à entrer dans les problématiques de la géologie historique.

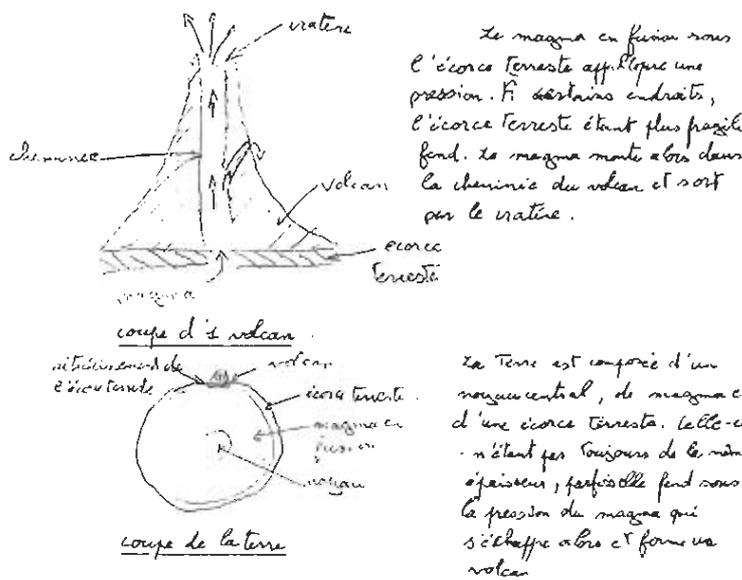
Un exemple de conception résistante en géologie fonctionnaliste : la conception magmatique de la Terre

Différentes études didactiques (voir ASTER n°20, 1995) ont montré que, depuis le moment où les élèves prennent conscien-

Dossier



Production d'un élève de « cours moyen » au début d'un travail sur les volcans



Production d'un élève de première S avant enseignement

ce d'un fonctionnement interne de la Terre - c'est-à-dire à partir de la fin de l'école élémentaire - ils se représentent la Terre comme étant constituée pour une large part de magma. Ce magma peut occuper la place du manteau ou, parfois le centre de la planète ; il est considéré par les élèves comme étant à l'origine des éruptions volcaniques.

Les documents ci-dessus présentent deux productions : la première est celle d'un élève de la fin de l'école primaire, ou début d'un travail sur les volcans (document IUFM des pays de la Loire) ; la secon-

de (Orange C., 1995) a été élaborée par un élève de première S (qui a donc déjà étudié le volcanisme au collège) dans les premiers moments de l'enseignement de la géologie dans cette classe (pour des exemples de productions d'élèves de collège, voir l'article d'Hervé Gaix (1995) ; pour des productions d'adultes, voir la thèse de Jean-Louis Raubaud (2001)). On trouverait des idées comparables chez des titulaires d'un bac scientifique et même chez des étudiants en biologie-géologie. Cette façon de voir le fonctionnement de la Terre s'oppose à ce qu'en disent les

spécialistes de sciences de la Terre (voir, par exemple, Allègre C., 1987, p. 103) et les enseignants ; il résiste cependant aux enseignements jusqu'à l'université.

La signification de cette conception magmatique

Étudier ce type de conception d'un point de vue didactique, c'est-à-dire en s'intéressant aux apprentissages des élèves et à leurs difficultés, demande de dépasser un certain nombre d'idées naïves sur la question.

Le fait que les élèves expriment de telles conceptions magmatiques n'est pas gênant parce qu'elles sont contraires aux données des études sismiques ; ce ne serait là qu'un détail. Ce qui est important c'est que, avec cette idée de manteau liquide, la problématique du volcanisme se limite à la question de la sortie du magma, alors que, pour les géologues, il s'agit avant tout d'expliquer la formation de ce magma à tel ou tel endroit. L'enjeu n'est donc pas de faire passer les élèves d'une idée fautive à une idée vraie, mais d'une problématique à une autre, plus riche.

Il ne faudrait pas voir dans la résistance de ces conceptions magmatiques l'effet d'enseignements erronés ou déficients ; si tout d'élèves partagent cette conception, quel que soit l'enseignement suivi, de l'école à l'université, c'est quelle ne relève pas d'imprécisions didactiques ; elle traduit une véritable difficulté d'apprentissage.

Cette conception n'est pas une bêtise qui traduirait un manque de réflexion des élèves. S'intéresser aux conceptions des élèves, ce n'est pas faire la chasse aux âneries. Cette conception perdure, jusqu'au lycée et au-delà, parce qu'elle correspond à une réponse intelligente, même si elle est contraire au savoir scientifique actuel. C'est cette intelligence qu'il faut tenter de comprendre, pour pouvoir aider les élèves à la dépasser.

Les raisons de la résistance de la conception magmatique de la Terre

On peut expliquer le caractère très résistant de cette conception par un certain nombre de raisons, complémentaires. En voici quelques-unes :

- L'idée que l'intérieur de la Terre est très chaud ne fait pas problème pour les élèves, même jeunes ; or, pour la pensée commune, fusion et température sont fortement liées car, dans la courante, le passage solide-liquide est uniquement contrôlé par la température ; cela, associé

au fait que les laves sont de la « roche fondue », conduit à penser l'intérieur de la Terre en fusion. Cette vision des choses est renforcée par l'iconographie de beaucoup de manuels ou de documentaires qui représentent l'intérieur de la Terre en rouge (parce que chaud), ce que le lecteur traduit par « fondu ».

- On retrouve, dans cette conception, une tendance très générale, que les didacticiens de la physique nomment « raisonnement linéaire », et qui consiste à ne considérer qu'un seul paramètre – ici la température – pour expliquer un phénomène ou un fonctionnement.

- L'idée d'un manteau liquide possède un fort pouvoir explicatif, qu'il s'agisse de l'origine du magma, bien sûr, mais aussi de la localisation des volcans (sur les zones de « faiblesse » de l'écorce), et même de la dynamique des plaques (convection, mouvements des plaques). Accepter l'idée d'un manteau solide complique beaucoup de problèmes de géodynamique interne : si la problématique devient alors plus riche, elle est moins rassurante.

Tout cela indique que l'on a affaire, avec cette conception, à ce que Bachelard nommait un « obstacle épistémologique » : une connaissance qui bloque la progression des connaissances.

Conséquences pour l'enseignement

Devant la difficulté des élèves à dépasser l'idée d'une Terre en fusion, il ne suffit pas de leur dire la « vérité », ni même de leur montrer les résultats des études sismiques. Il est nécessaire de les faire aller au bout de leur logique dans des situations d'apprentissage conçues pour les aider à faire une « révolution scientifique », correspondant au changement de problématique pointé plus haut. Cela demande le plus souvent la mise en place, sur des moments restreints mais intellectuellement intenses, de véritables « débats scientifiques dans la classe » (voir Orange D. & Orange C., 1993). Remarquons que le fait d'avoir admis la nature solide du manteau ne permet pas d'échapper complètement à la logique qui la sous-tend. Car le manteau solide complique beaucoup les choses, comme nous l'avons dit. Ainsi, des élèves de lycée, conscients après enseignement de la nature solide du manteau et mis devant le problème d'expliquer l'origine du magma des zones de subduction, vont-ils généralement se mettre d'accord sur l'idée suivante : les plaques frottent l'une sur l'autre, ce qui fait augmenter localement la température et provoque la

fusion. La température reste encore le seul paramètre qu'ils prennent en compte. C'est donc dans une succession de problèmes spécifiques (subduction, mais aussi accréation etc.) que la conception magmatique et les raisonnements associés doivent être repris et travaillés.

Les élèves face à des problèmes de géologie historique

La géologie historique met en place une relation complexe entre présent et passé. D'une part, le passé est utilisé pour expliquer l'état actuel de la Terre (relief, répartition des continents, relations pétrographiques...). D'autre part, dans la mesure où la géologie repousse les explications catastrophistes simplistes, le fonctionnement actuel de la Terre sert à expliquer les événements et phénomènes passés par la mise en jeu du principe de l'actualisme. Pour peu que l'on prête attention à la façon dont les élèves, de l'école au lycée, font fonctionner les explications en géologie historique, il apparaît que ces relations complexes entre présent et passé sont difficiles à comprendre pour eux. Cela peut prendre des formes diverses ; nous nous limiterons ici à quelques modes de raisonnement particulièrement répandus.

L'obstacle de « l'état stable »

Les enseignants sont souvent étonnés des difficultés des élèves à proposer une explication à telle ou telle particularité d'un paysage géologique (colline, falaise...) : beaucoup de collégiens semblent même ne pas comprendre la question et ne fournir une réponse que pour remplir leur « métier d'élève ». Cela tient au fait qu'ils ne considèrent pas comme possible que ce paysage ait une histoire ; pour eux, cela a toujours été ainsi, ce qui ne demande donc pas d'explication.

De la même façon, l'idée qu'une roche peut avoir une histoire n'est pas évidente pour ces élèves (Goix H., 1995) ; la question de l'origine d'une roche n'a donc pas nécessairement de sens pour eux.

Une forme particulière que cet obstacle peut prendre est « l'artificialisme » : la falaise, par exemple (Deunff et al., 1990), est pensée comme le produit de l'activité humaine. Le lien avec l'idée « d'état stable » est le suivant : si les choses « naturelles » ne bougent pas, seul l'homme peut agir sur l'environnement.

L'obstacle de la « transformation facile »

L'idée « d'état stable » présentée ci-dessus a son double, symétrique : la « transfor-

mation facile ». Et les élèves sont souvent amenés, dans les problèmes de géologie historique, à utiliser l'un ou l'autre.

Des élèves de seconde, par exemple, placés devant le problème de l'origine de la vie, ont beaucoup de difficultés à concevoir cette origine (Orange D., 2004). Ils peuvent alors, tout en admettant l'idée d'évolution, se réfugier dans la fixité du monde vivant :

« Les végétaux, oui je suis sûre qu'ils ont toujours été... enfin bon... enfin je suis sûre... Pour moi, ils ont toujours existé. Mais les animaux, je ne sais pas comment... Parce qu'il faut qu'il y ait une reproduction mais pour qu'il y ait une reproduction, faut déjà qu'il y ait... qu'il y ait eu... Faut toujours qu'il y ait quelque chose en fait ! » (propos oraux d'un élève, retranscrits).

Autre solution : mettre en jeu des transformations, qui se déroulent sans trop de contraintes, si ce n'est une certaine pression de l'environnement :

« Mais, je ne sais pas, sous forme de bactéries quoi en fait puis en fait après elles sont devenues des poissons et comme par exemple les... j'ai vu dans un musée les amphibiens tout ça puis après comme y avait moins d'eau, ils sont venus sur terre et ben voilà mais je ne sais pas si... » (propos oraux d'un autre élève, retranscrits).

Cette alternative entre un fixisme et un transformisme existe pour les questions d'évolution dès le cycle 3 de l'école élémentaire (Crépin, 2003).

L'idée de transformation, mobilisée par tout ou partie des élèves, pourrait laisser penser qu'ils comprennent l'évolution. Mais une étude précise des explications qu'ils proposent montre qu'ils ne repèrent aucune des contraintes fortes qui fondent le concept d'évolution ; comme celles correspondant au concept d'espèce et à la stabilité des espèces par la procréation. L'évolution dont ils parlent est souvent une transformation progressive d'individus, comme dans certains dessins animés de vulgarisation, ou des changements provoqués directement par le milieu (lamarckisme naïf). Dans tous les cas, cela se fait tranquillement et, si le temps est nécessaire, c'est juste pour donner un peu plus d'ampleur à la transformation. Voilà, par exemple, ce qu'écrit un élève de Terminale S, après le cours sur l'évolution (Fartin C., 2000) : « La vie sur Terre est apparue, d'abord sous forme de particules sous-marines qui, au fil du temps, se sont développées pour donner des poissons. Ces mêmes poissons ont commencé à

sortir de l'eau en rompant. Leur corps s'est transformé et au fil des siècles ils se sont changés en quadrupèdes que l'on appelle les dinosaures ». Aucune contrainte biologique n'est prise en compte.

Un autre domaine où stabilité et transformation se combinent dans les explications des élèves est celui de la tectonique. Nous avons étudié par exemple (Orange D., 2003) comment des élèves de lycée (Première S) expliquaient, avant enseignement, la mise en place des ophiolites. Ces élèves comparent aisément certains aspects du Chenaillet à une dorsale actuelle et expliquent ainsi la formation des différentes roches qu'on y trouve. Tous reconnaissent dans les ophiolites un morceau de lithosphère océanique, mais peu d'entre eux imaginent des phénomènes tectoniques et orogéniques pour expliquer leur situation actuelle. Pour beaucoup, le relief montagneux n'est qu'une dorsale émergée, avec conservation de la forme. Ainsi, un actualisme que l'on peut qualifier d'analogie (Orange D., 2003) est mobilisé dans la comparaison des ophiolites à un ancien plancher océanique ; mais l'émergence est vue comme un mouvement facile (retour de l'eau ou élévation de la croûte), plus ou moins brutal (une sorte de « catastrophe douce » ?), sans qu'une tectogenèse ne paraisse indispensable. Nul actualisme « de second niveau » (ibidem), celui où le temps long est nécessaire pour produire des phénomènes de grande ampleur à partir de « causes actuelles », n'est évoqué.

On peut synthétiser les modes d'explications mobilisés le plus souvent par les élèves, dans des problèmes de géologie historique, de la façon suivante :

- si on excepte les cas de fixisme total, leurs explications combinent transformations et conservations ; en cela elles suivent les règles générales des explications scientifiques (Piaget, 1973), et peuvent ressembler aux explications des géologues ;
- mais, dans les explications des élèves, ce sont des « choses » (roches, dorsales...) qui se conservent, alors que pour les géologues ce sont surtout des processus : mouvements tectoniques, mutations, sédimentation ... C'est ce qui distingue le « transformisme » de l'actualisme. En particulier, le « transformisme » ne rejette pas le catastrophisme, plus ou moins violent, puisqu'il ne se donne aucune contrainte sur les processus.

Des histoires de la Terre ou une Histoire de la Terre ?

Pour résumer les difficultés que rencontrent les élèves devant des problèmes de géologie historique, on peut rappeler que la géologie prend son sens dans une tension fondamentale entre passé et présent qui correspond au rejet méthodologique du catastrophisme et à l'adoption de l'actualisme ; ce faisant, elle est contrainte de mettre en place un temps long, « producteur de phénomènes » (Orange D., 2003). Les élèves évitent cette tension par trois types de facilités qu'ils combinent selon les cas : celle de « l'état stable » ; celle de la « transformation facile » ; celle du temps long « magique », qui rend tout possible, ou presque, sans la contrainte des causes actuelles.

Une analyse rapide de ce qu'ils disent ou écrivent pourrait laisser penser qu'ils ont compris les problématiques géologiques ; mais les études plus précises (Ravachol Orange D., 2003) montrent que, s'ils racontent des histoires de la Terre, leur incompréhension de la tension fondatrice les empêche d'accéder à une véritable Histoire de notre planète.

Conclusion

À partir de quelques exemples, nous avons voulu montrer que, lorsqu'on les met devant des problèmes géologiques, les élèves s'y intéressent et cherchent des explications. Ils arrivent, très généralement, à trouver des solutions, certaines proches des savoirs géologiques actuels, d'autres ressemblent à des solutions admises par le passé (c'est le cas de la conception magmatique de la Terre). Mais leurs solutions ne prennent pas en compte certaines contraintes, importantes, les unes empiriques – l'existence d'un manteau solide, par exemple – d'autres méthodologiques, comme le principe des causes actuelles. Cela les empêche d'entrer dans des problématiques proprement géologiques. Revenons à ce que nous disions au début : il ne s'agit pas de stigmatiser les conceptions et les explications des élèves ; ils sont la preuve d'une intelligence certaine. Mais la géologie, comme les autres sciences et même davantage, par ses aspects historiques, n'est pas simple. Prendre conscience, par l'étude des conceptions et des modes d'explication des élèves de ces difficultés, c'est se donner les moyens de les dépasser.

Ch. ORANGE, D. ORANGE

La pratique du terrain dans l'enseignement des sciences de la Terre

Du primaire à l'université, la sortie de terrain apparaît, de manière évidente, comme absolument nécessaire et indispensable à l'ensemble des enseignants en sciences de la Terre. Désormais inscrite dans les programmes de l'enseignement secondaire, la sortie pédagogique sur le terrain marque le renforcement de l'approche naturaliste face à l'abstraction des grands modèles théoriques. Elle a pour objectif d'identifier avec les élèves les indices de la dynamique terrestre et de comprendre les grands phénomènes géologiques qui lui sont associés (érosion, volcanisme, tectonique des plaques, changements climatiques, etc.). Pour les enseignants des autres disciplines, elle apparaît trop souvent encore comme une sortie « récréative ». En effet, lequel d'entre nous n'a-t-il pas déjà entendu ou moins une fois de la part de ses collègues non naturalistes : « Quelle chance vous avez ! Vous parlez encore en promenade ... ». Il est donc très important de définir précisément les objectifs pédagogiques spécifiques et fondamentaux des sorties de terrain et de souligner pour l'ensemble de la communauté enseignante les bénéfices incontournables de ce moment privilégié de la formation en sciences de la Terre.

La diversité et la complexité des informations révélées par les observations faites sur le terrain font que la sortie sur terrain reste une activité difficile. Les principaux obstacles sont liés aux échelles (de taille et de temps) des phénomènes que l'on va décrire, analyser, interpréter et modéliser. Ces obstacles sont renforcés par la démarche scientifique elle-même en sciences de la Terre qui nécessite des allers-retours incessants entre les différentes échelles d'observation possibles, de celle de l'otome à celle de la planète. Pour faire prendre conscience aux élèves des échelles réelles des objets et phénomènes qu'on leur présente au travers de documents en salle, la confrontation directe est encore le moyen le plus simple et surtout le plus efficace. Comme cela a été débattu et montré au cours du premier congrès sur « l'enseignement et la vulgarisation des sciences de la Terre de l'école à l'université » organisé par l'association Quartz (14-16 mai 2003 à Nice), ces obstacles sont souvent les mêmes que l'on s'adresse à des élèves du primaire,

du secondaire ou à des étudiants d'université.

Ainsi, au cours de la sortie sur le terrain, les échelles de travail immédiatement accessibles vont du paysage à l'échantillon en passant par l'affleurement. Il est donc possible de faire appréhender directement la notion d'épaississement crustal comme marqueur de la collision continentale par l'observation in situ d'un point de vue dans les Alpes. De la même manière, on peut appréhender les échelles de temps au travers de la datation relative d'objets géologiques (failles, discordances) visibles à l'échelle de l'affleurement. Enfin, on peut facilement faire découvrir les principaux constituants lithologiques (roches magmatiques, sédimentaires et métamorphiques) et leur composition minéralogique par le biais de l'échantillonnage de roches en place. Cette étape initialise un travail ultérieur en classe ou en laboratoire. Les études nécessitent alors des appareillages (calmètre, tamis, microscope optique et électronique...) et pourront dans une certaine mesure être réalisées directement par les élèves eux-mêmes après la sortie de terrain sur les échantillons collectés par eux. Cette démarche du terrain à la classe est plus riche d'enseignements que celle qui consiste à examiner des échantillons de roches étiquetés dans des boîtes, voire de lames minces numérotées, déconnectés de leur contexte et que l'on doit dessiner et mémoriser en vue du prochain contrôle-examen-diplôme. Ainsi les élèves sont acteurs de leur apprentissage et de la construction de leur savoir.

Enfin, il faut souligner qu'à l'occasion des sorties de terrain, les relations entre professeurs et élèves évoluent positivement. Les élèves apprennent à se découvrir mutuellement, ce qui est très bénéfique pour l'ambiance de classe, notamment à l'approche des diplômes-concours... Nous nous proposons maintenant d'examiner rapidement la pratique de la sortie de terrain à tous les niveaux de notre système éducatif.

À l'école élémentaire

Dans les nouveaux programmes de l'enseignement primaire (BO du 14/02/2002), les sciences de la Terre font partie intégrante du programme des enseignements des Sciences et Technologie (traces de l'évolution des êtres vivants, grandes étapes de l'histoire de la Terre, trajet et transformations de l'eau dans la nature, manifestations de

l'activité de la Terre). De plus, une sortie de terrain est préconisée à tous les niveaux dans les instructions officielles. Au cycle 3 (CE2 à CM2), cycle des approfondissements, les sciences de la Terre sont envisagées comme des « sciences expérimentales » et la pédagogie des enseignements scientifiques doit être en particulier « appuyée sur l'expérience concrète ». Or, la sortie de terrain est bien le premier lieu d'expérimentation en sciences de la Terre. Elle reste également un moment privilégié d'interdisciplinarité entre disciplines scientifiques mais également avec la géographie (lecture de paysage), l'éducation civique (éducation à l'environnement), l'éducation physique et sportive. À l'occasion de la sortie, il sera possible de faire naître chez les élèves des questions qui permettront de construire de manière plus active les connaissances et ainsi de mieux les faire assimiler. La sortie de terrain constitue un point fort en permettant de confronter les systèmes explicatifs des élèves à la réalité perçue : *par exemple, les enfants pensent généralement que les fossiles sont des animaux qui se sont « posés » et même « incrustés » dans la roche avant de mourir. Pour eux, la roche préexiste. En observant sur le terrain que les fossiles sont au sein même de la roche, sans trace de passage, le maître pourra faire comprendre et accepter, au moins à certains, la nécessité d'un raisonnement plus complexe que leur raisonnement spontané simplificateur.* Les élèves seront donc amenés à remettre en question certaines de leurs représentations (et même leur vision du monde suivant les cas). Au retour, ils proposeront des expériences pour tester leurs nouvelles hypothèses. Il faut de toute manière

leur proposer des activités d'investigation, de dépassement, de généralisation pour ne pas les laisser s'enfermer dans leur vécu sensible. Le comportement des élèves changera peu à peu, en même temps que s'ancrent dans le réel les concepts sur lesquels ils travaillent. Afin que la sortie de terrain atteigne les objectifs fixés, le maître doit donc la préparer avec soin, prévoir des activités concrètes où l'enfant va pouvoir tester, observer, expérimenter, récolter, voire vivre une situation, dessiner pour affiner l'observation ...

Au collège et au lycée

Les sciences de la Terre apparaissent comme une partie de l'enseignement des SVT et l'importance de leur enseignement a été accrue par l'existence d'une épreuve de sciences de la Terre au baccalauréat de la filière scientifique, suite à la réforme des programmes. Au collège, l'enseignement des sciences de la Terre se fait essentiellement au niveau du cycle central (cinquième et quatrième) et les programmes indiquent que l'on doit privilégier l'étude d'un exemple local ou régional à partir d'une sortie. La sortie est obligatoire et elle doit être réalisée au début de la partie du programme : « La Terre change en surface », en préambule à la totalité des enseignements des sciences de la Terre dispensés au collège. Au lycée, dans l'enseignement de première S, la sortie de terrain fait partie intégrante du programme de sciences de la Terre et est instituée en « classe de terrain ». De la même manière, les nouveaux programmes doublent le temps consacré à la sortie de terrain dans les classes préparatoires sup. et spé. Biologie-Chimie-



Groupe d'élèves lors d'une sortie sur le terrain (plateau de Causse, Alpes-Maritimes).

Physique-Sciences de la Terre (BCPST)-Vélo. La classe de terrain sera par exemple le moment idéal pour faire déterminer par les élèves eux-mêmes les principaux constituants minéralogiques de la croûte (feldspaths, quartz, amphiboles, pyroxènes, grenats, micas, calcite, minéraux argileux ...) et même du manteau (olivine, pyroxène). On

Dossier

pourra ainsi aider à concrétiser la notion de lithosphère, si importante pour les parties du programme traitant de la tectonique des plaques, et tordre le cou à la représentation, trop souvent encore présente à l'esprit des élèves, d'un manteau liquide. Au collège et lycée, la classe de terrain doit également être un moment privilégié d'interdisciplinarité entre les sciences de la Vie et de la Terre. Cette interdisciplinarité est également requise ou niveau des « itinéraires de découverte » au collège (IDD), des « travaux personnels encadrés » au lycée (TPE) et des « travaux d'initiative personnelle encadrés » en classes préparatoires aux grandes écoles (TIPE), qui sont autant d'occasions de proposer à un nombre restreint d'élèves des sujets en liaison avec les sciences de la Terre et basés sur le terrain. Les sujets propices à une mise en situation sur le terrain devraient pouvoir être encouragés. Certains élèves de terminale ou de BCPST motivés pour des thèmes à composante géologique ont pu bénéficier d'un accompagnement scientifique par des universitaires. Ceci a souvent été déterminant dans le choix de leur cursus.

À l'université

Les sorties et les stages de terrain sont bien évidemment des temps forts qui ponctuent dès les premières années et à tous les niveaux les enseignements des cursus des sciences de la Terre. En revanche, la situation est bien plus contrastée pour l'enseignement des sciences de la Terre dans les filières scientifiques débouchant sur les concours de l'enseignement. Trop souvent, les sorties de terrain sont rares, parfois même absentes et réservées aux dernières années (en maîtrise essentiellement) des cursus dits de « Biologie générale et sciences de la Terre ». Pourtant, il n'est point ici besoin de convaincre les enseignants-chercheurs de l'utilité de cette pratique pédagogique. Enfin, force est de constater que la pluridisciplinarité est difficile à mettre en place et pourtant absolument nécessaire pour ces futurs enseignants qui devront eux-mêmes la maîtriser et la mettre en place une fois devant leurs élèves. La création, ces dernières années, de licences pluridisciplinaires a cependant permis de développer ce type d'approche pour les futurs professeurs des écoles. La sortie de terrain est également intégrée à la formation des futurs maîtres dans les IUFM (PE1 et PCL1). À l'universi-

té et l'IUFM, la sortie de terrain sert à faire passer des notions et à concrétiser certains concepts vus en cours, exactement comme pour le primaire et le secondaire ; mais elle doit également donner à tous les étudiants, et pas uniquement aux futurs géologues, de réels outils méthodologiques du travail de terrain. Un de ses objectifs majeurs doit donc être de former les futurs enseignants à l'observation et l'analyse de n'importe quel paysage, affleurement et échantillon. Le travail de terrain est fréquemment organisé sous forme de stages de plusieurs jours qui favorisent l'immersion dans la ou les discipline(s) et renforcent la cohésion des groupes. Ces stages sont parfois proposés dès la rentrée universitaire afin de tirer au maximum bénéfice, et tout au long de l'année, des savoirs construits sur le terrain et de la convivialité créée à cette occasion.

Dans la formation continue des enseignants

Enfin, il faut également considérer la sortie de terrain comme un outil indispensable de la formation continue des enseignants en sciences de la Terre. En effet, dans l'optique de la réactualisation des connaissances et dans celui de la familiarisation des enseignants déjà en poste avec les pratiques de terrain, il est inconcevable de ne pas proposer systématiquement des stages de formation incluant une partie de terrain. En effet, le caractère ponctuel de la sortie de terrain dans l'enseignement primaire et secondaire ne permet pas aux enseignants d'avoir une réelle pratique du terrain. La formation universitaire de certains de ces enseignants ne les y a pas ou peu préparés car ils sont parfois issus de cursus scientifiques desquels la formation en sciences de la Terre est absente (Biologie cellulaire, Biochimie, Mathématiques...) voire de cursus non scientifiques pour les enseignants du primaire. Ces enseignants s'en trouvent démunis et leur tâche en est encore plus difficile : comment peuvent-ils faire passer un message qu'ils n'ont pas reçu ? Ainsi, on peut même retrouver chez certains d'entre eux

des représentations aussi erronées que celles d'enfants de l'école élémentaire. Et pour d'autres, des compléments de formation sont nécessaires en fonction des lacunes de leur parcours ou des modifications des programmes d'enseignement.

À l'heure actuelle, des projets se mettent donc en place dans le cadre de la formation à destination des enseignants. Ainsi, à l'initiative du Recteur de l'Académie d'Aix-Marseille, en partenariat avec le rectorat de Nice, les universités de Provence (Aix-Marseille I) et de Nice-Sophia Antipolis, et en liaison avec l'Inspection Générale, se met en place un centre de formation à l'enseignement de la géologie (CeFEG). Le CeFEG est un centre permanent de formation, au travers de la pratique du terrain en région PACA, notamment pour les enseignants du secondaire. Il intervient principalement sur les thèmes majeurs des programmes d'enseignement de la géologie au lycée (approche du temps, variations climatiques, divergence et convergence lithosphérique) à partir des ressources géologiques de la région de Marseille, de Nice et de Briançon. Nous tenons ici à souligner cette initiative car c'est une réponse « institutionnelle » à un besoin pressant qui offre un outil, mis au point en collaboration avec des scientifiques, à la formation continue des professeurs (plan académique de formation). Bien entendu, d'autres nombreux projets existent, ils sont issus du milieu associatif : sociétés savantes et associations de diffusion et vulgarisation scientifique.

Comme l'ont bien compris les responsables des programmes scolaires et universitaires, la sortie de terrain est une étape essentielle dans l'enseignement des



Groupe d'enseignants lors d'une sortie sur le terrain (calanques de Cassis, Bouches-du-Rhône).

sciences de la Terre pour lutter contre les fausses représentations liées aux problèmes d'échelle spatiale et temporelle. Ces fausses représentations existent chez les élèves de l'élémentaire et perdurent souvent jusqu'à l'âge adulte, y compris chez certains enseignants. À ce titre, la formation des jeunes adultes, à l'université et à l'IUFM, et celle des professeurs, en formation continue, est fondamentale et doit comporter un volant naturoliste basé sur les sorties de terrain. On ne peut cependant finir ce panorama des pratiques pédagogiques des activités de terrain sans évoquer le « petit caillou » dans la chaussure du géologue de terrain, à savoir la question des moyens. À tous les niveaux de l'enseignement, on oppose à la logique pédagogique une logique strictement comptable. C'est pourquoi il est primordial de souligner que le terrain est bien souvent plus près qu'on ne l'imagine et que l'on sous-estime les richesses du patrimoine géologique local. Il est bien évident qu'il reste toujours impossible d'observer avec des élèves le sacle en région parisienne ou le fond océanique ailleurs qu'au Chenaillet. Alors, au travers de la création de structures fédératives comme le CeFEG, la mutualisation des moyens et des compétences entre établissements scolaires, académies, universités, rectorats peut contribuer à faciliter l'accès de tous au terrain. On peut même souhaiter que ces structures, favorisant les échanges entre enseignants de tous niveaux, contribuent à faire entrer plus encore de pédagogie à l'université et à enrayer le désamour des élèves pour les filières scientifiques.

Ph. MÜNCH, A. CERDAN, C. MONIER

Pourquoi la pédagogie concernerait-elle les géologues ?

À l'Université, nous sommes maintenant largement informés de la désaffection des étudiants vis-à-vis des disciplines scientifiques, et ceci se produit inopportunistement à une époque où les sciences de la Terre font de plus en plus appel aux sciences « dures ». De plus, dans les lycées et les collèges, un certain manque d'intérêt se manifeste toujours pour notre discipline. Ce relatif désintérêt est lié à la réticence que les enseignants mettent à s'investir dans le « T » des « SVT ». À la décharge de nos collègues du second degré, il faut bien reconnaître que les programmes et surtout les ouvrages proposés ont empiété

et empiètent encore largement sur ceux des enseignements universitaires, et qu'il ne leur est pas aisé d'organiser des sorties sur le terrain.

Paradoxalement, tous les publics, et parmi ceux-ci spécialement les élèves du Primaire, sont interpellés par les aspects spectaculaires de notre discipline. En effet, l'actualité relayée par les médias mais aussi les documentaires véhiculent un fort contenu géologique qui ne laisse pas indifférent le public le plus large.

Ceci conduit à constater qu'aucun des publics auxquels nous nous adressons de l'école à l'université n'arrive vierge d'idées (concepts, conceptions, représentations) à nos enseignements. Chacun a déjà son idée sur le contenu magmatique de l'intérieur de la Terre, la façon dont les eaux circulent dans les cavernes du sous-sol ou sur l'origine de l'homme préhistorique et son éventuelle cohabitation avec les dinosaures. Est-il possible pour nous, les spécialistes, (à une autre époque on aurait dit les savants) de contribuer à intéresser des plus jeunes à notre science et ceci à quelque niveau d'enseignement que ce soit ?

Une fréquentation assidue depuis plus de 10 années de classes de l'école primaire, de classes du second degré moins fréquemment et celle, plus habituelle pour nous, des étudiants à l'université, nous ont totalement convaincus de la nécessité de prendre connaissance, avant tout enseignement, des conceptions de nos publics. À cet égard l'un d'entre nous se souvient de la satisfaction d'un éminent chercheur du CNRS ne sachant trop comment débiter un cours d'informatique dont il avait accepté la charge et qui avait eu la modestie de demander un avis. Encouragé à interroger ses étudiants sur ce qu'était pour eux l'informatique, et notant au tableau la variété des réponses, il avait non seulement identifié les conceptions erronées à déconstruire mais également toute la trame de son enseignement à venir.

Nous n'insisterons pas plus ici sur la nécessité de réserver une petite part du temps d'enseignement afin de prendre la mesure de l'idée déjà reçue ou déjà conçue par nos publics sur tout thème nouvellement abordé. Car comment la professeure de quatrième aurait-elle su qu'un affluement pouvait être « un champ de fleurs » au bien encore « une source ou la rencontre de deux fleuves » si elle n'avait préalablement posé la question à ses élèves. La connaissance de ces

idées reçues permet sans aucun doute d'éviter de dispenser des enseignements plaqués auxquels nos publics n'adhéreront jamais totalement.

Mais, au-delà de la prise en compte des conceptions de nos publics dans nos enseignements, quel peut être l'apport des universitaires à une diffusion de qualité des sciences de la Terre ? C'est là l'interrogation à laquelle nous voudrions apporter quelques débuts de réponses.

Il y a d'abord la nécessité d'établir le plus clairement mais aussi le plus complètement possible la trame des concepts de notre discipline pour y déterminer à la fois ce qui y est spécifique et son architecture logique. Actualiser l'organisation de la discipline nécessite une réflexion permanente entre spécialistes et non spécialistes. Nulle vérité scientifique décrétée n'est ici nécessaire. Bien au contraire chacune de nos réflexions individuelles d'universitaire confrontée à la pratique de tous les enseignants en sciences de la Terre permet d'identifier ce qui est incontournable dans la discipline et ce qui ne l'est pas, de rendre ainsi notre discipline plus attractive en élaguant sans dénaturer.

Dans la mise en pratique de l'enseignement autour des pâles incontournables précédemment identifiés, il est essentiel que les universitaires puissent se mettre à la disposition de leurs collègues du premier et du second degré. Non pour dispenser des cours magistraux (des structures existent déjà pour cela) mais pour être à l'écoute et répondre sur le plan scientifique quand on le leur demande. Assister au fond de la classe sans être imposé ni intervenir sans être expressément sollicité permet de noter précisément les blocages tant dans la démarche de l'enseignant que dans le savoir en construction des enseignés. Cette participation, qui transforme momentanément l'universitaire en inestimable personne ressource, n'est guère dévoreuse de temps. Elle est très appréciée par nos collègues qui se sentent confortés et rassurés en même temps que l'accès aux sciences de la Terre en est rendu plus aisé et plus pertinent.

Une collaboration entre enseignants intervenant en sciences de la Terre devant des publics différents, lorsqu'elle est poursuivie pendant quelques années, montre rapidement que les mêmes blocages pédagogiques sont régulièrement rencontrés. Cette constatation présente un aspect très positif dans la mesure où elle permet

d'identifier des obstacles conceptuels que les enseignants infarmés pourront soit contourner soit affronter en connaissance de cause. Ce retour du « terrain » de la classe (quelle qu'elle soit) vers l'universitaire constitue un véritable enrichissement pour notre discipline car il informe objectivement sur les difficultés intrinsèques qui accompagnent la transmission du savoir en sciences de la Terre.

Une liste d'obstacles conceptuels rencontrés sur le thème des séismes en cycle 3 de l'enseignement primaire a été établie, dont sont extraits et commentés ci-dessous quelques exemples qui montrent que ces obstacles ne présentent pas le même degré de spécificité par rapport à la discipline.

- L'association non fortuite des séismes et du volcanisme pose un réel problème d'expérimentation en classe. Il y a là un glissement presque inévitable vers un thème voisin.

- La perception de certains comportements mécaniques tels que l'élasticité est variable selon que l'on charge une balle pour la mener à la rupture (analogie de la rupture sismique) ou que l'on met en évidence la propagation d'une onde. Il y a là référence à des savoirs qui relèvent aussi d'une autre discipline.

- La cause des mouvements de plaques fait référence à une origine qui, parce qu'interne à la Terre, n'est pas directement accessible.

Ce sont là trois des obstacles conceptuels rencontrés dans un domaine de la géologie mais qui ne semblent pas spécifiques à cette discipline.

- Cause des destructions, les vibrations sont aussi la conséquence des mouvements au foyer sismique. La hiérarchie cause / conséquence change pour les vibrations.

- Dans l'évaluation de dangerosité d'un séisme, peu d'élèves évoquent la densité de la population ; d'autres, plus rares, ont identifié le rôle de la distance à la source mais aucun n'a envisagé cette distance dans le plan vertical. Plusieurs facteurs contribuent au phénomène observé.

Dans ces deux exemples, plus qu'à la seule géologie, c'est à la complexité des milieux naturels que les obstacles conceptuels sont dus.

- La rupture obtenue expérimentalement ne peut être reproduite au même endroit du matériau utilisé alors que c'est dans la nature souvent la même faille / zone de failles qui rejoue. La similitude modèle / milieu naturel est simplement trompeuse.

- Une faille inverse permet d'expliquer à une autre échelle ce qui se passe dans une

zone de subduction, cependant, et mise à part la surface de subduction, 50% de ces zones ne montrent que des failles normales. La contradiction apparente est ici constructive dans la mesure où elle conduit à d'autres développements probablement utiles à l'enseignement mais, dans ce cas, certainement pas aux élèves.

- L'énorme contraste de vitesse entre les phénomènes associés que sont les mouvements liés aux séismes et ceux des plaques lithosphériques.

Ces trois derniers exemples concernent des thèmes purement géologiques.

Les quelques exemples choisis ne font qu'illustrer très partiellement les obstacles conceptuels relatifs à l'un (parmi d'autres) des thèmes incontournables des sciences de la Terre : les séismes. On mesure l'étendue des recherches qui restent à faire dans la discipline toute entière d'autant qu'un perpétuel travail de remise à jour est, ici comme ailleurs nécessaire. Les universitaires ont donc cette recherche pédagogique une part essentielle à prendre pour faire face à la demande de nos collègues enseignants pour rendre la maison Géologie plus accessible et la rendre plus attrayante aux yeux des plus jeunes.

J. DELTEIL

Les outils pédagogiques nouveaux au service de l'enseignement des sciences de la Terre

L'usage des outils pédagogiques modernes TICE (Techniques d'information et de communication pour l'éducation) dans l'enseignement des sciences de la Terre à l'école primaire

Dans le cadre des programmes de sciences expérimentales et technologie de l'école primaire, les sciences de la Terre ne sont identifiées explicitement qu'au cycle 3 et sur deux thématiques qui sont clairement préci-

sées : évolution des êtres vivants (des traces de l'évolution des êtres vivants) et manifestations de l'activité de la Terre (séismes et éruptions volcaniques). Pour justifier un travail en sciences de la Terre, il faut également regarder les programmes de géographie qui précisent qu'il est nécessaire de travailler sur les paysages.

À l'école primaire, l'observation des pratiques des enseignants qui utilisent les TICE pour l'enseignement des sciences de la Terre montre quelques tendances fortes. Les outils TICE au service du traitement et de la fabrication de documents ressources utilisés pour la sortie de terrain.

Avec une entrée « Paysages » le point de départ d'une séquence d'apprentissage en sciences de la Terre commence souvent par une sortie terrain où se mêlent approche subjective de la réalité d'un espace géographique et tentative de décodage d'indices géomorphologiques et géologiques pour aboutir à une lecture explicite du terrain. Deux opérations conceptuelles doivent se réaliser successivement : transformer l'espace vécu, perçu par ses sens, en paysage par des actes d'observation et de codage, puis identifier dans le paysage des objets géologiques. Pour faciliter ce passage d'un

vécu réel à l'identification d'objets de nature géologique, les nouvelles technologies sont utilisées par un nombre croissant d'enseignants du primaire.

Tout d'abord, l'utilisation des appareils de photo numérique a modifié considérablement le traitement de cette phase d'appropriation du réel. Les enseignants incitent les élèves à prendre des photos pendant la sortie pour pouvoir travailler sur ces substituts du réel au retour dans la classe. Les photos sont en général tirées sur papier et le travail réalisé en classe consiste fréquemment à légendrer ces photos et les

organiser sous forme d'une affiche. Les données observées sont reliées à des textes explicatifs en relation avec des connaissances de géographie et de géologie acquises souvent par une recherche documentaire à partir d'un corpus de livres de vulgarisation scientifique et de livres scolaires, mais de plus en plus souvent à partir de recherches sur internet.

À ce propos, il faut noter que l'accès au web est, à l'école primaire, toujours encadré par un adulte même dans le cas où des ressources ont été localisées préalablement par l'enseignant avec un moteur

de recherche et mis à disposition des élèves sous forme de liens dans une page htm ou un document word.

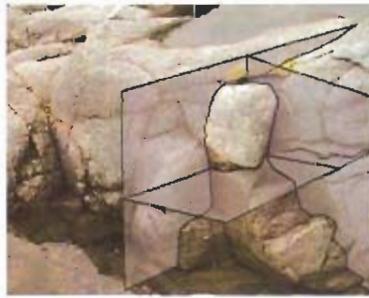
Peu d'enseignants utilisent la possibilité de traitement numérique des images pour rajouter des éléments d'informations qui permettent une lecture-décodage de l'image plus experte.

Le plus souvent les enfants surlignent à la main certains éléments de l'image pour faciliter la lecture et le décodage avec l'établissement d'une légende. Dans la constitution de ces « affiches-bilan-synthèse » tous les textes sont saisis en traitement de texte, imprimés, découpés, collés sur l'affiche.

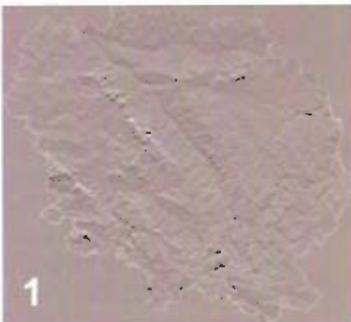
L'utilisation du scanner s'observe également chez quelques enseignants, pour réaliser des photos d'échantillons de roches ou de fossiles. Le scanner est utilisé là pour ses possibilités en macro-photo avec l'obtention d'un fichier numérique en haute qualité, qui permet d'effectuer un zoom sur les fichiers et de travailler sur des détails. Dans le cas d'utilisation d'extraits de cartes topographiques ou géologiques, cette fonction du scanner permet d'obtenir des rapports d'échelle plus importants, qui facilitent la construction des liens entre l'espace réel observé et sa représentation sur la carte. La carte est un document conceptuel qui offre un codage orologique de l'information (sur la carte IGN, le vert représente la forêt, etc.). Le rapport immédiat entre lecture du paysage et traduction codée sur la carte agrandie ne pose pas de problème aux enfants et fournit immédiatement des éléments de repérage spatial entre espace perçu et représenté.

Les élèves d'un cycle 3 ont échantillonné lesaffleurements observables sur le côté gauche de la vallée de la Creuse sur la carte ci-dessus. Avec l'aide de l'agrandissement de la carte géologique du BRGM, ils devaient faire des hypothèses sur la nature des roches qu'ils avaient prélevées, en effet la zone échantillonnée se trouvait en dehors des limites de la carte géologique agrandie.

Les modèles numériques de terrain (MNT) ne sont pas encore des données largement diffusées au niveau de l'école primaire. Leur introduction en cycle 3 montre leur efficacité lorsqu'il est nécessaire de rapprocher la réalité perçue et l'aspect cartographique. Le MNT est un document 3D encore plus conceptuel que la cartographie 2D, puisqu'il n'offre même plus un cadage analogique de l'information. Vouloir l'utiliser nécessite un traitement de l'information afin de présenter aux élèves des images successives qui représentent à chaque fois des étapes de moins en moins



Exemple d'image interprétée à l'aide d'un surlignage



1. MNT
2. Mise en perspective du MNT
3. Vue aérienne oblique
4. Panoramique au niveau du sol réalisé par les enfants

abstraites (zoom successifs, changement d'orientation, etc.). L'utilisation de la photo numérique aide la perception du réel.

Beaucoup de modélisations numériques sont aisément accessibles sur internet. L'Espace Numérique des Savoirs propose notamment des modélisations numériques sur la tectonique des plaques. C'est un bon exemple d'images animées utilisées par quelques enseignants du primaire pour illustrer le fonctionnement de la machine Terre, sujet qui peut se traiter en synthèse après avoir travaillé sur les volcans et les séismes. Les enfants voient de telles images dans des revues scientifiques, dans des documentaires télévisés type « C'est pas sorcier » et connaissent par cette vulgarisation les termes de « plaques » ou de « collision ».

L'utilisation des ressources Internet pour l'enseignement de la géologie à l'école :

Ressources Web au niveau national pour les enseignants

- La main à la pâte

<http://www.inrp.fr/lamap>

Les écoles utilisent très fréquemment le site national de la main à la pâte ainsi que les sites départementaux associés pour obtenir des pistes pédagogiques sur des sujets qu'ils maîtrisent mal. Les préoccupations des enseignants de l'école primaire pour l'enseignement de la géologie à l'école transparaissent également à partir de l'analyse des questions posées aux scientifiques et pédagogues qui assurent une fonction d'accompagnement.

<http://www.inrp.fr/lamappp/questions/affitres.php?domaine=for-geologie>

<http://www.inrp.fr/lamappp/questions/affitres.php?domaine=sci-geologie>

- Le réseau SCEREN - CNDP

<http://www.cndp.fr/ecole>

Le réseau CNDP-CRDP C propose quelques ressources accessibles sur internet notamment des fiches élèves au d'aide à l'évaluation extraites de classeur :

http://www.cndp.fr/ecole/sciences/classseurs/Fiches_eleves/terre_ciel.htm

Les dossiers de l'ingénierie éducative présentent également des dossiers sur les sciences comme Images et TIC ou encore Modélisation et simulation.

<http://www.cndp.fr/archivage/valid/39058/39058-4929-4744.pdf>

<http://www.cndp.fr/orchivage/valid/39063/39063-4925-4740.pdf>

Typologie de quelques productions de sites internet des écoles

Titre	Origine des connaissances	Mode de production	Contenu
Modélisation volcan	Recherche documentaire élèves	Problèmes / Solutions L'approche est de type Solution Technologique à un problème donné, la modélisation ne répond pas à un questionnement scientifique sur la nature de l'objet géologique " Volcan "	Les caractéristiques observables du volcanisme sont traduites par des dispositifs qui ressemblent analogiquement à chacun des éléments pris en compte de manière disjointe, le bruit, la fumée, l'éruption, la forme du cône ...
Le cycle de l'eau	Intervenant extérieur spécialisé	- production d'un discours scientifique dans un jargon scientifique difficile à comprendre. - illustration graphique qui fera accéder à la compréhension	La source démarre d'une montagne en amont ... la source peut provenir d'une nappe " phréatique ", l'intervenant utilise des mots scientifiques, les enfants prennent des notes. Le traitement du contenu scientifique est réalisé à partir de ce matériel oral transcrit à l'écrit par les enfants.
Visite à Vulcania	Visite guidée, documents diffusés à Vulcania	Un exemple de modalité de production d'un discours scientifique par des opérations de type : Copier _ Coller	Les enfants ont pris des notes, des documents ont été distribués lors de la visite. Les enfants élaborent une sélection d'informations puis assemblent et tentent d'organiser ces contenus
L'eau	Visite guidée dans le cadre d'une classe découverte, avec un intervenant spécialiste	Production d'un discours à caractère scientifique du type : Reportage / Production d'un article à caractère scientifique	La problématique est de gérer la surinformation : - trier, sélectionner les photos réalisées avec l'appareil photo numérique ; - trier, sélectionner, réécrire les textes, enfin apparier les deux catégories d'informations dans une mise en page de type journal ou magazine, la validation de la forme passe avant celle du contenu.

Quelques exemples de sites internet des écoles

Démarche expérimentale. Modélisation d'une éruption – expérience avec bicarbonate de soude
http://www.ecthallo.edres74.ac-grenoble.fr/rubrique.php3?id_rubrique=113

Volcons de la chaîne des puys. Classe découverte à Espinhol, Auvergne
<http://pedagogie.ac-aix-marseille.fr/etoblis/ecoles/sieyes/index.htm>

La Réunion. Dossier constitué par les élèves de CE2 (année 1999-2000) et leur enseignant suite à la classe de découverte effectuée à l'Observatoire du Volcan
<http://www.ac-reunion.fr/pedagogie1/circons/port2/ecoles/9740182E/Volcan.html>

Travaux croisés école-collège : Les volcons
<http://ecole.wanadoo.fr/colleegalaberte/travcroises/base/volcans.htm>

Les enfants prennent la parole, exposé de Léa
<http://ecole.crajanche.free.fr/lesvolcans.htm>

Journal d'école signé par Julie W., Anais R., Margot B., Anoëlle G.
http://www.ac-nancy-metz.fr/IA57/CourcellesSurNied/journal_122002_volcans.html

- Le réseau SVT sur EDUCNET

<http://www.educnet.education.fr/svt/accd.htm>

Le réseau SVT propose des ressources très nombreuses et offre de nombreux outils TICE sous forme de logiciels téléchargeables, notamment adaptés au niveau collèges et lycées, qui peuvent être utilisés à l'école primaire. On y trouve des exemples de progression pédagogique proposée pour le niveau quatrième des collèges, utilisable pour le niveau Cycle 3 des écoles après adaptation et sélection des documents proposés.

<http://www.ac-versailles.fr/pedagogi/svt/docpeda/actpeda/college/usgs/diapo1.htm>

<http://www.seismo.unr.edu/ftp/pub/louie/class/100/effects-kobe.html>

- Le réseau QUARTZ <http://www.site-quartz.fr.st>

L'association Quartz a produit des ressources utilisables par les classes primaires, ce site permet d'accéder à certaines d'entre-elles : séismes, fossiles, paysages.

Les sites Web des écoles et la géologie

Certaines écoles réalisent des sites web qui assurent une fonction vitrine du travail réalisé dans les classes, les destinataires principaux étant les parents des élèves ou les autres écoles du réseau d'écoles. Parfois il y a production d'un petit journal numérique où les classes du réseau doivent produire des pages sur un thème choisi en commun. Ce travail de mise en ligne étant par définition coûteux en temps scolaire, les pages web produites restituent, souvent sous forme de reportage, les activités menées dans le cadre de

classes découvertes (dans les monts Dore, dans les Pyrénées, etc.) au sous forme de pages synthèses des savoirs appris dans le cadre d'une sortie scolaire à la journée (à Vulcanio par exemple) ou lors de sorties encadrées par un intervenant spécialiste dans le cadre de classes transplantées ou de classes découverte.

L'analyse des extraits de pages de site web construits par des écoles, montre que la mise en mots des concepts de la géologie par les enfants dans une optique de vulgarisation est insuffisante voire souvent inexacte. Le mode de construction des pages consiste souvent en un assemblage de textes scientifiques approximatifs issus de la prise de notes des propos de l'intervenant spécialiste rencontré pendant ces sorties pédagogiques et de photos d'illustration réalisées avec l'appareil photo numérique de l'école. Certains sites créés avec les enfants montrent qu'avant la publication il y a une étape de validation des contenus par un expert qui peut être l'enseignant lui-même, des intervenants de la classe découverte ou de la sortie pédagogique, ou un géologue.

En guise de conclusion

Aujourd'hui il semble que l'enseignement des sciences à l'école soit assez largement pratiqué en utilisant les TICE, pour rechercher et échanger des informations. Les exemples développés ci-dessus montrent que les écoles composent entre les deux exigences et possèdent d'une approche concrète, matérielle, éventuellement expérimentale à des approches plus abstraites avec des outils TICE plus « virtuels ». Ils commencent à s'approprier ces nouveaux objets où l'image tient une place prépondérante, ce qui les renvoie

à des problèmes de maîtrise des langages et ce n'est sans doute pas un hasard si les nouveaux programmes de l'école primaire leur accordent une telle importance.

Les savoirs de la géologie sont complexes, les enfants de Cycle 3 apprennent à structurer l'espace, le temps, découvrent les propriétés de la matière à partir de situations construites dans leur environnement proche. La structure de la Terre, les propriétés des magmas, la tectonique des plaques ne peuvent se résumer par « une image explicative » soit-disant à la portée des enfants car si l'image scientifique est bien un support pour raisonner, pour penser, il faut pour produire un discours scientifique cohérent un réseau conceptuel de mots-clés, de notions qui ne sont pas acquises à ce niveau d'enseignement.

La sortie terrain à partir d'une approche « paysage » semble donc une piste de travail qui correspond bien à cette découverte de phénomènes géomorphologiques pouvant amener les élèves de l'école primaire à se poser des questions de géologie. L'avantage par rapport aux documents trouvés sur internet est que les enfants réalisent eux-mêmes ce passage du réel au virtuel en s'appropriant les codes d'écriture. L'élève qui surligne un élément dans une image qu'il a fabriquée montre sa compréhension du phénomène observé.

La situation de classe découverte semble être une situation propice à l'enseignement de la géologie au vu du nombre de productions réalisées par les écoles. L'utilisation des TICE devient donc un moyen d'apprendre à produire un discours scientifique.

Utiliser le média internet pour communiquer ses résultats ne fait pas spontanément

ment poser le problème de la validation du savoir, cette préoccupation est le fait des adultes qui encadrent cette activité. Peut-être faut-il faire fonctionner sa classe en communauté scientifique afin que les enfants puissent passer du savoir construit par le groupe et validé par le groupe ou savoir scientifique validé par la communauté des scientifiques.

Le professeur des écoles est un enseignant polyvalent, quand il n'a pas de formation scientifique, il a besoin de géologues qui vont l'aider à voir, à comprendre et qui pourront rencontrer les élèves transformés en élèves-chercheurs pour valider les savoirs qu'ils auront construits avec leur maître.

J. COURIVAUD

Planet-Terre
(<http://www.ens-lyon.fr/Planet-Terre>) :
un site de ressources pour l'enseignement des sciences de la Terre et la formation continue des professeurs du secondaire

Depuis janvier 2000, l'École normale supérieure de Lyon dispose d'un site de ressources et d'accompagnement des sciences de la Terre au lycée. Ce site est subventionné par la Direction de l'Enseignement scolaire (DESCO). Cet outil se situe à l'interface entre le monde scientifique et celui des enseignants. L'information est véhiculée des lieux de production (les laboratoires) jusqu'aux intéressés (les établissements du secondaire), grâce à une diffusion basée sur le réseau Internet et sur la distribution gratuite de CD-rom.

Pourquoi avoir mis en place ce dispositif ?

L'enseignement des sciences de la Terre est confronté à l'émergence dans l'actualité, de thèmes qui suscitent des interrogations socioles et qui sont largement présentés dans les médias. Dans le cadre de la réforme des programmes de lycée (BOEN d'août 1999), plusieurs thématiques nouvelles ont été introduites dans le secondaire, afin de permettre à l'éducation de répondre aux questions des élèves et des familles.

Que ces sujets nouveaux soient ou non dans les programmes d'enseignement, l'idée est de rendre compréhensibles les nouveaux savoirs et leurs enjeux sociaux. En effet, des décisions politiques globales

seront prises dans les années à venir. Elles devront être fondées sur un débat public. Dans ce contexte, l'enseignant a une place centrale : il peut appartenir à l'élève les arguments rationnels nécessaires à un débat citoyen de qualité.

Pour cela, il est primordial que les enseignants en sciences de la Terre puissent avoir un accès adapté à ces connaissances nouvelles d'autant plus que les savoirs évoluent et se précisent très régulièrement (exemple de l'exploration du système solaire, des variations climatiques, etc.).

Durant ces quatre ans d'existence, le site Planet-Terre a essayé d'accompagner l'intégration de ces connaissances nouvelles dans les programmes d'enseignement. En fonction de la demande et des exigences des enseignants, nous avons expérimenté une méthodologie dont voici les principales étapes et les contraintes associées.

Le dispositif d'écoute des questions des enseignants

- Les voies d'écoute de la demande enseignante

Un dispositif d'écoute directe des professeurs du secondaire a été mis en place au lendemain de la réforme des programmes, par l'intermédiaire d'une messagerie électronique liée au site Planet-Terre.

À cela s'est ajoutée une voie d'écoute indirecte, relayée par le réseau des Inspecteurs Pédagogiques Régionaux (IPR) et des formateurs des IUFM, essentiellement dans les académies de Lyon et Marseille.

- Les catégories de questions des enseignants en situation d'autoformation

Nous avons commencé à analyser 60 questions sur l'effet de serre et les variations climatiques (programme SVT de seconde et terminale S), qui nous ont été transmises par les enseignants depuis janvier 2000. Les difficultés rencontrées semblent liées à l'actualisation des connaissances, à l'enseignement de thématiques en pleine évolution, à l'émergence de techniques scientifiques nouvelles, et à l'existence de débats en cours dans la communauté scientifique. Une analyse plus fine sera réalisée avec l'équipe de didactique de l'université Lumière Lyon 2.

Quelle méthodologie pour répondre aux besoins de transfert de connaissances ?

- Développer des ressources scientifiques actualisées, validées par un réseau d'experts

En fonction des thématiques qui posent problème aux enseignants, nous avons développé un réseau d'experts qui alimente le site en ressources scientifiques.

Actuellement, nos experts sont au nombre de 129 et se répartissent dans 54 laboratoires de recherche, en relation avec la planétologie, la planète Terre et son environnement global (atmosphère, hydrosphère, climats), la structure, la composition et la dynamique interne de la planète (tectonique des plaques, lithosphère, osthénosphère, manteau, croûtes terrestres et océaniques), l'histoire de la Vie et de la Terre.

ÉLÉVATION DU NIVEAU MARIN PAR FONTE DES GLACES ?

Dernière mise à jour : 30 avril 2001

* Copie de la question

Sujet: niveau marin
Date: Sat, 3 May 2001 20:39:44
From: schmid@fagn.hcm.fr
To: Prof.Ducille@lites.ens-lyon.fr

Est ce vrai que si les glaces polaires fondaient, le niveau des mers monterait de 80 m ?
Est ce vrai que la fonte des glaces polaires ne fera pas augmenter le niveau des mers ?

* Réponses



Gilles DELAYGUE
CEREGE d'Aix-en-Provence

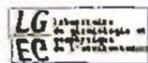
Jean JOLZEL
Laboratoire Sciences du Climat et Environnement.

Jean-François MINSTER
Directeur de l'IFREMER

Jean-Louis DUFRESNE
Laboratoire de Météorologie Dynamique, Paris

Olivier BOUCHER
Laboratoire d'Optique Atmosphérique, Lille

Maria-Antoinette MELIERES
Laboratoire de Glaciologie de Grenoble



Exemple d'en-tête d'un article à une question enseignante : élévation du niveau marin et fonte des glaces.

Ces experts sont des enseignants-chercheurs (60 % d'entre eux) impliqués ou non dans des formations universitaires de type CAPES ou Agrégation mais toujours reconnus pour leur compétence pédagogique et leurs efforts de médiation scientifique. Ce sont aussi des professeurs d'université de grand renom (membres du Collège de France ou de l'Académie des sciences, 5 % de nos experts), de jeunes thésards (25 %) mais aussi des médiateurs des sciences de la Terre (responsables des services de communication scientifique des musées et de certains organismes de recherche (5 %) et journalistes scientifiques (5 %)).

Ils apportent leurs réponses aux besoins d'information et de formation des enseignants, en fonction de leur compétence scientifique et pédagogique. Les échanges sont archivés sur le site, sous la forme d'articles-réponses thématiques.

Ce réseau s'est constitué progressivement depuis septembre 1999, en fonction des demandes des enseignants du secondaire. Philippe Gillet, directeur de l'École normale supérieure de Lyon et Gérard Mégie, président du CNRS, ont amorcé la construction du réseau grâce à leurs contacts avec l'ensemble des laboratoires de géosciences.

Localement, la proximité des chercheurs du laboratoire de géologie de l'ENS Lyon a permis de disposer de ressources scientifiques actualisées mais aussi de connexions avec d'autres chercheurs d'universités collaboratrices. Dans la quête d'experts disponibles pour Planet-Terre, ce sont les compétences scientifiques mais aussi pédagogiques qui ont été recherchées et valorisées.

À l'avenir, ce réseau, que nous continuons à développer et dont une dizaine de membres sont particulièrement actifs, pourra permettre d'assurer une veille scientifique et d'anticiper ainsi les besoins des enseignants.

- Structurer les ressources scientifiques pour les enseignants

L'interaction entre le monde scientifique et celui de l'enseignement nous a permis de proposer des contenus structurés par thèmes, en fonction de la demande des enseignants et des partenaires éducatifs (IPR, formateurs IUFM).

Les enseignants-chercheurs nous ont permis de cerner l'état des connaissances, leur histoire, leurs enjeux et les ressources disponibles (documents, expériences, données, logiciels), avec le souci de pou-

voir facilement les intégrer dans le système éducatif. Les contenus diffusés permettent donc l'autoformation des enseignants et l'accès aux questionnements et débats scientifiques modernes.

Ainsi, en associant connaissances, instruments et activités réalisables avec les élèves, nous disposons de ressources qui devraient permettre aux enseignants, IPR et formateurs IUFM d'élaborer des démarches pédagogiques et des séquences d'enseignement nouvelles.

- Réécrire le langage scientifique pour l'adapter

Nous avons pratiqué sur plusieurs exemples l'intégration des évaluations scientifiques actuelles dans les programmes d'enseignement. Toutes ces expériences nous ont montré la nécessité d'une réécriture de l'information scientifique primaire. En effet, la communauté scientifique fait souvent appel à des connaissances et des techniques nouvelles, qu'il faut expliciter.

Ainsi, de nombreuses réécritures ont été produites à l'occasion de la pollution de la toundra de l'Erika, des tempêtes de décembre 1999, de la crise sismo-volcanique d'octobre 2002 en Italie du sud, du séisme d'Hennebont en Bretagne (30 septembre 2002), de la découverte de traces bipèdes fossiles (*Nature* du 13 mars 2003), des résultats récents de l'exploration martienne (mars 2004).

Tous ces exemples de transfert de savoirs dans un format éducation devraient permettre une appropriation rapide par les enseignants du secondaire. L'évaluation de l'impact de cette démarche reste à faire.

- Développer un dispositif de veille scientifique pour l'enseignement

Pour être valide et anticiper les besoins des enseignants, le transfert doit être accompagné d'une veille scientifique à la source des savoirs, c'est-à-dire là où les savoirs sont produits et échangés par la communauté scientifique (laboratoires de recherche, organismes de publication des résultats de la recherche).

Là encore, l'idée est de partager avec les enseignants les questionnements scientifiques actuels, qui font le quotidien des laboratoires de recherche. Cela permettra également de comprendre les raisons qui motivent la recherche fondamentale, le choix des axes prioritaires, le contexte des découvertes scientifiques.

- Intégrer l'histoire des découvertes et les débats de société dans l'enseignement

Pour beaucoup de thématiques émergentes, nous avons ressenti le besoin de replacer les développements scientifiques actuels dans leur contexte historique. Cette approche permet d'abord de comprendre l'émergence des concepts en relation avec la demande sociale.

Elle permet souvent une meilleure compréhension des représentations et des difficultés des élèves et des enseignants.

Nous avons pratiqué cette intégration pour l'enseignement de l'effet de serre et du réchauffement climatique.

Par ailleurs, du fait de l'augmentation de la quantité d'information scientifique disponible, la nécessité d'une clarification des débats associés aux découvertes est indispensable pour les enseignants. On trouvera sur le site quelques exemples de clarification, entre autres à travers la transposition des rapports du groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (rapports IPCC) ou des textes de loi sur l'effet de serre.

- Proposer des excursions de terrain illustrées

Parce que l'observation de terrain est une étape-clé dans de nombreux domaines des sciences de la Terre, cette approche ne doit pas être oubliée dans la formation des professeurs et des étudiants. C'est pour cela que le site Planet-Terre propose des excursions de terrain illustrées qui peuvent servir de base scientifique à l'organisation d'écoles de terrain.

Perspectives d'évolution pour ce dispositif

Outre celles qui ont été présentées dans les paragraphes précédents, d'autres perspectives importantes sont envisageables.

- Développer d'autres produits interactifs pour l'enseignement

En France, de nombreux dispositifs de transferts de connaissances se développent. Tous les grands organismes scientifiques possèdent actuellement des sites (exemple du BCSF Bureau central sismologique français) et de l'École et observatoire de Sciences de la Terre de Strasbourg, qui disposent même de correspondants éducation.

Malgré tout, la France reste moins engagée que d'autres pays dans les démarches de transfert.

À l'étranger, différents programmes tentent de valoriser les ressources scientifiques pour l'enseignement (*Educational resources*), dans un format accessible librement sur internet. Des activités de tri-


Hauteur des océans : appliquettes disponibles

Dernière mise à jour : 30 août, 2003


 Sébastien MERKEL
 Laboratoire des Sciences de la Terre, ENS Lyon

 voir aussi Article *Fonte des glaces et élévation du niveau marin*


Sur les cartes de la France, de l'Europe ou du Monde, avec la topographie actuelle, faites varier le niveau de la mer. Vous pouvez ensuite récupérer la carte affichée en faisant une copie d'écran.

<ul style="list-style-type: none"> La France (version : 600 * 250 pixels) La France (version : 900 * 600 pixels) 	<ul style="list-style-type: none"> L'Europe (version : 600 * 250 pixels) L'Europe (version : 1000 * 500 pixels) 	<ul style="list-style-type: none"> Le Monde (version : 600 * 250 pixels) Le Monde (version : 1000 * 500 pixels)
--	---	---

Sébastien Merkel, Octobre 2002

Exemple d'appliquette développée au laboratoire de géologie de l'ENS Lyon, sur le thème des variations du niveau marin.

lement et de visualisation graphique en ligne sont associées à ces ressources éducatives. Elles permettent de réaliser des cartographies, des animations, des modélisations et des simulations (exemple des appliquettes et des logiciels en ligne des universités du Colorado, de New York, de Californie, ainsi que de la NASA, ...).

Pour le site Planet-Terre, nous avons donc tenté quelques expériences de ce type, à petite échelle (exemple de la dynamique atmosphérique, océanique ou des variations du niveau marin). Pour chacune de ces expériences, nous avons présenté aux enseignants les limites de ces produits interactifs et plusieurs suggestions d'exploitation. Il y a donc des perspectives de développement de produits en ligne pour l'enseignement, en exploitant les données scientifiques présentes dans les laboratoires et en partenariat avec des professionnels du multimédia interactif.

- Proposer des conférences en ligne

De nombreuses conférences filmées sont déjà en ligne sur le site Planet-Terre. Un grand nombre de ces conférences a eu lieu dans le cadre du Plan Académique de Formation (PAF) et est donc adapté à un public d'enseignants en sciences de la Vie et de la Terre. La version sous forme de CD de ces conférences est également disponible par simple demande.

- Faciliter la recherche sur le site

À l'origine, l'organisation des contenus scientifiques a été réalisée autour des thèmes des nouveaux programmes de lycée (réforme 2000). Puis, les questions

des utilisateurs s'étant diversifiées, de nombreux autres thèmes ont été abordés. Au fil des années, les ressources scientifiques du site devenant de plus en plus conséquentes, un changement de leur organisation et de leur gestion est devenu nécessaire. Un accès rapide et efficace aux documents en adéquation avec la recherche de l'utilisateur ne pourra être réalisé qu'après une indexation exhaustive des articles, des vidéos et des nombreuses figures présents sur le site. La recherche pourra être basée sur des mots-clés, sur la nature du document, son niveau, sa taille. Cette indexation est en cours, elle est associée à une nouvelle classification des ressources structurée en huit grands thèmes des sciences de la Terre (Terre : structure, composition, évolution - histoire de la Terre et de la vie - Géodynamique interne - Géodynamique externe - Géologie extra-terrestre et astronomie - Géologie appliquée - Terrain et géologie régionale - Outils et méthodes d'étude des sciences de la Terre).

- Évaluer l'impact du dispositif Planet-Terre sur les pratiques enseignantes

L'objectif est de cerner l'impact global du dispositif et les usages auxquels il a pu donner lieu. Même si l'essentiel de l'évaluation reste à faire, quelques données sont cependant disponibles.

À propos de la fréquentation du site

Les compteurs statistiques E-Stats et plus récemment Xiti permettent de recueillir des informations sur la fréquentation du site (nombre de visiteurs par jour), leur origine

géographique, leur chemin d'accès, le temps passé sur le site, les mots clés qui les ont conduit à identifier nos ressources, etc. L'allure de la courbe de fréquentation du site montre que les visites se font suivant un rythme proche de celui du système éducatif avec une baisse de la fréquentation pendant les jours de congés. D'autre part, depuis la création du site, le nombre moyen de visiteurs quotidiens n'a cessé d'augmenter pour atteindre une moyenne de 1 160 visiteurs par jour, valeur calculée pour la période octobre 2003-mars 2004.

À propos de la diffusion du CD-rom Planet-Terre

Ce système de diffusion a été mis en place en janvier 2000. Depuis cette date, environ 280 demandes de gravure de l'intégralité du site ou de certaines conférences nous sont parvenues, par courrier postal. Cela représente une moyenne de 6 demandes de CD-rom par mois, à destination du personnel enseignant majoritairement.

Impacts de ce dispositif sur la pratique des enseignants de SVT

Il nous faut comprendre comment les enseignants s'approprient les ressources du site et comment ils les intègrent éventuellement dans les activités proposées aux élèves.

En mars 2003, une enquête informelle a été lancée sur le forum des professeurs de SVT de l'académie de Toulouse, afin d'évaluer quelques impacts.

D'après les premiers échanges enregistrés, il semblerait que le site soit utilisé par l'enseignant comme source documentaire pour les élèves (planétologie, glaciologie notamment). Certains enseignants ne vont jamais sur le site avec leurs élèves et l'utilisent comme outil de formation ou comme source d'inspiration pour des exercices en classe (exemple des données de datation Rb/Sr des granites du Massif central).

Pour ceux qui vont sur le site avec leurs élèves, Planet-Terre est alors utilisé comme outil pédagogique interactif (exemples des animations et appliquettes concernant les variations du niveau de la mer).

D'autres études complémentaires devront confirmer ces tendances et l'analyse des témoignages des enseignants, parvenus par voie électronique ou postale à l'adresse de notre site, permettront certainement d'en savoir plus.

F. KALFOUN, B. URCELLI

Intérêt pédagogique des cartes géologiques de France

Le BRGM est régulièrement salué par les professeurs des collèges et lycées qui souhaitent se procurer des cartes géologiques présentant un intérêt pédagogique, si possible appartenant à leur région. À l'occasion de la récente rénovation des programmes de Sciences de la Vie et de la Terre (géologie) dans l'enseignement secondaire (1), le BRGM a entrepris la réalisation, sur son site internet, de pages consacrées à l'intérêt pédagogique de cartes géologiques aux échelles 1/50 000 et 1/250 000.

Le cadre général des nouveaux programmes s'intéresse aux grandes structures géologiques et aux processus globaux. Il est recommandé de s'appuyer pour la géologie de la France, sur des cartes géologiques à petite échelle comme la carte de la France à 1/1 000 000 et les cartes à 1/250 000. En classe de terminale (série scientifique), c'est le cas par exemple pour les Alpes occidentales franco-italiennes qui servent d'appui à l'étude de la convergence lithosphérique et de la collision continentale. Il s'agit d'étudier cette portion de la chaîne alpine grâce à l'étude d'affleurements (dans le cadre d'une éventuelle classe de terrain), de photographies d'affleurements, de coupes géologiques et de cartes simplifiées, d'images satellitaires et de profils sismiques (2). Les cartes géologiques à 1/250 000 constituent une synthèse simplifiée des cartes géologiques à 1/50 000. Signalons que les Alpes franco-italiennes et leur avant-pays sont couvertes par 8 cartes géologiques à 1/250 000. En classe de Terminale également (enseignement de spécialité), dans le cadre de l'étude des variations du niveau de la mer, il est proposé de mettre en évidence sur la carte géologique du monde à 1/10 000 000 et sur la carte géologique de la France à 1/1 000 000, l'importance mondiale de la transgression du Crétacé supérieur (3).

Les grands phénomènes géodynamiques et climatiques constituent, en regard de la médiatisation actuelle, une partie prépondérante des programmes. Il est souvent possible d'illustrer ces phénomènes pléistocènes actuels grâce à des exemples géologiques d'époques antérieures enregistrés dans la géologie et présentés dans les cartes géologiques à 1/50 000. En classe de première, par exemple, une partie

du programme concerne la formation et la divergence des plaques lithosphériques au niveau des dorsales océaniques et les phénomènes liés. Les rifts continentaux observables en France, formés au début du Cénozoïque, permettent d'illustrer ces phénomènes. Les failles normales et les remplissages sédimentaires liés à ces rifts sont bien visibles sur la carte à 1/1 000 000, sur certaines cartes à 1/250 000 et sur de nombreuses cartes à 1/50 000.

L'analyse et l'interprétation des cartes géologiques à 1/50 000 ne sont pas exigées à la lecture stricte des nouveaux programmes. Toutefois, en classe de Première, la sortie de terrain fait désormais partie intégrante du nouveau programme. La carte géologique à 1/50 000 constitue par excellence le support nécessaire à la préparation et la réalisation des sorties sur le terrain. Ainsi, il nous est apparu opportun d'identifier les cartes géologiques à 1/50 000 publiées présentant les objets géologiques pédagogiques relatifs à ces nouveaux programmes d'enseignement ainsi qu'à ceux de Quatrième et Cinquième.

Présentation de la méthode de sélection des cartes géologiques à 1/50 000 à intérêt pédagogique

Ces cartes, que nous appellerons « cartes géologiques à 1/50 000 à intérêt pédagogique » ont été sélectionnées à partir des 3 critères initiaux suivants :

- présence de formations géologiques variées (confèrent à la carte un caractère esthétique, donc attractif) ;
- présence de plusieurs objets géologiques pédagogiques bien représentés, avec si possible, une bonne illustration des objets, à la fois sur la carte et sur la coupe géologique ;
- présence d'une coupe géologique en couleur sur la marge inférieure de la carte (permettent une approche de la vision en 3D). La sélection des cartes a été faite par région administrative, l'objectif étant la proximité des cartes retenues avec les établissements scolaires. Dans certains cas, pour certaines régions, un recours exceptionnel aux cartes sans coupes géologiques a dû être fait. Ces cas sont signalés et justifiés.

Les objets géologiques pédagogiques sont au nombre de 33. Ils ont été définis à partir des nouveaux programmes de Première et Terminale, mais tiennent également compte du collège.

La représentation, sur la carte et sur la coupe géologique, des objets géolo-

giques pédagogiques a été évaluée selon 3 degrés (sans prise en compte des affleurements de terrain correspondants) :

- objet géologique pédagogique très bien illustré ;
- objet géologique pédagogique bien illustré ;
- objet géologique pédagogique présent ou peu illustré.

L'Inspection générale de l'Éducation nationale a été sollicitée pour superviser cette sélection et un exemplaire de chaque carte sélectionnée a été envoyé auprès des IPR (Inspecteurs Pédagogiques Régionaux) pour faire valider nos choix par les professeurs des lycées et collèges concernés. Un questionnaire accompagnait cet envoi et permettait aux professeurs d'estimer la valeur pédagogique des cartes présélectionnées proposées par le BRGM pour une utilisation dans l'enseignement de la géologie en lycée ou en collège. En outre, le questionnaire envoyé aux professeurs proposait d'inscrire tout commentaire complémentaire permettant d'apprécier plus complètement la pertinence et l'intérêt pédagogique des cartes concernées et d'indiquer éventuellement d'autres cartes géologiques à 1/50 000 dans l'académie intéressée.

La sélection de 192 cartes géologiques à 1/50 000 a été établie à partir des cartes de la France métropolitaine disponibles fin 2003.

Nous présentons deux exemples de cartes géologiques à 1/50 000 à intérêt pédagogique sélectionnées : l'une en zone de socle à la limite ouest du Bassin parisien (Sillé-le-Guillaume, n° 321, 3 de couverture) et l'autre en zone de déformation alpine (Loragne-Montéglin, n° 893). Ces deux cartes répondent à trois critères : présence de formations géologiques variées ; présence d'une coupe géologique en couleur sur la marge inférieure de la carte ; présence de plusieurs objets géologiques pédagogiques bien représentés, avec si possible, une bonne illustration des objets, à la fois, sur la carte et sur la coupe géologique.

Les deux exemples présentés ont pour but de montrer la méthodologie de sélection et ne signalent pas forcément tous les objets géologiques pédagogiques.

Deux exemples de carte géologique à 1/50 000 à intérêt pédagogique

La feuille de Sillé-le-Guillaume, n° 321, appartient au Massif armoricain. L'essentiel des formations qui affleurent sont d'origine marine. On distingue des forma-

Dossier

tions du Précambrien (Briovérien), du Paléozoïque, du Mésozoïque et du Cénozoïque. L'histoire géologique de la feuille de Sillé-le-Guillaume est marquée par deux orogénèses. L'orogénèse cadomienne a eu pour conséquence la formation de plis dans les formations du Précambrien (Briovérien) : sur la carte et sur la coupe, ils sont représentés par des flèches jaunes. Durant cette même orogénèse, se forme un batholite de granodiorite (situé au nord-ouest de la feuille, croix avec flèches blanches). Une auréole de métamorphisme est visible autour de ce batholite (zone en violet). Les niveaux-repères qui permettent d'appliquer les principes de superposition et de continuité latérale ont été identifiés à l'intérieur des formations du Paléozoïque. Ces niveaux-repères (traits jaunes sur la carte et sur la coupe) sont impliqués dans un synclinal bien marqué (sur la carte et sur la coupe, S=synclinal). Ce synclinal (synclinal des Caëvrons) qui affecte, d'ouest en est, la presque totalité de la feuille, s'est formé lors de l'orogénèse hercynienne. Des failles (failles inverses et chevauchements) sont

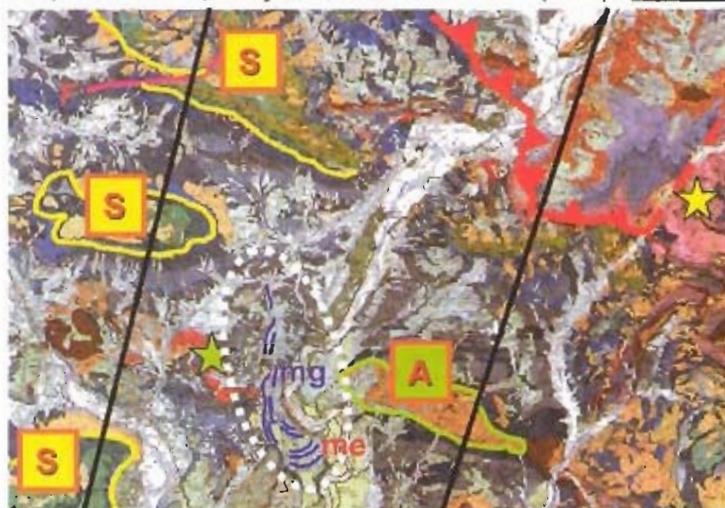
également rapportées à cette période et bien visibles (traits rouges sur la carte, flèches oranges sur la coupe). La feuille de Sillé-le-Guillaume montre clairement la discordance du Crétacé supérieur sur le Briovérien, le Paléozoïque et le Jurassique. Cette discordance correspond à une transgression marine générale à l'échelle mondiale. Les affleurements de Crétacé supérieur sont représentés sur la carte par des zones vertes dont les bordures sont surlignées. En ce qui concerne le Quaternaire, la feuille de Sillé-le-Guillaume comporte, des dépôts de loess (étales jaunes bordées de bleu). Ces formations sont d'origine périglaciaire. La feuille de Laragne-Montéglin, n° 893, appartient aux Chaînes subalpines méridionales. L'essentiel des affleurements correspond à des formations marines. Sur les zones ouest et sud de la carte, se distinguent les plis des Baronnies, d'orientation générale est-ouest (sur la carte : S=synclinal, A=anticlinal ; sur la coupe, des flèches indiquent la zone charnière des plis). La barre calcaire du Jurassique terminal constitue le repère lithologique

majeur de la série stratigraphique de la carte et sauvent l'élément morphologique principal du paysage. Cette barre permet de bien distinguer les plis notamment à l'ouest. La base du Jurassique supérieur (représentée par un trait jaune sur la partie ouest de la carte) sert de niveau-repère pour appliquer les principes de superposition et de continuité latérale. Dans la partie sud, c'est la base du Jurassique moyen qui est choisie et qui est impliquée dans un anticlinal. La partie nord-est de la carte montre une partie de la nappe de Digne marquée par un chevauchement (sur la carte, trait rouge avec triangles accolés, dont la pointe est dirigée vers le compartiment chevauchant ; sur la coupe, flèche rouge). Seul le chevauchement de cette nappe est représenté ; en effet des écaillures sont associées à la nappe de Digne et disposées à l'avant de celle-ci. Au nord-ouest de la carte, le niveau-repère de la base du Jurassique supérieur apparaît décalé par une faille (faille inverse), marquée par la lettre F et un trait violet sur la carte et sur la coupe. Cette faille a une très bonne expression cartogra-

Cartes géologiques à 1/50 000 à intérêt pédagogique

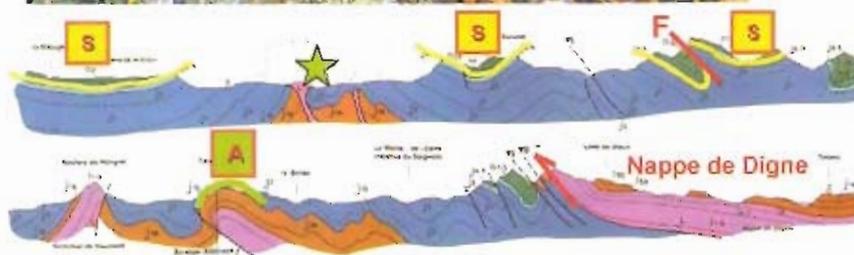
Carte de Laragne - Montéglin n° 893

Gidon M., Moullade M., Monjuvent G. et Flandrin J. (1991) 0 5 km



Objets géologiques pédagogiques

- Chevauchement (Nappe de Digne)
- Diapir (évaporites) ★
- Discordance (Tertiaire) ★
- Faille (normale, inverse) F
- Formations sédimentaires d'origine marine non quaternaires
- Méandres actuels me
- Moraine glaciaire mg
- Pli, pli-faille (S, A)
- Principes de superposition et de continuité latérale



phique. Dans la partie est de la carte, s'identifient des terrains tertiaires. Ceux-ci sont discordants (sur la carte, secteur marqué par une étoile jaune) et correspondent à une transgression de l'est vers l'ouest (arignaire d'une mer alpine). En ce qui concerne le Quaternaire, la feuille de Lagne-Mantéglin présente l'intérêt de se situer sur le secteur de l'avancée extrême d'un glacier. Cette avancée extrême est repérable par un arc morainique frontal (sur la carte, zone entaillée par des pointillés blancs ; crêtes morainiques marquées par des traits bleus). Enfin, on peut signaler que des évaporites affleurent sur cette feuille en particulier à l'aplomb du diapir de Lagne (étoile verte sur la carte). Ces évaporites appartiennent au Trias.

On constatera que les informations des professeurs comportent souvent des indications utiles pour les sorties de terrain. À ce sujet, la présence ou non du chapitre « Sites classiques, itinéraires géologiques » dans la notice qui accompagne la carte est signalée sur la fiche « + d'info » téléchargeable. Dans ce sens, il faut également rappeler que les marges des cartes géologiques à 1/50 000 comportent souvent des logs de forage et pour les plus récentes, un schéma structural qui répond d'une certaine manière à la demande des programmes d'utiliser des cartes simplifiées.

Cette sélection de 192 cartes géologiques à 1/50 000 permettra par exemple aux professeurs de la région Languedoc-Roussillon, de constater qu'ils peuvent trouver des moraines dans leur région (carte Nasbinals, n° 837, en particulier) sans aller dans les Alpes. On constatera également que la transgression du Crétacé supérieur bien observable sur la carte géologique de la France à 1/1 000 000, est aussi visible à l'échelle de la carte géologique à 1/50 000. Les exemples de l'intérêt de cette investigation générale de toutes les cartes géologiques à 1/50 000 publiées pourraient être multipliés.

Cartes géologiques à 1/250 000

Nous avons également appliqué les critères de sélection de l'intérêt pédagogique aux cartes à 1/250 000 de façon à aborder les notions de structures à gran-

Organisation des pages : ([//adresse internet](#))

Un moteur de recherche permet à partir de 33 mots-clés correspondant aux 33 objets géologiques pédagogiques, d'identifier, par région ou sur tout le territoire, les cartes géologiques présentant ces objets.

La fenêtre « Résultat(s) de la recherche effectuée à partir des critères de sélection » présente la liste des cartes géologiques sélectionnées. Pour chacune de ces cartes, est indiquée la caractéristique en termes d'illustration sur la carte et sur la coupe, de l'objet sélectionné (très bien illustré, bien illustré, présent ou peu illustré).

En cliquant sur le bouton « + d'info », on accède à une fiche (téléchargeable) qui fournit, pour chaque carte, les champs d'information suivants :

- région(s) concernée(s) ;
- auteurs (et collaborateurs) de la carte ;
- année d'édition ;
- objets géologiques pédagogiques identifiés : liste des objets géologiques pédagogiques identifiés sur cette carte géologique avec leurs caractéristiques (très bien illustré, bien illustré, présent ou peu illustré) ;
- présence d'une coupe géologique en couleur en bas de cette carte : oui/non
- justificatif du choix de cette carte : ce justificatif est indiqué dans le cas d'une carte géologique ne disposant pas d'une coupe géologique sur sa marge inférieure ;
- « Sites classiques, itinéraires géologiques » : on signale ici la présence au sein de ce chapitre dans la notice de la carte ;
- observations : dans ce champ peuvent être signalés des objets géologiques pédagogiques n'appartenant pas à la liste des 33 objets, ainsi que diverses informations complémentaires ;
- informations additionnelles fournies par les professeurs : ce champ reprend les données concernant la géologie rassemblées pendant l'enquête de validation (voir plus haut).

Un deuxième bouton permet d'accéder à la fiche « Métadonnées » du site Infoterre ([//adresse internet](#)). Sur cette fiche, également téléchargeable, est en particulier disponible une petite image (scan) de la carte.

de échelle développées par les nouveaux programmes. La totalité des 14 cartes disponibles début 2004 a ainsi été étudiée avec la même méthodologie.

Dans le programme de terminale (enseignement obligatoire) par exemple, se distingue l'étude des principes de la chronologie relative (superposition, continuité latérale, identité paléontologique, recoupement). Prenons l'exemple d'une discordance : la discordance des terrains mésozoïques (localement permien) sur les terrains plissés, métamorphiques ou granitiques du Protérozoïque et du Paléozoïque. Il s'agit d'une discordance générale à l'échelle de la France. Cette discordance est bien visible sur la carte à 1/250 000 de Montpellier, parue début 2004.

Conclusion

La carte géologique demeure un outil pédagogique incontournable des pro-

grammes de l'enseignement secondaire. Les pages « Cartes géologiques à intérêt pédagogique » du site internet du BRGM doivent permettre de maintenir l'utilité de cet outil. À cet effet, à l'emplacement de ces pages, une boîte aux lettres est ouverte. Ceci permet aux professeurs de compléter à tout moment ce travail.

1. Nouveaux programmes applicables depuis la rentrée 2001 pour les classes de première S et depuis la rentrée 2002 pour les classes de terminale S (enseignement obligatoire et enseignement de spécialité).
2. Classe de terminale scientifique, Document d'accompagnement des programmes, page 23. Centre National Documentation Pédagogique. Juin 2002.
3. Bulletin Officiel du 30 Août 2001, page 17. Ministère de l'Éducation Nationale et ministère de la Recherche.

B. SAURET, D. BONNEFOY, D. VASLET