

L'enseignement des sciences de la Terre en classe de seconde

pratiques de classe, difficultés, perspectives pour la formation

Eric Sanchez - Michèle Prieur - Daniel Devallois

Institut National de Recherche Pédagogique

Equipe de Recherche Technologique en éducation ACCES

« actualisation continue des connaissances pour les enseignants de sciences »

Rapport de recherche

mai 2004

L'ensemble des résultats de cette enquête peut être consulté sur :

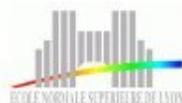
<http://www.inrp.fr/Access/biotic/accueil.htm>

Institut National de Recherche Pédagogique

Place du Pentacle, BP 17 69195 Saint Fons Cedex

tel : 04 72 89 83 32 fax : 04 72 89 83 28

sanchez@inrp.fr, michele.prieur@inrp.fr, ddevallo@edres74.ac-grenoble.fr



ERTé ACCES

actualisation continue des connaissances des enseignants en sciences

SOMMAIRE

1. Contexte de l'étude.....	4
1.1. Formaliser l'offre de formation et d'information.....	4
1.2. L'enseignement des sciences de la Terre au lycée.....	4
2. Objectifs et questions de recherche	5
3. Méthodologie de l'étude.....	5
4. Résultats et discussion.....	6
4.1 Description de l'échantillon	6
4.2 Un enseignement qui porte sur un champ disciplinaire récemment introduit.....	8
4.2.1 Un programme perçu comme motivant mais difficile à enseigner	8
4.2.2 Des connaissances encore largement débattues	8
4.2.3 Des besoins en formation exprimés	9
4.2.3 Un manque de ressources pédagogiques exprimé.....	10
4.3 Des difficultés propres au champ disciplinaire enseigné	11
4.3.1 Un champ disciplinaire en interaction avec d'autres sciences	12
4.3.2 Un champ disciplinaire qui possède des rapports spécifiques au temps et à l'espace.....	13
4.3.3 Un champ disciplinaire qui possède des rapports spécifiques au réel.....	14
4.3.4 Un champ disciplinaire qui conduit à une contextualisation insuffisante.....	14
4.4 La place et le rôle de la manipulation dans les pratiques de classe.....	15
4.5 Le modèle : outil pédagogique et didactique ou objet d'enseignement ?	18
4.6 Une difficulté didactique majeure : la transposition	21
5. conclusion et perspectives.....	23
Annexes	28
Annexe A : programme de la classe de seconde	28
Annexe B : questionnaire de l'enquête	29
Annexe C : opinions des professeurs sur la nature des difficultés éprouvées par les élèves dans les différentes parties du thème.....	39
Annexe D : ressources souhaitées par les enseignants pour une remise à niveau sur le programme de sciences de la Terre de seconde	40
Annexe E : connaissances considérées comme difficiles par les enseignants lors de la mise en place des programmes.....	41

Annexe F : connaissances considérées comme difficultés persistantes par les enseignants	42
Annexe G : analyse des programmes au regard du type de démarche mise en oeuvre....	43
Annexe H : attendus des programmes sur l'effet de serre, tension entre un pôle historique et un pôle fonctionnaliste	44
Annexe I : place de la manipulation.....	45
Annexe J : rôle de la manipulation.....	46
Annexe K : critiques des enseignants relatives aux modélisations effectuées durant les manipulations	47
Annexe L : modalités de recherche des limites d'un modèle analogique de l'effet de serre avec les élèves	48

1. Contexte de l'étude

1.1. Formaliser l'offre de formation et d'information

Cette étude s'inscrit dans le cadre de travaux de l'équipe de recherche technologique en éducation, actualisation continue des connaissances pour les enseignants de sciences, désormais ERT-é ACCES (INRP¹, ENS² Lyon, ENS² Paris). Un des volets des travaux de cette équipe porte sur l'identification des besoins, en termes de ressources et de formation, des enseignants de sciences de la vie et de la Terre.

L'enseignement de la géologie en classe de seconde dont la thématique s'articule autour de la dynamique des enveloppes terrestres, a été retenu pour conduire une enquête auprès des enseignants de l'académie de Lyon. La nouveauté du thème abordé par rapport à la formation des enseignants ([annexe A](#)), la mise en œuvre récente de ce nouveau programme (septembre 2000) ainsi que la richesse des dispositifs d'appui (site planet Terre du GTD³, site Biogeo de l'INRP, conférences organisées par l'ENS de Lyon...) mis en place nous ont paru constituer un cas d'école favorable pour les objectifs de nos travaux.

Notre travail s'inscrit ainsi dans une perspective plus large que nous souhaitons généralisable visant à identifier les difficultés rencontrées par des enseignants en poste lors de l'introduction d'un nouveau programme et formaliser des dispositifs destinés à l'organisation de l'offre d'information, de formation continue des enseignants en sciences et de ressources pédagogiques pour la classe.

1.2. L'enseignement des sciences de la Terre au lycée

Les sciences de la Terre occupent une place particulière parmi les disciplines scientifiques. Ce sont des disciplines fonctionnalistes qui visent à dégager les concepts clefs permettant d'expliquer le fonctionnement de notre planète. Ce sont également des sciences historiques dans la mesure où le géologue est un enquêteur qui, à partir d'indices relevés sur le terrain reconstitue l'histoire de la Terre. D'un point de vue méthodologique, les sciences de la Terre font ainsi appel à l'expérimentation contrôlée en laboratoire, à l'observation de terrain et à la modélisation. Les sciences de la Terre sont donc en tension entre deux pôles. Un pôle technico-expérimental fondé principalement sur le travail de laboratoire privilégiant la modélisation et un pôle historico-descriptif qui privilégie l'observation de terrain.

¹ Institut National de Recherche Pédagogique

² Ecole Normale Supérieure

³ Groupe Technique Disciplinaire

Le thème retenu pour la classe de seconde s'inscrit clairement sur le pôle technico-expérimental des sciences de la Terre et, du fait des échelles de temps et d'espace impliquées, c'est la modélisation qui est privilégiée en tant que méthode d'investigation. Or l'appréhension du temps et de l'espace, la modélisation des phénomènes, sont des points retenus comme des difficultés ou des obstacles didactiques par les auteurs qui se sont penchés sur l'enseignement des sciences de la Terre. Ainsi, Trend (2000) souligne la difficulté à appréhender les échelles de temps impliquées et Monchamp & Sauvageot-Skibine (1995) relèvent que le fixisme constitue un obstacle à la compréhension de phénomènes dynamiques paraissant statiques à l'échelle humaine. Ce qui conduit C. Orange (1995) à proposer de problématiser le temps avec les élèves pour dépasser le paradoxe de la stabilité structurale des modèles géologiques pourtant nécessaire à leur évolution. La capacité à appréhender l'espace recouvre différentes compétences (Pitburn et al 2002) telles que la capacité d'appréhender les différentes échelles d'espace en jeu, à changer de référentiel (ex : mouvements de la Terre autour du soleil et conséquence sur les saisons), à identifier un même objet vu sous différents angles, à passer d'une représentation 2D à sa signification 3D et à se localiser dans l'espace. La modélisation, quant à elle, n'est pas une activité qui vise à reproduire le réel, c'est l'élaboration d'un outil possédant une efficacité descriptive, explicative mais encore prédictive. Cet outil n'est pertinent que dans son domaine de validité qui doit en conséquence être clairement déterminé (Drouin, 1988).

2. Objectifs et questions de recherche

Notre étude vise à identifier les difficultés et obstacles rencontrés par des enseignants de sciences confrontés à l'enseignement d'un thème récent du point de vue du savoir scientifique en jeu. Elle tente de caractériser les stratégies adoptées pour surmonter ces difficultés et d'une manière plus générale de décrire les pratiques dans la classe. Il s'agit également d'évaluer les besoins des enseignants en termes de ressources et de formation en fonction des difficultés qui persistent après trois ans de mise en œuvre d'un programme nouveau. Notre travail s'inscrit donc dans le cadre d'une étude prospective qui vise à formaliser un dispositif d'appui lors du renouvellement des programmes.

3. Méthodologie de l'étude

La méthodologie retenue a été la conduite d'une enquête. Ainsi, un questionnaire ([annexe B](#)) a été diffusé par courrier adressé de manière individuelle et nominative, via les chefs d'établissements, à tous les enseignants de sciences de la vie et de la Terre de l'académie de Lyon enseignant en lycée. Afin d'optimiser le nombre de retours, le questionnaire était

anonyme et une enveloppe T était jointe pour la réponse. 79 questionnaires ont été complétés et nous ont été retournés sur les 411 expédiés.

Le questionnaire a été réalisé à partir de l'analyse a priori du thème enseigné. L'élaboration d'une trame conceptuelle du savoir en jeu et la consultation de travaux antérieurs sur la place de la modélisation dans l'enseignement des sciences nous ont permis de lister les notions et démarches susceptibles de poser des difficultés. Notre travail a ensuite consisté à associer un ou plusieurs indicateurs à chaque difficulté ou obstacle pressentis. Ces indicateurs ont permis de rédiger les questions permettant de tester la pertinence de notre analyse a priori sans toutefois dévoiler les intentions de l'enquêteur et donc d'induire des réponses convenues. De nombreuses questions sont des questions ouvertes. Le questionnaire a ensuite été testé auprès d'une équipe d'une demi-douzaine d'enseignants et modifié pour réaliser une version définitive. Les réponses des enseignants ont été saisies et traitées à l'aide d'un logiciel d'analyse quantitative de données (©Modalisa). L'ensemble des résultats obtenus peut être consulté sur le site de l'INRP : <http://www.inrp.fr/Acces/biotic/enquete-ST/Index.htm>

Les pourcentages qui apparaissent dans les différents tableaux et graphiques joints à ce rapport sont exprimés, sauf indication contraire, en fonction du nombre de personnes interrogées (79). Nous indiquons, en note de bas de page, pour chaque résultat cité, les références de la question (QE1 à QE28) qui a permis de l'obtenir et du graphique réalisé (QM1 à QM91)⁴. Chaque citation est repérée par la référence de l'enseignant qui s'exprime (P1 à P79).

4. Résultats et discussion

4.1 Description de l'échantillon

Les réponses obtenues montrent que le niveau de qualification de notre échantillon est particulièrement élevé. La moitié⁵ des professeurs qui a répondu appartient au corps des agrégés, ce qui correspond au pourcentage des enseignants de SVT agrégés dans l'académie de Lyon, l'autre moitié de notre échantillon est représenté par le corps des certifiés dont 10%⁶ des effectifs indiquent préparer le concours de l'agrégation . Les personnels non titulaires sont absents de notre étude. Une des raisons est probablement que leur statut précaire et leur grande mobilité rendent rapidement obsolètes les bases de données qui les recensent et qui ont été utilisées pour expédier le questionnaire dans les établissements. Les enseignants répondant

⁴ ainsi, QE4 – QM4 se lit « question 4 du questionnaire, graphique 4 »

⁵ QE4 – QM4

⁶ QE4 QE5 - QM4 QM5

sont nombreux à posséder une formation universitaire qui va au delà de la licence nécessaire pour préparer le concours du CAPES. 67%⁷ d'entre eux sont titulaires d'une maîtrise qui est généralement le niveau de formation universitaire des étudiants qui se présentent au CAPES de SVT. 14 % sont titulaires d'un DEA et 11 % d'un doctorat. Par ailleurs, leurs réponses indiquent qu'ils ont, pour la majorité d'entre eux, accepté de s'impliquer dans leur métier en exerçant des fonctions qui ne font pas partie de leur service statutaire ou qu'ils ont été identifiés pour assurer des tâches généralement confiées à des enseignants expérimentés. Ainsi, 63 %⁸ exercent ou ont déjà exercé des fonctions de maître de stage, responsable de laboratoire, concepteur de sujets d'examen, formateur IUFM ou membre d'une équipe de recherche. Il est également important de relever qu'une très forte proportion de notre échantillon (72 %⁹) enseigne ce programme de seconde depuis sa mise en place en septembre 2000. Notre enquête a donc touché des enseignants qui ont majoritairement trois années d'expérience de la mise en œuvre de ce programme de seconde et ont donc participé à sa mise en place. Les trois départements de l'académie de Lyon qui ont été retenus et il faut remarquer que la présence d'une grande ville universitaire, d'un IUFM important du point de vue de ses effectifs et la présence de grandes écoles telle que l'Ecole Normale Supérieure de Lyon dans cette académie, constituent un environnement favorable en termes de ressources scientifiques et pédagogiques.

Particulièrement formés et qualifiés, titulaires de la fonction publique exerçant dans une académie qui offre de nombreuses ressources universitaires, fortement impliqués dans leur métier et expérimentés... les enseignants qui composent notre échantillon ne sont donc pas représentatifs de la population nationale des professeurs de sciences de la vie et de la Terre exerçant en lycée. Ces spécificités introduisent un biais dans notre étude et nos résultats ne sauraient être extrapolés au niveau national avant d'être affinés par une étude plus large fondée sur des méthodes statistiques permettant de contourner le fait que les enseignants qui acceptent de répondre à une enquête sont avant tout ceux qui sont le plus impliqués dans leur activité professionnelle. Néanmoins, les manques, les doutes et difficultés exprimés dans les réponses à notre enquête n'en prendront que plus de relief. En effet, il est prévisible qu'une difficulté ressentie par un enseignant chevronné pose un problème majeur à un de ses collègues moins aguerris.

⁷ QE8 – QM8

⁸ QE6 – QM6

⁹ QE26 – QM88

4.2 Un enseignement qui porte sur un champ disciplinaire récemment introduit

4.2.1 Un programme perçu comme motivant mais difficile à enseigner

Les programmes de sciences de la vie et de la Terre pour l'enseignement secondaire en vigueur jusqu'à septembre 2000 comprenaient un chapitre consacré à la planétologie comparée dont certaines notions ont été reconduites lors de la mise en place de la réforme. Néanmoins, pour l'essentiel, ce sont des notions nouvellement introduites que les professeurs ont à enseigner dans cette partie consacrée aux sciences de la Terre en classe de seconde qui porte sur la dynamique des masses atmosphériques et océaniques et leurs conséquences sur l'environnement. Ceux-ci expriment très majoritairement (86%¹⁰) un intérêt personnel pour ce chapitre. Si l'on considère que les sciences de la Terre font généralement l'objet d'un attrait moins important que les sciences de la vie auprès des enseignants, ce score est remarquable, un peu plus élevé que pour le chapitre consacré à l'étude de l'organisme en fonctionnement (78%¹¹) et à peine moins élevé que pour celui consacré à l'étude du chapitre « cellule, ADN et unité du vivant » (94%¹²) Cependant, cette motivation personnelle n'est pas corrélée avec le niveau de difficulté à l'enseigner : 70%¹³ des enseignants indiquent en effet avoir ressenti des difficultés à mettre en place ce nouveau programme. Les valeurs que nous avons obtenues pour la même question concernant les chapitres « cellule, ADN et unité du vivant » et « organisme en fonctionnement » sont largement plus faibles, respectivement de 43%¹⁴ et 35%¹⁵.

4.2.3 Des connaissances encore largement débattues

Ces difficultés relèvent de différents registres mais sont notamment liées au caractère récent et non stabilisé des connaissances à enseigner dans cette partie géologie. En effet, les questions relatives à l'avenir de notre planète sont largement débattues y compris au sein de la communauté scientifique Ceci induit pour l'enseignant deux difficultés. La première est la nécessité d'une mise à jour permanente de ses connaissances. La seconde est liée à leur forte médiatisation peut induire un décalage entre la position de l'enseignant et les informations

¹⁰ QE9 – QM9

¹¹ QE9 – QM12

¹² QE9 – QM15

¹³ QE9 – QM11

¹⁴ QE9 – QM17

¹⁵ QE9 – QM14

que l'élève peut obtenir par ailleurs. Ce décalage est identifié comme une difficulté pour l'enseignement par 45% des enseignants ([annexe C](#)) en ce qui concerne le thème portant sur l'effet de serre. Comme l'exprime l'un d'entre eux, « Comment aborder l'effet de serre alors que les scientifiques ont des opinions divergentes ? » (P67).

4.2.2 Des besoins en formation exprimés

Les enseignants qui ont répondu à notre enquête disent avoir ressenti un manque de formation sur les connaissances en jeu dans ce nouveau programme qui, pour 22%¹⁶ d'entre eux, a été à l'origine de difficultés lorsqu'ils ont eu à l'enseigner pour la première fois. Ce manque de formation est à mettre en relation avec la formation initiale des professeurs de SVT. C'est en effet une formation dans laquelle les sciences de la vie occupent une place prépondérante. Seulement 3%¹⁷ des enseignants répondant précisent avoir choisi une voie à dominante sciences de la Terre (licence ou maîtrise de sciences de la Terre et agrégation option sciences de la Terre) contre 71%¹⁷ en biologie ou sciences naturelles. Cette analyse est renforcée par la lecture des rapports des jurys de concours qui soulignent chaque année la désaffection importante des étudiants pour les sciences de la Terre. Par ailleurs, pour la plupart âgés de plus de 40 ans et en poste depuis au moins une quinzaine d'années, les enseignants de notre échantillon n'ont jamais abordé, au cours de leur cursus universitaire, les connaissances qu'ils ont à enseigner dans ce chapitre de la classe de seconde. « Il est difficile d'enseigner des choses que l'on a soi-même jamais apprises » (P23).

En conséquence, il n'est pas étonnant que nos résultats montrent un souci largement partagé de mise ou remise à niveau dans les réponses que nous avons obtenues. Les enseignants disent avoir pour cela utilisé des ressources très diversifiées mais on peut cependant noter que, pour 79%¹⁸ d'entre eux, le manuel scolaire reste une source d'information privilégiée qui distance largement les ouvrages universitaires (48%)¹⁸. Chaque type de ressources proposées par les institutions parties prenantes dans ce domaine (stages, conférences, sites) a été utilisé par un tiers¹⁹ seulement des enseignants. Ils ont par exemple suivi un stage de géologie, assisté aux conférences de l'Ecole Normale Supérieure de Lyon qui a joué un rôle actif dans l'académie et ont consulté les sites Internet institutionnels (planet Terre, sites académiques et plus rarement Biogeo et Biotic de l'INRP ...).

¹⁶ QE10 – QM19

¹⁷ QE8 – QM8

¹⁸ QE12 – QM22

¹⁹ QE12 – QM22 et QE13– QM23

On peut donc regretter que les moyens de formation mis à la disposition des enseignants à l'occasion de la mise en place de ce programme soient d'une certaine manière sous-employés et ne concernent qu'une minorité d'entre eux. Cela devrait nous conduire à nous interroger sur la forme que doivent prendre les dispositifs d'accompagnement de la mise en place d'un nouveau programme.

Lorsque les enseignants s'expriment sur les difficultés auxquelles ils ont à faire face après trois ans d'enseignement de ce programme, on constate que le manque de formation disciplinaire n'est plus cité. Si aujourd'hui 32%²⁰ d'entre eux disent souhaiter la mise à disposition de ressources pour leur formation, une analyse plus précise de leurs attentes montre qu'elles portent, pour plus de 80% d'entre eux, sur des ressources pédagogiques directement exploitables avec les élèves et non pas sur des ressources scientifiques permettant leur formation continue ([annexe D](#)). Les enseignants semblent donc considérer que les notions scientifiques ne leur posent plus de problème et que leur formation personnelle n'apparaît plus comme une priorité. Ils localisent alors les difficultés à l'enseignement de cette partie davantage du côté des élèves et soulignent ainsi la difficulté des notions en jeu pour des élèves de la classe de seconde : « les connaissances scientifiques des élèves de seconde n'atteignent pas ce niveau là » (P2) et « très abstrait pour les élèves » (P64) ou « fait appel à des notions complexes » (P64). En conséquence, les préoccupations des enseignants se sont déplacées, elles portent aujourd'hui de manière quasi exclusive sur ce qui se passe dans leur classe avec les élèves.

4.2.3 Un manque de ressources pédagogiques exprimé

Un état des lieux des pratiques de classe montre que le manuel scolaire et la vidéo sont plébiscités par les enseignants qui les utilisent respectivement pour 98%²¹ et 92%²² d'entre eux comme ressources pédagogiques. Lorsqu'elles sont connues et disponibles, les maquettes sont utilisées presque systématiquement. C'est le cas en particulier pour les maquettes permettant de modéliser les mouvements océaniques, l'énergie lumineuse reçue en fonction de la latitude ou de la distance au soleil et l'effet de serre qui sont utilisées par une très forte proportion d'enseignants (respectivement 95%²³ et 86%²⁴). Ces mêmes enseignants disent

²⁰ QE14 – QM24

²¹ QE17 – QM42

²² QE17 – QM43

²³ QE17 – QM54

²⁴ QE17 – QM53

utiliser plus modérément les ressources informatiques. 57%²⁵ d'entre eux utilisent l'outil informatique pour travailler sur des images satellitales. Les logiciels disponibles pour traiter ce thème de sciences de la Terre en seconde sont inégalement employés (49% Orbits²⁶, 23% Titus²⁷, un seul enseignant pour Ocean Data Viewer²⁸). Les enseignants relient cette absence d'utilisation à des problèmes liés à la maîtrise technique qu'ils ont de ces logiciels (6 %²⁹ à 23 %³⁰), au fait qu'ils ne les connaissent pas (18%²⁸ à 52 %²⁷) ou de leur indisponibilité (14%²⁸ à 23%²⁷) et pour une très faible proportion au caractère inadapté de ces ressources (de 1%²⁶ à 13 %²⁷).

La demande des enseignants qui s'expriment sur la question des ressources pédagogiques porte essentiellement sur une aide pour la construction d'activités pédagogiques privilégiant chaque fois que possible la manipulation des élèves : « Des fiches, des guides de TP » (P44) ou des « ressources matérielles plus rigoureuses pour les manipulations » (P58). Les qualités attendues de ces manipulations sont leur simplicité de mise en œuvre, le coût bas du matériel nécessaire, leur rigueur et leur validité scientifique : « De petites expériences simples qui demandent peu de matériel et qui soient simples à réaliser. » (P52) Les manques exprimés portent plus particulièrement sur les parties « dynamique de l'atmosphère », « conséquences sur l'environnement » et « constituants du système solaire » (manque de manipulations simples et d'observations concrètes), ainsi que sur l'effet de serre (manque de modèle valide). ([annexe D](#)). Les supports permettant la diffusion de ces ressources attendues sont variés (cédérom, fiches, sites Internet, dossiers).

4.3 Des difficultés propres au champ disciplinaire enseigné

Parmi les trois parties du programme de seconde, celle sur les sciences de la Terre est ressentie par les enseignants comme particulièrement difficile pour les élèves (80%³¹ contre 91%³² pour « cellule, ADN et unité du vivant » et 58%³³ pour « l'organisme en

²⁵ QE17 – QM50

²⁶ QE17 – QM45

²⁷ QE17 – QM46

²⁸ QE17 – QM47

²⁹ QE17 – QM45

³⁰ QE17 – QM46

³¹ QE9 – QM10

³² QE9 – QM16

³³ QE9 – QM13

fonctionnement »). Ces difficultés peuvent être mise en relation avec les spécificités de ce champ disciplinaire.

4.3.1 Un champ disciplinaire en interaction avec d'autres sciences

Les sciences de la Terre constituent un champ disciplinaire complexe qui nécessite l'interaction et la complémentarité d'autres sciences. Comme le soulignent les textes officiels (annexe au programme de la classe de seconde) « ...on ne peut évidemment pas faire de géologie sans biologie, chimie et physique... . Il y a donc un degré de dépendance ». ³⁴

Les connaissances de géologie de seconde mettent en jeu de nombreuses notions de mathématiques, de chimie, de biologie mais encore et surtout de physique. Les enseignants considèrent que les notions de physique associées constituent pour les élèves une source de difficultés, et ce, plus particulièrement pour la compréhension de l'effet de serre et de la dynamique des enveloppes (cités par environ 70 % des enseignants, [annexe C](#)).

Les rédacteurs de l'intitulé du programme prennent soin de préciser les relations transversales avec le programme de physique-chimie (mouvements des planètes, radiations lumineuses, caractérisation des ions en solution dans les océans...), ils soulignent de cette façon l'importance d'une concertation et la nécessité d'une harmonisation entre ces deux disciplines enseignées au lycée. Cependant il faut noter que des contraintes matérielles ne laissent pas l'enseignant toujours libre du choix de sa programmation. Dans un établissement, la quantité de matériel étant limitée, toutes les classes de seconde ne peuvent pas étudier les mêmes thèmes au même moment. L'harmonisation, pourtant indispensable, n'est pas toujours réalisable et ce cloisonnement est préjudiciable aux élèves.

Ce programme de géologie suppose également acquises des notions de biologie. En effet, la compréhension des mécanismes impliqués dans le cycle du carbone qui est une partie du programme citée comme difficile par 60% ³⁵ des enseignants implique une maîtrise minimale de concepts clés tel que la respiration, la fermentation, la photosynthèse. Or ces concepts sont absents ou seulement survolés au collège. Bien que la biologie et la géologie soient regroupées dans une même discipline d'enseignement en France, la cohérence des programmes n'est pas toujours parfaitement établie et cela peut constituer une source de difficultés.

³⁴ BO HS n°2 30 août 2001

³⁵ QE15 – QM33

4.3.2 Un champ disciplinaire qui possède des rapports spécifiques au temps et à l'espace

Les enseignants relèvent que les élèves éprouvent des difficultés à se situer dans l'espace et surtout dans le temps. Les rapports à l'espace sont cités par les professeurs comme première difficulté éprouvée par les élèves pour la compréhension du système solaire, des climats et des saisons. ([annexe C](#))

Les sciences de la Terre entretiennent en effet des rapports à l'espace qui permettent d'expliquer les difficultés éprouvées par les élèves sur ce registre. L'étude de la Terre, et encore plus celle du système solaire, porte sur des objets dont l'échelle est sans commune mesure avec l'expérience individuelle de l'élève. Par ailleurs, les objets géologiques occupent des volumes et les phénomènes qui les affectent agissent dans les trois dimensions de l'espace, l'étude de la Terre et du système solaire est donc une étude en trois dimensions. Ces volumes sont le plus souvent représentés dans un plan, la reconstruction de l'espace géologique nécessite donc d'être capable de passer du plan au volume et inversement (P. Savaton, 1998). La capacité à se représenter le système solaire et les enveloppes de la Terre joue ainsi un rôle fondamental pour la compréhension des mécanismes et des objets géologiques de ce programme. Par ailleurs, comprendre un objet géologique dans ses trois dimensions c'est encore l'appréhender dans ses différentes directions, c'est être capable de décrire et de comprendre les modifications de son aspect lorsque l'angle d'observation est modifié (P. Savaton, 1998). La compréhension des saisons et des climats s'inscrit dans cette démarche ; elle nécessite de plus d'appréhender notre planète d'un œil extérieur alors que nous en sommes un constituant ce qui implique d'être capable de changer de repère et de se décentrer.

Les thèmes de ce programme de seconde font référence à des phénomènes qui sont perceptibles par un individu, soit qu'ils se déroulent dans un temps présent, soit dans une échelle de temps courte. On peut ainsi expliquer que bien que ce paramètre soit une dimension importante et complexe pour le travail du géologue, il ne soit pas relevé comme un obstacle majeur par les enseignants qui ont à enseigner ce programme. On peut noter cependant qu'il est retenu comme source de difficultés principalement pour la partie du programme portant sur la compréhension des saisons, du cycle du carbone, des conséquences de l'effet de serre et de la diffusion des polluants par les enveloppes de la planète sur l'environnement ([annexe C](#)).

On peut penser que ces thèmes posent problème dans la mesure où ils font appel à des mécanismes qui fonctionnent simultanément à des rythmes différents : par exemple, le stockage du carbone dans la lithosphère pendant des milliers, voir des millions d'années, dans la biosphère durant des années, voir des jours.... De la même manière, les problèmes

d'environnement peuvent avoir des conséquences à court terme (à l'échelle de l'individu), mais également à long terme pour les générations futures. Enfin, pour comprendre les saisons, l'élève doit tenir compte d'un mécanisme qui se déroule en 24 heures (rotation de la planète sur son axe) et d'un autre qui s'effectue sur une année (révolution de la planète autour du soleil). Or, ces phénomènes sont des déplacements, c'est à dire qu'ils font simultanément référence à l'espace et au temps. On peut ainsi émettre l'hypothèse que les problèmes posés par la compréhension des saisons identifiés par les enseignants sont liés au décalage des rythmes et des échelles de temps impliquées mais également au fait que, aux difficultés liées au temps s'ajoutent celles relatives à l'espace.

4.3.3 Un champ disciplinaire qui possède des rapports spécifiques au réel

Les objets et phénomènes géologiques partagent largement un caractère d'inaccessibilité (Allain 1995). Ceux qui sont étudiés en classe de seconde, principalement en raison des échelles de temps et d'espace impliquées, ne peuvent être observés directement et ne permettent donc pas un travail de terrain. Il faut avoir recours à des méthodes spécifiques indirectes qui font appel à des approches complémentaires. Ils s'agit de méthodes d'observations complexes qui produisent des documents à contenu sémantique riche tels que les images satellitales dont la compréhension pose des difficultés aux enseignants. Ainsi 10% d'entre eux expriment spontanément avoir eu des difficultés relatives à ces images lors de la mise en place des programmes ([annexe E](#)) et 4% expriment des difficultés persistantes quant à l'utilisation de radiomètres permettant l'étude de ces images ([annexe F](#)). Ces méthodes conduisent également à l'élaboration de maquettes explicatives ou descriptives qui tentent de modéliser l'objet ou le phénomènes étudié.

4.3.4 Un champ disciplinaire qui conduit à une contextualisation insuffisante

Selon D. Orange (2003), la géologie est une science qui s'intéresse d'une part à l'explication de la formation de la Terre (pôle fonctionnaliste qui se réfère à des lois déterministes) et d'autre part à l'histoire de la Terre (pôle historique). D'un point de vue méthodologique ces deux pôles renvoient à des démarches différentes. Le pôle fonctionnaliste privilégie l'investigation en laboratoire et la construction de modèles. La reconstitution historique de l'histoire de la Terre met plutôt l'accent sur le rôle de l'observation, et en particulier l'observation de terrain. Bien que ces deux approches ne soient pas totalement dissociables, on peut noter que les thèmes abordées dans le programme de seconde sont essentiellement de type fonctionnaliste et font plus rarement appel à la reconstitution historique et une démarche d'investigation descriptive. ([annexe G](#)). L'intitulé du programme souligne l'intérêt de l'aspect

historique des sujets à étudier mais l'intitulé des notions et des contenus attendus ainsi que les commentaires du GTD orientent plutôt la démarche du professeur vers une approche explicative privilégiant l'identification et l'explication des mécanismes en œuvre. C'est en particulier le cas pour les quelques lignes consacrées à l'effet de serre. ([annexe H](#)).

Pour mener à bien la résolution d'un problème de type fonctionnaliste avec leurs élèves, étant donnée l'inaccessibilité des phénomènes étudiés, les enseignants disent avoir recours, chaque fois qu'ils le peuvent, à des maquettes explicatives. Or, on constate que ces maquettes sont le plus souvent utilisées en dehors de tout contexte géographique ou historique. Les enseignants ne les relient que rarement au vécu de l'élève (18%³⁶ pour l'alternance des saisons, 14%³⁷ pour le cycle du carbone, 10%³⁸ pour la répartition en latitude des climats), et ce, alors même que le contexte médiatique le permet (seulement 25%³⁹ pour l'effet de serre). Selon les réponses des enseignants, la maquette semble posséder des vertus explicatives et représentatives importantes, en conséquence rattacher le fonctionnement de cette maquette au vécu de l'élève ne semble pas jugé nécessaire. On peut remarquer que les thèmes contextualisés par des exemples historiques ou géographiques portent sur les mouvements des masses atmosphériques et océaniques ainsi que leurs conséquences sur l'environnement (respectivement pour 44%⁴⁰, 56%⁴¹, 52%⁴² des enseignants). Les exemples proposés concernent essentiellement l'étude de la dispersion des polluants (marées noires, nuages radioactifs...). Ces exemples permettent de mettre l'accent sur la dimension citoyenne de l'enseignement des sciences et à l'élève « ...d'avoir un avis sur les enjeux importants du monde futur... »⁴³. La contextualisation de ces phénomènes, aidée par les nombreux exemples des manuels, est alors beaucoup plus forte.

4.4 La place et le rôle de la manipulation dans les pratiques de classe

La plupart des enseignants interrogés indiquent que lorsqu'ils réalisent une manipulation celle-ci se situe en cours de séance de travaux pratiques (80% toujours et souvent). S'ils

³⁶ QE20 – QM75

³⁷ QE20 – QM79

³⁸ QE20 – QM74

³⁹ QE20 – QM80

⁴⁰ QE20 – QM76

⁴¹ QE20 – QM77

⁴² QE20 – QM78

⁴³ BO HS n°2 30 août 2001

considèrent qu'elle puisse se dérouler en début (25 % toujours et souvent), elle n'a qu'exceptionnellement sa place en fin de séance (1% toujours et souvent) ([annexe I](#)).

On peut corrélérer ces résultats avec les rôles que les enseignants attribuent à la manipulation. En effet, celle-ci est très fréquemment citée comme permettant de résoudre un problème ou de tester une hypothèse (respectivement 77 et 87% toujours et souvent, [annexe J](#)), ceci explique que la manipulation soit réalisée généralement en cours de séance, une fois que le problème a été posé et les hypothèses formulées. Elle peut encore, pour un nombre plus faible d'enseignants, se situer en amont dans la démarche, donc en début de séance, et permettre alors de poser le problème (18% toujours et souvent) ou de formuler les hypothèses (24% toujours et souvent) ([annexe J](#)).

Selon les propositions des enseignants, il se dégage que la manipulation s'inscrit de façon coutumière dans une démarche scientifique. Le plus souvent elle est outil d'investigation et correspond à des expériences « pour tester », plus marginalement elle intervient dans une phase exploratoire, il s'agit alors d'expériences « pour voir » favorisant le questionnement. Conformément à cette idée exprimée, près d'un quart des enseignants rejette la proposition qu'une manipulation puisse illustrer ou vérifier une connaissance (23 % et 22 % jamais, [annexe J](#)).

Pour la plupart des enseignants, c'est la pratique d'une démarche scientifique qui permet aux élèves d'élaborer des connaissances. En effet, un très grand nombre signale dégager les connaissances à acquérir en fin de séance de travaux pratiques (84%⁴⁴ toujours et souvent) et ils sont nombreux à rejeter l'éventualité de présenter les connaissances avant la manipulation (46%⁴⁵ jamais). La conception éducative sous-jacente est celle de l'importance de la redécouverte. L'élève va découvrir le savoir en jeu en pratiquant la démarche supposée du chercheur.

Dans l'organisation d'une séance de travaux pratiques, les enseignants signalent que le choix du matériel et la conception de la manipulation sont principalement de leur ressort (respectivement 86 %⁴⁶ et 82%⁴⁷ toujours et souvent). On peut cependant noter que si une responsabilité peut-être laissée aux élèves, c'est davantage celle de la conception de la manipulation que celle du choix du matériel (choix du matériel : jamais par l'élève 32%⁴⁸,

⁴⁴ QE19 – QM70 et 71

⁴⁵ QE19 – QM73

⁴⁶ QE18 – QM68

⁴⁷ QE18 – QM67

⁴⁸ QE18 – QM68

conception de la manipulation : jamais par l'élève 10%⁴⁹). En revanche, on peut constater que la manipulation est presque systématiquement réalisée par les élèves (96%⁵⁰ toujours et souvent). Le temps de questionnement qui constitue la phase de production d'un protocole avec tout ce qu'elle implique de discussion, de coopération, de conflit avec les autres, semble délaissée au profit de la mise en activité de l'élève. Cette observation va dans le sens de Johsua (1989), Orlandi (1993) et Robardet (1995) qui montrent que l'épistémologie spontanée des enseignants est positiviste ; dans cette perspective, réaliser la manipulation pour observer les résultats et découvrir les connaissances en jeu est fondamental.

Outre son rôle dans l'élaboration des connaissances par les élèves, la manipulation est également reconnue comme un moyen permettant de les motiver (77% toujours et souvent, [annexe J](#)). L'idée majeure sous jacente semble être que l'élève s'intéresse davantage et comprend mieux lorsqu'il est confronté au concret, qu'il peut toucher et agir. Ainsi, le manque de manipulations simples et d'observations concrètes est signalé comme étant à l'origine de difficultés pour enseigner certains thèmes, ce manque est en particulier cité pour l'enseignement des conséquences de la dynamique des enveloppes sur l'environnement ainsi que celui du cycle du carbone, de la dynamique des masses atmosphériques, de l'effet de serre et des objets du système solaire ([annexe C](#)). Ces résultats corroborent ceux obtenus par M. Coquidé (2002) dans un autre contexte. L'expérimentation, et par extension toute activité « pratique » dans la classe, n'a pas le même statut que dans le laboratoire scientifique. Il s'agit moins d'un travail d'investigation scientifique que de motiver et rendre accessibles aux sens des faits scientifiques pour les enseigner.

Il se dégage donc des réponses obtenues, un consensus sur les pratiques de classe et l'importance du rôle de la manipulation dans l'enseignement. Les enseignants signalent en effet que la manipulation s'inscrit dans une démarche scientifique qui doit permettre d'élaborer des connaissances. Au final, les enseignants expriment des pratiques standardisées qui se veulent en conformité avec les recommandations exprimées depuis plusieurs années dans les instructions officielles et leurs relais dans les centres de formation. On peut lire dans la préface d'un guide pédagogique signée de B. Kern, Inspecteur Général de biologie-géologie : « L'entraînement à la démarche expérimentale est un des objectifs essentiel de la discipline... » ou « Emission d'hypothèses, recherche d'un protocole expérimental éventuel pour les tester, mise en œuvre de ce protocole permettent à l'élève la construction progressive

⁴⁹ QE18 – QM67

⁵⁰ QE18 – QM69

du savoir, tout en développant ses capacités d'observation, de raisonnement, d'habileté gestuelle. » (Pol, 1994).

L'émission d'hypothèses fait appel à une pensée divergente « consommatrice » de temps et à une pensée déductive qui s'appuie sur des théories de référence préalables (Develay, 1989), le test d'une hypothèse nécessite l'élaboration et la mise en œuvre d'un protocole qui implique la disponibilité d'un matériel et de savoir-faire techniques ; les contraintes de la classe et la maîtrise des savoirs ne permettent pas facilement l'expression d'hypothèses par les élèves. En conséquence, l'enseignant se retrouve bien souvent à faire formuler ou même à formuler lui-même « la bonne » hypothèse qui sera ensuite validée par la manipulation proposée par le professeur et réalisée par les élèves. La démarche scientifique menée se résume alors le plus souvent à tester cette hypothèse et donc à valider un savoir présenté au préalable. Les résultats expérimentaux observés jouent alors le rôle de preuve. Même si près d'un quart des enseignants se défend d'utiliser la manipulation pour vérifier ou illustrer une connaissance, plus de la moitié d'entre eux, fait parfois ou souvent ce choix ([annexe J](#)). Cette démarche standardisée et idéalisée par les enseignants présentée plus haut masque en réalité une pratique souvent bien différente. Selon Darley (1998), l'attitude apparemment inductiviste des enseignants masque une pratique de type scolastique où la déduction en référence à un savoir établi prime.

Actuellement conscient de cette dérive épistémologique, les auteurs des nouveaux programmes de lycée insistent sur la prise en compte de l'aspect divergeant de la démarche : « Il faut enseigner à l'élève cette démarche, en acceptant les tâtonnements, les erreurs, les approximations. »⁵¹. Les documents d'accompagnement du programme de terminale scientifique applicables pour la rentrée 2002 précisent que l'objectif n'est pas de mimer la véritable recherche scientifique mais de mettre en œuvre une démarche réflexive de résolution de problème dans laquelle l'élève s'implique dans toutes les étapes.

4.5 Le modèle : outil pédagogique et didactique ou objet d'enseignement ?

Comme nous l'avons déjà évoqué plus haut, l'inaccessibilité des objets et phénomènes géologiques étudiés en classe de seconde conduit les enseignants à construire leur manipulation et à articuler leur démarche autour de maquettes. Ces maquettes sont des modèles, ce sont des objets concrets, construits en fonction de leur ressemblance analogique avec l'objet étudié, qui permettent ainsi de travailler sur autre chose que le réel (Drouin, 1988). Comme nous l'avons vu plus haut, idéalement pour l'enseignant, la manipulation de

⁵¹ BO HS n°2 30 août 2001

ces modèles s'inscrit dans une démarche scientifique de résolution de problème permettant d'aboutir à une élaboration de connaissances. Ces modèles ont donc un rôle didactique doublé d'un rôle pédagogique lié à la mise en activité des élèves.

32%⁵² des enseignants soulignent la difficulté d'élaborer des modèles accessibles aux élèves pendant les séances de travaux pratiques et, au travers de leurs réponses aux questions ouvertes, la même proportion exprime une insatisfaction sur les modèles utilisés ([annexe K](#)) : « Les modélisations ne sont pas probantes » (P66), « Les manipulations sont du « bidouillage »... c'est dommage de ne pas leur montrer plus de sérieux » (P28). Autrement dit, ces modèles sont qualifiés de peu rigoureux car non représentatifs de la réalité. Seule une petite moitié d'enseignants (44%)⁵³ recherche les limites d'un modèle avec ses élèves dans le cadre d'une manipulation sur l'effet de serre. La grande majorité d'entre eux ne semble pas travailler sur cette caractéristique fondamentale du modèle. En effet, 22%⁵³ ne répondent pas lorsqu'on les interroge sur la recherche de ces limites, 8%⁵³ disent ne pas en tenir compte dans le cadre de leur enseignement et 27%⁵³ n'en explicitent pas les modalités. Parmi les enseignants qui donnent des informations sur les modalités de cette recherche, 66% ont pour objectif la mise en évidence des différences entre le modèle et le réel et 20% engagent une réflexion pour expliquer des résultats non probants obtenus, les limites du modèle sont donc recherchées pour expliquer les entraves aux possibilités explicatives et représentatives du modèle. Seulement 6% précisent qu'il s'agit d'un modèle partiel, la recherche du domaine de validité du modèle est donc très marginale ([annexe L](#)).

On peut interpréter ces critiques portées sur les modèles utilisés et la non prise en compte de leurs limites par un glissement de l'utilisation du modèle dénoncé par Drouin (1988), le modèle ne semble plus envisagé par ces enseignants du point de vue de la méthode comme « processus de connaissance », il devient « statut des énoncés », il appartient au « produit fini » et ne peut en conséquence souffrir du manque de rigueur et du manque de ressemblance avec la réalité.

Le modèle, objet de substitution du réel, peut encore être un schéma. La presque totalité des enseignants interrogés (95%⁵⁴) a réalisé un schéma de l'effet de serre. Parmi eux, 69% l'ont construit à partir d'activités d'élèves, soit progressivement (28 %) soit en fin de chapitre (51%). Ces résultats sont conformes avec l'idée qu'ils expriment sur le rôle d'un schéma sur l'effet de serre : il a pour objectif d'expliquer la réalité (56%⁵⁵), de synthétiser les

⁵² QE10 – QM19

⁵³ QE25 – QM87

⁵⁴ QE22 – QM82

⁵⁵ QE21 – QM81

informations issues des activités d'élèves (57%⁵⁵) et de construire des connaissances (57%⁵⁵). Il s'agit donc d'un schéma bilan qui est la synthèse des connaissances à acquérir. Si 97%⁵² des enseignants rejettent l'idée qu'un schéma sur l'effet de serre puisse représenter la réalité il semble néanmoins que majoritairement, modèle et connaissances à acquérir soient confondus dans la pratique de classe.

La partie du programme intitulée « Evolution historique de la composition de l'atmosphère » prescrit l'étude des températures fossiles et des teneurs en CO₂ au cours du quaternaire récent. 59 % des enseignants ayant réalisé le schéma sur l'effet de serre (43 sur 74), disent ne pas le réinvestir lorsqu'ils abordent ce thème. Les raisons invoquées portent sur des difficultés voire un refus : « pas penser » (P8), « Je ne voyais pas comment réutiliser un schéma bilan de l'effet de serre ici ! » (P37), « Pour expliquer l'augmentation de l'effet de serre, il n'y a pas lieu de reprendre ce qui est considéré comme un acquis. » (P45). Ces raisons montrent que, pour la majorité des enseignants, le modèle n'est pas perçu comme un outil prédictif. Ce modèle, de type schéma est également assimilé à la connaissance à acquérir, sa réalisation est envisagée comme une fin en soi alors même que le programme permet son réinvestissement. Cette pratique est à corrélérer avec le fait que seulement 15%⁵⁶ des enseignants citent le fait qu'un schéma sur l'effet de serre puisse être utilisé pour prévoir de nouvelles situations.

Ainsi, les difficultés exprimées qui portent sur la mise en place de modèles dans la classe semblent liées au fait que cette notion de modèle et le statut que les enseignants lui accorde soient différents de ceux généralement retenus pour les modèles des chercheurs. S'ils lui trouvent des vertus descriptives ou/et explicatives, ils n'en discutent que rarement le domaine de validité et ne l'utilisent que très exceptionnellement comme outil de prédiction. En accord avec les travaux qui décrivent les enseignants comme plutôt réalistes, c'est à dire en accord avec l'idée que c'est l'objet étudié qui fonde la connaissance (Darley, 1998), le modèle manipulé (la maquette, le schéma) se trouve facilement confondu avec la réalité et donc avec la connaissance à acquérir. Cette approche explique que les enseignants regrettent que ces modèles ne soient pas un réel en miniature, ce qui conférerait à leur yeux plus d'efficacité. Il en résulte un fort sentiment d'insatisfaction exprimé pour un modèle analogique de l'effet de serre : « mais ce n'est pas l'effet de serre ! » (P53) ou encore à propos des modèles utilisés « Modèles expérimentaux ne reflétant pas la réalité des phénomènes » (P32).

De nombreux travaux portent sur la place des modèles dans la pratique de classe et la perception du modèle par les élèves et les enseignants. La conception du modèle de type maquette ou schéma comme reflet de la réalité qui émerge de notre étude est identique, voire

⁵⁶ QE21 – QM81

plus marquée lorsqu'on s'intéresse au modèle scientifique, comme interprétation plausible de la réalité. Martinand (1992) souligne que ces modèles scientifiques sont bien présents dans l'enseignement mais qu'ils constituent « l'imposition d'un point de vue » présenté comme « une vérité indiscutable ». D. Orange (2003) précise, qu'au sein de la classe, le modèle est l'objet d'une « dogmatisation » qui le déconnecte de ses fondements. Le modèle n'est alors plus, selon l'idée ancienne défendue par Halwachs (1975), l'outil mental pour penser et calculer la « vérité des choses » ou selon C. Orange (1997), l'outil intellectuel permettant d'accéder à une explication d'un problème scientifique.

En conclusion, nous retiendrons que pour l'enseignant, trop souvent, le modèle perd son statut d'outil d'apprentissage et d'outil pour interroger le réel pour devenir objet et objectif d'enseignement.

4.6 Une difficulté didactique majeure : la transposition

Lorsque les enseignants s'expriment spontanément sur les difficultés qu'ils ont ressenties lors de la mise en œuvre du nouveau programme de géologie, ils s'expriment en priorité sur la complexité des notions à aborder et sur les difficultés à rendre ce savoir accessible aux élèves. 41%⁵⁷ d'entre eux considèrent qu'elles ont constitué un obstacle majeur lors de la première mise en place de ce programme et 33%⁵⁸ les considèrent comme difficultés persistantes aujourd'hui. (fig. 1)

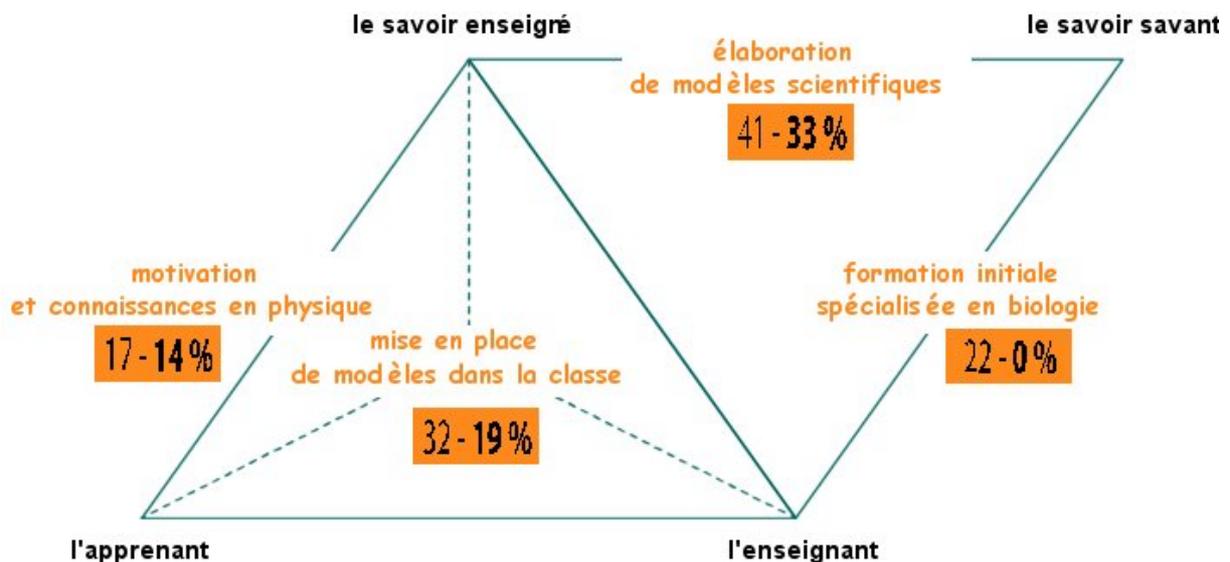


Fig. 1 : Localisation des difficultés initiales et persistantes identifiées par les enseignants

⁵⁷ QE10 – QM19

⁵⁸ QE11 – QM21

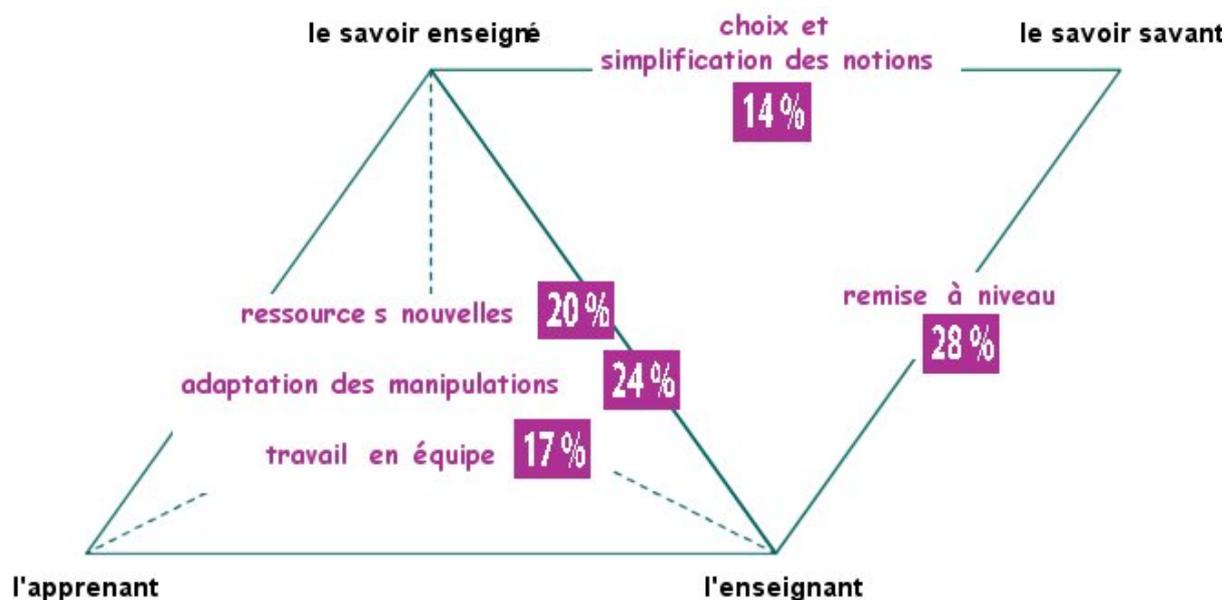


fig. 2. Les réponses apportées par les enseignants

Si la transposition didactique est clairement identifiée comme un point majeur de difficultés, plus important que d'autres évoqués plus haut et dans de précédents travaux (E. Sanchez, M. Prieur et D. Devallois 2003), 14%⁵⁹ des enseignants seulement précisent avoir pris en compte ce problème en « limitant » les notions (fig. 2). Parmi eux, une moitié dit avoir travaillé dans le sens d'une simplification des contenus, voire d'une modification du niveau de formulation : « simplification énorme des exigences du programme » (P36), « découpage de chaque partie en notion simple » (P64), l'autre moitié dit avoir simplement supprimé, voir effectué un tri, des notions à acquérir « J'ai fait des coupes franches » (P2), « J'ai fait des choix de contenu » (P33). Ainsi, peu d'enseignants signalent avoir travaillé véritablement sur la mise en forme du savoir à enseigner.

Face aux diverses difficultés rencontrées lors de la mise en place des programmes, une majorité des enseignants (54%⁵⁹) a axé ses actions sur la mise en place de situations plus performantes dans la classe en choisissant une ou plusieurs des stratégies suivantes : l'utilisation de ressources nouvelles (20%), l'adaptation des manipulations (24%), ou encore une collaboration avec leurs collègues (17%) (fig. 2). Autrement dit, les enseignants se sont

⁵⁹ QE11 – QM20

principalement centrés sur ce qui se passe dans la classe et semblent avoir négligé la maîtrise du savoir savant et sa transposition dans un niveau de formulation adapté aux élèves. Leur stratégie apparaît ainsi comme décalée par rapport aux difficultés qu'ils disent rencontrer.

Certaines réponses pointent explicitement le problème de la transposition didactique. « ...la simplification nécessaire de ces notions me gêne beaucoup du point de vue rigueur scientifique » (P62) ou encore « les professeurs obligés de donner des explications trop simplifiées donc incorrectes scientifiquement, manque de rigueur » (P59). L'élaboration de modèles scientifiques qui soient à la fois compréhensibles par les élèves et valides scientifiquement se heurte là encore au fait que de nombreux professeurs semblent assimiler réel et modèle qui ne peut alors être départi d'une certaine complexité. La prise en compte du modèle tel qu'il est défini par C. Orange (2000), soit la mise en relation d'un registre empirique (monde des faits et des phénomènes) et d'un registre des modèles (monde des explications) pour aboutir à la construction du modèle comme système explicatif d'un problème, doit faciliter l'élaboration d'un modèle rigoureux au regard d'un problème adapté au niveau des élèves. Cette démarche de modélisation est prise en compte dans les nouveaux programmes « L'exercice de modélisation du réel est sans doute la démarche la plus importante et aussi la plus difficile dans la démarche scientifique. »⁶⁰.

Il se dégage donc qu'une maîtrise pas toujours suffisante des savoirs en jeu et une vision dogmatique et réaliste de la science constituent des obstacles que les enseignants rencontrent lorsqu'ils ont à transposer les connaissances scientifiques en savoirs accessibles aux élèves et à élaborer des modèles scientifiques opérants.

5. conclusion et perspectives

L'enseignement des sciences de la Terre, qui a pour objet l'explication du fonctionnement du globe terrestre et la reconstitution de son histoire, présente un certain nombre de difficultés plus ou moins spécifiques. En premier lieu, il implique de travailler à des échelles spatiales et temporelles très variées généralement difficiles à appréhender. En second lieu du fait de l'inaccessibilité des objets géologiques étudiés, les données utilisées sont souvent des données indirectes et leur analyse nécessite à elle seule de fournir un travail important. C'est par exemple le cas de l'utilisation des images satellitales. En troisième lieu c'est une discipline carrefour et la maîtrise de nombreux concepts de chimie, physique, biologie et mathématiques est nécessaire au travail du géologue. La combinaison de ces différents éléments conduit à l'élaboration de modèles complexes dont l'enseignement pose un certain nombre de

⁶⁰ BO HS n°2 30 août 2001

problèmes. Par ailleurs, la démarche d'enseignement dominante, conduit à négliger certaines phases du travail de modélisation, phases de réflexion et de construction avant manipulation en particulier, qui pourraient expliquer certaines des difficultés constatées.

L'enseignement de ce nouveau programme de seconde s'est par ailleurs heurté à d'autres problèmes plus spécifiques liés au caractère récent des connaissances à enseigner. D'une part, un manque de ressources scientifiques mais surtout pédagogiques a été ressenti par les enseignants, soit que ces ressources étaient inexistantes, soit qu'elles étaient indisponibles, non connues ou non maîtrisées par eux même. D'autre part, les notions à enseigner n'ont pas fait l'objet d'un enseignement lors du cursus universitaire des enseignants et sont encore en pleine évolution.

On peut, à partir des résultats de notre enquête indiquer un certain nombre de pistes qui pourraient conduire à une facilitation des apprentissages.

Favoriser dans le cadre de l'institution, une mise à niveau personnelle des enseignants sur le plan scientifique associée à une formation en didactique et en épistémologie engageant une véritable réflexion sur la modélisation en sciences de la Terre. Cette formation devrait être continuée au sens propre du terme et non pas limitée la première année de mise en œuvre du programme favorisant ainsi notamment l'intégration des nouvelles données scientifiques.

Favoriser la contextualisation des connaissances afin de permettre un ancrage dans le vécu de l'élève par une approche moins dogmatique, plus motivante qui devrait conduire à une maîtrise plus efficace des connaissances y compris dans le cadre de la résolution de problèmes fonctionnalistes.

Favoriser l'accès au concret pour l'élève de manière à ce qu'il puisse réaliser la manipulation et observer par lui-même les résultats même si on peut penser que des contraintes diverses ne permettent généralement pas à l'élève de concevoir la manipulation et d'effectuer le choix du matériel.

Favoriser l'interdisciplinarité dans les domaines scientifiques de façon à ce qu'un concept soit enseigné dans une discipline avant qu'il ne soit utilisé dans une autre et ce, en tenant compte des contraintes matérielles qui pèsent sur la programmation des séances de travaux pratiques. Une solution radicale à cette difficulté pourrait être que l'enseignement d'une discipline scientifique ne s'appuie que sur des concepts abordés dans les classes antérieures dans les autres disciplines. Dans le même ordre d'idée il serait pertinent de ne renouveler les programmes que dans une seule discipline chaque année.

Favoriser les activités permettant de mettre en œuvre une véritable démarche d'investigation et de modélisation en choisissant lors de l'élaboration des programmes des thèmes adaptés, en y consacrant un volume horaire suffisant et en permettant la réutilisation

des concepts abordés antérieurement de façon à favoriser la prise en compte de la dimension prédictive et évolutive des modèles.

Nos résultats (voir également Sanchez, Prieur & Devallois 2004b) mettent en relief un certain décalage entre les attentes des enseignants et les besoins que nous identifions à partir des résultats de notre enquête. Les enseignants expriment des besoins en termes de ressources, d'outils pédagogiques directement utilisables en classe et conçus comme des solutions immédiates à des problèmes quotidiens. Nous identifions quant à nous des besoins en terme de formation en épistémologie, en sciences et en didactique. Les besoins « réels » des enseignants nous paraissent en effet se situer au delà des attentes qu'ils expriment : certes il s'agit de ressources directement exploitables avec leurs élèves mais également d'outils d'analyse des situations d'enseignement et des savoirs scientifiques en jeu. Ce décalage doit être pris en compte dans la conception des dispositifs de formation. En conséquence, pour être accepté, un dispositif doit pouvoir répondre aux attentes de son public et donc être centré sur la pratique de classe ; pour être efficient, il devra prendre en compte d'autres dimensions de l'activité professionnelle de l'enseignant et lui permettre un véritable travail de mise en forme du savoir qu'il a à enseigner.

6. Références bibliographiques

COQUIDE M. (2002) Faire de la science ? Dans un vrai labo. cahiers pédagogiques 409

DARLEY B., BONCHIL S. (1998) L'enseignement des sciences est-il vraiment inductiviste ? Aster 26, Paris, INRP

DROUIN AM. (1988) Le modèle en question, Aster 7, pp 1 à 20, Paris, INRP.

DEVELAY M. (1989) Sur la méthode expérimentale, Aster 8, Paris, INRP

HALBWACHS F. (1975) « La physique du maître entre la physique du physicien et la physique de l'élève » Revue française de pédagogie 33, INRP.

JOHSUA S., DUPIN JJ. (1989) Représentations et modélisations : le débat scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique, Berne, Peter Lang.

MARTINAND JL. (1992) Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences. Paris, INRP.

ORANGE C., ORANGE D., (1995) Géologie et Biologie : analyse des liens épistémologiques et didactiques, *in* Enseignement de la géologie, Aster n°21, p.37-43.

ORANGE C. (1997) Problèmes et modélisation en biologie. Paris, PUF

ORANGE C. (2000) Investigations empiriques, constructions de problèmes et savoirs scientifiques. In LARCHER C. coord. La pratique expérimentale dans la classe. Paris, INRP.

ORANGE D. (2003). Utilisation du temps et explications en sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques. Thèse de doctorat de l'Université de Nantes.

ORLANDI, E. (1991) Conceptions des enseignants sur la démarche expérimentale, Aster 13, Paris, INRP

PITBURN M. REYNOLDS S. LEEDY D. MCAULIFFE C. BIRK J. JOHNSON J. (2002) The hidden Earth : visualisation of geologic features and their subsurface geometry. Association for Research in Science Teaching;

POL. D (1994) Travaux pratiques de biologie. Bordas

ROBARDET, G. (1995) Didactique des sciences physiques et formation des maîtres : contribution à l'analyse d'un objet naissant, thèse de doctorat d'université. Université J. Fourier, Grenoble I

SANCHEZ E. PRIEUR M. DEVALLOIS D. (2003) L'enseignement de la géologie en classe de seconde : quels obstacles, quelles pratiques ? Actes XXVèmes JIES. Chamonix (à paraître)

SANCHEZ E. PRIEUR M. DEVALLOIS D. (2004a) Formation initiale et continue des enseignants en sciences de la Terre : Quels besoins pour quelle évolution des pratiques ? 7^{ème} Biennale de l'éducation. Lyon

SANCHEZ E. PRIEUR M. DEVALLOIS D. (2004b) Fonder la formation sur l'analyse des pratiques, besoins exprimés vs besoins réel : le cas de l'enseignement des sciences de la Terre au lycée. Bordeaux (à paraître).

SAVATON P. (1998) L'enseignement de la carte géologique dans le secondaire : Bilan historique et didactique ; réflexion et propositions d'apprentissage nouveau. Thèse Paris 7

SAUVAGEOT-SKIBINE M. (1995) Une situation problème en géologie : un détour de l'anecdotique au scientifique *in* Enseignement de la géologie. Aster n°21, p.137-160

TREND R. (2000). Conceptions of geological time among primary teacher trainees, with reference to their engagement with geoscience, history, and science. International Journal of Sciences Education, vol 22

Annexes

Annexe A : programme de la classe de seconde

<http://www.education.gouv.fr/bo/2001/hs2/default.htm>

Annexe B : questionnaire de l'enquête

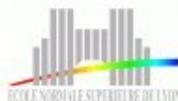
Enseignement des sciences de la vie et de la Terre en classe de seconde

Ce questionnaire vous est proposé par l'Institut National de Recherche Pédagogique, qui met notamment à la disposition des enseignants, des ressources (logiciels Anagène, Phylogène, Rasmol, Rastop...) et des aides pédagogiques (dossiers des sites Biogeo et Biotic). Il a pour objectif de recueillir les réflexions des professeurs sur l'enseignement de la géologie en classe de seconde.

Si vous enseignez – ou avez enseigné – dans ce niveau de classe dans les 3 dernières années, nous vous remercions de le compléter en essayant de répondre à toutes les questions et de nous le retourner. Il suffit pour cela de le glisser dans l'enveloppe T jointe à notre envoi et de l'expédier sans l'affranchir avant le 31 octobre 2003.

Ce questionnaire est anonyme et les réponses apportées resteront strictement confidentielles.

Les résultats de cette enquête seront disponibles sur le site de l'INRP dans la première semaine de novembre 2003 : <http://www.inrp.fr/Acces/biotic/accueil.htm>



Enseignement des sciences de la vie et de la Terre en classe de seconde

1. Académie d'exercice :

2. Age :

- <30 ans
- 30-40 ans
- > 40 ans

3. Sexe :

- femme
- homme

4. Grade :

- adjoint d'enseignement
- certifié
- agrégé, spécialité éventuelle :
- autre à préciser :

5. Préparez-vous un concours ou un examen ?

- non
- oui (à préciser :

6. Avez vous exercé les fonctions suivantes :

- maître de stage
- formateur IUFM
- concepteur de sujets d'examen ou de concours
- responsable de laboratoire
- membre d'une équipe de recherche
- Autre (à préciser :

7. Stages de formation continue, universités d'été... , suivis depuis 3 ans :

- ①
- ②
- ③

8. Coursus universitaire :

Cochez les diplômes obtenus et précisez la spécialité s'il y a lieu.

- licence :
- maîtrise :
- magister :
- DEA :
- thèse :
- autre(s) :

9. Notez 1 (faible), 2 (moyen) ou 3 (fort), les 3 parties du programme de seconde, selon les critères proposés :

	La planète Terre et son environnement	L'organisme en fonctionnement	Cellule, ADN et unité du vivant
<i>Intérêt personnel que vous leur accordez</i>			
<i>Difficultés pour les élèves</i>			
<i>Difficultés à les enseigner</i>			

10. Avez-vous rencontré des difficultés à enseigner la partie « la planète Terre et son environnement » lorsque vous l'avez enseigné pour la première fois ?

- oui*
 non

Si oui, lesquelles ?

.....

11. Si vous avez éprouvé des difficultés, merci de nous indiquer :

- les solutions qui vous ont permis de les surmonter ?

.....

- les difficultés qui persistent en nous précisant pourquoi selon vous :

.....

12. De quelle(s) manière(s) avez-vous acquis les connaissances nécessaires à l'enseignement de cette partie du programme ?stages de formation continue

- conférences*
 cours universitaires
 sites Internet
 revues
 ouvrages universitaires
 manuels scolaires
 expositions scientifiques
 autre, précisez :

13. Si vous consultez des sites Internet pour acquérir les connaissances nécessaires à la préparation de vos cours sur cette partie du programme, citez les 3 principaux ?

.....

.....

.....

14. A votre avis, manque-t-il des ressources pour la remise à niveau sur ce thème de géologie de seconde ?

oui

non

Si oui, de quelles ressources souhaiteriez-vous disposer ?

.....

.....

.....

15. Pour les thèmes suivants, indiquez, selon vous, leur niveau d'accessibilité pour les élèves.

les constituants du système solaire

trop difficile

difficile

accessible

facile

trop facile

la répartition en latitude des climats

trop difficile

difficile

accessible

facile

trop facile

l'alternance des saisons

trop difficile

difficile

accessible

facile

trop facile

l'effet de serre

trop difficile

difficile

accessible

facile

trop facile

les mouvements des masses atmosphériques

trop difficile

difficile

accessible

facile

trop facile

les mouvements des masses océaniques

trop difficile

difficile

accessible

facile

trop facile

les conséquences des mouvements des enveloppes sur l'environnement

trop difficile

difficile

accessible

facile

trop facile

le cycle du carbone

trop difficile

difficile

accessible

facile

trop facile

16. Pour les thèmes notés difficile ou trop difficile pour les élèves, indiquez les 3 causes qui vous paraissent essentielles en utilisant le codage suivant :

<i>difficultés à se situer dans le temps</i>	1	<i>manque d'observations concrètes</i>	6
<i>difficultés à se situer dans l'espace</i>	2	<i>manque d'autres ressources adaptées</i>	7
<i>maîtrise des notions de maths associées</i>	3	<i>thème non motivant</i>	8
<i>maîtrise des notions de physique associées</i>	4	<i>concepts trop difficiles pour les élèves de cet âge</i>	9
<i>manque de manipulations simples</i>	5	<i>interférence entre l'enseignement et la vulgarisation scientifique</i>	10

Exemple : les constituants du système solaire

origine des difficultés :

2	5	10
----------	----------	-----------

les constituants du système solaire

origine des difficultés :

--	--	--

la répartition en latitude des climats

origine des difficultés :

--	--	--

l'alternance des saisons

origine des difficultés :

--	--	--

l'effet de serre

origine des difficultés :

--	--	--

les mouvements des masses atmosphériques

origine des difficultés :

--	--	--

les mouvements des masses océaniques

origine des difficultés :

--	--	--

les conséquences des mouvements des enveloppes sur l'environnement

origine des difficultés :

--	--	--

le cycle du carbone

origine des difficultés :

--	--	--

17. Parmi les ressources suivantes, quelles sont celles que vous utilisez avec vos élèves ? Si ces ressources ne sont pas utilisées précisez pourquoi.

	<i>utilisée</i>	<i>non utilisée</i>		<i>inconnue</i>	<i>indisponible localement</i>	<i>non maîtrisée</i>	<i>niveau inadapté</i>
manuels scolaires							
séquences vidéo							
ressources locales extérieures à l'établissement (planétarium, musée, expositions...)							
logiciels, simulations numériques et banques de données :							
<i>Orbits – planétologie comparée</i>							
<i>Titus – images satellitales</i>							
<i>ODV – ocean data viewer</i>							
précisez les autres logiciels, simulations numériques ou banques de données utilisés :							
images satellitales :							
<i>du manuel de l'élève</i>							
<i>récupérées sur des sites Internet, sur cédérom ou logiciel</i>							
maquettes ou manipulations pour expliquer ou représenter :							
<i>révolution de la Terre autour du soleil</i>							
<i>système solaire</i>							
<i>effet de serre</i>							
<i>énergie lumineuse reçue en fonction de la latitude</i>							
<i>énergie lumineuse reçue en fonction de la distance planète-soleil</i>							
<i>mouvements de l'atmosphère</i>							
<i>mouvements des océans</i>							
précisez les autres phénomènes expliqués ou représentés par des maquettes ou manipulations :							

18. Lorsque vous réalisez une manipulation dans le cadre de vos séances de travaux pratiques, précisez si :

	toujours	souvent	parfois	jamais
La manipulation est réalisée en :				
<i>début de séance</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>cours de séance</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>fin de séance</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
La manipulation permet de :				
<i>poser un problème</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>formuler des hypothèses</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>tester une hypothèse</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>résoudre un problème</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>illustrer une connaissance</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>vérifier une connaissance</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>motiver les élèves</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C'est vous qui :				
<i>concevez la manipulation</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>identifiez le matériel nécessaire</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>réalisez la manipulation</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
C'est l'élève qui :				
<i>conçoit la manipulation</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>identifie le matériel nécessaire</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>réalise la manipulation</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

19. Dans vos séances de travaux pratiques, les notions scientifiques à acquérir sont :

	toujours	souvent	parfois	jamais
<i>présentées avant la manipulation</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>réinvesties ou appliquées dans un autre contexte (exercice...)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>dégagées au cours suivant</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>dégagées à la fin de la séance de travaux-pratiques.</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>dégagées par vous</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>dégagées par les élèves seuls</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<i>dégagées par vous avec l'aide des élèves</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

20. Utilisez vous des exemples historiques ou géographiques pour illustrer les notions suivantes ? Si oui précisez lesquels.

la répartition en latitude des climats :

- non*
- oui* :

l'alternance des saisons :

- non*
- oui* :

les mouvements des masses atmosphériques :

- non*
- oui* :

les mouvements des masses océaniques :

- non*
- oui* :

les conséquences des mouvements des enveloppes sur l'environnement :

- non*
- oui* :

le cycle du carbone :

- non*
- oui* :

l'effet de serre :

- non*
- oui* :

21. A votre avis, quel peut-être le rôle d'un schéma sur l'effet de serre ?

- représenter la réalité*
- simplifier la réalité*
- expliquer la réalité*
- synthétiser l'ensemble des informations issues des activités*
- pouvoir être utilisé pour prévoir ou analyser de nouvelles situations concernant l'effet de serre*
- construire des connaissances*

22. Avez-vous schématisé l'effet de serre avec vos élèves ?

- oui*
- non* (passez à la question 25)

23. Ce schéma sur l'effet de serre a-t-il été réalisé :

- en début de chapitre*
- en cours de chapitre*
- en fin de chapitre*
- à partir des connaissances personnelles des élèves*
- à partir de votre proposition*
- à partir d'activités d'élèves*

24. Ce schéma a-t-il été réutilisé pour la partie sur « l'évolution historique de la composition de l'atmosphère » ?

- oui*
- non*

Si oui, comment ? Si non pourquoi ?

.....
.....

25. Avez-vous réalisé des manipulations utilisant un modèle de l'effet de serre ?

- oui*
- non*

Si oui, quelle a été la(les) manipulation(s) réalisée(s) ?

.....
.....

*Avez- vous indiqué aux élèves, ou recherché avec eux, les limites du modèle utilisé ?
Précisez le cas échéant :*

.....
.....

26. Vous avez enseigné ce programme de seconde en :

- 2000-2001*
- 2001-2002*
- 2002-2003*

27. Avez-vous ressenti le besoin de modifier votre progression au fil des années ?

- oui*
- non*

Si oui, précisez les modifications apportées :

.....
.....
.....

28. Remarques éventuelles

.....
.....
.....
.....

Annexe C : opinions des professeurs sur la nature des difficultés éprouvées par les élèves dans les différentes parties du thème.

QE 16 - MD 34 à 41

En pourcentage des professeurs ayant considérés la partie du thème comme difficile ou trop difficile.

	Système solaire	Climats	Saisons	Effet de serre	Masses atmosphériques	Masses océaniques	Conséquences sur l'environnement	Cycle du carbone
Situation dans le temps	12.5 %	16 %	23,8 %	3.2 %	5.3 %	8.3 %	21.2 %	29.2 %
Situation dans l'espace	68.8 %	72 %	83.3 %	12.9 %	31.6 %	31.3 %	24.2 %	8.3 %
Notions de maths	18.8 %	28 %	11.9 %	0 %	1.8 %	6.3 %	3 %	0 %
Notions de physique	18.8 %	40 %	33.3 %	71 %	66.7 %	68.8 %	24.2 %	41.7 %
Manque de manipulations simples	37.5 %	8 %	21.4 %	41.9 %	42.1 %	14.6 %	33.3 %	29.2 %
Manque d'observations concrètes	31.3 %	8 %	11.9 %	35.5 %	38.6 %	31.3 %	57.6 %	45.8 %
Manque autres ressources	18.8 %	16 %	11.9 %	12.9 %	8.8 %	22.9 %	24.2 %	10.4 %
Thème non motivant	12.5 %	28 %	21.4 %	12.9 %	26.3 %	39.6 %	30.3 %	45.8 %
Concepts trop difficiles	12.5 %	12 %	16.7 %	32.3 %	38.6 %	35.4 %	27.3 %	45.8 %
Savoir non stabilisé	25 %	12 %	14.3 %	45.2 %	12.3 %	12.5 %	27.3 %	14.6 %

Annexe D : ressources souhaitées par les enseignants pour une remise à niveau sur le programme de sciences de la Terre de seconde

QE 14-QM25

répondant	demandes exprimées par les enseignants	
<p>P28</p> <p>P38</p> <p>P39</p> <p>P34</p>	<p>« Des connaissances récentes sur les planètes (Mars, Jupiter, Vénus), le cycle du carbone, l'effet de serre »</p> <p>« D'ouvrages de vulgarisation »</p> <p>« formation continue, formation en ligne »</p> <p>« Mouvements atmosphériques et océaniques »</p>	<p>ressources scientifiques :</p> <p>4 répondants sur 22</p> <p>soit 18,2 %</p>
<p>P5</p> <p>P6</p> <p>P11</p> <p>P13</p> <p>P16</p> <p>P21</p> <p>P26</p> <p>P30</p> <p>P32</p> <p>P34</p> <p>P37</p> <p>P40</p> <p>P44</p> <p>P52</p> <p>P56</p> <p>P58</p> <p>P66</p> <p>P72</p>	<p>« Images satellitales, films sur les mouvements océaniques et sur l'effet de serre, documents sur El Nino »</p> <p>« Des ressources au niveau des secondes concernant l'activité interne et externe des planètes et les circulations atmosphériques et océaniques »</p> <p>« Un CD avec des activités comme pour les Terminales S »</p> <p>« Peut-être des images sur les objets du système solaire autres que les planètes, des exercices sur les effets de serre »</p> <p>« Séances de TP »</p> <p>« un logiciel plus moderne qu'Orbits, un logiciel généraliste convivial remplaçant Willie »</p> <p>« site pédagogique où des collègues exposeraient des essais de TP accessibles aux élèves »</p> <p>« Un bon stage avec de bons pédagogues »</p> <p>« ressources Internet ou dossiers pédagogiques »</p> <p>« Mouvements atmosphériques et océaniques »</p> <p>« Pourquoi pas un CD-ROM en seconde comme pour le programme de 1^{er}S ? »</p> <p>« Des modèles validés par les scientifiques » (relatif aux modèles manipulés)</p> <p>« Des fiches, des guides de TP »</p> <p>« Des petites expériences simples qui demandent peu de matériel et qui soient vite réalisées »</p> <p>« Des outils visuels <u>simples</u> pour illustrer les cours /TD »</p> <p>« Ressources matérielles plus rigoureuses pur les modélisations »</p> <p>« Des logiciels de modélisation des courants atmosphériques »</p> <p>« Exemples, données précises sur les déplacements des polluants »</p>	<p>ressources pédagogiques :</p> <p>18 répondants sur 22</p> <p>soit 81,8 %</p>

Annexe E : connaissances considérées comme difficiles par les enseignants lors de la mise en place des programmes

QE 10-QM 26 à QM 33

répondants	connaissances du programme de géologie	% interrogés
P11-P33-P34-P41	Couplage des enveloppes	5 %
P6-P10-P20-P26 P34-P46-P53-P69	Images satellitales, utilisation du radiomètre	10 %
P11-P18-P19-P25- P27-P30-P33-P36- P50-P70-P75	Mouvements des masses atmosphériques	14 %
P39-P65-P67-P4- P18-P20-P29	Effet de serre	9 %
P10-P17-P25-P27- P35-P37-P57-P76- P80	Climats	11 %
P57-P76-P80	Planétologie / Système solaire	4 %
P14-P18-P20-P25- P27-P37-P57-P70	Saisons	10 %
P33-P36-P50-P63- P75	Mouvements masses océaniques	6 %

Annexe F : connaissances considérées comme difficultés persistantes par les enseignants

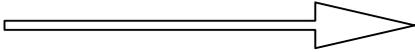
QE 11

répondants	connaissances du programme de géologie	% interrogés
P49-P36-P34	Couplage des enveloppes	4 %
P6-P34-P53	Images satellitales, utilisation du radiomètre	4 %
P38-P39	Mouvements des masses atmosphériques	2,5 %
P29-P40-P67	Effet de serre	4 %
P4-P35	Climats	2,5 %
P29-P41-P49-P51	Cycle du carbone	5 %
P4-P20	Saisons	2,5 %
P39	Mouvements masses océaniques	1 %

Annexe G : analyse des programmes au regard du type de démarche mise en oeuvre

<p>Sujets relevant principalement du domaine de l'explication</p>	<p>Sujets relevant principalement d'une reconstitution historique</p>	<p>Sujets relevant principalement du domaine de la description</p>
<ul style="list-style-type: none"> - énergie solaire reçue par les planètes. - climats - saisons. - effet de serre - mouvements des masses océaniques - mouvements des masses atmosphériques - cycle du CO₂ 	<ul style="list-style-type: none"> - conséquences des mouvements des enveloppes sur l'évolution de l'environnement de la planète. - évolution historique de la composition de l'atmosphère 	<ul style="list-style-type: none"> - système solaire. - composition et structure de l'atmosphère.

Annexe H : attendus des programmes sur l'effet de serre, tension entre un pôle historique et un pôle fonctionnaliste

Pôle historique			Pôle fonctionnaliste	
objectifs du programme	notions et contenus du programme	commentaires du programme de seconde		
BO HS n°2 30 août 2001	BO HS n°2 30 août 2001	GTD		
« L'évolution de notre environnement (passé et futur) »	« L'effet de serre résulte comme sur Mars et Vénus de la présence d'une atmosphère. »	<p>« Sa présentation doit être simple. Des 100 % de l'énergie solaire arrivant au sommet de l'atmosphère, seule une moitié est absorbée par la surface de la Terre. La majeure partie de cette énergie absorbée est émise par la surface de la Terre sous forme de rayonnement infra-rouge (la surface de la Terre est à une température plus faible que la surface du soleil ; la relation température-énergie-lumière est abordée dans le programme de physique). Ce rayonnement infra-rouge est principalement absorbé par les molécules de CO₂ et H₂O de l'atmosphère ce qui produit un échauffement de l'air. Une partie de cette énergie quitte par radiation vers le haut l'atmosphère mais une autre partie est redirigée vers la surface de la Terre et absorbée. Pour cette raison, la surface de la Terre reçoit à la fois de l'énergie du Soleil et de l'atmosphère ce qui n'est pas le cas de la Lune et des planètes dépourvues d'atmosphère.</p> <p>L'augmentation de la quantité de CO₂ et d'autres gaz comme le méthane (CH₄) dans l'atmosphère modifie l'effet de serre. »</p>		

Annexe I : place de la manipulation

QE 18 – QM 59 à 62

Interrogés : 79

Non réponse : 2

Résultats en pourcentage d'interrogés

	en début de séance		en cours de séance		en fin de séance	
toujours	5.1 %	25.4 %	26.6 %	79.8 %	0 %	1.3 %
souvent	20.3 %		53.2 %		1.3 %	
parfois	29.1 %		12.7 %		17.7 %	
jamais	12.7 %		1.3 %		36.7 %	

Annexe J : rôle de la manipulation

QE 18 – QM 63 à 66

Interrogés : 79

Non réponse : 0

Résultats en pourcentage d'interrogés

	toujours	souvent	parfois	jamais
Poser un problème	7.6%	10.1%	41.8%	17.7%
	17.8 %			
Formuler une hypothèse	5.1%	20.3%	38%	16.5%
	24.4%			
Tester une hypothèse	20.3%	67.1%	7.6%	0%
	87.4%			
Résoudre un problème	19%	58.2%	13.9%	1.3%
	77.2%			
Illustrer une connaissance	2.5%	15.2%	41.8%	22.8%
		57%		
Vérifier une connaissance	1.3%	13.9%	41.8%	21.5%
		55.7%		
Motiver les élèves	48.1%	29.1%	10.1%	2.5%
	77.2%			

Annexe K : critiques des enseignants relatives aux modélisations effectuées durant les manipulations

répondant	Critiques exprimées
P4	« Je trouve que les démonstrations expérimentales ne sont pas rigoureuses (effet de serre par exemple) ou trop simplistes (salinité, température et mouvements des fluides) ou trop complexes en physique pour des élèves de seconde (mécanique des fluides) » (QE10)
P5	« Problème de modélisation des phénomènes » (QE10)
P6	« Manque de manipulations convaincantes » (QE28)
P8	« manipulations souvent limitées pour montrer l'influence de la rotation de la Terre » (QE10)
P10	« Validité scientifique très relative de certains modèles utilisés » (QE11)
P17	« Modélisation qui paraît abstraite à partir d'un globe » (QE10)
P18	Relatif aux modélisations : « Les élèves ont beaucoup de mal à imaginer ce qui se passe réellement » (QE11)
P28	« Bricolage de petites manipulations très critiquables » (QE11b) « Les manipulations sont du « bidouillage » « ... c'est dommage de ne pas leur montrer plus de sérieux » (QE28)
P29	Relatif au modèle de l'effet de serre : « Tous les modèles utilisés depuis 4 ans se sont avérés défectueux ou trop loin de la réalité » (QE25)
P32	« Modèles expérimentaux ne reflétant pas la réalité des phénomènes » (QE25)
P34	Relatif au modèle de l'effet de serre : « le modèle n'est de toute façon pas bon » (QE25), « Il manque des manipulations simples qui ne fassent pas intervenir de faux modèles » QE28
P38	Relatif au modèle de l'effet de serre : « expérience tentée au début du programme en 2000, n'a donné aucun résultat » (QE25)
P40	« Problèmes liés à la nécessité de modéliser et à la validité des modèles utilisés » (QE11b)
P46	« Il y a des petites manipulations nombreuses et des modélisations imparfaites = manque de rigueur » (QE10), « peu de rigueur, sinon tout devient trop complexe » (QE11)
P47	Relatif au modèle de l'effet de serre : « Expériences non représentatives de la réalité » (QE25)
P49	Relatif au modèle de l'effet de serre « non démonstratif » (QE25)
P53	Relatif au modèle de l'effet de serre : « mais ce n'est pas l'effet de serre ! » (QE25)
P57	Relatif aux limites du modèle utilisé sur l'effet de serre : « à traiter obligatoirement car la manip fonctionne très mal » (QE25)
P58	« flux thermique (mesures peu précises), effet de serre (médiocrité des résultats) » (QE11)
P61	« Difficile à illustrer sinon par des modélisations simplistes » (QE10)
P62	Relatif au modèle de l'effet de serre : « expérience analogique (que je juge mauvaise) » (QE25), « Les expériences tiennent plus au « bricolage » qu'à la manipulation rigoureusement conçue et rigoureusement faite. » (QE28)
P63	« modèles très simples difficiles à transposer à l'échelle du globe pour les mouvements océaniques » (QE10)
P66	« difficulté au niveau de la modélisation » (QE10) , « Les modélisations ne sont pas probantes » (QE11)
P71	“Comment faire de VRAIS TP ??” (QE11)
P73	Relatif aux difficultés éprouvées : « Mise en place d'activités pratiques probantes » (QE10) , “Modèle avec des résultats pas toujours très nets” (QE11)

Annexe L : modalités de recherche des limites d'un modèle analogique de l'effet de serre avec les élèves

QE 25 – QM 87

modalités de recherche des limites	effectif des répondants	% des répondants
Réflexion avec les élèves sur les différences entre le modèle et le réel	23	65.7%
Recherche du domaine de validité : « modèle partiel »	2	5.7%
Réflexion (nature non précisée) sur les limites du modèle pour expliquer des résultats non probants	7	20%
Critique du modèle avec les élèves (finalité non précisée)	3	8.6%
	35	100%