

sciences et récits

numéro coordonné par

**Denise Orange-Ravachol
et Éric Triquet**

**La revue Aster est indexée dans la base de données FRANCIS
produite par l'Institut de l'information scientifique et technique (INIST).**

**© INSTITUT NATIONAL DE RECHERCHE PÉDAGOGIQUE, 2007
ISBN 978-2-7342-1077-1 • Réf. RA 044**

Le Code de la propriété intellectuelle n'autorisant, aux termes des paragraphes 2 et 3 de l'article L. 122-5, d'une part, que les « copies et reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, sous réserve de mention du nom de l'auteur et de la source, que « les analyses et les courtes citations justifiées par le caractère critique, polémique, pédagogique, scientifique ou d'information », « toute représentation ou reproduction totale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur, ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite » (article L. 122-4). Une telle représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles L. 335-2 et suivants du Code de la propriété intellectuelle.

Directeur de la publication

Serge Calabre, directeur de l'INRP

Rédacteurs en chef

Yves Girault, Muséum national d'histoire naturelle, Paris, France

Christian Orange, IUFM des Pays-de-la-Loire ; CREN, université de Nantes, France

Secrétaire de rédaction

Yann Lhoste, IUFM Basse-Normandie ; CREN, université de Nantes ; INRP, France

Comité de rédaction

Alain Chomat, INRP, France

Maryline Coquidé, UMR STEF (ENS Cachan – INRP), France

Pierre Fillon, collège Charles-Péguy, Paris ; UMR STEF (ENS Cachan – INRP), France

Claudine Larcher, UMR STEF (ENS Cachan – INRP), France

Nathalie Magneron, IUFM Orléans-Tours, Orléans, France

Brigitte Peterfalvi, UMR STEF (ENS Cachan – INRP), France

Karine Robinault, UMR ICAR (université Lumière-Lyon 2, ENS-LSH, ENS Lyon, INRP, CNRS), France

Guy Rumelhard, lycée Condorcet, Paris ; UMR STEF (ENS Cachan – INRP), France

Stéphane Tirard, centre François-Viète, université de Nantes, France

Comité de lecture

BELGIQUE

Cécile Vander Borgh, université catholique de Louvain

BRÉSIL

Silvânia Sousa do Nascimento, universidade federal, Minas Gerais

CANADA

Michel Aubé, université de Sherbrooke

Barbara Bader, université de Laval

Lucie Sauvé, université de Québec, Montréal

Rodolphe Toussaint, université de Québec à Trois Rivières

CHILI

Maria Isabel Orellana Rivera, Museo de la Educación Gabriela Mistral, Santiago

ESPAGNE

Pedro Canal de León, universidad de Sevilla

Daniel Gil Perez, universitat de València

Roza Martin Del Pozo, universidad complutense de Madrid

Rafaél Porlán Ariza, universidad de Sevilla

FRANCE

Virginie Albe, ENFA, Toulouse

Jean-Pierre Astolfi, université de Rouen

Françoise Beorchia, IUFM de Basse-Normandie, St-Lô

Jean-Marie Boilevin, IUFM de l'académie d'Aix-Marseille, Marseille

Michel Caillot, université René-Descartes-Paris 5

Pierre Clément, université Claude-Bernard-Lyon 1

Cora Cohen-Azria, université Charles-de-Gaulle-Lille 3

Bernard Darley, IUFM d'Aquitaine, Bordeaux

Cécile de Hosson, université Denis-Diderot Paris 7, Paris

Béatrice Desbeaux-Salviat, lycée Louis-le-Grand, Paris ; INRP

Michel Develay, université Lumière-Lyon 2

Anne-Marie Drouin, université de Bourgogne-Dijon, Dijon

Jean-Jacques Dupin, IUFM de l'académie d'Aix-Marseille, Marseille

Jean-Michel Dusseau, IUFM de l'académie de Montpellier, Montpellier

Monique Goffard, UMR STEF (ENS Cachan – INRP)

Gabriel Gohau, lycée Janson-de-Sailly, Paris

Jack Guichard, Palais de la découverte, Paris

Daniel Jacobi, université d'Avignon et des Pays-du-Vaucluse

Mickaël Huchette, UMR STEF (ENS Cachan – INRP)

Samuel Johsua, UMR ADEF université de Provence-Aix-Marseille 1 ; IUFM d'Aix-Marseille, INRP

Alain Kerlan, ISPEF, université Lumière-Lyon 2

Joël Lebeaume, UMR STEF (ENS Cachan – INRP)

Jean-Louis Martinand, UMR STEF (ENS Cachan – INRP)

Patricia Marzin, LIDSET ; IUFM académie de Grenoble, Grenoble

Hélène Merle, LIRDES ; IUFM de l'académie de Montpellier, Montpellier

Denise Orange, IUFM des Pays-de-la-Loire ; CREN, université de Nantes, Nantes

Élisabeth Plé, IUFM Champagne-Ardenne, Reims

Hélène Richoux, lycée Marcel-Pagnol, Athis-Mons ; UMR ICAR (université Lumière-Lyon 2, ENS-LSH, ENS Lyon, INRP, CNRS)

Guy Robardet, IUFM académie de Grenoble, Grenoble

Monique Saint-Georges, IUFM du Limousin, Limoges

Patricia Schneeberger, IUFM d'Aquitaine, Bordeaux ; DAEST, université Victor-Segalen-Bordeaux 2

Laurence Simonneaux, ENFA, Toulouse

Andrée Tiberghien, UMR ICAR (université Lumière-Lyon 2, ENS-LSH, ENS Lyon, INRP, CNRS)

Jacques Toussaint, IUFM de l'académie de Lyon, Lyon

Éric Triquet, IUFM académie de Grenoble, Grenoble

Michel Vignes, IUFM de l'académie de Montpellier, Montpellier

GRÈCE

Vassilia Hatzinikita, Hellenic Open University, Patras

Konstantinos Ravanis, université, Patras

ISRAËL

Amos Dreyfus, faculté d'agriculture, Rehovot

ITALIE

Maria Arca, universita La Sapienza, Rome

Silvia Caravita, Istituto di scienze e technologie della cognizione del CNR, Rome

SÉNÉGAL

Babacar Gueye, université Cheick-Anta-Diop, Dakar

SUISSE

André Giordan, université de Genève

Anne-Nelly Perret-Clermont, université, Neuchâtel

aster

une revue pour l'enseignement des sciences expérimentales

Cette revue créée par l'équipe de didactique des sciences expérimentales de l'INRP s'adresse à la fois aux chercheurs en didactique, aux formateurs et aux enseignants concernés par la didactique. Elle publie trois catégories d'articles :

- des études et recherches didactiques sur l'enseignement des sciences expérimentales, à caractère théorique, qui soient accessibles à des enseignants et à des chercheurs non familiers avec la problématique de l'auteur;
- des travaux issus de disciplines autres que la didactique abordant des points qui éclairent les questions proprement didactiques (épistémologie, psychologie, linguistique);
- des descriptions d'activités pédagogiques qui donnent lieu à une analyse des caractéristiques du dispositif, du modèle pédagogique de référence, des activités intellectuelles sollicitées, de l'évolution des représentations.

Chaque numéro est centré sur un thème.

Pour proposer un article vous devez envoyer un texte d'une vingtaine de pages (60 000 signes incluant les documents et la bibliographie), par courriel à :

aster@inrp.fr

Vous trouverez les appels à contribution ainsi qu'une fiche technique à destination des auteurs sur le site (www.inrp.fr/publications/aster). Votre article sera soumis à deux membres du comité de lecture, leurs avis confrontés à celui du comité de rédaction permettront de prendre la décision de sa publication en vous demandant éventuellement des modifications et compléments.

Sciences et récits

numéro coordonné par

Denise Orange-Ravachol et Éric Triquet

Introduction

▶ **Denise Orange-Ravachol et Éric Triquet**

Sciences et récits, des rapports problématiques 7

Articles

▶ **Laurence Viennot**

La physique dans la culture scientifique : entre raisonnement, récit et rituels..... 23

▶ **Denise Orange-Ravachol**

Des mises en histoire aux savoirs scientifiques :

le cas de lycéens confrontés à quelques problèmes de tectonique des plaques..... 41

▶ **Catherine Bruguière, Jean-Loup Héraud, Jean-Pierre Errera et Xavier Rembotte**

Mondes possibles et compréhension du réel.

La lecture d'un album en cycle 2 comme source de questionnement scientifique..... 69

▶ **Éric Triquet**

Élaboration d'un récit de fiction et questionnement scientifique au musée..... 107

▶ **Jean-François Métral et Patrick Mayen**

La science dans les dossiers de Validation des acquis de l'expérience (VAE) 135

Résumés

..... 159

PRATIQUES



THÉORIE - PRATIQUE - PÉDAGOGIE

REVUE SEMESTRIELLE

N° 133/134, Juin 2007

Récits et disciplines scolaires

Coordonné par Yves Reuter

Yves Reuter : Récits et disciplines scolaires

Statuts et fonctions du récit dans les disciplines scolaires

Bertrand Daunay, Nathalie

Denizot : Le récit, objet disciplinaire en français ?

Marc Deleplace : Le récit comme accès à la connaissance historique. Réflexions didactiques sur le récit historique

François Audigier, Christophe

Ronveaux : Récit d'histoire, récit de fiction. Exemple de l'expérience de la guerre

François Audigier : De l'usage de récits pour dire l'histoire, la géographie, l'éducation citoyenne

Dominique Lahanier-Reuter : Récits dans la classe de mathématiques

Cora Cohen-Azria : Les récits en sciences à l'école : première approche

Yves Girault : Nature mise en récits. Muséologie et médiation des sciences

Travailler le récit à l'école. Analyses et propositions

Marie-France Bishop, Claire

Doquet-Lacoste : Place et statut du récit dans les "écrits intermédiaires" à l'école : carnets de lecture, carnets d'expériences et d'observations

Jean-François Inizan, Olivier

Chardon, Fabienne Roelens : Écrire le journal intime d'un personnage du XVIII^e siècle. Une expérience interdisciplinaire en classe de quatrième

Vincent Bonnefille, Arielle Noyère : Lire *L'Illiade et l'Odyssée* en français et en histoire en classe de sixième. Quelles interactions d'une discipline à l'autre ?

DIRECTION : Caroline MASSERON - DIRECTEUR DE LA PUBLICATION : André PETITJEAN

Sommaires des numéros parus, conditions de vente et d'abonnement :

<http://www.pratiques-cresef.com>

Renseignements : CRESEF, 8 rue du Patural - F 57000 METZ

email : publications@pratiques-cresef.com

Sciences et récits, des rapports problématiques

Denise Orange-Ravachol, IUMF des Pays-de-la-Loire ; CREN, EA 266 I,
université de Nantes, Nantes ; denise.orange@paysdelaloire.iufm.fr

Éric Triquet, IUFM académie de Grenoble ; UMR STEF (ENS Cachan – INRP) ;
eric.triquet@grenoble.iufm.fr

Questionner les rapports entre sciences et récits, comme se propose de le faire ce numéro d'*Aster*, relève d'un pari démesuré, tant ce qu'ils représentent est complexe et discuté, en particulier dans le champ de la didactique des sciences : Bautier *et al.* (2000) ne qualifient-elles pas la place de la narration dans le discours scientifique de « très controversée » ? Dans un tel contexte, nous renonçons bien sûr dans cette présentation à l'exhaustivité : elle ne serait qu'illusoire. Mais nous conservons l'idée de rapports polémiques entre sciences et récits : les adoucir consisterait à nier les problèmes qu'ils posent à la construction de savoirs scientifiques.

Dans cette présentation, nous choisissons d'approfondir quelques aspects des rôles que tiennent les récits dans la construction des savoirs scientifiques et dans leurs apprentissages. Nous visons le dépassement, d'une part, d'une proximité fusionnelle non interrogée et, d'autre part, d'une opposition rédhibitoire. Cela doit nous permettre de construire quelques repères et de proposer des pistes de réflexion étayées.

Dans cette entreprise, nous partons de l'idée que les sciences mobilisent des fictions et nous nous demandons en quoi les récits de la science se démarquent de ceux de la pensée commune (parties 1 et 2 de cette présentation du numéro 44 d'*Aster*). Cela nous permet d'éprouver deux types de frontières : celle qui sépare la pensée commune et l'activité scientifique ; celle qui démarque l'enseignement scientifique de la vulgarisation scientifique. Nous donnons ensuite quelques précisions sur les liens unissant d'une part récit et vulgarisation scientifique et, d'autre part, récit et enseignement scientifique (parties 3 et 4 de cette présentation). Nous nous appuyons pour cela sur les différents articles de ce numéro.

Nous proposons en dernier lieu une présentation des articles de ce numéro (partie 5 de cette introduction). Ils sont variés par les contextes, les publics, les associations entre sciences et récits qu'ils donnent à voir, mais ils interpellent tous la construction et la maîtrise de savoirs scientifiques.

Enfin, parce que ces articles n'épuisent pas l'appel à contribution de ce numéro d'Aster, ni le champ de recherche qu'ils explorent, nous mettons en valeur (fin de la partie 5 de cette présentation) des pistes de réflexion qu'ils ouvrent, la distinction entre événement et phénomène, le rôle de la mise en intrigue notamment¹.

I. Entre sciences et récits, proximité et opposition

Les récits sont fondamentaux dans la pensée humaine. Pour Bruner, il semble que nous ayons, dès le début de la vie, une sorte de prédisposition pour les récits². En domestiquant l'inattendu et l'exceptionnel, en assemblant le disparate et le fragmentaire, les récits donnent forme et sens au monde qui nous entoure : « *la fonction de l'histoire est de trouver une intention qui atténue ou au moins rende compréhensible une déviation par rapport à un élément culturel canonique* » (1997, p. 63). Ils concernent l'ici et maintenant mais ne s'y limitent pas. Ils aident en effet à construire et à inventer le passé et l'avenir, dans un processus où mémoire et imagination se mêlent, se nourrissent et s'entretiennent (Bruner, 2002, p. 82).

Ces caractéristiques valent également pour les sciences qui, selon Popper, imaginent des histoires pour expliquer les phénomènes naturels : elles seraient en cela proches des mythes mais s'en distingueraient par une tradition d'analyse critique des récits produits. Les mythes scientifiques ne sont pas, écrit-il, « *des sublimés de nos observations* » (Popper, 1985, p. 194). Ils sont toujours au départ des fictions. Mais, sous la pression de la critique, « *ils sont contraints de s'adapter à la finalité de nous donner une représentation adéquate et plus détaillée du monde où nous vivons* » (*ibid.*, p. 194). Quand on sait que certains domaines scientifiques ont une composante historique marquée (géologie, une partie de la biologie), qu'ils reconstruisent des phénomènes et des événements en des temps où l'homme n'existait pas, on se demande quels garde-fous peuvent y limiter certaines formes de fictions. Denise Orange-Ravachol rappelle que, pour la construction de l'histoire de la planète Terre, c'est en recourant à un principe théorique, l'actualisme méthodologique, que les géologues se prémunissent des fantaisies géogonistes. On peut se demander si d'autres principes théoriques forts guident ainsi l'activité scientifique dans ses relations aux récits.

Entre sciences et récits se joue donc une relation ambiguë de proximité et d'opposition qu'il semble intéressant d'approfondir du point de vue épistémologique et didactique.

Les sciences comme certains récits tentent d'expliquer le monde ou des aspects du monde. Elles prennent en charge des problèmes explicatifs qu'elles

1 On pourra se reporter également au numéro 133-134 de la revue *Pratiques*, coordonné par Yves Reuter et intitulé « Récits et disciplines scolaires », de juin 2007.

2 Fayol (1994) souligne à ce propos que les enfants disposent dès six ans d'une structure narrative comparable à celle des adultes.

tentent de résoudre. Mais elles ne se limitent pas à ce rôle : sous la pression de la critique, de l'observation et de l'expérience, elles inscrivent les solutions et leur construction dans une dynamique de mise à l'épreuve et de transformation et elles engendrent de nouveaux problèmes. En cela, elles s'écarteraient des récits. Ceux-ci, orientés davantage par la restauration d'un état d'équilibre ébranlé, viseraient davantage la recherche de solutions aux problèmes.

La prégnance des récits dans la psychologie populaire est telle qu'une réflexion sur les apprentissages scientifiques ne peut les ignorer. Dans son article, Laurence Viennot questionne, dans quelques exemples de sciences physiques, la compatibilité entre un engagement du profane dans une démarche intellectuelle exigeante, et son enrôlement par plaisir grâce à des mises en histoires de l'explication des phénomènes. En se positionnant dans le sillage de plusieurs travaux en didactique des sciences (Closset, 1983 ; Viennot, 1993 ; Orange & Orange, 1995), Denise Orange-Ravachol fait, dans le sien, l'hypothèse que les productions explicatives spontanées des élèves en classe de science sont des histoires simples et toutes deux les étudient dans leur rôle d'aides et d'obstacles dans les apprentissages.

2. Le monde de la science, un monde sans sujet connaissant ?

Les ressources narratives (contes, vieilles histoire, littérature, potins... pour reprendre Bruner, 2002, p. 82) d'une culture comportent leur part de fiction. L'activité scientifique mobilise elle aussi des fictions. En quoi les récits de la science se démarqueraient-ils de ceux de la pensée commune ?

2.1. La pensée commune et l'activité scientifique

Les articles de ce numéro convoquent des théoriciens du récit, Bruner notamment. Éric Triquet s'en inspire pour montrer que la construction d'une histoire s'apparente à la construction d'un savoir scientifique. Une histoire commence « *lorsque apparaît une brèche dans l'ordre des choses* », qui perturbe « *nos schémas de pensée, nos idées du monde* ». Il poursuit : « *Comme dans un problème scientifique empirique au sens de Laudan (1977), quelque chose de bizarre apparaît, met en défaut nos conceptions, appelle une explication* ». Il ajoute que Bruner ancre fortement la fiction dans ce qui est familier, mais il revient à celle-ci « *d'aller au-delà, de nous entraîner dans le domaine du possible, de ce qui pourrait être, de ce qui aurait pu être, de ce qui sera peut-être un jour* » (Bruner, 2002, p. 16). Denise Orange-Ravachol, en s'appuyant sur Bruner et Bachelard, fournit des éléments discriminatoires des deux démarches : elle retient notamment que selon Bruner « *lorsque nous inventons les mondes possibles de la fiction, nous ne quittons jamais vraiment l'univers qui nous est familier* » (2002, p. 82) ; en regard de cela, elle rappelle que pour Bachelard, la pensée scientifique se construit en quittant l'empirisme immédiat : « *dans la connaissance vulgaire, les faits sont trop tôt impliqués dans des raisons. Du fait à l'idée, le circuit est trop*

court » (Bachelard, 1938, p. 44). Ces différences obligent à penser une comparaison des mises en histoire du sens commun et de celles de la science dans leur distance au familier, dans ce qu'elles mobilisent d'empirique, dans ce qu'elles convoquent de mondes possibles, ce qui met nécessairement en jeu la question du temps.

La méfiance entretenue par les sciences vis-à-vis des récits pourrait donc tenir à leur souci de se détacher du subjectif et du familier, au profit d'une recherche d'objectivité et de généralité. Faut-il y voir une rupture avec les récits ou le passage à d'autres formes de récits ?

2.2. Les récits et les textes de savoirs scientifiques

Il n'est pas aisé de définir les récits. Nous sommes partis de l'idée d'une distinction entre ceux de la pensée commune et ceux de la science. À ce stade de la réflexion, il paraît nécessaire d'entrer dans leur complexité interne. Elle est sollicitée dans plusieurs contributions.

Dans leurs articles, Catherine Bruguière, Jean-Loup Héraud, Jean-Pierre Errera et Xavier Rembotte et Éric Triquet retiennent le modèle quinaire de Larivaille (1974), qui, nous citons Éric Triquet, attribue au récit de fiction la superstructure suivante :

- « – un état initial : il renvoie à un état d'équilibre ;
- la complication : elle est marquée par un évènement déclencheur de l'histoire et vient rompre l'état d'équilibre ;
- la résolution : elle correspond à l'enchaînement des actions enclenchées par la phase précédente de provocation et constitue le temps permettant de résoudre la complication ;
- la sanction : elle clôt le processus des actions en instaurant un nouvel ordre qui sera maintenu jusqu'à la prochaine complication ;
- l'état final : avec retour à l'équilibre initial ou vers un autre état pouvant d'ailleurs être inversé par rapport à l'état initial. »

Il s'agit d'un schéma narratif découpant le récit en une suite d'étapes chronologiquement invariables. L'intrigue court de la première phase à la dernière, complétée éventuellement d'intrigues secondaires.

C'est une autre analyse structurale, le schéma actantiel, que mettent en jeu Jean-François Métral et Patrick Mayen dans l'article qu'ils proposent. Pour l'analyse des récits d'expérience de Validation des acquis de l'expérience (VAE), ils privilégient les rôles et les relations entre les protagonistes ou actants. Ils montrent que la science se fait discrète (elle est « présente à demi-mots », écrivent-ils) dans les dossiers des candidats et que tout ce qui la concerne a un rôle d'adjuvant de l'action : ce sont autant de « ressource et d'aide trouvées pour vaincre les obstacles rencontrés par le principal actant du récit », c'est-à-dire le candidat à l'obtention d'un diplôme d'ingénieur.

Comment qualifier les textes de savoirs scientifiques ? Les travaux de Latour et Woolgar montrent que, jusque dans le champ scientifique, le mode narratif de l'explication tient un rôle essentiel dans l'élaboration de la rationalité scientifique : « *l'activité scientifique est faite de la construction et de la défense de points de vue d'abord fictionnels qui sont parfois transformés en faits stabilisés* » (Latour & Woolgar, 1988, p. 249). Le lent processus de maturation de textes de savoirs mobilise des inscriptions variées qui se superposent, extrait du champ de la controverse des énoncés stabilisés, manœuvre sur ces énoncés pour empêcher leur destruction par des énoncés alternatifs ou, si c'est le cas, pour être à l'origine d'un isolement de leur auteur. Les textes de savoirs scientifiques semblent donc avoir une épaisseur où s'entrecroisent des récits (la situation de la recherche par rapport à d'autres travaux, les comptes rendus d'expérimentation, etc.) et des intrigues différents. Ne peut-on pas concevoir leur élaboration, avec ce qu'elle comporte de réification, de construction de boîtes noires, de neutralisation de petites intrigues, comme une mise en ordre d'où émerge un nouveau récit, plus universel et avec des lacunes contrôlées ?

Dans l'article de Denise Orange-Ravachol, c'est par la conjugaison de problèmes et de petites histoires à différentes échelles d'espace et dans différentes directions temporelles que mûrit, chez les lycéens, l'idée d'un renouvellement des plaques et le concept de stabilité structurelle. Dans celui de Jean-François Métral et Patrick Mayen, on retient que la scientificité d'un dossier de VAE repose sur un tissage de savoirs théoriques et de savoirs d'action au sein de récits d'expériences.

2.3. Un rapport de force entre deux mondes ?

Nous avons fait référence à la complexité interne des récits et à des procédés qui peuvent les verrouiller dans ce qu'ils donnent à entendre. Cela ouvre sur d'autres analyses, celles qui prennent en compte leur auteur, avec des intentions et des raisons, au sens de Bruner, et les lecteurs qui reçoivent et interprètent leur contenu : « *un récit ne trouve son sens qu'à accomplir un certain effet sur celui (ou ceux) à qui (auxquels) il est destiné* » (Adam, 1984, p. 11). En tant qu'espace lacunaire, avec des non dits, des blancs, il s'offre au lecteur comme un ou des mondes possibles que celui-ci investit avec un horizon d'attente et ce qu'il connaît du monde pour le comprendre. Pour reprendre les termes de Eco (1985), le texte est « *une machine paresseuse* » qui exige du lecteur un travail collaboratif. Le récit appartient donc à un monde de sujets. Ce qui unit tous les articles de ce numéro, c'est le fait qu'on identifie dans tous les récits qu'ils étudient un auteur et un ou des destinataires clairement définis.

Nous allons essayer, en nous référant à Popper (1991, p. 137, 184), de positionner le savoir scientifique par rapport aux récits. Pour cet épistémologue, le savoir scientifique n'appartient pas à un monde de sujets. En effet, il n'est pas à entendre dans le sens de « je connais ». Au contraire, il appartient à un « *monde sans sujet connaissant* », un monde objectif et autonome, dont les « *habitants* » sont

les systèmes théoriques, les problèmes et états de ces problèmes (état des discussions, état des échanges d'arguments critiques). Popper parle de troisième monde, qu'il distingue d'un deuxième monde, le monde des expériences conscientes des sujets, et d'un premier monde, le monde physique. Aussitôt nous voyons dans cette approche une discordance avec celle de Latour et Woolgar convoquée plus haut. Rappelons que pour ceux-ci le texte du savoir scientifique publié prend éminemment en compte un lecteur qu'il tente d'arraisonner. Cela voudrait-il dire que ce texte fait partie du deuxième monde ? Ne doit-on pas plutôt voir dans cette apparente contradiction les effets de temporalités différentes ? Latour et Woolgar ne seraient-ils pas davantage sur la pratique scientifique d'une communauté à moment donné, quand Popper l'embrasserait sur une durée dépassant l'échelle des individus ? Comment positionner alors les savoirs scientifiques construits à l'école ?

En prenant en considération les mondes de Popper, on aurait un moyen de démarcation des récits du sens commun et des textes de la science : les premiers appartiendraient au deuxième monde quand les textes scientifiques tendraient vers le troisième. L'activité scientifique consisterait à passer du deuxième monde au troisième monde, avec ce que cela implique de transformation des récits, mais sans pouvoir totalement s'affranchir du deuxième monde dans le temps de l'expérience humaine.

La vulgarisation scientifique serait l'espace d'une tension entre le deuxième monde et le troisième monde. En se proposant de conjuguer rationalité et plaisir, les entreprises de vulgarisation tireraient vers le deuxième monde (voir l'article de Laurence Viennot dans ce numéro).

3. Récit et vulgarisation scientifique

Approfondissons maintenant les liens entre récit et vulgarisation scientifique (VS). Un théoricien de la communication comme Fisher (1987) propose le concept d'« *Homo narrans* », pour marquer le fait que les Hommes sont avant tout des conteurs et que toute communication humaine use de la narration. Jules Verne (1828-1905) l'avait bien compris et a ouvert, de ce point de vue, une voie empruntée et actualisée par nombre de journalistes, réalisateurs de films scientifiques, ou muséographes contemporains. Jacobi (1988), dans un article déjà ancien, notait ainsi que les chercheurs spécialisés dans l'analyse de la vulgarisation scientifique (VS) la rangeaient dans le type narratif. Et de citer :

– Jurdant (1973) qui a abordé les textes publiés dans *Science et vie* en référence à deux systèmes d'influence : la science-fiction d'une part, l'autobiographie d'autre part ;

– de Pracontal (1982), qui a mis en évidence la « *logique dramatique* » à l'œuvre dans la reformulation des faits scientifiques par les journalistes de VS ;

– Schiele (1986) qui a proposé une description du discours de vulgarisation dans une série télévisée en terme de microrécits, en référence aux modèles structuraux de Barthes.

Jacobi (1988), lui-même, a analysé les procédures de mise en récit d'une découverte scientifique dans la presse de vulgarisation (utilisation du présent descriptif, reformulation d'un terme pivot, recours à un registre imagé, l'analogie avec d'autres objets, etc.) et leurs effets (personnalisation de la découverte, rétrécissement du cadre spatio-temporel, reconstruction de la démarche). Pour cet auteur, la métaphore du « *théâtre de science* » utilisée par Jeanneret (1994) pour décrire le dispositif de VS traduit bien ce besoin de mettre la science en scène pour la faire comprendre. Notons au passage que l'histoire racontée peut être tout aussi bien celle d'un grand chercheur comme celle d'une molécule ou encore d'un instrument scientifique. Le théâtre scientifique (Raichvarg, 1993) ou encore la bande dessinée (Girault, 1989) l'ont d'ailleurs bien compris.

La rencontre entre science et récit prend donc des formes extrêmement variées dans le champ de la diffusion scientifique, formes en perpétuel renouvellement qui méritent d'être étudiées et comparées à la lumière d'approches croisées. Mais au-delà des procédés, il importe de s'interroger sur l'efficacité de cette mise en récit. Simple stratégie pour accrocher l'intérêt et l'attention du lecteur, du spectateur ou du visiteur ? Ou bien véritable instrument pour développer une meilleure compréhension des discours destiné à diffuser la science sans occulter une certaine part de rêve ou d'émotion chez le récepteur ?

Arrêtons nous quelques instants sur deux de ces dispositifs qui développent à leur façon cette rencontre entre sciences et récits : les albums et documentaires scientifiques pour la jeunesse d'une part, les musées d'autre part.

Sève (2001) souligne que, depuis fort longtemps, les documentaires ont recours aux charmes de la narration pour « *emballer* » un contenu scientifique destiné à être diffusé auprès de jeunes lecteurs. Et, comme le soulignent Auger et Jacobi (2003) à propos du célèbre album de Paul-Émile Victor, *Apoutsiak le Petit-flocon-de-neige*³, en combinant narration et description, ils prennent en charge deux questions classiques du chercheur : la question du pourquoi au travers du narratif qui tend à s'inscrire dans le singulier de la fiction ; celle du comment par le descriptif relayé par les dessins du registre visuel.

Mais dès lors, pour ce type d'ouvrage, se pose la question de la double lecture et donc de la discrimination des informations selon leur nature, fictionnelle ou scientifique. Sève rappelle que, dans ces ouvrages, des règles souvent implicites régissent les relations entre ces deux mondes et que celles-ci ne sont pas toujours

3 Collection du Père Castor.

connues des lecteurs. De ce point de vue, l'école, comme le montre l'article de Catherine Bruguère, Jean-Loup Héraud, Jean-Pierre Errera et Xavier Rembotte, peut être un lieu propice au développement de véritables compétences de lecture de ce type d'albums documentaires. L'intérêt qu'y voit Sève est que si le jeune lecteur parvient à construire une posture de lecture en réponse à la duplicité de ces ouvrages, il peut ensuite la réinvestir dans d'autres domaines comme, par exemple, celui de la lecture du roman historique.

Le musée, nous dit Silverstone (1998), est par excellence le lieu qui raconte la science mais aussi le lieu qui est raconté et qui dépend, pour son autorité, de narrations légitimantes. Dans de nombreux musées et expositions de science, la narration apparaît ainsi centrale. Davallon (1999) a, de ce point de vue, très bien montré l'importance de la trame narrative dans le fonctionnement sémiotique des expositions. Celle-ci est utilisée lors de la conception, à la fois pour organiser la présentation des objets, définir les orientations de mise en scène et intégrer l'ensemble des textes. De fait, pour le visiteur, elle est portée à agir comme principe structurant de sa réception. Les guides chargés dans les musées de faire découvrir aux visiteurs les présentations muséales s'appuient largement sur cette caractéristique, comme l'ont bien montré les travaux de Gellereau (2005). Le récit leur permet de prêter vie au lieu et de donner une (nouvelle) existence temporelle aux choses montrées. Mais surtout, il participe à donner une cohérence à un ensemble de données dispersées dans l'espace d'exposition. On retrouve ici l'idée forte dégagée plus haut concernant la puissance de la mise en intrigue pour développer une unité et constituer un tout organisé.

L'importance du récit, tant en production qu'en réception, justifie d'une certaine façon le recours à des récits de visite dans des évaluations et études d'impact menées auprès de visiteurs. À la *Cité des sciences et de l'industrie* (Paris), c'est à partir d'une interprétation de récits de visite recueillis lors d'entretiens qu'ont pu être mis au jour, pour différentes catégories de visiteurs, les pôles d'accroche et les moments significatifs de la visite, ainsi que ses apports en termes de sensations, d'étonnement, de connaissances⁴. C'est ici la voix du visiteur qui se fait entendre, tantôt comme celle du visiteur-pensant, tantôt comme celle du visiteur-apprenant, celle du visiteur-regardant ou du visiteur-rêvant. Le souvenir d'une visite racontée immédiatement après semble aider le visiteur interrogé à reconstruire du sens et une cohérence à son parcours dont il n'a pas nécessairement conscience *a priori*. Cela n'est pas sans rappeler les observations faites par Jean-François Métral et Patrick Mayen dans leur article sur les récits d'expérience en VAE.

⁴ Les visiteurs interrogés retracent par là leurs modes de relations aux espaces, aux objets, aux thématiques (Habib M.C., 1995). Récits de visites et itinéraires dans les expositions de la *Cité des sciences et de l'industrie*. *Symposium franco-canadien sur l'évaluation des musées*, doc n° 21, Québec : musée de la Civilisation).

4. Récit et enseignement scientifique

En France, il faut remonter assez loin, plus précisément la fin du XIX^e siècle, pour trouver une rencontre entre sciences et récits dans les programmes et instructions officielles pour l'enseignement des sciences. À cette époque, la leçon de choses se présente volontiers comme une histoire de choses. Elle est alors une leçon d'information romancée sur des objets naturels ou industriels utiles à l'homme qui s'appuie sur des récits informatifs et moralisateurs (*Sciences à l'école : quelle histoire ; livret d'exposition*). Mais le récit est avant tout un moyen de transmettre des contenus scientifiques ardu ; on a alors recours à des ouvrages documentaires destinés à la jeunesse comme ceux de Jean Macé : *Histoire d'une bouchée de pain* ou encore *Les serviteurs de l'estomac*, contant de manière vivante et anecdotique le fonctionnement de nos organes.

Avec la mise en place de véritables programmes d'enseignement conjuguée au phénomène de différenciation disciplinaire, les liens entre sciences et récits se sont sensiblement distendus. L'étude du récit est devenue le domaine réservé du cours de français, tandis que les sciences se recentrent sur leurs écrits traditionnels, se montrant plus que réservées à l'égard de toute approche par le récit, et ce malgré les nouvelles orientations inscrites dans les programmes les plus récents de l'école primaire (2002) mettant en avant le « dire, lire, écrire » dans toutes les disciplines. Mais, cela n'empêche pas les élèves d'y avoir fréquemment recours en classe de sciences.

C'est une conception différente qui semble animer le milieu de l'enseignement outre-Manche. Les plus grands pédagogues des sciences anglais, réunis dans une série de séminaires de janvier 1997 à avril 1998, ont, dès la fin des années quatre-vingt-dix, insisté avec force pour que l'enseignement scientifique privilégie la forme narrative et les récits explicatifs lesquels, selon eux, « *donnent sens et cohérence, aux idées que l'on veut transmettre* ». Le rapport qui en est ressorti, destiné à présenter une nouvelle vision de l'éducation scientifique pour les jeunes, propose qu'elle « *utilise davantage la plus puissante et persuasive manière de transmettre les idées : la forme narrative* »⁵.

En France, c'est davantage une méfiance qui semble dominer vis-à-vis de la narration. Selon Bautier *et al.* (2000), elle serait assimilée à une forme première d'expression de la science dans laquelle « *il suffirait de raconter de façon ordonnée ce que la nature nous donne à voir, pour entrer dans le discours scientifique* ». Or, rappellent-elles, l'éducation scientifique est censée contribuer à instituer une rupture avec cette représentation du discours scientifique, précisément en prenant soin de ne pas confondre successions et causes dans l'explication de processus ou phénomènes, mais aussi en visant l'objectivation et la généralisation. Mais au-delà de ces limites

⁵ *Beyond 2000 Science Education for the future*. Résumé par Dentant et Fourez dans le courrier du CETHES (n° 44, janvier 2000).

bien réelles, ces auteurs envisagent une place singulière pour le récit dans l'enseignement scientifique au travers de plusieurs fonctions dont celles de :

- réintroduire la notion de point de vue si l'on considère que comme le narrateur, le scientifique construit des faits selon un certain point de vue⁶ ;
- situer la recherche du sens par rapport à la résolution d'un évènement inattendu et donc problématique, dans une « *heuristique narrative* »⁷.

Il faudrait alors parler, selon Vérin⁸, de narration scientifique pour signifier son épaisseur et ses caractéristiques spécifiques. Ce pourrait être, pense-t-elle, une des voies d'accès au discours scientifique, approprié à l'âge des élèves. L'intérêt mis en avant est que d'une certaine façon, au travers de sa visée de résolution de problème, elle vient contrebalancer la dérive encyclopédique, toujours possible, de l'enseignement scientifique.

Laurence Viennot, dans son article, ouvre d'ailleurs une réflexion sur ce point lorsqu'elle met en jeu « *l'impact durable des rituels d'enseignement* », « *des habitudes acquises sur les bancs de l'école et de l'université* », la maigre place accordée au raisonnement de l'élève ou de l'étudiant en classe de science.

5. Quelques aspects de la diversité des articles présentés dans ce numéro

En proposant ce numéro, nous souhaitons faire le point sur les relations qu'entretiennent les sciences et les récits, au laboratoire comme à l'école. Les textes que nous avons retenus présentent une diversité certaine mais force est de constater que, d'une part, ils ne couvrent pas celle de l'appel à contribution et que d'autre part, paradoxalement, ils l'élargissent. Étudions d'abord la place du récit dans les différents articles avant de faire ressortir les pistes de réflexion qu'ils ouvrent.

5.1. La place du récit dans les différents articles

Un des aspects de la diversité des cinq articles tient à la place qu'ils accordent au récit. De ce point de vue, on peut les répartir en trois catégories.

• Les articles qui abordent le récit comme un moyen pédagogique pour accéder à un questionnement ou à un savoir scientifique

Plusieurs articles peuvent être situés dans cette catégorie. L'article de Catherine Bruguière, Jean-Loup Héraud, Jean-Pierre Errera et Xavier Rembotte, où l'album

6 Ils expriment là leur conscience du risque que le souci d'objectivité du discours explicatif peut être perçu par les élèves comme une vérité non discutable et non problématisée.

7 Les auteurs font référence à Ogborn et Millar (1998) qui, à la suite de Bruner (1996), révèlent des analogies entre le récit et l'explication scientifique : un ensemble de personnages ; une série d'évènements problématiques auxquels réagissent les personnages ; les conséquences de ces évènements et de ces actions.

8 Les journées de l'Observatoire national de la lecture (ONL), janvier 2003.

Un poisson est un poisson de Lionni⁹ est étudié pour ce qu'il permet à des élèves de CEI (7-8 ans) d'accéder à un questionnement scientifique : « Notre projet, précisent les auteurs, est de saisir en quoi la tension interne au récit entre la fiction et le réel amène les élèves à se poser des questions sur les différentes manières pour un individu d'exister selon son monde d'appartenance et par là à créer de nouvelles possibilités de relations dans le réel ». L'article d'Éric Triquet étudie et met en comparaison le couplage fiction/science dans les récits de fiction scientifique produits par des professeurs des écoles stagiaires (adultes) ou des collégiens de 5^e (12-13 ans) après la visite d'une exposition. Il questionne « le rôle médiateur joué par le développement de l'intrigue dans la construction du sens et la structuration d'éléments de connaissances scientifiques en un tout cohérent ». La contribution de Laurence Viennot s'intéresse aux entreprises de communication de la science caractérisées notamment par des mises en récit de l'explication. Or les tendances communes du raisonnement versent sur des histoires simples. Quelles chances ces entreprises donnent-elles à « l'exercice du raisonnement », au développement de l'esprit critique et à l'accès à une certaine rationalité du lecteur, de l'auditeur, de l'interlocuteur ?

• **Les articles qui s'intéressent au récit comme production spontanée des élèves**

C'est le cas de l'article proposé par Denise Orange-Ravachol. Il concerne des lycéens (élèves de 16-17 ans) confrontés à quelques problèmes en sciences de la Terre : explication du fonctionnement d'un fond océanique en termes d'accrétion/dérive et de sédimentation ; explication de la répartition actuelle des volcans et des séismes. L'auteur montre que les productions explicatives spontanées des élèves peuvent être interprétées comme des mises en histoire simples et recherche à quelles conditions les élèves s'en dégagent pour construire un savoir scientifique.

Sans aborder ce point en particulier, Éric Triquet l'évoque pour souligner que l'écriture du récit peut être une bonne occasion d'opérer, notamment avec de jeunes élèves, un travail de prise de recul sur leurs propres représentations imprégnées d'une pensée de sens commun. Plusieurs extraits présentés dans son article montrent comment celles-ci sont mobilisées de façon délibérée et assumée, puis prises en charge en vue de leur dépassement dans la résolution des intrigues qui courent tout au long du récit. Plutôt que d'être occultées, elles font l'objet ici d'un traitement qui va bien au-delà du seul traitement littéraire.

• **Les articles qui étudient le récit comme un texte de savoir**

L'article de Jean-François Métral et Patrick Mayen entre dans cette dernière catégorie. Il porte sur les dossiers élaborés par les candidats souhaitant, par une Validation des acquis de l'expérience, accéder au titre d'ingénieur. Comme l'écrivent

⁹ Lionni L. (1981). *Un poisson est un poisson*. Paris : École des Loisirs.

les auteurs, il s'agit d'une « *forme particulière de récit de vie* », constituant « *des "espaces d'expérience humaine" dans lesquels, lorsque le diplôme visé l'exige [...] la science doit ressortir d'une "mise en texte documentée" (Olson, 2005) de l'expérience* ». Ces récits s'adressent à un jury constitué d'enseignants-chercheurs, du directeur de l'établissement délivrant le diplôme et de professionnels choisis en fonction du champ d'expérience du candidat.

Notons que, à partir de leurs travaux notamment, Jean-François Métral et Patrick Mayen voient dans la mise en récit de l'expérience vécue (stages...), assortie d'un retour réflexif sur ces écrits, un moyen de développer la pensée scientifique des futurs ingénieurs et de les conduire à lier explicitement science et expérience.

5.2. Sciences, récits et plusieurs sortes de possibles

Fictions et mondes possibles vont ensemble : la fiction nous entraîne dans des mondes possibles qu'elle crée à partir du familier et jamais totalement indépendant de lui (Bruner, 2002). Plusieurs articles de ce numéro font référence aux notions de possibles et de mondes possibles.

Catherine Bruguière, Jean-Loup Héraud, Jean-Pierre Errera et Xavier Rembotte utilisent la notion de possible en faisant référence à la « *sémantique des mondes possibles* » de Hintikka. Reprenons quelques éléments de leur développement : un monde est composé formellement « *d'une liste d'individus x, y, z (un certain nombre) pourvus de propriétés a, b, c , (en nombre plus ou moins grand) qui sont spécifiques de ce monde* ». Un monde possible s'obtient à partir du monde réel ou d'un monde qui n'a pas d'existence dans le monde réel. Dans ce dernier cas, « *le rapport entre monde réel et monde possible devient dès lors une question de nature épistémologique* » écrivent les auteurs. La notion de possible que convoque Denise Orange-Ravachol s'inscrit dans le cadre théorique de la problématisation qu'ont développé Fabre et Orange. Elle fait référence à des explications possibles et impossibles dont l'exploration est un des aspects de la problématisation, comme l'est aussi la construction de contraintes : « *pour un problème explicatif donné, il s'agit de construire des contraintes (contraintes théoriques et empiriques) et des possibles et, par une mise en tension de ces contraintes, d'établir les nécessités pesant sur le modèle (on dit aussi les conditions de possibilité du modèle)* » écrit-elle. C'est à la même acception de possibles et d'impossibles que fait référence Éric Triquet dans sa contribution.

Ces exemples montrent donc qu'il y a possible et possible (mondes possibles, explications possibles...) et que les relations entre sciences et possibles sont plus compliquées qu'il n'y paraît. En voici encore quelques exemples. Dans son ouvrage intitulé *Le probable, le possible et le virtuel*, Granger rend toute connaissance scientifique porteuse de virtuel, « *degré zéro du possible* » (1995, p. 16). Il caractérise le possible comme le non-actuel dans son rapport à l'actuel, ce dernier constituant « *cet aspect du réel qui est saisi comme s'imposant à notre expérience sensible, ou à*

notre pensée du monde, comme existence singulière hic et nunc » (*ibid.*, p. 13). De son côté Canguilhem écrit que « *connaître c'est moins buter contre un réel que valider un possible en le rendant nécessaire. Dès lors, ajoute-t-il, la genèse du possible importe autant que la démonstration du nécessaire* » (1965, p. 47).

L'étude des relations entre sciences, récits et possibles est donc à poursuivre, avec ce que ces relations convoquent de la complexité du temps et de la contingence (Granger, 1995 ; Debru, 2004). Nous nous demandons si nous n'atteignons pas là le nœud gordien des rapports entre sciences et récits.

5.3. Sciences, récits et complexité du temps

Plusieurs études didactiques¹⁰ ont ouvert la voie d'une réflexion sur les types de raisonnement spontané des élèves et sur les explications scientifiques qu'ils produisent, des histoires simples mêlant de façon syncrétique le temps et la causalité.

Dans l'article qu'elle propose, Laurence Viennot rappelle notamment qu'il y a une « *tendance commune à réifier abusivement les concepts* », à « *réduire de manière drastique l'analyse des dépendances fonctionnelles : une cause, un effet* », c'est le recours à un raisonnement linéaire causal. Denise Orange-Ravachol montre que les lycéens « *substituent le temps séquentiel de "mises en histoire" vues comme des enchaînements d'épisodes à la continuité et à la simultanéité de la dérive/accrétion et de la sédimentation* ». Ces deux auteurs alertent aussi sur le fait qu'on peut envisager le fonctionnement d'un système de différentes façons :

- sur l'exemple de l'explication de l'effet de serre, Laurence Viennot distingue régime transitoire et régime permanent du système ;
- en sciences de la Terre, Denise Orange-Ravachol articule fonctionnement actuel du système Terre et histoire de ce système.

Ces distinctions obligent à questionner la complexité du temps. Mais en matière de questionnement des relations entre sciences, récits et temps, ce n'est pas tout. Les articles de ce numéro offrent des pistes d'approfondissement complémentaires. Citons par exemple ce qui a trait aux notions d'évènement et de phénomène. Laurence Viennot, écrit à propos du raisonnement linéaire causal : « *les évènements envisagés sont souvent décrits à l'aide d'une seule grandeur, et en tout cas simplement ; ces évènements sont, plus ou moins explicitement, compris comme successifs ; et donc comme temporaires, du moins leur considération est-elle temporaire* ». Catherine Bruguière, Jean-Loup Héraud, Jean-Pierre Errera et Xavier Rembotte consacrent un paragraphe à « *évènements de fiction et phénomènes biologiques* » : « *le récit, écrivent-ils, peut être décrit comme une série d'évènements dont certains sont au cœur de sa problématique dans le sens où ils transforment une situation initiale (un*

¹⁰ En sciences physiques (Closset, 1983 ; Viennot, 1993) et, en sciences de la vie et de la Terre (Orange & Orange, 1995 ; Orange D., 2003).

seul monde) en une nouvelle situation (plusieurs mondes). Ces évènements cruciaux participent à la mise en intrigue du récit et ont la particularité dans cet album de se référer à des phénomènes biologiques ». Denise Orange-Ravachol écrit qu'elle poursuit des recherches sur la problématisation historique en sciences de la Terre où évènement et phénomène sont questionnés dans une tension dialectique.

En fait, des théoriciens du récit comme Ricœur se sont préoccupés des liens entre temps et récits. Dans une relecture de l'œuvre de Ricœur, Mongin (1998) note que c'est toute une gamme de solutions temporelles qui sont ici mises en scène et les récits de fiction multiplient les variations imaginatives du temps en desserrant le flux temporel, sans toutefois menacer l'unité d'ensemble. Dans l'expérience relatée par Éric Triquet, c'est une pluralité de temps biologiques qui est prise en charge par le récit de fiction scientifique. Il note que la nécessité d'organiser la succession des évènements des intrigues secondaires a obligé les scripteurs à articuler, au sein même du récit, les temps biologiques des différents personnages-animaux convoqués dans l'histoire. Revenons alors à Ricœur et à sa théorie de la triple mimesis. La mise en intrigue (correspondant à la mimesis II) est définie comme l'acte par lequel s'opère le passage d'une séquence linéaire d'évènements ou de phénomènes plus ou moins contingents à leur agencement en un tout (*holos*) qui tire sa cohérence non seulement de relations spatiales et temporelles mais aussi causales, rejoignant ainsi l'activité de problématisation scientifique. Une idée développée par cet auteur est que le récit ne se limite pas à la narration, mais qu'il ouvre sur une interprétation. Il développe la thèse de l'intelligence de l'intrigue, rejoignant ainsi la perspective greimassienne de la cognition qui envisage que certains éléments fondamentaux de la cognition possèdent bel et bien une forme narrative.

Sciences, récits et temps (au pluriel), phénomène et évènement, problématisation et mise en intrigue... n'y a-t-il pas un vrai chantier à poursuivre sur les pistes qu'ouvrent à la fois les auteurs convoqués et les articles présentés dans ce numéro d'Aster ? ■

BIBLIOGRAPHIE

- ADAM J.-M. (1984). *Le récit*. Paris : PUF.
- AUGER N. & JACOBI D. (2003). Autour du livre scientifique documentaire : un dispositif de médiation entre adulte et enfant lecteur. *Aster*, n° 37, p. 215-242.
- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BAUTIER E., MANESSE D., PETERFALVI B. & VÉRIN A. (2000). Le cycle du cerisier : une narration scientifique ? *Repères*, n° 21, p. 143-164.
- BRUNER J. (1996). *L'éducation entrée dans la culture*. Paris : Retz.
- BRUNER J. (1997). *Car la culture donne forme à l'esprit*. Paris : Eshel.
- BRUNER J. (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires ?* Paris : Retz.

- CANGUILHEM G. (1965). *La connaissance de la vie*. Paris : Vrin.
- CLOSSET J.-L. (1983). *Le raisonnement séquentiel en électrocinétique*. Thèse de troisième cycle de l'université Denis-Diderot-Paris 7, Paris.
- DAVALLON J. (1999). *L'exposition à l'œuvre*. Paris : L'Harmattan.
- DEBRU C. (2004). Le possible, le réel et les sciences de la vie. *Revue de Métaphysique et de Morale*, n° 3.
- ECO U. (1985). *Lector in fabula*. Paris : Grasset.
- FAYOL M. (1994). *Le récit et sa construction, une approche de psychologie cognitive*. Lausanne : Delachaux et Niestlé.
- FISCHER W.R. (1987). The narrative paradigm : an elaboration. *Communication Monographs*, n° 52, p. 347-367.
- GELLEREAU M. (2005). *La mise en scène de la visite guidée. Communication et médiation*. Paris : L'Harmattan.
- GIRAULT Y. (1989). *Contribution à l'étude de la bande dessinée comme outil de vulgarisation*. Thèse de doctorat, université Denis-Diderot-Paris 7, Paris.
- GRANGER G.-G. (1995). *Le probable, le possible et le virtuel*. Paris : Odile Jacob.
- JACOBI D. (1988). Notes sur les structures narratives dans un document destiné à populariser une découverte scientifique. *Protée*, vol. 16, n° 3, p. 17-25.
- JEANNERET Y. (1994). *Écrire la science. Formes et enjeux de la vulgarisation scientifique*. Paris : PUF.
- JURDANT B. (1973). *Les problèmes théoriques de la vulgarisation*. Thèse de doctorat de troisième cycle en psychologie, université Louis-Pasteur-Strasbourg I, Strasbourg.
- LARIVAILLE P. (1974). L'analyse morphologique du récit. *Poétique*, n° 19, p. 368-388.
- LATOUR B. & WOOLGAR S. (1988). *La vie de laboratoire*. Paris : Éd. La Découverte.
- LAUDAN L. (1977). *Dynamique de la science*. Mardaga : Bruxelles.
- MONGIN O. (1998). *Paul Ricœur*. Paris : Éd. Le Seuil.
- ORGBORN J. & MILLAR R. (1998). *Beyond science : Science education for the future*. London : King's College.
- OLSON D. (2005). *L'école entre institution et pédagogie*. Paris : Retz.
- ORANGE C. & ORANGE D. (1995). Géologie et Biologie : analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques. *Aster*, n° 21, p. 27-49.
- ORANGE-RAVACHOL D. (2003). Tendance à la « mise en histoire » par les élèves de lycée en science de la vie et de la Terre : étude de deux cas. *Actes du colloque de l'ARDIST*, ENFA-Toulouse, 8-11 octobre 2003, p. 293-300.
- PRACONTAL M. DE (1982). *L'émetteur en vulgarisation scientifique. Étude du système Sciences et vie*. Thèse de doctorat de troisième cycle, université Denis-Diderot-Paris 7, Paris.
- POPPER K. (1985). *Conjectures et réfutations*. Paris : Payot.
- POPPER K. (1991). *La connaissance objective*. Paris : Aubier.
- RAICHVARG D. (1993). *Science et Spectacles, figures d'une rencontre*. Nice : Z'édition.
- SCHIELE B. (1985). Vulgarisation et télévision. *Inf. Sc. Soc.*, vol. 25, n° 1, p. 189-206.

SÈVE P. (2001). La construction du réel chez l'enfant. *Lire écrire à l'école*, n° 12, p. 16-21.

SILVERSTONE R. (1998). Les espaces de la performance : musées, science et rhétorique de l'objet. *Hermès*, n° 22, p. 175-188.

VIENNOT L. (1993). Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique. *Didaskalia*, n° 1, p. 13-27.

La physique dans la culture scientifique : entre raisonnement, récit et rituels¹

Laurence Viennot, université Denis-Diderot-Paris 7, Paris,
laurence.viennotl@univ-paris-diderot.fr

Il ne va pas de soi, pour le moins, que se révèlent compatibles plusieurs attentes communément exprimées à propos de la culture scientifique : qu'elle s'étende au plus grand nombre, qui puisse donc y prendre plaisir, pour un exercice responsable de la citoyenneté, lequel suppose un esprit critique s'appuyant sur des éléments de raisonnement analogues à ceux de la science et sur une image raisonnablement fidèle de celle-ci, de ses modes de développement et de ses principaux acquis. Les ambitions des physiciens engagés dans des entreprises récentes de communication porteuses de telles ambitions seront évoquées puis mises en regard d'écueils susceptibles d'entraver l'accès des profanes au raisonnement, a fortiori à la pratique d'une analyse critique – au premier chef une mise en récit des phénomènes non éclairée par l'analyse de ses probables conséquences. La discussion des conditions d'optimisation – du point de vue du développement possible d'un raisonnement – de l'adaptation entre texte et public se centrera ensuite sur deux aspects : les grandes tendances du raisonnement commun, d'une part, la prégnance des conséquences de rituels d'enseignement en physique, d'autre part. Ces deux aspects sont en effet susceptibles d'influencer à leur insu auteurs et lecteurs. À titre d'indices expérimentaux, quelques résultats d'enquête auprès de publics peu spécialisés en physique viendront éclairer la question principale de ce texte : celle de la compatibilité entre démarche intellectuelle relativement exigeante et plaisir, alors même que ce terme semble davantage attaché à la mise en histoire de la science qu'à la pratique rigoureuse de ses acquis. L'intérêt de ne pas sous-estimer les capacités sur ce terrain de populations peu spécialisées est enfin discuté, et donc aussi celui de recherches ciblées sur la négociation qu'implique ce couple – raisonnement/plaisir – dans différents cadres de communication scientifique.

¹ Ce texte reproduit, à quelques modifications près, une communication présentée à la cinquième journée scientifique (8 mars 2006) de l'école doctorale « Savoirs scientifiques » de l'université Denis-Diderot-Paris 7 sur le thème : « Culture scientifique : définitions et évaluations » (organisation Cécile de Hosson).

Que ce soit sur le mode de l'affirmation optimiste ou celui de la dénonciation d'imposture, la culture scientifique se voit associée à quelques thèmes majeurs. Il s'agit (s'agirait ?) de la faire partager par tous, pour favoriser l'exercice de la responsabilité citoyenne, via le développement de l'esprit critique, ce qui doit se faire en évitant tout formalisme susceptible de faire rempart au partage de l'essentiel. Au tableau de ce cœur de culture, il faut compter la manière dont s'effectue – et s'est effectuée – l'activité scientifique, ainsi que les principaux acquis du moment. Certes, il n'y a pas trois mots dans les deux précédentes phrases qui n'aient fait couler des flots d'encre et animé autant de débats que d'espoirs, notamment depuis quarante ans, tant ils posent problème. Il n'est pas question, dans cette présentation, de résumer ce que des analyses philosophiques, sociologiques, linguistiques, historiques ont pu verser à de tels débats (voir par exemple une bibliographie thématique dans Jeanneret, 1994, p. 387).

C'est plutôt sur le terrain d'un relatif consensus que s'ancre ce texte. À lire Jurdant (1975, p. 149), qui parle ici de vulgarisation et de ses ambitions supposées, « celle-ci ne met en jeu pour ce faire, aucune contrainte particulière. La vulgarisation se targue d'offrir une science sans douleur. Cela est d'ailleurs conforme à sa vocation d'ouverture... ». Le partage de certains bénéfiques associés à la science par le plus grand nombre se conçoit en effet mal sans que s'y associe une dimension de plaisir. Or si le développement de l'esprit critique comme aptitude à détecter l'incohérence doit quelque chose à une certaine rationalité, et si celle-ci contribue aussi à l'image que l'on peut avoir de la science, alors il faut sans doute que le raisonnement ne soit pas le paria de la « mise en culture de la science » dont parle élégamment Lévy-Leblond (1986). Plaisir et raisonnement : un couple improbable ? Du moins s'agirait-il d'une alliance résolument réfractaire au large partage tant souhaité ? On ne répond pas à de telles questions par oui ou par non. Les reposer cache d'ailleurs, sans doute, quelque irrationalité, peut-être quelque chose de l'ordre du rêve ? Ainsi, ceux qui ont honoré l'année 2005 ou ses environs chronologiques d'un effort, il vaudrait peut-être mieux parler d'un élan, de rédaction ou d'organisation d'évènements souvent remarquable. Brezin explique, au moment de préciser les intentions du livre *Demain la Physique* (2004) : « Son ambition est de montrer que les questions posées ne sont pas l'effet d'un quelconque arbitraire mais d'une logique interne qui nous a conduits inmanquablement là où nous sommes [...]. Il nous a semblé qu'il était néanmoins possible de présenter en langage ordinaire, sans équations ni long investissement préalable dans la lecture d'ouvrages difficiles, les interrogations auxquelles sont confrontés les physiciens de notre temps ». Et Diu (2000), quelques années auparavant, revendique aussi des objectifs multiples et son refus de les opposer : « Voici un livre de physique, véritablement, volontairement, passionné, de vraie physique, sans faux fuyants ni faux semblants. Sa spécificité, toutefois, qui est aussi sa raison d'être, réside en ceci qu'il tente de présenter les sujets abordés – voilà sans doute une gageure – à un niveau accessible aux profanes ». Ce préambule pose avec une clarté toute particulière l'alliance de l'authentique et de la passion,

en matière de science : ni facilité ni douleur, au contraire : la passion... et en prime, on trouvera, dans l'ouvrage, la poésie.

Les réflexions qui suivent s'attachent au fonctionnement d'entreprises relevant d'un tel pari, ou de tentatives qui, même si elles s'en réclament un peu moins explicitement, montrent par leur qualité d'ensemble l'indéniable ambition de compléter le spectaculaire et le rêve par une double dimension de rationalité et d'accessibilité. La question est de savoir comment, engagé sur une telle voie, on peut augmenter les chances d'y progresser.

I. Raisonnement, rigueur : quelques points critiques

La terminologie, la sémiologie de la vulgarisation ont été au cœur d'études approfondies (voir notamment Jacobi, 1987). Métaphores, analogies et mélanges de genres s'imposent à l'analyse aussi bien comme candidats à la facilitation de la diffusion de la science que comme accusés potentiels de tous les détournements. Mais, ici, le curseur s'éloigne des questions de désignation ou d'évocation pour se rapprocher, en écho au titre de ce texte, de la mise en lien des arguments produits relativement à une question donnée. Quelques éléments relevés dans le type de texte ou d'entreprise pointé en introduction amorceront un questionnement sur les risques d'entrave à l'ambition supposée de l'auteur : donner ses chances à l'exercice du raisonnement.

Ce rapide listage, évidemment non exhaustif, sera suivi d'une analyse plus approfondie dans la suite du texte.

1.1. La question occultée

Une superbe expérience (en référence à celle de Fizeau, en 1849) a été réalisée à l'automne 2005 dans le ciel de Paris, dans le cadre de l'année mondiale de la physique : un faisceau laser vert partant de l'observatoire de Paris allait se réfléchir sur un miroir à Montmartre et revenait vers son site de départ où un dispositif adéquat permettait de mesurer la durée du voyage, et donc la vitesse de la lumière. Le site *AMP Ile de France* comme divers documents (Radvanyi, 2006 ; Bobin *et al.*, 2006) célébraient l'expérience et en expliquaient le principe, voire le dispositif. Une question pourtant ne figurait dans aucun de ces documents : le spectacle était superbe, mais comment donc pouvait-on voir ce trait d'un vert intense, à bords nets, dans le ciel de Paris ? Nous y reviendrons.

1.2. Explication ou tautologie ?

Supposons cette fois la question posée, par exemple celle de la raison pour laquelle la vitesse de la lumière dépend du milieu traversé. Dans un document visant l'information d'un large public, on lit : « *Dans un milieu transparent, comme le verre par exemple, la lumière se propage moins vite parce que son indice de réfraction*

est supérieur à celui de l'air » (Jacquier & Vannimenus, 2005, p. 6). Rien de faux dans chacune des affirmations constituant cette phrase, mais le « *parce que* » qui les relie n'est pas à prendre au pied de la lettre, car ces deux propositions signifient la même chose.

1.3. Les liens qui restent implicites

Un thème en faveur dans la diffusion des acquis récents de la science est celui des atomes que l'on dit froids. Dans la brochure déjà citée (Jacquier & Vannimenus, 2005, p. 16), on en apprend à ce sujet : « *Le prix Nobel a été décerné en 1997 à Claude Cohen Tanoudji, Steven Chu et Bill Phillips, pour avoir démontré le principe du refroidissement des atomes par laser à des températures extrêmement basses, de l'ordre du millième de degré au-dessus du zéro absolu. [...] Les atomes froids sont maintenant utilisés dans les horloges atomiques qui mesurent le temps avec une précision extraordinaire [...]* ». Affirmations tout à fait exactes, mais non reliées. Pour un physicien, il va sans dire qu'être froid signifie, s'agissant d'atomes, avoir une vitesse faible dans le référentiel d'étude. Mais un profane, pour reprendre le terme de Diu, aura plus de chance d'y comprendre quelque chose s'il est informé du lien ici implicite : « *L'intérêt des atomes froids, c'est donc qu'ils sont lents* », comme on pense bien à nous le dire à la page 136 de l'ouvrage *Demain la physique*, déjà cité.

1.4. Les liens niés

Les risques de paralysie du raisonnement sont majorés lorsque les affirmations présentées semblent concerner des phénomènes relevant chacun d'une modélisation différente. Ainsi peut-on lire dans un texte plus ancien (Maury, 1987, p. 44-45) : « *La pression du liquide sur les parois [...] est assez facile à comprendre [...] les molécules sont serrées... elles appuient dessus comme les voyageurs du métro. [...]. Pour le gaz, c'est moins facile... les molécules ne sont plus serrées du tout [...]. C'est en cognant la paroi et en rebondissant qu'elles appuient dessus* ». Le lecteur est prévenu d'une rupture dans l'explication, supposée « *moins facile* » pour les gaz. D'un modèle de tassement, répulsif, de corps compressibles en contact, on passe à celui d'une vision cinétique. Les molécules de liquide ne donneraient-elles lieu à aucune collision, ni donc à aucune pression dite cinétique ? Tel n'est pas du tout le cas, puisque celle-ci, typiquement mille fois supérieure à celle du gaz, n'est pas complètement annihilée par les forces attractives entre molécules de liquide. L'unicité du modèle de la théorie cinétique est ici battue en brèche, sans doute au nom de l'accessibilité.

1.5. Le raccourci qui peut suggérer l'incohérence

Autre exemple d'un choix de rédaction qui peut se discuter du point de vue de l'établissement de liens. L'impression d'incohérence peut surgir, cette fois, d'un raccourci susceptible de conduire à un rapprochement abusif. Il s'agit du « *rayonnement cosmique fossile [...] qui [...] baigne l'espace sans plus interagir avec la*

matière », la phrase suivante stipulant : « *c'est en 1964 qu'il fût découvert par hasard [...]* » (Diu, 2000, p. 280). Si l'on comprend, c'est-à-dire que l'on sait déjà, que la matière, désormais majoritairement neutre et globalement diluée, rencontrée par le rayonnement fossile affecte ce dernier infiniment moins que dans les premiers temps de l'univers, où tel n'était pas le cas, tout va bien. Mais, dans l'ignorance, on peut interpréter le premier énoncé comme celui d'une incapacité inhérente à ce rayonnement à interagir avec la matière : après tout, on a entendu dire que c'était le cas du neutrino ! Alors, la suite est incompréhensible, car on voit mal comment pourrait être découvert « *par hasard* » quelque chose qui n'interagirait pas, en l'occurrence, avec l'antenne de Penzias et Wilson.

1.6. Discussion

Ces quelques exemples illustrent des choix de rédaction dont il serait peu avisé de juger dans l'absolu, sans une double référence, d'une part à l'objectif de l'auteur, d'autre part au lecteur. Posant, à titre d'hypothèse, l'objectif de donner sa chance au raisonnement, reste à considérer le lecteur. Ce qui pour l'un constitue un raccourci dommageable sera décodé aisément par l'autre. Et il s'agit d'anticiper. C'est l'attitude que l'on peut saluer par exemple chez cet auteur prévenant, qui commente le très médiatique refroidissement des atomes par laser : « *[...] la découverte a priori paradoxale [...] qu'une utilisation judicieuse du laser peut permettre non pas de chauffer la matière mais de la refroidir à des températures proches du zéro absolu* » (Aspect et al., 2004, p. 134). À travers cette allusion à une difficulté éventuelle, le lecteur se voit crédité d'un souci de cohérence, s'agissant d'un objet qui sert le cas échéant à découper des matériaux et dont il a bien dû lire déjà quelque chose comme « *le faisceau laser est très puissant* » (Jacquier & Vannimenes, 2005, p. 4). Mais y a-t-il des constantes, au moins en probabilité, dans l'état intellectuel et les attentes de ce profane tant courtisé ?

2. L'état des profanes : les histoires en faveur

Un déterminant majeur de la lecture qu'un non spécialiste peut faire d'un message relatif à la science est depuis longtemps signalé. La « *connaissance commune* » dont Bachelard (1938) se fit l'analyste fût l'un des thèmes sources des études didactiques des trois dernières décennies sur les conceptions de ceux qui apprennent, c'est-à-dire des vues très répandues sur les concepts scientifiques et/ou la nature de la science dont les chercheurs ne situaient pas l'origine dans l'enseignement. Par exemple, on observe une tendance commune à réifier abusivement les concepts, typiquement un rayon lumineux compris comme un objet visible de partout, ou encore une image optique, comprise comme voyageant en bloc de la source aux autres éléments d'un parcours préférablement horizontal, jusqu'à un écran chargé de la recueillir (Viennot, 1996, chap. 2). Il n'est pas très risqué d'admettre que de telles tendances de pensée agissent comme des filtres,

sélectionnant en quelque sorte la partie du message compatible avec la bande passante personnelle du récepteur, ou, dans un langage moins évocateur de transmission unidirectionnelle, déterminent des résonances particulières.

En matière de raisonnement, une tendance commune majeure est de réduire de manière drastique l'analyse des dépendances fonctionnelles : une cause, un effet, tel est le schéma préféré en la matière. Ainsi en physique (on n'abordera pas ici d'autres domaines de choix de ce point de vue, telle l'économie) : « *La densité du gaz diminue donc sa pression diminue* », « *$U = RI$, la résistance augmente donc la tension U augmente* », quand ce n'est pas « *plus vite donc plus loin* », autant d'énoncés familiers qui ne disent rien de variables *a priori* pertinentes, respectivement la température du gaz, l'intensité du courant ou la durée du trajet. Et lorsque la multiplicité des variables est prise en compte, c'est une forme bien particulière qui structure le raisonnement commun : le raisonnement linéaire causal (Viennot, 1996, chap. 5 ; Viennot, 2004), dont les traits ont été dégagés sur la base des travaux de Fauconnet (1981), Closset (1983) et Rozier (1988).

En bref, le raisonnement commun adopte volontiers la structure d'une chaîne linéaire d'implications dont chaque maillon mentionne un seul phénomène (ϕ), portant sur l'évolution d'une seule grandeur : $\phi_1 \rightarrow \phi_2 \rightarrow \phi_3 \rightarrow \phi_n$. On retrouve là la réduction de l'analyse fonctionnelle déjà signalée. Mais un trait plus spécifique concerne le statut de la flèche ici chargée de symboliser le rapport entre deux phénomènes successivement évoqués dans la chaîne explicative. En effet, une flèche posée entre deux prédicats pourrait représenter une implication logique : « donc ». Autre éventualité : la flèche pourrait signifier le déclenchement d'un événement ultérieur, « ensuite ». Mais c'est en fait le confort d'une ambiguïté qui domine : alors ou *then* n'explicitent pas les parts respectives de l'implication logique et d'une chronologie subreptice (tableau 1).

Tableau 1. Plusieurs langues, même ambiguïté du terme de statut intermédiaire, lequel évoque à la fois, en proportion indéterminée, une implication logique et une succession chronologique

Statut ↓	Français	Anglais	Espagnol
Logique	donc	therefore	por eso
Intermédiaire	alors	then	entonces
Chronologique	ensuite	later on	despues

Or cette mise en récit de l'explication même suinte de divers indicateurs, notamment l'usage très fréquent du futur : « si la densité diminue, la pression va diminuer », et parfois elle s'affiche ouvertement dans les commentaires recueillis lors des enquêtes fondatrices de cette analyse. Cette forme de raisonnement en terme d'histoire a été observée chez les élèves et les étudiants, dans une étendue de contextes et avec des fréquences impressionnantes. Or, si ce schéma peut

convenir lorsqu'on analyse une chaîne d'évènements effectivement successifs, il s'oppose frontalement à la modélisation des évolutions de systèmes à plusieurs variables conduites sous l'approximation quasi-statique ou de régime quasi-permanent ; c'est-à-dire quand on considère que *plusieurs* variables, caractérisant chacune l'ensemble du système, évoluent (quasi) *simultanément* sous la contrainte *permanente* de quelques relations simples, lesquelles traduisent un état d'équilibre ou de régime permanent : typiquement, $PV = nRT$ (en notations habituelles) pour un gaz parfait, ou bien un bilan équilibré de flux énergétiques pour un bolomètre. On l'aura compris, les termes en italiques dans la phrase précédente sont dans un rapport d'opposition terme à terme avec cette fiche signalétique du raisonnement linéaire causal. Les évènements envisagés sont souvent décrits à l'aide d'une *seule grandeur*, et en tout cas simplement. Ces évènements sont, plus ou moins explicitement, compris comme *successifs* et donc comme *temporaires*, du moins leur *considération* est-elle *temporaire*.

Ce qui est englouti dans cette mise en histoire de l'explication, c'est l'approche élémentaire de phénomènes où l'on néglige les durées de propagation interne au système étudié par rapport à celles qui caractérisent son évolution globale. Et bien sûr, la simultanéité et la permanence passent à la trappe. Nous en verrons tout de suite des exemples.

L'influence de cette grille de lecture peut se mesurer sur la base d'un résultat déjà ancien (Rozier & Viennot, 1991) concernant un texte scolaire (Valentin, 1983) qui propose une première approche d'un phénomène : les changements d'états d'un corps entre phases gazeuse, liquide et solide : « *L'énergie d'agitation que possède en moyenne chaque molécule est suffisante pour empêcher les molécules des gaz [...] de se lier les unes aux autres : [...]. Mais, si l'on abaisse la température, le système pourra se liquéfier et même se solidifier. Ces phénomènes surviennent quand, à force de diminuer la température, les molécules ont une énergie cinétique moyenne si basse qu'elles ne peuvent plus résister à l'attraction électromagnétique qu'elles exercent les unes sur les autres : elles commencent par s'agglutiner dans l'état liquide et finissent par se lier dans l'état solide* ».

L'analyse qui précède met en alerte, et fait craindre un malentendu. En proposant une affirmation fautive aux étudiants et en leur demandant s'ils pensaient que le texte scolaire suggérait cette affirmation, il a été possible de confirmer ces craintes. Sur 181 étudiants de première année universitaire, la cible du livre, 77 % ont dit que le texte suggérait l'affirmation, que voici : « *À un instant donné de la liquéfaction, l'énergie cinétique moyenne d'une molécule du gaz est supérieure à celle d'une molécule appartenant au liquide (liquide et vapeur sont en équilibre thermique à l'instant considéré)* ». Il importe de dire que, par ailleurs, 80 % considéraient cette affirmation comme exacte. Tout de même, il est impressionnant de voir à ce point mal compris un auteur que l'on ne peut soupçonner de ne pas connaître le principe d'équipartition de l'énergie, et qui d'ailleurs, au revers de la page, précise très

clairement qu'à l'équilibre, les énergies cinétiques moyennes par particule sont égales dans les deux phases. Mais on remarque que le texte est marqué par une succession d'indicateurs de chronologie : « *Si... pourra... quand... à force de... ne peuvent plus... commencent par... finissent par...* ». Cette structure peut se schématiser par la chaîne suivante :

(gaz) T diminue → E_c (énergie cinétique moyenne) diminue → les interactions gagnent → état liquide → [...] → état solide.

La tendance commune à mettre du temps dans l'explication trouve ici un terrain de choix. Le texte peut alors être lu comme une histoire. Au début de l'histoire : le gaz. Plus tard : le liquide. Entre-temps : la diminution de la température, puis celle de l'énergie cinétique moléculaire moyenne, forcément plus basse à la fin de l'histoire.

Cet exemple, au moins, conforte l'hypothèse que la structure de raisonnement préférée, en règle générale, par les profanes n'est pas sans lien avec ce qu'ils comprennent d'un message en rapport avec la science. C'est aussi l'occasion de remarquer que l'effet est sans doute d'autant plus fort que l'auteur lui-même s'est, en quelque sorte, mis en résonance avec les caractères du raisonnement commun. C'est là un trait très fréquent chez qui souhaite être entendu sans douleur, pour reprendre l'expression de Jurdant (1975), et même avec bonheur, en donnant à l'auditeur ou au lecteur l'impression de comprendre l'essentiel, à travers une histoire.

3. Auteurs (comme enseignants) : tendances à surveiller

3.1. Mise en résonance avec les tendances communes du raisonnement : des histoires trop simples

L'exemple précédent le suggère bien, les tendances du raisonnement commun s'invitent volontiers comme inspiratrices du style vulgarisant, pour dire vite. Voilà donc une indication beaucoup moins triviale que l'impératif de tenir compte de la cible. Les tenants du savoir, dans l'habit duquel nous nous glissons lorsque nous commençons un ouvrage de vulgarisation, ne sont pas exempts de tendances dont il vaut mieux être averti, pour une meilleure maîtrise de nos effets. Quelques exemples pour appuyer cette idée.

En matière de raisonnement commun, et de caractéristique probable des profanes, la tendance à traiter abusivement les concepts comme des objets ordinaires est l'une des plus manifestes. Du côté des auteurs, il n'est certes pas dit que la lumière se voit de profil, comme un train que l'on verrait passer. Mais ne pas dire comment se voyait le faisceau vert qui tranchait le ciel parisien de l'automne 2005 (Radvanyi, 2006 ; Bobin *et al.*, 2006), n'est-ce pas faire comme s'il se voyait parce qu'il était là ?

Le raisonnement à une seule variable, quant à lui, est une ressource précieuse souvent surexploitée. Dans un texte (Maury, 1989, p. 27) révisé depuis, on pouvait lire : « *Les avions volent très haut, à une altitude où les molécules sont beaucoup moins nombreuses et donc la pression de l'air extérieur sur le hublot est beaucoup plus faible qu'au niveau de la mer* ». Quelques pages plus loin, s'agissant d'une montgolfière, on précisait que chauffer l'air interne avait pour effet que celle-ci contenait « *de moins en moins d'air* ». La simple cohérence suggère qu'alors l'air est moins dense et donc la pression plus faible, hypothèse fatale à la sustentation du bel objet. Bien sûr, c'est un autre chemin qu'empruntait ensuite l'explication proposée, en référence au principe d'Archimède. La cohérence semble ainsi bien souvent mise entre parenthèses, au profit d'explications au coup par coup.

Enfin et surtout, la structure chronologique des explications communes trouve à s'ancre dans nombre de propositions vulgarisantes. Relisons un auteur déjà cité (Diu, 2000, p. 280) qui évoque le « *rayonnement cosmique fossile, que l'expansion de l'univers a abandonné sur le bord de la route, il y a de cela une dizaine de milliards d'années, et qui, depuis, baigne l'espace intersidéral sans plus interagir avec la matière* », ajoutant : « *c'est en 1964 qu'il fût découvert par hasard – par deux radioastronomes qui cherchaient autre chose* ». Le squelette chronologique de ce passage comporte ces trois épisodes : le rayonnement interagit avec la matière → l'expansion l'a abandonné → il baigne l'espace (depuis). Comment le profane peut-il percevoir la permanence de l'expansion, et le constant refroidissement du rayonnement ? Comprendra-t-il que les quelques 2,7 °K que l'on mesure actuellement n'ont vraiment pas de raison de perdurer ? L'effet de ce texte n'a pas été évalué et dépend évidemment du public. Soulignons simplement que la question mérite attention.

Autre exemple de permanence en danger d'oubli : la serre.

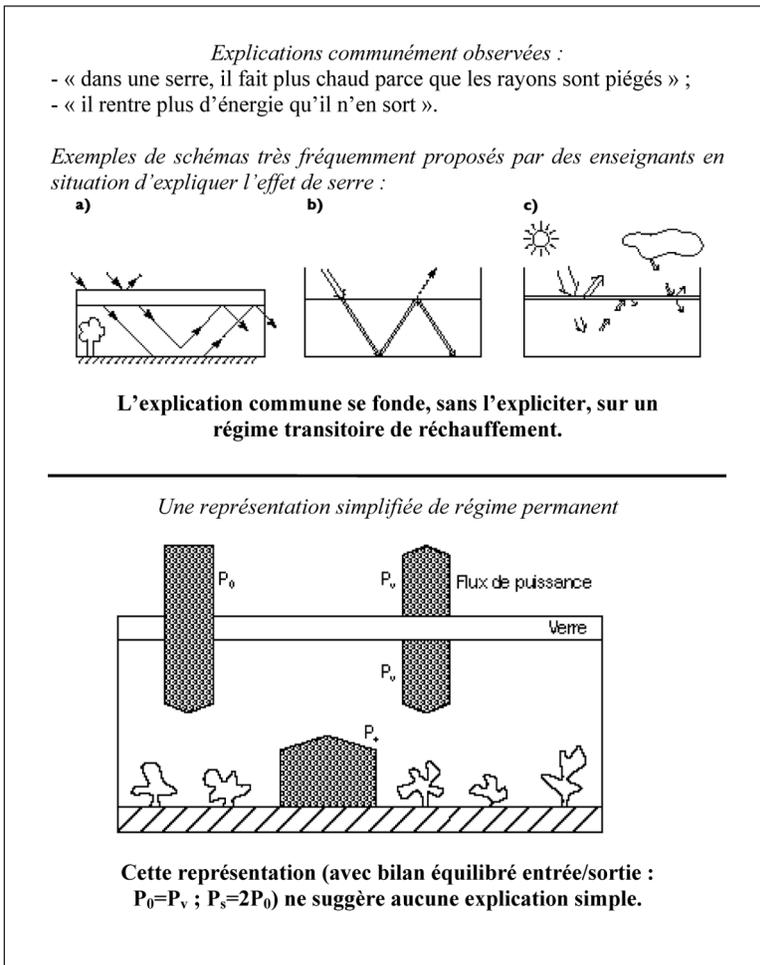
La figure 1 (Viennot, 1996, p. 125) présente des commentaires et schémas très communément produits avec la visée d'expliquer l'effet de serre. Lorsqu'on imagine un lieu où « *il rentre plus d'énergie qu'il n'en sort* », on est facilement convaincu qu'il y fera vite chaud... très chaud même, si cela dure. Et d'ailleurs, cela ne peut pas durer, du moins indéfiniment. Le verre de la serre, bénéficiaire d'un tel surplus d'énergie, va monter en température jusqu'à ce qu'il rayonne, par rayonnement du corps noir, autant d'énergie qu'il en rentre du fait de la transparence de ce matériau dans la partie visible du spectre de la lumière reçue. Ce régime (quasi-) permanent se déplace au gré des conditions météorologiques... et de l'arrivée de la nuit, qui commence par un régime transitoire au cours duquel il sort plus d'énergie qu'il en rentre.

Les conseils d'un inspecteur général de physique se porteront, eux, sur le régime permanent dont un modèle très simplifié complète la figure 1, car l'équilibre du bilan permet de calculer la température à l'intérieur de la serre, bon problème de concours. On le constate aussi, la représentation du régime permanent est frustrante sur le terrain de l'explication : comment en est-on venu là ? Par un

régime transitoire : voilà pourquoi ce dernier occupe tout le devant de la scène explicative... sans se présenter comme tel, et le problème est là.

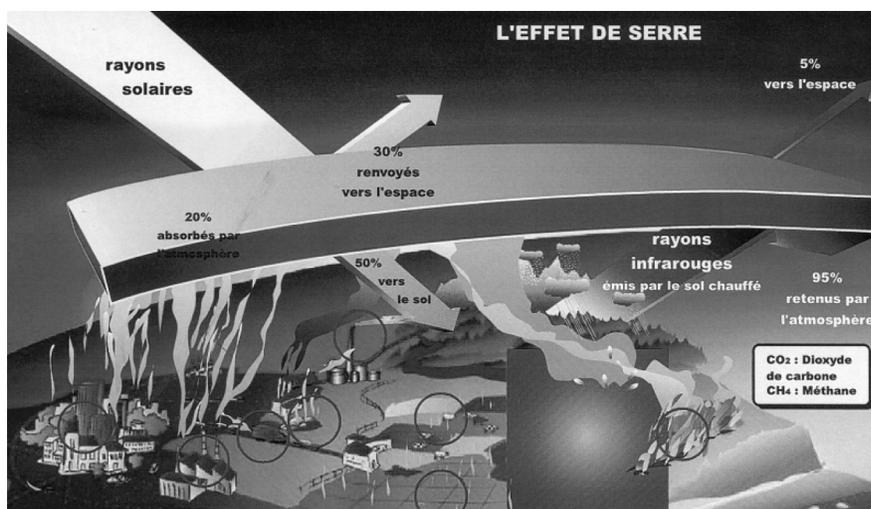
En cela, le site du CEA² s'aligne sur tant et tant de documents lorsqu'il propose celui représenté en figure 2. L'idée de relative stabilité est évoquée à travers plusieurs mentions de la « température moyenne », qui grâce à l'effet de serre est très vivable, et a un peu augmenté au siècle dernier. Mais rien ne nous avertit que le document reproduit en figure 2 ne représente pas une permanence des flux énergétiques, et que la Terre n'est pas vouée à une explosion aussi imminente que ne le suggère le déséquilibre figuré sur ce document.

Figure 1. Un régime permanent de non équilibre : contraste entre analyses
(Viennot, 1996, p. 125)



2 Disponible sur Internet : <http://www.cea.fr/fr/pedagogie/EffetDeSerre/eds.htm> (consulté le 8 février 2007).

Figure 2. Document figurant sur le site du CEA, visant l'explication de l'effet de serre



3.2. L'impact durable des rituels d'enseignement

Moins subtils, d'autres effets sont susceptibles d'affecter le discours ou les productions de scientifiques s'attachant à diffuser quelque chose de la science. Il s'agit des habitudes acquises sur les bancs de l'école et de l'université, reflets de celles de nos propres enseignants. Quelques exemples, là encore. Il est rituel, et d'ailleurs sans conséquence lourde comme il faut le reconnaître, d'affirmer que la diffraction s'observe pour des ouvertures dont le diamètre est « proche de la longueur d'onde » (voir par exemple Réflexiences, 2005, p. 6). Imaginons seulement (suffit-il de ne pas y penser ?) ce que seraient nos efforts de travaux pratiques s'il fallait utiliser des fentes de largeur de l'ordre du demi micron ! Heureusement qu'un facteur mille assure des flux lumineux plus raisonnables, tout en autorisant l'étude de diffraction. Autre refrain, pourtant dénoncé depuis longtemps (voir Chauvet, 1994, p. 17) : « *En optique, fréquence équivaut à couleur* » (Diu, 2000, p. 242). On va même jusqu'à parler, comble de négation du biologique, de « *couleurs invisibles à l'œil nu* »³, alors que la couleur est une réponse perceptible à la lumière reçue, nullement en relation biunivoque avec la fréquence. Ainsi on peut voir du jaune sans qu'aucune fréquence jaune ne soit présente dans le spectre de la lumière reçue. Quant à trouver une fréquence magenta...

Un autre rituel mérite qu'on s'y attarde (Viennot, 2005a, 2006). La montgolfière en est l'occasion. Comme sujet d'exercice classique (pas seulement en France, voir Ogborn & Whitehouse, 2001, p. 104), elle est souvent accompagnée d'une affirmation

³ Disponible sur Internet : http://www.inrp.fr/lamap/?Page_Id = 10 & Action = 2 & Element_Id = 498 & DomainScienceType_Id = 14 (consulté le 8 février 2007).

du type : « *la pression de l'air intérieur est la même qu'à l'extérieur, quelle que soit sa température* », au motif que l'enveloppe est ouverte à sa base. Hypothèse inquiétante si on la prend au pied de la lettre puisque alors chaque portion de l'enveloppe ne serait soumise à aucune force résultante de la part de l'air interne et externe. Il resterait le poids du matériel (P), provoquant une inexorable chute. La survivance de cette hypothèse, ou plutôt de cette formulation laxiste (on pourrait plus justement parler de pressions moyennes très voisines), tient à l'habitude de traiter ce sujet via le théorème d'Archimède, ce qui évite de se poser la question des forces agissant localement sur l'enveloppe, tout en conduisant à un calcul simple et efficace des densités et des masses gazeuses pertinentes. Comme thème de vulgarisation, la montgolfière fait à l'occasion l'objet du même traitement : « *la montgolfière étant ouverte, la pression de l'air qu'elle contient est la même que celle de l'air qui l'entoure* » (Maury, 1987, p. 67). La force de l'habitude... celle-là même qui explique sans doute que, lors de l'étude récente déjà citée (Viennot, 2005a, 2006), sur 61 enseignants stagiaires en deuxième année d'IUFM, à qui il a été demandé par questionnaire écrit s'ils modifieraient ou préciseraient la rédaction d'un tel exercice, aucun n'a détecté l'absurdité potentielle soulignée ici.

4. Exigence intellectuelle et plaisir

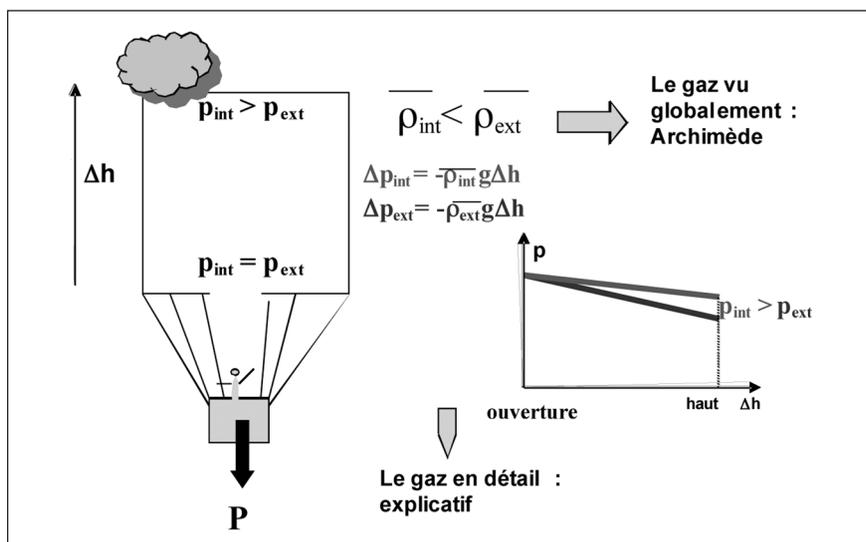
Certes, pourrait-on dire, plus de rigueur ne nuirait pas. Mais voilà le spectre d'une physique rébarbative qui se profile à l'horizon. Et puis, est-ce si grave, de faire quelques approximations ici ou là ? Il en faut bien, évidemment, pour ne pas se paralyser... Considérons pourtant le dernier exemple présenté. En suggérant que les pressions internes et externes sont égales partout et implicitement homogènes, on n'est pas simplement en train de passer sous silence une quatrième décimale sans importance, on nie le principe de la sustentation : l'existence de gradients de pression. Le théorème d'Archimède n'est jamais que l'expression intégrale des effets de tels gradients. La figure 3 récapitule une approche plus exigeante mais toutefois accessible, fondée sur la différence des gradients de pression intérieur et extérieur (respectivement Δp_{int} et Δp_{ext}), elle-même due aux différences de masse volumique moyenne (respectivement ρ_{int} et ρ_{ext}) : de bas en haut, la pression diminue moins vite à l'intérieur qu'à l'extérieur car l'air y est plus chaud et donc moins dense. Là réside l'explication du fait que la pression, est, sauf à l'embouchure, plus grande à l'intérieur qu'à l'extérieur, à une altitude donnée (notamment en haut de l'enveloppe), assurant ainsi la sustentation de l'ensemble. Pour faciliter la compréhension de cette explication, la modélisation proposée attribue à la montgolfière une forme cubique, évidemment peu usuelle, afin d'éviter à la personne qui chercherait à en tirer bénéfice l'effort d'une sommation périlleuse des actions locales. La valeur nulle de la résultante des forces de pression sur la paroi horizontale basse, la compensation des actions sur les parois verticales et l'effet nécessairement déséquilibré des forces de pression s'exerçant sur la paroi horizontale haute ne sont en effet pas apparus comme des obstacles lors des expérimentations réalisées à l'aide de cette modélisation.

Celles-ci ont impliqué, d'une part, des enseignants en exercice et, d'autre part, des étudiants très peu spécialisés en physique. En effet, au cours de l'étude citée plus haut (Viennot, 2005a, 2006), 15 enseignants en stage de formation continue sur le thème des relations mathématique-physique, qui n'avaient pas plus que leurs collègues débutants, détecté l'hypothèse problématique, se sont vu ensuite proposer un exposé oral, en groupe, de l'analyse résumée en figure 3. Ils ont tous répondu alors positivement (tous avec un indice de conviction de 3 ou 4 sur une échelle de 1 à 4) à une question écrite leur demandant s'ils pensaient que cette discussion valait la peine d'être menée.

En revanche, cette unanimité disparaît pour la deuxième question posée, concernant la valeur potentielle d'un tel débat pour des étudiants de classe terminale ou de première année universitaire. Certains commentaires suggéraient que ce qui était bon pour les enseignants ne l'était pas pour des élèves de terminale. Une consultation en tout début de première année universitaire scientifique, dans le cadre de la même étude, relativise ce pessimisme au moins pour ce niveau. Lors d'une série de 15 entretiens individuels d'une demi-heure, tous les étudiants concernés, qui eux non plus n'avaient pas su critiquer l'hypothèse discutée ici, ont jugé cette discussion accessible et importante à mener, sans s'arrêter à sa durée non négligeable. Un traitement en groupe en troisième année universitaire (licence de sciences physiques) a donné lieu au même jugement, oui cela vaut la peine d'y consacrer ce temps (le même qu'en entretien, soit environ une demi-heure), chez 18 des 21 étudiants présents, dont 17 répondaient (sur question explicite) y avoir pris un réel plaisir (coté 3 ou 4 sur une échelle de 1 à 4).

Figure 3. Éléments pour comprendre la sustentation d'une montgolfière

(La montgolfière est représentée avec une forme cubique pour faciliter la compréhension de l'effet des forces de pression sur l'enveloppe, voir le texte)



Plus récemment, Mathé (2006) a mis en œuvre une étude analogue portant sur des étudiants encore moins spécialisés en physique. Sur les dix étudiants consultés (5 en troisième année universitaire et visant le professorat des écoles ou un travail de médiateur scientifique [licence de sciences fondamentales et appliquées] ; 5 en master I BioGéoMedia [quatrième année universitaire] visant une profession de médiateur ou de journaliste scientifique), 9 concluent l'entretien en affirmant que le temps passé en valait la peine (la dixième avait retenu son interlocutrice pratiquement une heure !) et tous parlent du plaisir éprouvé avec une conviction qu'ils cotent 3 ou 4 sur une échelle de 1 à 4. Au moins peut-on dire que le jugement, rituel lui aussi, selon lequel « *les étudiants n'ont pas l'esprit critique* » mérite approfondissement. Pris en défaut de détection spontanée de l'incohérence, comme les enseignants consultés d'ailleurs, certains ont la lucidité de pointer une condition pour accéder au plaisir d'une analyse exigeante mais satisfaisante : « [...] *pourvu qu'on nous l'enseigne* » (licence de sciences physiques, Viennot, 2006), ou encore : « *je préfère qu'on m'aide à chercher plutôt que me dire "c'est ça et c'est tout"* » (licence de sciences fondamentales et appliquées, Mathé, 2006). Et c'est avec une saine révolte que d'autres expriment, parlant de l'explication à laquelle ils viennent d'accéder, leur frustration rétroactive : « *pourquoi est-ce la première fois que quelqu'un me dit ça ?* » (licence de sciences physiques, Viennot, 2006). Entendons-nous bien : ce n'est sans doute pas le manque de connaissances formelles qu'ils reconnaissent comme réhibitoire, puisque leurs acquis leur ont parfaitement suffi à saisir que, avec la même pression de chaque côté d'une portion d'enveloppe, on ne peut espérer une résultante ascensionnelle. C'est plutôt d'une libération du jugement qu'il s'agit, comme le souligne bien Mathé, quand au fil de l'entretien, elle observe que ses interlocuteurs cessent progressivement de se préoccuper de leurs souvenirs pour mettre en œuvre leur propre réflexion (Mathé, 2006, p. 30).

5. Remarques finales

Y aurait-il donc plus de place que l'on ne le croît pour le raisonnement dans la relation que souhaite établir avec des profanes, telle est du moins leur visée affichée, bon nombre de promoteurs de la culture scientifique ? Certes, c'est un abord bien restreint qu'adopte ce texte. D'abord, il y est question de profanes qui auraient acheté un livre, lu une brochure, une explication sur un site Internet, ou d'étudiants certes très peu spécialisés en science, mais enfin d'étudiants tout de même. Ensuite, on y parle de physique exclusivement, discipline qui ne couvre pas à elle seule, et de loin, le terrain de la culture scientifique. Enfin, on peut toujours dire que les exemples sont anecdotiques et les effectifs consultés en enquête peu ou pas assez représentatifs, quoique...

Pour tirer profit des réflexions qui précèdent, il importe sans doute de les voir moins comme un état des lieux que comme des éléments à méditer si l'on

ambitionne de donner ses chances au raisonnement du lecteur, de l'auditeur, de l'interlocuteur.

L'état des lieux, selon cet axe d'analyse s'entend, mériterait d'être fait en plus ample format. Il est étonnant que ne soit pas plus utilisé le terme raisonnement (entre autres exceptions : Jeanneret, 1994, p. 162, 165, 168) sous des plumes très autorisées en matière d'analyse des processus relatifs à la culture scientifique.

Les exemples présentés ici avaient pour but d'illustrer des choix possibles, tout en s'appuyant sur des productions qui sont sans doute loin d'être toutes délibérées. On peut décider de signaler des questions qui se posent (pourquoi voit-on le faisceau laser ?) même sans y répondre⁴, d'explicitier des liens que notre vocabulaire professionnel déguise (ces atomes froids dont l'intérêt est qu'ils sont lents), de dire le soi-disant évident, telle la permanence de l'expansion de l'univers, de reconnaître le surprenant, tel le fait que ces lasers notoirement synonymes de puissance participent à un refroidissement, d'admettre que certains phénomènes ne sont pas déterminés par une seule variable, alors que tant d'énoncés le suggèrent à tort. Mais aussi, on décide d'autant plus lucidement que l'on est averti de ses propres tendances, dont l'élémentaire humilité impose d'admettre qu'elles sont probablement très largement partagées. Au moins deux sources à ce jugement : l'existence des tendances communes du raisonnement, qui ne concernent pas seulement les novices en science (Viennot, 1996), et la résistance impressionnante de rituels d'enseignement qui traversent niveaux scolaires et frontières (Viennot, 2006). Sur le premier point, la prédilection du raisonnement commun pour la mise en histoire des explications, prédilection partagée par nombre d'auteurs, nous vaut moult présentations en forme d'enchaînements cause effet d'évènements simples et temporairement considérés. Englouties le cas échéant dans de telles entreprises : la (quasi-) permanence des phénomènes et la multiplicité des facteurs intervenant de concert. Les aspects réputés explicatifs ne sont pas confrontés à l'analyse de bilans dans la durée, ni situés explicitement dans leur registre propre, celui des régimes transitoires : les serres explosives sont légion, à prendre les explications proposées au pied de la lettre et surtout dans la durée. Il arrive que ce format de présentation s'adapte très bien au sujet traité, quand on choisit de mettre l'accent sur les aspects transitoires, justement, mais il est à mettre sous haute surveillance. On peut faire beaucoup de choses en matière d'explication, mais le raisonnement y gagne quand l'auteur explicite à quel jeu il joue.

En matière de rituels, l'une de ces pratiques usuellement non discutées illustre ici les bénéfices que peut entraîner une attitude critique. « *Les étudiants*

⁴ En l'occurrence, la diffusion Rayleigh par les molécules de l'air joue un rôle crucial dans la netteté du faisceau vert (une fréquence favorable pour ce phénomène) observé, netteté que la diffusion par les poussières, rituellement invoquée, expliquerait mal à elle seule.

en sont incapables », entend-on dire souvent. À ce compte, les enseignants non plus, puisque, à l'unanimité des groupes consultés, ils laissent passer dans l'énoncé d'un exercice une hypothèse hasardeuse, au mieux d'une dommageable ambiguïté. Là encore, ce n'est pas tant la critique qui importe que les ouvertures qui peuvent s'organiser vers plus de raisonnement et, il est temps de réintroduire ce terme, de plaisir. C'est bien cette cooccurrence, pourtant réputée improbable, dont témoignaient les personnes très peu spécialisées en physique qui se sont vues incitées à analyser pourquoi une montgolfière tenait en l'air, ceci sur la base de deux dépendances linéaires dont il fallait comparer les coefficients. Le modèle qui leur était proposé était certes simplifié, car adapté à l'interlocuteur, mais respectait l'essentiel du phénomène. Plus exigeante que l'usuelle canalisation vers une résolution type (sur la base du théorème d'Archimède), l'approche adoptée n'a pas rebuté, bien au contraire. Ceux qui ont dit avoir apprécié le bénéfice de l'effort requis et du temps passé, que ce soit en entretien individuel ou en situation d'enseignement normale, ne sont pas loin de constituer l'intégralité de l'effectif consulté, et les jugements rétroactifs sont sévères : « *pourquoi est-ce la première fois que l'on me dit ça ?* ». Il est remarquable de voir le basculement d'attitude de personnes au départ crispées sur leurs souvenirs défailants et qui, au fil de la discussion, s'autonomisent et réalisent qu'elles ont des choses à dire, des questions pertinentes à poser, ceci sur la base de leurs connaissances préalables qui se révèlent bien suffisantes pour l'exercice, certes très encadré, de l'analyse critique.

On ne peut pour autant nier la difficulté. Ce n'est pas sans raison que l'alliance du raisonnement et du plaisir semble un peu contre nature, même si on rebaptise le second terme de façon plus spécifique et plus adaptée : satisfaction intellectuelle. C'est que les réussites dans ce domaine ne s'obtiennent pas sans beaucoup d'attention. Longue est la liste des petites manipulations soi-disant illuminantes, des images chocs, des explications vibrantes, qui sont des impasses pour le raisonnement. Puisqu'il s'agit ici de choix, on peut faire celui de privilégier illuminations, chocs et vibrations émotionnelles – soit dit sans ironie. Mais si l'on vise, pour le profane, la satisfaction de sentir qu'il raisonne et qu'il en recueille les fruits (Viennot, 2005b), il est sans doute indispensable d'avoir une conscience précise des aspects quelque peu techniques évoqués plus haut. Certes, mettre en histoire, c'est toujours un peu mettre en familiarité, même s'il s'agit d'évolution stellaire. Pour autant, il faut savoir détecter et hiérarchiser les éventuelles conséquences – sur le plan de la cohérence – des scénarios explicatifs de trame exclusivement linéaire causale.

Affermir et préciser ces conclusions demande, il va sans dire, plus de recherche, d'autant que l'étude du couple raisonnement/satisfaction intellectuelle, en référence à la sociodiffusion de la science, est encore peu développée à ce jour. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ASPECT A., BALIAN R., BALIBAR S., BREZIN E., CABANE B., FAUVE S., KAPLAN D., LÉNA P., POIRIER J.-P. & PROST J. (2004). *Demain la physique*. Paris : Éd. Odile Jacob.
- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BOBIN J.-L., LEQUEUX J. & TREPS N. (2006). C'était à Paris. *Bulletin de la Société Française de Physique*, n° 153, p. 31.
- CHAUVET F. (1994). *Construction d'une compréhension de la couleur intégrant sciences, techniques et perception : principes d'élaboration et évaluation d'une séquence d'enseignement*. Thèse de doctorat de l'université Denis-Diderot-Paris 7, Paris.
- CLOSSET J.-L. (1983). *Le raisonnement séquentiel en électrocinétique*. Thèse de troisième cycle de l'université Denis-Diderot-Paris 7, Paris.
- DIU B. (2000). *Traité de physique à l'usage des profanes*. Paris : Éd. Odile Jacob.
- FAUCONNET S. (1981). *Étude de résolution de problèmes : quelques problèmes de même structure en physique*. Thèse de troisième cycle de l'université Denis-Diderot-Paris 7, Paris.
- FRANCE : ministère de l'Éducation nationale, de la Recherche et de la Technologie (1998). L'effet de serre. In *Programmes et Accompagnement du cycle central (5^e, 4^e)*. Paris : CNDP, p. 92-93.
- JACOBI D. (1987). *Textes et images de la vulgarisation scientifique*. Berne : Peter Lang.
- JACQUIER B. & VANNIMENUS J. (2005). *La lumière et la matière*. Paris : EDP Sciences.
- JEANNERET Y. (1994). *Écrire la science*. Paris : PUF.
- JURDANT B. (1975). La vulgarisation scientifique. *La Recherche*, n° 53, p. 141-155.
- LÉVY-LEBLOND J.-M. (1986). *Mettre la science en culture*. Nice : Anais.
- MATHÉ S. (2006). *L'esprit critique d'étudiants peu spécialisés en physique, avant et après mise en alerte*. Mémoire de master 2 didactique des disciplines, université Denis-Diderot-Paris 7, Paris.
- MAURY J.-P. (1987). *L'atmosphère*. Paris : Palais de la Découverte : Hachette.
- MAURY J.-P. (1989). *La glace et la vapeur, qu'est-ce que c'est ?* Paris : Palais de la Découverte.
- OGBORN J. & WHITEHOUSE M. (éd.) (2001). *Advancing physics A2*. Bristol: Institute of Physics Publishing.
- RADVANYI P. (2006). Un rayon vert dans la nuit blanche. *Bulletin de la Société Française de Physique*, n° 152, p. 32.
- RÉFLEXIENCES (2005), n° 2.
- ROZIER S. & VIENNOT L. (1991). Students' reasoning in elementary thermodynamics. *International Journal of Science Education*, vol. 13, n° 2, p. 159-170.
- ROZIER S. (1988). *Le raisonnement linéaire causal en thermodynamique classique élémentaire*. Thèse de doctorat de l'université Denis-Diderot-Paris 7, Paris.
- VALENTIN L. (1983). *L'univers mécanique*. Paris : Hermann.
- VIENNOT L. (1996). *Raisonnement en Physique*. Bruxelles : de Boeck.

- VIENNOT L. (2004). Raisonnement commun en physique : relations fonctionnelles, chronologie et causalité. In L. Viennot & C. Debru (éd.). *Enquête sur le concept de causalité*. Paris : PUF, p. 7-29.
- VIENNOT L. (2005). Les valeurs de la science. *Science et Avenir*, hors-série, n° 144.
- VIENNOT L. (2005, in press). Teaching rituals and students' intellectual satisfaction: What can we do? *Word View on Physics Éducation in 2005*. ICPE : International Conference Physics Education, University of New Delhi (Miranda House, convener Pratibha Jolly). London: World Scientific Publishing Co.
- VIENNOT L. (2006). Teaching rituals and students' intellectual satisfaction. *Physics Education*, n° 41, p. 400-408.

Des mises en histoire aux savoirs scientifiques : le cas de lycéens confrontés à quelques problèmes de tectonique des plaques

Denise Orange-Ravachol, IUMF des Pays-de-la-Loire ; CREN, EA 266 I, université de Nantes, Nantes ; denise.orange@paysdelaloire.iufm.fr

Plusieurs travaux de didactique des sciences montrent que les élèves recourent spontanément à des mises en histoire simples pour expliquer et que cette façon de faire est à la fois une aide et une entrave à la construction de savoirs scientifiques. Dans cette contribution, nous approfondissons ces aspects pour quelques problèmes des sciences de la Terre. En nous plaçant dans le cadre théorique de la problématisation, nous analysons deux situations de classe en première scientifique (élèves de 16-17 ans) choisies parce qu'elles conduisent les élèves à articuler au moins deux phénomènes géologiques : la première porte sur l'expansion des fonds océaniques et la sédimentation qui les affecte ; la seconde concerne l'explication de la répartition des volcans et des séismes. Comment les élèves s'arrangent-ils d'histoires qui s'entrecroisent ? Quelles articulations du temps et de l'espace font-ils ? À quelles conditions peuvent-ils se dégager d'une mise en histoire simple ? Les résultats de nos recherches mettent en valeur l'importance de la prise en charge conjointe de problèmes géologiques ne se produisant pas aux mêmes échelles de temps et d'espace.

Quelle est la place des récits et des mises en histoire dans les sciences de la Terre ? Nous savons que ces sciences tentent d'expliquer le fonctionnement actuel de la Terre mais aussi de reconstituer son histoire. Mais il y a histoire et histoire. L'histoire révolue de la Terre est unique, et son approche difficile. Les géologues se heurtent au problème du repérage et de l'interprétation des traces du passé, de même qu'à leur caractère lacunaire. Il y a donc une porte ouverte à certains récits, dans ce qu'ils offrent de possibles non contrôlés, même si le principe de l'actualisme prémunit de fantaisies géogonistes¹. Il est en effet « le pont qui permet à notre imagination de se transporter du présent jusqu'au passé et d'évoquer, avec une

¹ Nous faisons référence aux très spéculatives *Théories de la Terre* du xvii^e et du xviii^e siècle.

certaine confiance dans son exactitude, la vision de faits qu'aucun œil humain n'a contemplés » (Hooykaas, 1970, p. 11).

À la suite d'autres travaux en didactique des sciences (Viennot, 1993 ; C. Orange & D. Orange, 1995), nous avons pointé la tendance des lycéens confrontés à des problèmes géologiques et biologiques à expliquer par des mises en histoire : avant apprentissage, leurs productions langagières explicatives ont une dimension narrative (D. Orange, 2003, 2004 ; D. Orange & Guerlais, 2005). Nous avons également montré que cette inclination joue un rôle paradoxal dans l'appropriation de savoirs scientifiques : elle permet et elle entrave la problématisation du fonctionnement et de l'histoire des systèmes complexes (comme le sont la Terre ou ses parties).

Les reconstitutions historiques de la géologie étant pour partie des récits, nous voulons approfondir les fonctions d'aide et d'obstacle de la mise en histoire dans les apprentissages en sciences de la Terre au lycée. Nous situons nos recherches dans une tension entre un pôle mise en histoire qui relèverait de la pensée commune, et un pôle problématisation qui positionnerait dans le champ des sciences. Après avoir rappelé le cadre théorique de nos recherches, nous étudierons comment les lycéens (16-17 ans) s'inscrivent dans cette tension dans quelques cas. Dans le cadre paradigmatique de la tectonique des plaques, nous avons retenu un premier cas où il s'agit d'articuler deux processus géologiques, l'expansion et la sédimentation océaniques : nous nous demandons si la difficulté de se sortir de la mise en histoire n'y est pas plus marquée que lorsqu'on s'intéresse à un seul processus. Les repères construits dans cette première étude seront repris et questionnés ensuite dans l'analyse d'une situation de classe où les élèves disposent d'une marge de manœuvre plus importante pour combiner un ensemble de phénomènes géologiques.

I. Mise en histoire, activité scientifique et problématisation

Bruner (1991, 2002) met en valeur l'importance du récit dans la psychologie populaire : « *C'est le médium que nous préférons, pour le meilleur et pour le pire* » (2002, p. 78). Et il ajoute que nos histoires font mieux que raconter : « *elles imposent leur structure, leur réalité contraignante à ce que nous vivons* » (*ibid.*, p. 78). Il n'est donc pas étonnant que, en classe de sciences, les productions langagières avant apprentissage des élèves aient la forme d'une mise en histoire, tant cette forme est prégnante dans la pensée commune.

Les travaux qui comparent sciences et mythes (Popper, 1985 ; Jacob, 1981) complètent cette analyse. Popper écrit que ce que nous appelons science se distingue des mythes qui l'ont précédée non parce qu'elle en est différente dans la forme (il s'agit bien toujours de raconter une histoire) mais parce qu'il s'y ajoute un corrélat, la prise en compte critique de cette histoire par la discussion :

« *Je te conte ce récit, mais dis-moi ce que tu en penses. Médite-le et peut-être pourras-tu m'en donner une version différente* » (Popper, 1985, p. 193). Dans le sillage de Popper, Jacob caractérise les sciences par la recherche d'explications et précise que « *La démarche scientifique confronte sans relâche ce qui pourrait être à ce qui est* » (1981, p. 30). C'est dire qu'élaborer une explication scientifique du réel exige d'envisager des possibles (la fiction s'y emploie aussi), mais aussi des impossibles.

Le point de vue de la construction de problème, dans lequel nous nous situons (Bachelard, 1938 ; Fabre, 1999 ; C. Orange, 2000, 2002), met en avant le fait que les savoirs scientifiques rompent avec la pensée commune et ont une certaine apodicticité. Nous ne nous focalisons donc pas sur les seuls points de départ (les problèmes pris en charge) et d'aboutissement de l'activité scientifique (les explications vues comme des solutions). Nous attachons de l'importance à ce qui se joue entre la position du problème et sa résolution, que nous comprenons comme une problématisation explicite : pour un problème explicatif donné, il s'agit de construire des contraintes (contraintes théoriques et empiriques) et des possibles et, par une mise en tension de ces contraintes, d'établir les nécessités pesant sur le modèle (on dit aussi les conditions de possibilité du modèle). Seuls sont recevables les modèles qui répondent à ces nécessités. Le savoir scientifique est alors représenté par la solution au problème (le modèle explicatif) et les nécessités qui la sous-tendent : c'est un savoir apodictique (savoir que mais aussi savoir pourquoi il est impossible qu'il en soit autrement).

Dans le champ des sciences de la Terre où nous nous situons, la distinction entre explication et récit n'est pas aisée du fait notamment de la composante historique de ces sciences. Compte tenu de ces caractéristiques et des développements précédents, nous choisissons de les considérer en interaction plutôt que de les opposer. Mais nous souhaitons maintenir une vigilance de tous les instants vis-à-vis du sens commun et de l'expérience sensible qui éloignent de la science. Bruner et Bachelard nous alertent à ce sujet : le premier note que « *Le sens commun croit dur comme fer que la forme de l'histoire n'est rien d'autre qu'une fenêtre ouverte sur la réalité, et non un moule qui lui impose sa forme* » (Bruner, 2002, p. 10) et il souligne l'ancrage fort de la fiction sur le familier : « *lorsque nous inventons les mondes possibles de la fiction, nous ne quittons jamais vraiment l'univers qui nous est familier* » (*ibid.*, p. 82) ; le second met en avant le fait que la pensée scientifique se construit en quittant l'empirisme immédiat : « *dans la connaissance vulgaire, les faits sont trop tôt impliqués dans des raisons. Du fait à l'idée, le circuit est trop court* » (Bachelard, 1938/1986, p. 44).

Caractériser la forme des mises en histoire, interroger leurs potentialités en matière de problématisation, mesurer leur distance au familier, en matière de temps notamment, voilà des questions qui peuvent nous guider dans l'étude des productions explicatives des lycéens.

2. L'expansion et la sédimentation océaniques par les lycéens

Pour questionner la mise en histoire dans ses rôles d'aide et d'obstacle à la construction de savoirs scientifiques, nous nous proposons d'étudier une situation de classe où des lycéens de première scientifique (16-17 ans) prennent en charge la reconstitution du passé d'un océan et le fonctionnement de la zone d'une dorsale.

2.1. Le savoir savant en matière de fonctionnement et d'histoire d'un fond océanique

Pour les experts, une dorsale océanique représente une frontière entre deux plaques lithosphériques divergentes et « *un centre d'accrétion, le long duquel se produit l'expansion continue du plancher océanique* » (Juteau & Maury, 1999, p. 6). Du magma formé par fusion partielle de péridotite à la verticale de son axe (vers 50-60 km de profondeur) remonte et se solidifie, participant ainsi à l'agrandissement continu de la croûte océanique (basaltique vers le haut et gabbroïque vers le bas), quand de la péridotite résiduelle contribue à édifier la partie basale mantellique de la plaque. Cette continuelle accrétion axiale se fait tandis que les plaques adjacentes s'écartent, dans une dérive latérale de part et d'autre de l'axe de la dorsale. Ainsi, le fond océanique se renouvelle à partir de la dorsale, sans que jamais ne s'installe une béance au niveau de son axe.

Dans leur partie supérieure basaltique, les fonds océaniques sont un lieu de dépôt de sédiments océaniques. Comme ces fonds sont en renouvellement et migration continuels, leur couverture sédimentaire est d'autant plus épaisse qu'ils sont plus anciens, donc éloignés de l'axe de la dorsale².

Le problème de la reconstitution de l'histoire d'un fond océanique impose donc d'articuler deux grands types de processus, l'accrétion/dérive et la sédimentation, continus dans le temps³ mais distincts dans l'espace, et tous deux repérables et quantifiables dans leur expression actuelle. La recherche de l'histoire passée (comme celle de l'histoire future) sont envisageables grâce à l'application conjointe de deux lois d'évolution intemporelles. À l'axe d'une dorsale, à tout moment, il y a accrétion/dérive, c'est-à-dire formation de fond océanique et double dérive des pans nouvellement formés. En tout point du fond océanique et à tout moment, il y a de la sédimentation. Le dépôt qui s'effectue à un moment donné se superpose au dépôt du moment précédent.

En résumé, si nous nous plaçons dans le cadre du fonctionnement en routine⁴ d'un océan, la reconstitution de l'histoire de son fond relève plus

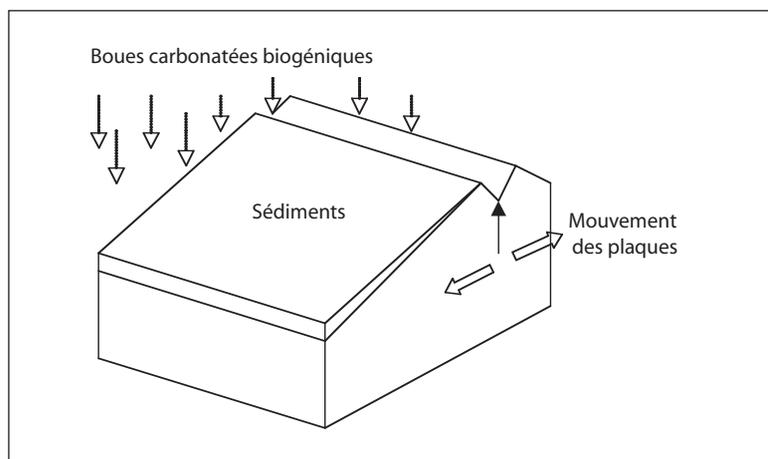
2 Nous ne prendrons pas en considération dans cette étude les phénomènes de dissolution qui peuvent affecter l'épaisseur de la couverture sédimentaire.

3 Gohau (1990, p. 235) souligne que « *la tectonique des plaques vient à l'appui du continuisme* ». Nous en avons ici un exemple.

4 Nous nous limitons au fonctionnement en routine d'un océan. Mais on pourrait l'intégrer dans un fonctionnement crustomantellique plus général, mobilisant cycles (cycles de la croûte océanique ou de la lithosphère océanique), catastrophes (catastrophe au sens de Thom ; changement du régime de convection mantellique) et évolution géochimique du manteau.

d'une explication fonctionnaliste déterministe que d'une explication historique. Les chercheurs raisonnent simultanément sur l'accrétion/dérive et sur la sédimentation et leurs travaux donnent à voir une complexité des objets géologiques et du temps. Les plaques prennent le statut d'objet physiquement et structurellement dynamiques. Elles marquent le temps horizontalement, comme si l'on pouvait dessiner deux flèches temporelles horizontales, divergentes, mais ayant la même origine (l'axe de la dorsale ; âge zéro = actuel). La couverture sédimentaire est un objet ubiquiste mais biseauté en direction de l'axe de la dorsale (figure 1). Elle marque le temps verticalement et horizontalement : nous pouvons imaginer une flèche temporelle verticale, pointant vers le bas, et dont l'origine (âge zéro = actuel) est au fond de l'eau. Mais, selon l'endroit considéré, cette flèche dont l'actuel est toujours au fond de l'eau, ne conduit pas au même âge des plus vieux sédiments : sur le fond basaltique, les sédiments sont d'autant plus anciens qu'ils sont loin de l'axe de la dorsale. De cette façon, la sédimentation marque également le temps horizontalement.

Figure 1. Biseau de sédimentation dans la zone axiale de la dorsale
(d'après Pomerol et al., 2005, p. 251)



Dans le cadre de la théorie de la tectonique des plaques, reconstituer les fonds océaniques à différents moments du passé, c'est construire, tout à la fois, la nécessité d'un fond océanique plus étroit et celle d'un dépôt sédimentaire moins épais et biseauté en allant vers l'axe de la dorsale. C'est donc nécessairement s'affranchir de la linéarité d'une mise en histoire simple faite de séquences s'enchaînant dans un syncrétisme de temps (et puis) et de causalité (à cause de) au profit d'une articulation de séquences synchrones.

On sait la tendance des lycéens à transformer le simultané en séquentiel. Comment vont-ils s'emparer de la reconstitution du passé d'un océan ?

2.2. La reconstitution de l'histoire d'un fond océanique par les élèves de lycée

• Présentation de la situation de classe

Nous avons demandé à des élèves de deux groupes de première scientifique (16-17 ans ; un groupe de 22 élèves et un groupe de 16 élèves) d'établir les grands traits de l'histoire des fonds de l'océan Atlantique. L'activité proposée comprend plusieurs étapes et fournit différents supports (représentation d'un fond océanique basaltique avec la répartition des anomalies magnétiques, coupes géologiques transversales de l'Atlantique, carte de l'Atlantique – nord). Elle comprend deux temps forts successifs : une reconstitution de l'Atlantique à différentes époques (il y a 135 millions d'années [MA] et il y a 65 MA), par découpage de coupes du plancher actuel, où sont mentionnés des âges croissants du basalte à mesure que l'on s'éloigne de la dorsale et une prise en charge de la question de la sédimentation. Il est demandé aux élèves de représenter la couverture sédimentaire des fonds océaniques basaltiques sur les trois coupes transversales d'un fond océanique pris à différentes époques (il y a 135 MA, il y a 65 MA, actuellement). Les figurés des sédiments, qui correspondent aux fourchettes de temps de leur dépôt, sont imposés. Ils sont différents des figurés qui datent le fond basaltique, afin d'éviter des confusions, mais ils correspondent aux mêmes fourchettes de temps. C'est pour nous un moyen de voir comment dans une même durée sont pris en considération les processus d'expansion et de sédimentation océaniques.

Cette situation met les élèves devant une tâche les conduisant à une sorte de récit (une bande dessinée) quand les scientifiques, on l'a dit, sont souvent dans une approche fonctionnaliste. La difficulté ici vient de l'articulation des deux phénomènes (accrétion/dérive et sédimentation). La situation pousse les élèves à mettre en histoire pour les contraindre à entrer dans les problèmes qu'elle pose.

• Méthodologie d'analyse des productions des élèves

Par découpage, les élèves reconstituent sans problème le fond basaltique de l'Atlantique à différentes époques du passé. Cela montre qu'ils se sont appropriés le modèle d'expansion océanique à partir de l'axe de la dorsale. Mais un doute subsiste quant à l'appropriation par tous de l'accrétion. La conception commune du volcanisme aérien est en effet prégnante dans certaines productions : elle se traduit par l'épanchement de coulées de laves sur les flancs de la dorsale.

Après une phase de mise en commun/correction de ce premier travail, les élèves prennent en charge individuellement la question de la sédimentation. Ce sont leurs productions écrites, au nombre de 38, que nous allons maintenant étudier. Leur mise en catégories repose sur l'analyse du savoir savant (voir précédemment) et sur la mise en correspondance des réponses des élèves et de la réponse attendue (une superposition de couches sédimentaires de plus en plus étendues). Plusieurs critères nous guident :

– y a-t-il superposition (S) ou juxtaposition (J) des couches sédimentaires d'âges différents sur le fond basaltique ? ;

– lorsque la superposition (S) existe, a-t-on :

* superposition de couches d'autant plus étendues qu'elles sont récentes (S ++) ? ;

* superposition de couches de même étendue quel que soit leur âge (S =) ? ;

* une représentation en biseau des couches sédimentaires du côté de l'axe de la dorsale (SB) ?

Ces critères doivent permettre de cerner la façon dont les élèves ont considéré l'espace de la sédimentation (ubiquiste : on aura S ; ou localisée : on aura J) et son déroulement dans le temps (continuité : on aura des biseaux ; ou séquentialité : on aura des couches de même épaisseur). Ils doivent permettre également d'évaluer le degré d'articulation du processus sédimentaire au processus d'accrétion/dérive.

• Mise en catégories des réponses des élèves

En mobilisant les critères précédemment définis, nous parvenons à définir quatre catégories de réponses d'élèves (tableau 1).

La quasi-totalité des 38 productions des élèves de première scientifique étudiées se répartit dans deux catégories (J, S ++ et non SB) et aucune d'elles n'envisage, à la manière des chercheurs, une couverture sédimentaire biseautée (S ++ et SB). En nous basant sur des réponses prototypiques, ce sont ces catégories que nous allons étudier maintenant, dans les liens qu'elles entretiennent avec des mises en histoire.

• Plusieurs mises en histoire d'élèves

La catégorie I (J) regroupe les réponses dans lesquelles :

– il y a *juxtaposition* de sédiments d'âges différents sur le fond basaltique. La zone basaltique datée de 135 à 190 MA porte uniquement des sédiments de cet âge ; la zone basaltique datée de 65 à 135 MA porte uniquement des sédiments de cet âge... ;

– il n'y a pas de sédiments d'âges différents superposés. Sur quelque verticale où l'on se place, on ne trouve, en âge, qu'un seul type de sédiment.

Dans ce type de réponse, tout se passe comme si la formation de la couverture sédimentaire se faisait en totalité juste après la formation du plancher océanique (une sorte de couverture sédimentaire « livrée avec »).

Les coupes de la figure 2 illustrent cette catégorie J (Juxtaposition).

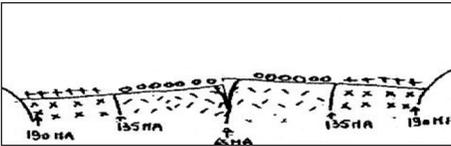
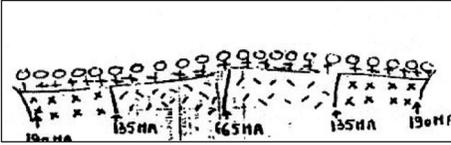
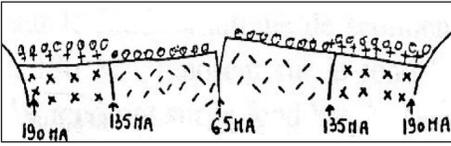
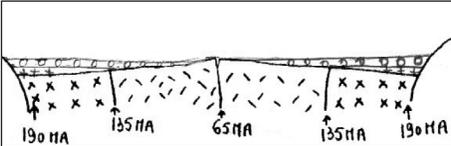
Mettons en texte le fonctionnement du fond océanique que sous-tend ce type de schémas. Cela oblige à convoquer une succession d'épisodes qui se reproduisent cycliquement. Il y a :

– formation d'une bande basaltique ;

- sédimentation sur cette bande ;
- formation d'une bande basaltique ;
- sédimentation sur cette bande ;
- et ainsi de suite.

Nous remarquons que les caractéristiques spatio-temporelles du deuxième phénomène, à savoir la sédimentation, ne sont pas prises en compte.

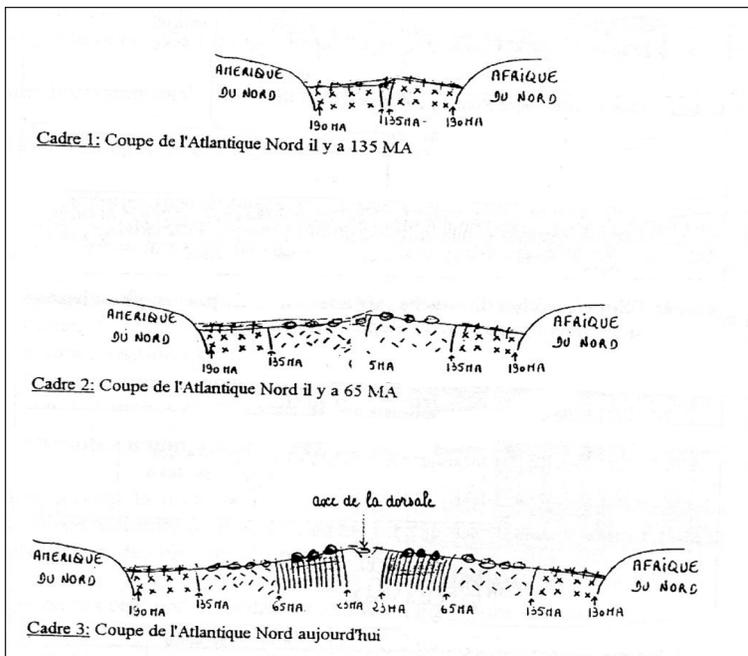
Tableau I. Les grandes catégories de réponse en matière de sédimentation océanique

Catégories	Caractéristiques des réponses	Nombre de réponses
Catégorie 1 : (J)	<p>Il y a « juxtaposition » de sédiments d'époques différentes sur le fond océanique.</p> 	21
Catégorie 2 : (S =)	<p>Il y a une superposition de couches sédimentaires de même extension (elles recouvrent la totalité du fond océanique) quel que soit leur âge*.</p> 	3
Catégorie 3 : (S ++ et non SB)	<p>Il y a une superposition de couches sédimentaires d'autant plus étendues qu'elles sont plus récentes. Ces couches ne sont pas biseautées.</p> 	13
Catégorie 4 : (S ++ et SB)	<p>Il y a une superposition de couches sédimentaires d'autant plus étendues qu'elles sont plus récentes. Ces couches sont biseautées en direction de l'axe de la dorsale.</p> 	0
		38**

* Une de ces réponses parle d'éparpillement des sédiments au fond des océans.

** Une réponse, difficilement interprétable, n'a pas pu être classée.

Figure 2. Catégorie J : juxtaposition de sédiments d'époques différentes sur le fond océanique (21 réponses sur 38)



Pour la catégorie 3 (S ++ et non SB), ces réponses, que les coupes de la figure 3 illustrent, sont repérables par :

- une *superposition* (S ++) de sédiments de plus en plus jeunes et de plus en plus étendus quand on s'élève à la verticale à partir du fond basaltique ;
- une absence de figure en *biseau* (B) des couches sédimentaires du côté de l'axe de la dorsale.

La mise en texte permet de rendre compte du fonctionnement de ces schémas. Nous obtenons l'histoire suivante, une histoire cyclique :

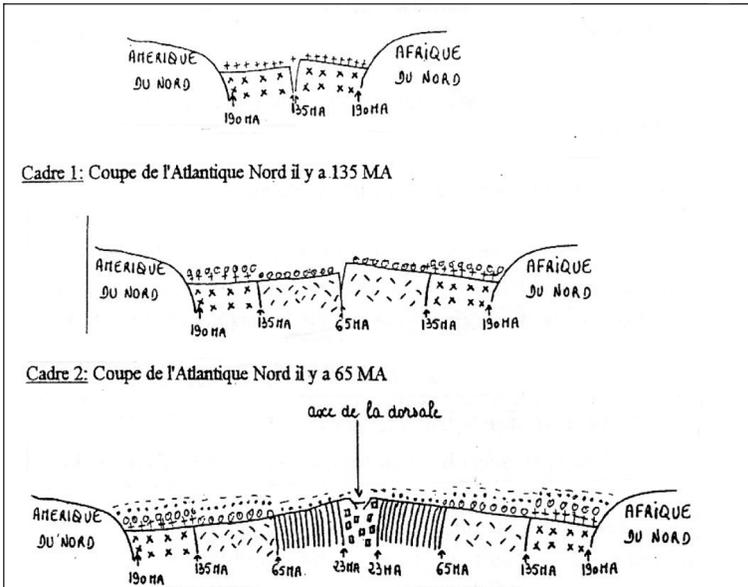
- formation d'une nouvelle bande basaltique ;
- sédimentation sur tout le fond océanique existant ;
- formation d'une nouvelle bande basaltique ;
- sédimentation sur tout le fond océanique existant ;
- et ainsi de suite.

• Deux catégories fondamentales de pensée des élèves

L'activité que nous venons d'étudier, à savoir la reconstitution de la couverture sédimentaire du fond océanique à différentes époques, était suivie dans la foulée d'une dernière activité à réaliser toujours individuellement : placer les sédiments

sur une carte de l'Atlantique-nord, tels qu'on pourrait les voir de dessus. Nous obtenons deux grandes catégories de réponses. Les réponses (figure 4a) où le fond océanique vu de dessus ne montre que les sédiments récents. Ils masquent de fait des sédiments plus anciens : « si on regarde juste au dessus de la roche basaltique on verra des sédiments d'âge différents mais si on regarde juste à la surface des sédiments on trouvera des sédiments très récents » a écrit un élève près de sa carte (Julien). Et les réponses (figure 4b) où le fond océanique, vu de dessus, montre une juxtaposition de bandes de sédiments d'âges différents. Les justifications lient l'âge des sédiments à leur distance à l'axe de la dorsale : « plus l'on s'éloigne de l'axe de la dorsale et plus les sédiments sont anciens » (Maria).

Figure 3. Catégorie S ++ et non SB : superposition de couches sédimentaires de plus en plus étendues mais sans biseaux (13 réponses sur 38)



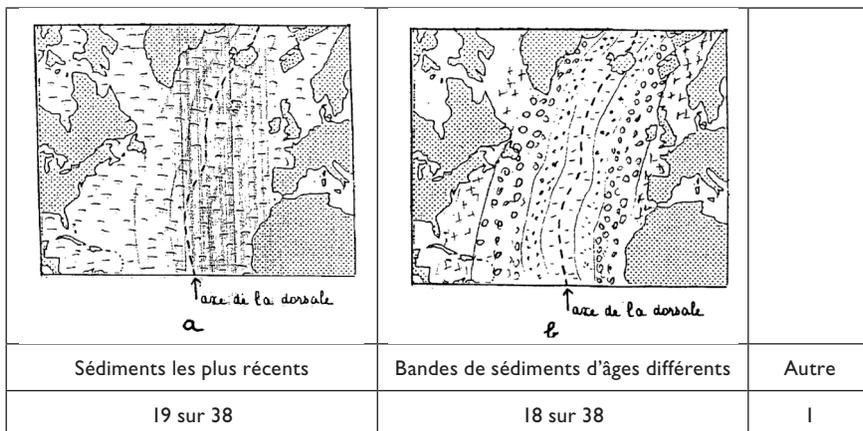
Nous avons croisé les réponses sur coupes (catégories S ++ et non SB ; catégorie J) et les réponses sur carte. Le tableau 2 rend compte des résultats obtenus.

Tableau 2. Croisement des réponses sur coupes et des réponses sur carte

Carte	Coupes	Superposition (S ++ et non SB)	Juxtaposition (J)	
Superposition		12*	4	16
Juxtaposition		0	17	17
		12	21	33

* Une réponse S ++ pour les coupes et énigmatique pour la carte n'a pas été comptabilisée.

Figure 4. Deux types de réponse en matière de sédimentation océanique
(vue de dessus)



Nous remarquons que les réponses des élèves présentent une grande cohérence : le type de réponse produit par un élève à l'activité précédente se retrouve dans cette nouvelle activité. Les élèves (J) répondent en juxtaposition de tranches sédimentaires sur une carte des fonds océaniques et les élèves (S ++ et non SB) persistent à être S puisqu'ils placent au fond de l'eau la couche sédimentaire la plus récente. Devant ces résultats, nous sommes conduit à penser qu'il y aurait chez les élèves deux catégories fondamentales de pensée quant à l'articulation dans le temps et dans l'espace des processus de dérive/accrétion et de sédimentation océaniques. Elles se traduisent toutes deux par des enchaînements d'épisodes, des mises en histoire qui ne sont pas tout à fait semblables.

2.3. Résultats et discussion

La reconstitution de l'histoire des fonds océaniques ne pose pas de véritable problème aux lycéens : le fonctionnement en double dérive latérale semble maîtrisé tout comme son extrapolation dans un passé plus ou moins lointain. Mais cette apparente aisance n'est pas sans laisser poindre des conceptions décalées par rapport à celles des chercheurs et des écarts de problématisation en rapport avec le temps : il y a de fausses ressemblances avec les scientifiques quand les élèves sont capables de réaliser une datation relative des différentes parties d'un fond océanique mais se représentent le magmatisme d'une dorsale à la manière du volcanisme aérien ; il y a de vraies différences quand il s'agit d'articuler des processus inscrits dans des histoires spatio-temporelles différentes comme c'est le cas des processus de dérive/accrétion et de sédimentation⁵. Détaillons un peu ces aspects.

⁵ C'est aussi le cas de la conjugaison de l'histoire des anomalies magnétiques à la dérive/accrétion, étudiés par ailleurs (recherche en cours).

• **La difficulté à penser et à représenter la continuité des processus**

Nous constatons que, dans une proportion non négligeable, les élèves reconstituent le fonctionnement et le passé d'un océan par séquentialisation de l'accrétion/dérive et de la sédimentation plutôt que de les envisager synchrones et continus. Que leur proposition s'inscrive dans la catégorie (J) ou (S ++ et non SB), il y a pour eux :

– une histoire séquentielle de l'accrétion/dérive : formation d'une bande basaltique ; interruption de l'épisode basaltique du fait de l'épisode sédimentaire ; épisode basaltique ; interruption de l'épisode basaltique du fait de l'épisode sédimentaire ; etc.

– une histoire séquentielle de la sédimentation : interruption de la sédimentation du fait de l'épisode basaltique ; épisode sédimentaire ; interruption de la sédimentation du fait de l'épisode basaltique ; etc.

Autrement dit, les lycéens transforment deux phénomènes simultanés en une succession de séquences avec interruption rythmique de chacun des processus. Le « en même temps » de la dérive/accrétion et de la sédimentation devient « et puis » et « chacun son tour ». C'est donc que les élèves n'ont pas l'idée d'une réalisation continue et synchrone des processus. Ils lui substituent un déroulement alternatif et saccadé.

Compte tenu des situations étudiées et devant ces résultats, on pourrait objecter que l'absence de traduction en biseaux de la sédimentation dans les productions des élèves est à mettre en rapport avec le découpage du temps en tranches (voir les figurés) ou avec la petitesse des supports. Mais comme aucune justification écrite ou orale des élèves ne fait référence explicitement à de la continuité, il nous est difficile de retenir ces explications.

• **La difficulté des élèves à articuler deux phénomènes simultanés**

Dans l'histoire (S ++ et non SB), l'accrétion est comprise de la même manière que la sédimentation (par formation rythmique de nouvelles bandes ou de nouvelles couches), mais la sédimentation concerne à chaque fois tout le fond océanique. Au contraire, dans l'histoire (J), cette dernière prend le statut local de l'accrétion (elle se cantonne à l'axe de la dorsale). Cela veut dire qu'une histoire, l'histoire basaltique, tire l'autre (l'histoire sédimentaire) dans sa suite. C'est donc en termes d'espace que l'histoire (J) se démarque de l'histoire (S ++ et non B) : dans l'histoire (J), la sédimentation se calque sur l'accrétion/dérive. Tout se passe comme si le fonctionnement (et le mouvement) du fond basaltique conditionnait(ent) et situait(ent) la sédimentation. Il reste cependant à interroger le lien qui unit ces deux fonctionnements. Est-ce une succession simple (*post hoc*) ou de la causalité simple (*propter hoc*) ?

2.4. Conclusion

En résumé, les élèves substituent le temps séquentiel de mises en histoire, vues comme des enchaînements d'épisodes, à la continuité et à la simultanéité de la dérive/accrétion et de la sédimentation. C'est une façon d'articuler le temps et l'espace qui est

différente de celle des scientifiques. Si elle n'est pas recevable, c'est parce qu'elle réduit le temps des processus à une seule dimension spatiale et aussi parce qu'elle ne questionne pas la raison de l'alternance des épisodes. Ce sont autant de caractères qui trahissent la pensée commune, soucieuse de rendre compte efficacement de résultats.

Comme, dans de nombreux problèmes géologiques, il est question de combiner plusieurs processus (magmatisme, sédimentation, mouvements...), nous nous sommes demandée dans quelle mesure cette tendance des élèves à expliquer par des mises en histoire, bien identifiée pour le cas de l'accrétion/sédimentation, se retrouvait ailleurs et à quelles conditions il était possible de la dépasser. D'où une nouvelle étude de cas, au même niveau d'enseignement et avec une autre classe, où le problème explicatif est à voir à l'échelle du globe. Notre but est de questionner les figures de combinaison de processus du point de vue de la mise en histoire et de la problématisation, donc de leur rapport au temps.

3. L'explication de la répartition des volcans et des séismes par les lycéens

3.1. La situation étudiée et le corpus de données

La situation de classe étudiée maintenant se situe au début du traitement du thème général de sciences de la Terre de la classe de première scientifique intitulé « *Structure, composition et dynamique de la Terre* ». Dans le thème retenu, les programmes indiquent que « *la tectonique des plaques et les modèles de la structure et de la dynamique interne de la Terre fournissent un cadre de réflexion qui s'enrichit et évolue au fur et à mesure de l'accumulation des données* » (France : MEN, 2000, p. 11). C'est un cadre qui, compte tenu des programmes antérieurs⁶, est pour partie connu des élèves.

Après avoir établi collectivement les grandes caractéristiques de la répartition des volcans et des séismes récents et actuels à la surface du globe, les 32 élèves d'une classe de première scientifique⁷, répartis en groupes de 4, prennent en charge l'explication de ces répartitions. Chaque groupe produit une affiche portant un (des) schéma(s) explicatif(s) assorti(s) éventuellement d'un court texte. Vient ensuite, et cela s'est fait par demi-classe au cours d'une séance de travaux pratiques, un moment où chaque groupe présente son travail aux autres. Chaque exposé est suivi d'un moment de débat.

Cette situation est pensée pour permettre aux élèves de se réinscrire dans le cadre général de la théorie de la tectonique des plaques et de mettre en jeu leurs conceptions sur l'organisation et le fonctionnement du globe terrestre. Elle se démarque de celle que nous venons d'étudier précédemment pour plusieurs raisons. Tout d'abord, elle concerne la Terre entière et non plus une de ses zones.

⁶ Nous pensons notamment au programme de sciences de la vie et de la Terre du cycle central du collège.

⁷ Il s'agit d'une classe de première scientifique du lycée Montesquieu du Mans. Nous remercions Valérie Royer, professeur de SVT de cette classe, de nous avoir permis de travailler avec ses élèves.

Ensuite, elle cherche à expliquer des phénomènes observables (volcans et séismes) connus des élèves. Enfin, elle donne aux élèves la possibilité de choisir et de combiner des phénomènes géologiques (volcanisme, formation des chaînes de montagnes...) et des éléments du modèle plaquiste.

Quelles combinaisons et articulations de phénomènes les élèves réalisent-ils ? Quelles parts de mises en histoire ou de problématisation mettent-ils en jeu ? Comment ces mises en histoire et ces problématiques évoluent-elles au cours du débat ?

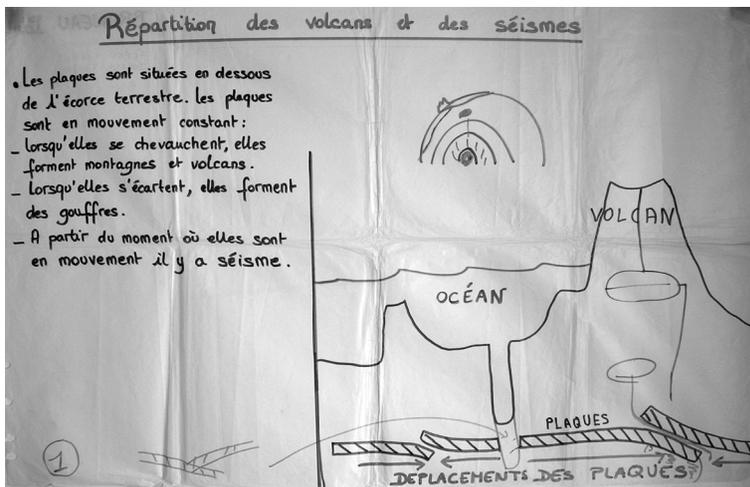
Cette deuxième étude de cas s'appuie sur un corpus comprenant les 8 affiches des groupes, l'enregistrement et la transcription de deux groupes au travail (un par demi-classe), l'enregistrement et la transcription de la séance de présentation/débat (durée de chaque séance : 2 heures) de chaque demi-classe. Dans cette contribution, nous limitons notre analyse à la production du groupe 1 de la première demi-classe et au long débat (45 minutes) qui a suivi sa présentation à la classe. Le professeur ayant fait le choix de peu s'impliquer, nous pensons que ce moment d'échanges donne à voir des modes de raisonnement spontanés des élèves.

3.2. Les combinaisons de problèmes et de phénomènes réalisées par les élèves

Dans le prolongement de notre première étude, où l'expansion des fonds océaniques était combinée à celle de la sédimentation, tentons d'identifier les combinaisons réalisées ici par les élèves et les liens qu'elles entretiennent avec la mise en histoire et la problématisation.

Figure 5. L'affiche du groupe 1

Le schéma en bas à gauche, la coupe de la Terre sous le titre et les poches de magma ont été ajoutés par les élèves au cours du débat.



• Caractérisation de l'explication du groupe I

La séance commence par la présentation du groupe I (4 élèves : Eveline, Nicolas, Noëlle, Paul). Ce groupe a réalisé l'affiche présentée sur la figure 5.

En s'appuyant sur cette affiche, voici l'explication de la répartition des volcans et des séismes que deux élèves du groupe proposent à la demi-classe :

7 – Noëlle : *Euh, oui, nous on avait supposé qu'on avait une écorce terrestre qui était au dessus, avec les **plaques**⁸, les différentes **plaques** des continents en dessous. Et que... donc les mouvements de ces **plaques** induisaient les séismes et même parfois aussi les éruptions. Et donc les **plaques**, quand, **elles** peuvent se rapprocher, donc **elles** se chevauchent. Et donc quand **elles** se chevauchent, en même temps ça s'écarte de l'autre côté. Donc ça... ça s'écarte. Rires. Suivant !*

8 – Nicolas : *Et en fait, on pensait que selon les mouvements des **plaques**, euh, euh... enfin, ça... Enfin, ça décidait le relief, le relief de l'écorce terrestre en fait. Quand les **plaques**, effectivement, **elles** se chevauchent, ben... y a des montagnes ou des volcans et, comme quand **elles** se chevauchent, **elles** s'écartent autre part y a... Ca fait des cratères. Ben... Enfin, en fait, on savait qu'y avait des cratères dans les océans, donc on pensait que c'est quand les **plaques** s'écartaient, en fait.*

L'explication du groupe I s'apparente à une histoire simple. Elle met en jeu des plaques mobiles surmontées d'une écorce terrestre. Ces plaques, à valeur de personnages principaux, peuvent se rencontrer et se chevaucher, ce qui donne des reliefs ; elles peuvent aussi s'écarter, ce qui provoque des sortes de gouffres que les élèves nomment « cratères ». Tout donne à penser que les processus de déplacement/convergence/écartement des plaques servent la réalisation du modelé terrestre.

On peut voir dans cette histoire simple une solution au problème de répartition des volcans et des séismes. Les séismes sont expliqués par les mouvements des plaques. « À partir du moment où elles sont en mouvement il y a séisme » est-il écrit sur l'affiche, donnant à ce lien mouvements-séismes la forme d'une règle générale. Cela veut-il dire que les mouvements des plaques et les séismes ne font qu'un ? Si tel est le cas, l'explication des élèves se démarque de celle des chercheurs en termes d'échelle notamment : pour les premiers, les séismes concerneraient l'ensemble de chaque plaque, prise comme une entité indéformable ; pour les seconds, les séismes naissent de ruptures ou de rejeux locaux de blocs rocheux sous l'effet de contraintes compressives ou distensives, les frontières de plaques étant les endroits concentrant le plus souvent les contraintes. Le volcanisme est réparti aux frontières de plaques : les volcans terrestres sont associés à la convergence de deux plaques ; le volcanisme sous-marin est lié à la divergence de deux plaques. Écoutons à nouveau Nicolas : « Quand les plaques, effectivement, elles se chevauchent, ben... y a des montagnes ou des volcans [...], elles s'écartent autre part

8 Surligné par nous.

y a... *Ça fait des cratères* ». Nous notons que ce groupe de lycéens englobe dans un même ensemble reliefs montagneux et édifices volcaniques aériens, et les explique par les mêmes éléments du modèle plaquiste. Les géologues font de tels liens à quelques différences près cependant : d'une part, ils distinguent les édifices volcaniques aériens et les édifices montagneux : les premiers sont des constructions faites de produits volcaniques et non des déformations crustales ; d'autre part, ils ne se limitent pas à l'explication des reliefs puisqu'ils abordent aussi la question du magmatisme.

Cette solution articule des éléments du modèle plaquiste (mouvements des plaques, convergence et divergence de plaques) et des éléments empiriques (séismes, reliefs volcaniques ou non, cratères). Elle lie avec un certain degré de nécessité la convergence et la divergence des plaques (cette relation aurait donc valeur de contrainte théorique) : « *comme quand les plaques se chevauchent (quelque part), elles s'écartent autre part* » dit Nicolas. Elle associe fortement mouvement des plaques et séismes. Mais si le mouvement est une condition suffisante d'obtention des séismes, rien ne dit que les séismes ne peuvent pas être le produit d'une autre cause. En d'autres termes, nous nous demandons si les élèves font du mouvement des plaques une nécessité pesant sur le modèle d'explication des séismes.

En résumé, l'histoire que propose ce groupe d'élèves est moins simple qu'elle ne paraît (D. Orange-Ravachol, 2005) : elle a les caractères d'une itération (des plaques qui se déplacent et se déplacent encore), elle comprend des îlots explicatifs (l'explication des reliefs et des séismes) et elle est potentiellement propice à la problématisation, du fait de ses implicites (en contraintes théoriques notamment) et des éléments hétérogènes qu'elle réunit (édifices volcaniques et montagnes).

• Les problèmes engendrés par la production du groupe

Après la présentation du groupe 1, le professeur s'assure que ce groupe n'a plus rien à ajouter puis il invite le reste de la classe à réagir. C'est alors qu'un débat s'instaure. Il se déploie de l'intervention 11 à l'intervention 710 et peut être découpé en deux grands moments : un premier temps où les questions fusent (25-85), avec leur lot de problèmes géologiques ; puis un second temps où les élèves travaillent conjointement certains de ces problèmes géologiques (86-710).

Premier moment, la classe questionne l'explication du groupe 1 en pointant plusieurs problèmes. Dans le tableau 3, nous les présentons dans leur ordre d'apparition.

Le deuxième moment se caractérise par un débat long et soutenu (environ 45 minutes). Les problèmes 1, 3 et 4⁹ vivent en interaction. Il s'y ajoute deux nouveaux

9 Le problème des relations entre l'écorce terrestre et les plaques n'est pas discuté dans le débat qui suit la présentation du groupe 1. Il renaîtra plus tard, en lien avec les exposés des groupes 2 et 3, quand les élèves se demanderont si on marche ou non directement sur les plaques. Rappelons que pour les chercheurs, l'écorce terrestre représente la partie supérieure des plaques.

problèmes : le problème du mouvement des plaques et celui du fonctionnement d'un volcan aérien en zone de convergence de plaques. Axons-nous sur le problème du trou engendré par l'écartement des plaques, depuis son émergence (25) jusqu'à son règlement par le rejet de son existence au profit d'une stabilité structurelle (518). Comment les élèves le travaillent-ils ?

Tableau 3. Les problèmes géologiques pointés par la classe après la présentation du groupe I

Problèmes pointés par la classe :	Extrait correspondant du débat :
1. Le problème du trou provoqué par l'écartement des plaques	25. <i>Entre les deux plaques, là, y a un trou ? Ben, y a quoi ?</i>
2. Le problème de l'organisation du globe terrestre	33. <i>Et y a quoi entre l'écorce terrestre et les plaques ?</i>
3. Le problème de la formation des montagnes et des volcans aériens	48. <i>Et comment est-ce que vous expliquez la formation des volcans ?</i> 50. <i>Oui mais après, par rapport à la lave, tout ça.</i> 85. <i>En fait, où est-ce que vous pensez qu'il y a formation de montagnes ? Parce que, avec le chevauchement des plaques, des fois ça fait un volcan et de l'autre côté, ça fait des montagnes. Mais c'est le même système.</i>
4. Le problème de la formation des séismes	77. <i>Là, vous avez en fait expliqué au niveau du relief terrestre et sous-marin mais en fait, par rapport aux séismes, ça se passe comment ?</i>

3.3. Le « travail » par les élèves du problème du trou océanique

• Méthodologie d'étude de la mise en histoire et de la problématisation des élèves

Nous procédons de la manière suivante : en partant de l'énoncé du problème par un élève, nous prenons en considération les différentes propositions des élèves sur la question et étudions ce qui les fait évoluer jusqu'à ce que le problème soit résolu. Nous considérons qu'un problème est résolu par la classe lorsque, dans la suite des présentations ou des échanges, la solution de ce problème est utilisée par les élèves comme une boîte noire, c'est-à-dire comme un donné qu'ils ne questionnent plus. En quoi consiste l'enrichissement des registres ? Quelles articulations se tissent avec d'autres problèmes ? Comment est travaillée la mise en histoire ? Quelles sont les traces de problématisation ?

• Un entrecroisement de plusieurs problèmes

Dans sa présentation, le groupe I articule le chevauchement des plaques à leur écartement dans d'autres zones du globe. Cet écartement se matérialise par un trou océanique qui fait immédiatement problème pour la classe (voir section 3.2.). Ce problème est revisité par les élèves de manière récurrente

jusqu'à ce qu'émerge une solution acceptée par tous : il n'y a pas de trou, du fait du renouvellement continu des plaques dans les zones de divergence. Le tableau 4 présente les grands moments du débat, depuis la position du problème du trou jusqu'à sa résolution. Ils sont définis par les problèmes pris en charge par les élèves.

Le tableau 4 montre que les épisodes proprement consacrés au problème du trou (colonne de gauche du tableau) sont entrecoupés de moments consacrés à d'autres problèmes : problème du fonctionnement intermittent des volcans aériens, explication des montagnes et des volcans aériens, problèmes du mouvement des plaques et de l'organisation du globe terrestre. À l'opposé de tous les autres problèmes, le problème des séismes n'émerge qu'une seule fois et il est très vite réglé.

• **Le traitement des différents problèmes par les élèves**

Entrons plus précisément dans le travail conjoint des différents problèmes réalisé par les élèves.

Le problème de la formation des montagnes et des volcans aériens.

Comme nous l'avons vu plus haut, c'est très tôt dans le débat que des élèves s'étonnent de la formation contingente des volcans aériens et des montagnes¹⁰ (48, 85) et proposent de mettre en jeu de la lave (50). Le groupe I, qui n'a pas envisagé de magma, est contraint de s'expliquer et de questionner la contingence des types de reliefs. Ses premières interventions veulent écarter la mobilisation du magma : il n'a rien à voir dans un problème de répartition des volcans et des séismes, dit Nicolas.

51 – Nicolas : *Ben, enfin moi, je pensais que le magma, il était en dessous des plaques et quand... enfin... selon le mouvement des plaques... Mais ça, je sais plus. Rires. Il me semble que c'est ça, mais... De toute façon, c'était pas ça la question donc... Rires.*

53 – Nicolas : *Je dis, de toute façon, c'était pas ça la question.*

57 – Nicolas : *C'était la répartition. Rires.*

Mais cette question du magma concerne malgré tout le groupe et elle l'embarasse. Les interventions de Noëlle le montrent.

91 – Noëlle : *comment on sait s'il y a du magma ou pas ?*

96 – Noëlle : *En fait, on sait que c'est un volcan s'il y a du magma. Mais en fait, en regardant comme ça, on sait pas trop comment, s'il y a du magma ou pas. On sait pas trop comment c'est... parce que...*

¹⁰ Contingent dans le sens de « on peut obtenir l'un comme on peut obtenir l'autre ».

Tableau 4. Les interactions du problème du trou océanique avec les autres problèmes

Problème du trou océanique	Problème de la formation des volcans aériens et des montagnes	Problème de séismes	Problème d'organisation du globe terrestre	Problème du mouvement des plaques	Problème du fonctionnement d'un volcan aérien
Position du problème du trou					
x	→ x	→ x			
	← x	← x			
x			→ x	→ x	→ x
			← x	← x	← x
			→ x	→ x	→ x
			← x	← x	← x
x	← x	← x			
x			→ x		
					x Professeur
			← x	← x	← x
x	← x	← x			
x			→ x		
			→ x		
x					→ x
Le renouvellement des plaques					

Le groupe en vient alors à admettre qu'il a privilégié la formation de reliefs, autrement dit le traitement géomorphologique et non magmatique du problème de répartition.

103 – Nicolas : Ben, si on suit ce qu'on a dit, il faudrait que les plaques se chevauchent pour qu'il y ait formation, en tout cas d'un relief.

106 – Noëlle : Ah, oui ! Faut qu'y ait... Si les plaques se chevauchent. Ça fait, enfin... Ça forme un relief. Mais après comment savoir si c'est un volcan ou un... ou une montagne. Un volcan, y aurait du magma mais... mais sinon... enfin... faire la différence vraiment des deux...

Mais l'insistance de la classe à impliquer le magma est telle qu'elle fait craquer l'histoire du groupe 1 : elle oblige ce groupe à ne pas se limiter à la mise en jeu des plaques et à faire intervenir le magma ; elle étend la réflexion du problème de l'obtention de reliefs montagneux ou volcaniques au problème du trou océanique qui, avec une enveloppe de magma sous les plaques, devrait être moins profond. Les interventions 112 et 121 attestent de ce raisonnement :

112 – Élève de la classe : *En fait, ça aurait été bien quand même de mettre le magma. Enfin, je pense parce que là où vous montrez l'écartement des plaques...*

121 – Élève de la classe : *Ce serait mieux de mettre du magma sur le schéma pour, pour combler la fosse que vous avez fait au niveau de l'écartement des plaques puisque comme vous pensez qu'il y a du magma en dessous, y aurait sans doute pas de fosse jusque, jusqu'en dessous des plaques.*

Est-ce à dire que le problème de la distinction entre formation de montagnes et formation de volcans aériens est délaissé ? Non, car il revient de manière éphémère, un peu plus tard, en lien avec le mouvement des plaques et l'importance de la convergence :

180 – Eveline : *Le magma c'est liquide, ça permettrait... c'est ce qui pourrait expliquer le mouvement des plaques qui se chevaucheraient et selon l'importance du chevauchement, ça ferait des volcans ou des montagnes.*

Le problème des séismes. Le problème de l'explication des séismes s'intercale dans le travail du problème de la formation des volcans aériens et des montagnes. Il est très vite réglé par les élèves du groupe considéré.

79 – Nicolas : *Ben, c'est les plaques qui bougent.*

80 – Noëlle : *C'est les plaques qui bougent, oui, ou se frottent, oui, voilà. Soit elles se chevauchent, elles glissent, ou oui.*

C'est beaucoup plus tard, après la présentation du groupe 2, qu'il sera réouvert.

Le problème du mouvement des plaques. Ce problème apparaît lorsque les élèves se posent la question de la localisation du magma. La suggestion faite au groupe 1 de mettre du magma sous le trou et d'en réduire la profondeur (voir plus haut les interventions 112 et 121) entraîne d'abord refus ou doute. « *Ah mais y-en a pas forcément (du magma) !* » dit aussitôt un élève de la classe (122) quand deux élèves du groupe 1 disent ne plus trop savoir (123, 124, 126, 128). Y a-t-il du magma partout sous les plaques ? Se cantonne-t-il dans des poches localisées ? Des élèves de la classe et du groupe règlent ce dilemme en faisant intervenir le mouvement des plaques : il y a du magma partout, dit une élève du groupe 1, « *parce que les plaques tectoniques glissent dessus. Pour qu'il y ait mouvement. Parce que si c'était sur de la roche ou des trucs comme ça, ce serait plus difficile. Ben ça fait un peu comme un*

système de... » (147). Mais l'affaire n'est pas si simple. Pour preuve, la difficulté que pointe Paul, un autre élève du groupe 1, de penser en même temps l'existence d'une enveloppe magmatique sous les plaques et la montée de ce magma pour alimenter les éruptions des volcans des zones de convergence. Parce que, « *s'il y a des montagnes, le magma a priori, il passe pas jusqu'à la surface de la Terre. Donc ça veut dire qu'il est bloqué au niveau de l'écorce* » (Paul, 156).

Les problèmes du mouvement des plaques et des éruptions aériennes interagissent donc en lien avec celui de l'organisation du globe terrestre. Pour les élèves, cette organisation doit concilier les solutions de ces deux problèmes. Doit-on alors imaginer une enveloppe de magma ou des poches de magma ? Comment concevoir l'organisation des zones de convergence pour que le magma puisse atteindre la surface ? Toutes ces interrogations émergent sans vraiment affaiblir la nécessité d'une enveloppe magmatique sous les plaques. L'extrait suivant, qui met en jeu Nicolas (partisan de poches de magma) et sa camarade de groupe, Noëlle (partisane de la nécessité d'une enveloppe de magma), en est une illustration.

205 – Noëlle : *Ce que je veux dire, si tu mets une poche de magma en dessous, comment veux-tu expliquer le mouvement des plaques ?*

206 – Nicolas : *Ouh...*

207 – Noëlle : *Non, mais je veux dire, ça se tient ce qu'il disait ! Parce que...*

208 – Nicolas : *Non mais d'accord, ça se tient. Je sais que ça se tient ! Si on dit que les plaques bougent, y a pas forcément besoin qu'il y ait du magma en dessous ! C'est tout !*

209 – Noëlle : *Ah ben oui, mais tu les fais bouger comment. ? Comme ça ?*

210 – Nicolas : *C'est bon !*

211 – Noëlle : *Avec un moteur ! Je sais pas !... Ça se tient pas !*

L'explication du mouvement des plaques par la mise en jeu d'une enveloppe de magma sous-jacente apporte satisfaction à une majorité des élèves comme elle ravive le problème du trou. Nicolas¹¹ tient à montrer les conséquences absurdes de l'une sur l'autre : s'il y a du magma partout sous les plaques, « *ça voudrait dire que dès qu'il y a un mouvement, dès que les plaques s'écartent, là, y a du magma qui sort. Donc là, y a du magma qui sort. Or, parce que c'est pas le cas !* » (Nicolas, 212). C'est dans ce creuset d'histoires de plaques et de magma qu'émerge un doute sur l'existence du trou : « *Les trous, ben en fait, c'est bizarre. Je sais pas si y a vraiment un trou, comme ça* » (un élève de la classe, 262). Tout se passe comme si la nécessité d'une enveloppe magmatique sous les plaques faisait tomber celle du trou.

Le problème du fonctionnement d'un volcan aérien en zone de convergence de plaques. Le problème du fonctionnement d'un volcan aérien en zone de convergence préoccupe les élèves. C'est le problème auquel ils consacrent le

¹¹ Nicolas est le seul élève qui semble tenir aux poches, sans parvenir à dire pourquoi.

plus de temps dans le débat. Il apparaît après que les élèves ont envisagé la nécessité de mettre du magma partout sous les plaques pour permettre leur mouvement. Rappelons-nous les propos de Paul (156) : « *S'il y a des montagnes, le magma a priori, il passe pas jusqu'à la surface de la Terre. Donc ça veut dire qu'il est bloqué au niveau de l'écorce* ».

Comment tenir un fonctionnement global (la dynamique des plaques) et un fonctionnement local (le volcanisme des zones de convergence) ? Comment mettre en cohérence les sorties magmatiques aux différentes frontières de plaques ?

Lorsque le professeur relance ce problème d'ascension du magma (277), les élèves s'en emparent promptement. Ils s'accordent d'abord sur l'implication de magma quel que soit le type de volcanisme (explosif ou effusif). Puis, pour les zones de convergence de plaques, ils construisent tout à la fois la nécessité d'un conduit vertical et l'impossibilité physique qu'il existe. Comment concevoir en effet une cheminée dans des plaques rigides et compactes ? Nicolas, du groupe I, donne à entendre plusieurs fois cette tension (333, 366, 384). Écoutons-le.

333 – Nicolas : *Si on dit que le magma est en dessous des plaques et que... Ben, pour sortir, il faut bien qu'il y ait un conduit !... Il faut forcément un conduit. Mais si le magma est en dessous, le conduit, il peut pas aller jusqu'à la poche. Si le magma est en dessous des plaques, le conduit, il peut pas aller jusqu'à la poche.*

Nora dit la même chose un peu plus tard.

370 – Nora : *C'est évident qu'il doit y avoir un conduit pour que le magma passe. Pour que... Il sort quand il y a éruption. Mais... avec leur schéma, les plaques, elles se chevaucheraient et je vois pas comment... comment il peut y avoir... comment dire ? Déjà formation d'un volcan donc une élévation en fait des plaques et en même temps un conduit... Il faut qu'elles exercent une force l'une sur l'autre pour pouvoir monter. Et après le conduit, ben... On sait pas trop où est sa place.*

Cette tension entre une nécessité fonctionnelle et une impossibilité structurale oblige les élèves à explorer d'autres possibles structuraux. Plusieurs d'entre eux recourent aux fissures intraplaques (346, 367).

346 – Paul : *À propos du conduit, ben, je sais pas. Moi, j'étais assez d'accord que le magma serait en dessous des plaques. Mais pour qu'il remonte, je sais pas. Y a peut-être des fissures dans les plaques qui font qu'il peut remonter mais... je sais pas.*

367 – Noëlle : *Oui, mais si les plaques se chevauchent, elles peuvent très bien se fissurer en se chevauchant donc le magma peut peut-être passer à travers. Ou le magma étant chaud, il peut peut-être ben justement brûler ces plaques. Ben, je sais pas.*

Mais ce n'est pas tout. L'idée d'un couplage entre la nécessité d'une enveloppe de magma (elle explique le mouvement des plaques) et celle de poches magmatiques (elles alimentent des éruptions épisodiques) prend forme. Les élèves

s'emparent donc, non seulement, du problème de la remontée du magma mais aussi de ses sorties en surface sporadiques. Dans l'extrait suivant, des élèves conçoivent la mise en jeu de poches dont la contenance s'ajuste aux éruptions et dont le remplissage va avec un écartement transitoire des plaques.

385 – Noëlle : *C'est le magma, le magma. Tu le places où ? En dessous, au dessus.*

386 – Paul (ou Pierre ?) : *Ben pour moi, il est en dessous et puis après y a une autre poche et puis, ben, ça marche.*

398 – Noëlle : *Donc on en a dedans. Et y a en a toujours autant. Donc peut-être comme y a une autre poche à côté, comme ça, ce qui fait que quand ça s'écarte, ça remplit et hop, ça... ça remonte.*

400 – Eveline : *Comme par magie...*

404 – Professeur : *Vous ré-expliquez un peu tout parce que...*

407 – Noëlle : *Disons qu'on a une poche magmatique avec du magma toujours permanent dedans, mais pas assez, pas assez pour qu'il y ait une éruption. Mais on a un autre conduit qui, qui nous relie en dessous des plaques avec une autre poche, avec du magma dedans et quand elles s'écartent, les plaques, donc le déplacement des plaques, ça fait le magma qui remonte. Ça remplit là. Et on y va pour une éruption !*

Le problème du trou revient au gré des tentatives d'application à l'échelle du globe de processus locaux, la remontée du magma par exemple (420, 430) : si du magma remonte en tel endroit lorsque les plaques s'écartent, pourquoi cela ne se passerait-il pas aussi en d'autres lieux où elles s'écartent ? C'est bien cette généralisation que veulent faire Pierre et Noëlle.

420 – Pierre : *Vous dites que le magma, il passe quand les plaques s'écartent ? Alors qu'à côté, quand les plaques elles s'écartent, ça fait une fosse.*

430 – Noëlle : *Pourquoi. Parce que si on suit le raisonnement avec de la lave partout, on se dit si ça s'écarte, pour avoir, pour avoir une éruption, pourquoi pas là alors ?*

Quelle que soit la zone considérée (zone de convergence ou zone de divergence de plaques), les élèves attribuent le même comportement au magma. Mais les effets attendus de ce comportement (les éruptions) ne sont pas conformes à ce qu'ils estiment être la réalité. Comment gèrent-ils cette contradiction ? En bricolant aux frontières. Ici certains élèves tentent de substituer de la convergence à de la divergence, sans entraîner cependant l'adhésion des autres. Pour Nicolas par exemple, cette proposition ne peut pas tenir : la convergence va nécessairement avec la divergence.

450 – Nicolas : *Tous les mouvements de plaques, en fait, seraient des rencontres de plaques. Enfin, les mouvements seraient en opposition et... et si c'était tout le temps comme ça, y aurait forcément un endroit où y aurait un écartement. Donc, ça résout pas le problème. Parce que c'est obligé qu'il y ait un endroit où les plaques s'écartent.*

Ce couplage semblait implicitement exister dans l'exposé du groupe I. Il prend ici valeur de contrainte théorique forte.

458 – Eveline : *Si les plaques se rapprochaient en certains endroits, il fallait bien qu'elles s'écartent en d'autres endroits !*

Dans un va-et-vient entre le fonctionnement du trou et celui des édifices volcaniques aériens, avec la préoccupation de faire sortir du magma, on retrouve un peu plus tard les élèves en train d'aménager les frontières de convergence : ne pourraient-elles pas rebiquer vers le haut ? L'impossibilité de cette conformation est aussitôt construite sur la base des propriétés physiques supposées des plaques.

466 – Un élève de la classe : *Moi, je pense que pour le volcan, pour que le magma, il sorte, il faut que les deux plaques, elles s'entrechoquent vers le haut.*

467 – Paul : *Oui, mais nous on est parti avec l'idée qu'elles pouvaient pas, qu'elles pouvaient pas faire ce mouvement comme ça.*

491 – Un élève de la classe : *Par rapport à la flexibilité des plaques. Enfin, on pensait pas qu'elles pouvaient se croiser comme ça et puis se courber.*

C'est suite à ces échanges, à ces va-et-vient d'un type de frontière de plaques à un autre, à ces passages d'un problème à un autre, d'une histoire de plaques et de magma à une autre que la proposition de Florian arrive, comme une solution au problème du trou.

508 – Florian : *Si on dit que ça s'écarte, les plaques, vu qu'en dessous, y a que du magma, ça pourra se reformer. Parce que le magma, c'est de la roche en fusion donc en fait le mouvement des plaques, y aurait jamais d'écart entre... entre les plaques.*

512 – Florian : *Ben en fait, si on dit que là y a tout plein de magma... les mouvements des plaques par vers là. (inaudible) ça sera plus chaud vers ici roche en fusion ça va fondre et ici, au contraire, ça va se refroidir donc ça va reformer en fait de la roche ici. Et donc le mouvement sera continu.*

518 – Florian : *Ben, ça veut dire qu'au fil des années, ben, depuis que la Terre existe, ben, ce mouvement là, ça forme... ça forme de la roche. C'est pour ça qu'il peut pas y avoir d'écart, quoi.*

Florian ancre son idée de renouvellement dynamique des plaques sur les apports du débat, ses controverses, ses îlots de problématisation, ses mises en histoire. Cet élève intègre et dépasse plusieurs mises en histoire : celle des plaques en mouvement, celle des éruptions volcaniques, celle de la formation des reliefs. Il dépasse le temps linéaire des histoires pour une élimination du temps (la stabilité structurelle de la zone de la dorsale met le temps à l'écart). De fait, il installe le fonctionnement terrestre dans une sorte de temps profond (« au fil des années ») et dans une logique d'état stationnaire intemporel : « Le mouvement sera continu » dit-il.

• Bilan et discussion

Au final, comment le problème du trou est-il construit et résolu par les lycéens dans cette situation ?

Les élèves résolvent le problème du trou en travaillant d'autres problèmes : le problème du déplacement des plaques, le problème de la formation des volcans des zones de subduction, le problème de leurs éruptions avec leur caractère sporadique. Tout se passe comme si ce travail d'autres problèmes alimentait en contraintes le problème du trou. Comment concilier du magma cantonné uniquement dans des poches et le mouvement des plaques ? Comment tenir en même temps la nécessité d'une ascension du magma par un conduit dans les zones de subduction et pas dans le trou occasionné par la divergence de plaques ?

En démêlant les problèmes qui s'entrecroisent, nous remarquons qu'au début de leur travail, les élèves les résolvent par des mises en histoire simples : l'histoire de la formation d'un relief sans questionnement du temps long ; la progression des plaques sur un océan de magma qui, vue comme une randonnée, provoque inévitablement des trous ; la sortie épisodique d'un magma venu des profondeurs.

C'est par la conjugaison de problèmes et d'histoires à différentes échelles d'espace et dans différentes directions temporelles que mûrit la solution de renouvellement des plaques. L'idée d'une enveloppe de magma sous les plaques (problème de déplacement des plaques, marquage horizontal du temps) est exportée dans le problème du trou et du volcanisme aérien (problème de volcanisme, marquage vertical du temps). Les propriétés des plaques (entités rigides non déformables) retenues dans le problème des séismes sont réinvesties dans l'explication du passage d'un magma à travers des plaques ou dans la représentation des frontières de plaques. Le comportement du magma dans les zones de subduction est repris dans le fonctionnement du trou. Il y a des va-et-vient de problèmes en problèmes qui enrichissent des mises en histoire initiales, construisent des contraintes et des nécessités pesant sur les solutions, et contribuent à faire des généralisations.

4. Conclusion générale

Nous souhaitons approfondir la place et le rôle des mises en histoire dans les apprentissages en sciences de la Terre. Où en sommes-nous au terme de cette contribution ? Nous retenons les points suivants.

4.1. La tendance à expliquer par des mises en histoire simples se retrouve d'un problème géologique à un autre

Dans le premier exemple étudié, où les élèves de première scientifique (16-17 ans) doivent articuler deux phénomènes (l'accrétion/dérive et la sédimentation

océaniques), cette tendance empêche un certain nombre d'entre eux de penser la continuité de ces processus géologiques, leur mise en jeu simultanée, leur déploiement dans des dimensions spatio-temporelles en partie différentes. Ces élèves calquent la sédimentation sur l'accrétion/dérive. De ce fait, chacun de ces processus a un fonctionnement saccadé et les deux processus s'articulent dans un syncrétisme de temps et de causalité.

Le deuxième exemple étudié, à savoir l'explication de la répartition actuelle des volcans et des séismes confirme cette tendance spontanée des lycéens : les lycéens assimilent les plaques à des objets constitués (des choses) mobiles ; c'est parce qu'ils les considèrent de cette manière que la divergence de deux plaques provoque l'existence d'un trou océanique qui fait problème pour eux.

Le traitement par les élèves des problèmes d'accrétion/dérive et de sédimentation donne à voir du temps cyclique. Nous savons que ce temps a eu une fonction heuristique dans le développement des sciences de la Terre¹². Il casse la linéarité de l'histoire simple et dégage du problème des origines. Nous pourrions donc penser que les élèves accèdent à une certaine complexité de mise en histoire. Mais il y a temps cyclique et temps cyclique : dans les productions des lycéens, il est organisé par l'entrecroisement de deux histoires simples ; chez les géologues, il est sous le joug de contraintes théoriques fortes (une relative uniformité d'état de la Terre par exemple). Il y a donc à réfléchir sur l'appropriation par les élèves de cette forme plus élaborée de temps cyclique. N'a-t-on pas là en effet une condition de possibilité d'introduction du principe méthodologique de l'actualisme, principe fondamental de la géologie ?

4.2. Il semble qu'il y ait des situations d'apprentissage plus propices que d'autres au dépassement des mises en histoire simples

Ce sont notamment les situations où les élèves prennent en charge conjointement plusieurs problèmes ne se déployant pas dans une même échelle spatiale et où le temps des phénomènes marque différemment l'espace. La recherche d'une explication de la répartition des volcans et des séismes terrestres en est une. Le travail conjoint de ces problèmes oblige les élèves à remettre en cause des mises en histoire simples et les engage dans des problématisations tenues par des contraintes théoriques fortes et où des formes plus complexes du temps sont construites. C'est en conjuguant le travail de plusieurs problèmes que les lycéens évacuent le problème du trou océanique. Leur réflexion s'appuie sur l'idée (qu'ils ne remettent pas en question) que si les plaques convergent en certains endroits, elles s'écartent forcément en d'autres. Elle les porte à construire la nécessité d'un renouvellement des plaques et les engage dans une approche systémique du fonctionnement de la partie superficielle de la Terre :

¹² Les travaux de Hutton (1726-1797), par exemple, en témoignent.

les plaques ne sont plus des objets immuables et le temps linéaire de la petite histoire des plaques n'a plus lieu d'être.

4.3. Le travail des problèmes a un effet boule-de-neige : il engendre d'autres problèmes vifs pour les élèves

Le problème de l'intermittence des éruptions volcaniques n'apparaît pas d'emblée dans l'exemple de la recherche d'une explication à la répartition des volcans et des séismes. C'est du traitement d'autres problèmes qu'il émerge. Il en est de même du problème de la détermination des limites des plaques et de celui du devenir des continents lorsque les plaques se renouvellent. Nous ouvrons là sur l'articulation entre les problèmes de la géologie fonctionnaliste et ceux de la géologie historique. Nos deux cas appartiennent au champ de la première, mais ils orientent les élèves dans le domaine de la seconde. La propension des élèves à faire des histoires simples et leur recours à des postulats de la pensée commune sont alors autant d'obstacles à une construction d'une histoire avec un H de la Terre. Il reste donc d'autres formes de temps plus complexes à penser et à leur faire construire et articuler en sciences de la Terre : le temps long constructeur de phénomènes, la prise en compte de la contingence de l'histoire et la construction des nécessités historiques, les continuités et discontinuités temporelles et spatiales (Orange-Ravachol, 2003). Nous y travaillons et, en nous appuyant en particulier sur les travaux de Ricœur (1983) et Veyne (1971), nous poursuivons des approfondissements sur les récits et la problématisation historique. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ADAM J.-M. (1984). *Le récit*. Paris : PUF.
- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BRUNER J. (1991). *Car la culture donne forme à l'esprit*. Paris : Eshel.
- BRUNER J. (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires ?* Paris : Retz.
- FABRE M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.
- FRANCE : ministère de l'Éducation nationale (2000). Classe de première, sciences de la vie et de la Terre, série scientifique, enseignement obligatoire. BOEN, Hors-série n° 7 du 31 août 2000.
- GOHAU G. (1987). *Une histoire de la géologie*. Paris : Éd. Le Seuil.
- GOHAU G. (1990). *Les sciences de la Terre au XVII^e et XVIII^e siècles. Naissance de la géologie*. Paris : Albin Michel.
- HOOYKAAS R. (1970). *Continuité et discontinuité en géologie et biologie*. Paris : Éd. Le Seuil.
- JACOB F. (1981). *Le jeu des possibles*. Paris : Fayard.
- JUTEAU T. & MAURY R. (1999). *Géologie de la croûte océanique*. Paris : Dunod.
- ORANGE C. (2000). *Idées et raison : construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'éducation non publié, université de Nantes, Nantes.

- ORANGE C. (2002). Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les sciences de l'éducation – pour l'ère nouvelle*, n° 35, vol. 1, p. 25-42.
- ORANGE C. & ORANGE D. (1995), Géologie et Biologie : analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques. *Aster*, n° 21, p. 27-49.
- ORANGE-RAVACHOL D. (2003). *Utilisations du temps et explications en sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques*. Thèse de doctorat en sciences de l'éducation non publiée, université de Nantes, Nantes.
- ORANGE D. (2004). Les interactions langagières en sciences de la vie et de la Terre au lycée : une aide à la problématisation ? *Actes du colloque « Faut-il parler pour apprendre ? »*, Arras, mars 2004. Cédérom, 9 pages.
- ORANGE-RAVACHOL D. (2005). Mise en histoire, problématisation fonctionnaliste et problématisation historique en sciences de la Terre chez les chercheurs et chez les lycéens. *Actes du 73^e Congrès de l'ACFAS*, Chicoutimi (Canada), 9-13 mai 2005. 22 pages.
- ORANGE D. & GUERLAIS M. (2005). Construction de savoirs et rôle des enseignants dans une situation de débat scientifique à l'école élémentaire : comparaison de deux cas. *Actes du 5^e Colloque International Recherche(s) et Formation*, Nantes, 14-16 février 2005. Cédérom, 10 pages.
- POMEROL C., LAGABRIELLE Y. & RENARD M. (2005). *Éléments de géologie*. Paris : Dunod.
- POPPER K. (1985). *Conjectures et réfutations*. Paris : Payot.
- RICOEUR P. (1983). *Temps et récit*. Paris : Éd. Le Seuil.
- VEYNE P. (1971). *Comment on écrit l'histoire*. Paris : Éd. Le Seuil.
- VIENNOT L. (1993). Temps et causalité dans les raisonnements des étudiants en physique. *Didaskalia*, n° 1, p. 13-27.

Mondes possibles et compréhension du réel

*La lecture d'un album en cycle 2
comme source de questionnement scientifique*

Catherine Bruguière, IUFM de l'académie de Lyon ; LEPS, EA 4148, université de Lyon, université Lyon I, Villeurbanne ; Cathbruguiere@aol.com

Jean-Loup Héraud, LEPS, EA 4148, université de Lyon, université Lyon I, Villeurbanne ; jlheraud@yahoo.fr

Jean-Pierre Errera, école Paul-Émile-Victor (Lyon, 69) ; jpelyon@hotmail.com

Xavier Rembotte, école Paul-Émile-Victor (Lyon, 69) ;
xavier.rembotte@wanadoo.fr

Cet article s'intéresse à la fonction du récit dans la construction de connaissances scientifiques chez des élèves de cycle 2 à partir d'un album de Léo Lionni. La structure narrative de ce récit présente la particularité de mêler évènements fictifs et phénomènes biologiques. Des outils issus de la théorie sémantique des mondes possibles d'Hintikka sont proposés pour effectuer l'analyse didactique de cet album ainsi que celle des échanges oraux suscités par sa lecture. L'étude permet de tester leur pertinence pour mettre en évidence la façon dont les élèves s'engagent dans un questionnement scientifique et épistémologique. Il apparaît que, non seulement, les élèves envisagent des possibles et créent de nouvelles relations de possibilités sur le réel mais qu'ils pointent des questions problématiques sous-jacentes aux faits scientifiques qui sont en jeu dans l'album. Parallèlement, ils prennent conscience des limites de leurs savoirs et s'interrogent sur ce qui fonde des connaissances scientifiques.

Entre sciences et récits se joue une relation ambiguë de proximité et d'opposition qui contribue à créer un espace de réflexion sémantique et épistémologique intéressant pour la classe. Le point d'entrée du dispositif didactique que nous avons réalisé et étudié en CE1 (élèves de 7 ans) est la lecture d'un récit, en l'occurrence l'histoire écrite par Léo Lionni (1981) dans l'album *Un poisson est un poisson* et non des activités de sciences. Notre projet est de saisir en quoi la tension interne au récit entre la fiction et le réel amène les élèves à se poser des questions sur les

différentes manières pour un individu d'exister selon son monde d'appartenance et, par là, à créer de nouvelles possibilités de relations dans le réel. Dans cette perspective, nous souhaitons montrer comment la réflexion sur la fiction de l'album conduit les élèves à interroger la signification des mots du texte selon que leur contexte d'usage est celui du monde réel ou du monde de la fiction mais aussi à un questionnement d'ordre scientifique sur la nature des phénomènes biologiques en jeu. Le sens du récit s'accomplit en effet dans la narration des événements de l'histoire, sur ce qui est dit ou pas dit, elle-même générative comme nous le verrons d'un questionnement épistémologique sur ce qui est vrai et faux. Le monde de la fiction, vraisemblable, ne peut être un monde vrai dans la réalité. Les travaux d'Hintikka (1989) sur la théorie sémantique des mondes possibles nous permettent d'interpréter les rapports entre les événements du récit et les phénomènes du monde existant qui s'expriment dans les échanges verbaux suscités par la lecture de l'album et d'en dégager l'intérêt en termes de construction de connaissances scientifiques chez les élèves.

Dans un premier temps, nous présenterons nos hypothèses de lecture sur le récit de fiction à l'aide du cadre théorique de la sémantique des mondes possibles pour mettre en évidence le conflit dans le récit lui-même entre les éléments du réel et les éléments fictifs ; dans un deuxième temps, nous décrirons les objectifs et le déroulement de la séquence de classe ainsi que la démarche didactique du maître ; dans un troisième temps, nous choisirons quelques extraits de la séance de classe pour procéder à une analyse didactique à la lumière du cadre théorique : nous étudierons plus particulièrement le déplacement des registres de significations que le mode de questionnement du maître contribue à ouvrir.

Avant de poursuivre cet article il est important de préciser la distinction que nous faisons entre questionnement scientifique et questionnement épistémologique. Même si ces deux modes de questionnement sont étroitement liés, nous considérons que le premier repose sur un travail de détermination, de délimitation des objets et phénomènes scientifiques, par conséquent sur la capacité à dire précisément de quoi l'on parle et à quelles questions l'on veut répondre. Le second mode s'attache à justifier que ces connaissances scientifiques sont vérifiables et qu'elles possèdent un caractère universel, c'est-à-dire à expliciter leurs fondements pour pouvoir passer de la croyance à la connaissance scientifique. En résumé, le questionnement scientifique porte sur le contenu des connaissances scientifiques alors que le questionnement épistémologique porte sur leur valeur de vérité.

I. Cadre théorique et hypothèses de lecture

Notre propos est de montrer comment la théorie sémantique des mondes possibles contribue, d'une part, à éclairer les enjeux épistémologiques liés au texte de fiction *Un poisson est un poisson* de Lionni et, d'autre part, à analyser le questionnement épistémologique lié à son exploitation didactique dans une classe de

cycle 2 (CE1). Nous précisons quelques thèmes sur lesquels peut déboucher ce questionnement en biologie.

1.1. Présentation de notre modèle théorique : attitudes épistémiques et sémantique des mondes possibles

La sémantique logique issue de Frege (1971) limitait l'analyse du langage aux seuls énoncés du langage dont la vérité tenait à leur connexion avec le monde réel. La sémantique des mondes possibles étend la fonction référentielle du langage aux mondes possibles qui n'ont pas d'existence dans le monde réel, comme c'est le cas par exemple pour les mondes construits dans les récits de fiction : ont-ils rompu toutes leurs amarres avec le réel ?, ont-ils leur source dans l'intimité inventive du créateur ?, ou au contraire sont-ils des mondes alternatifs au monde réel provenant d'une « *déformation cohérente du réel* » (Malraux, cité dans Merleau-Ponty, 1964) ? Le rapport entre monde réel et monde possible devient dès lors une question de nature épistémologique.

Le modèle théorique proposé par Hintikka (1989) se situe sur un double registre et son originalité consiste à les combiner. Il distingue deux attitudes épistémiques à propos du langage échangé dans le dialogue : un même énoncé peut être compris soit sur le monde de la croyance soit sur le mode du savoir. Ce n'est pas la même chose que de croire quelque chose et de le savoir : ce n'est pas la même chose de croire pour l'avoir entendu ou lu que « César a franchi le Rubicon », et de le savoir pour des raisons attestées par le savoir historique. L'attitude cognitive d'un même sujet peut varier d'un pôle à l'autre, de même des sujets différents peuvent se situer dans des attitudes cognitives opposées : dans une situation d'apprentissage, c'est pour l'enseignant un enjeu décisif que de faire passer les élèves du registre de la croyance au registre du savoir pour un même objet de connaissance ; car cela exige d'évaluer celui-ci selon le critère du vrai et du faux¹. Qu'est-ce qui oppose en effet la croyance et le savoir ? Alors que le savoir qui est par définition vrai, porte seulement sur ce qui est sur le monde réel, la croyance d'un sujet peut être vraie ou fautive et elle ouvre donc une alternative. Voilà un exemple pour illustrer :

Si en 2008, je dis « je sais que Jacques Chirac est Président de la République », il est vrai que je le sais, et c'est la réalité (je peux le prouver) ; mais si je dis en 2008 « je crois que Jacques Chirac est Président de la République », l'alternative est la suivante : soit ma croyance est vraie, soit elle est fautive

C'est pour résoudre la question de la croyance en termes non intentionnels qu'Hintikka développe une sémantique des mondes possibles : les croyances ne sont pas en effet des idées qui peuplent le monde intérieur du sujet, elles ont un

¹ La posture de Hintikka peut être qualifiée de non-bachelardienne au sens où il n'y pas rupture entre la connaissance commune et la connaissance rationnelle : celle-ci s'appuie sur la connaissance commune pour rechercher l'information et le savoir qui peut la falsifier ou l'attester.

contenu qui porte sur des faits, des événements ou des états de choses du monde. Une croyance est vraie si elle correspond à quelque chose qui existe dans le monde actuel, alors qu'une croyance est fausse si son objet n'a pas d'existence dans le monde actuel dont parle le sujet. La contribution tout à fait originale d'Hintikka consiste à soutenir qu'une croyance fausse n'est pas du tout une idée négative qui serait illusoire et par conséquent vide : elle ouvre en effet la possibilité d'un (ou plusieurs) monde(s) contrefactuel(s), car son objet aurait très bien pu se réaliser dans un (ou plusieurs) autre(s) monde(s) alternatif(s) au monde existant qui est le notre. En cohérence avec la perspective extensionnelle de la sémantique logique, il refuse de faire de la croyance une idée interne sujet, car la croyance s'exprime dans une proposition qui a le pouvoir d'objectiver et de représenter une autre réalité possible que le seul monde empirique.

Revenons à notre exemple. Si en 2008 « je crois que Jacques Chirac est Président de la République » ou bien c'est une croyance vraie, car c'est effectivement le cas, ou bien c'est une croyance fausse, car il n'a pas été élu. Mais exprimer une croyance fausse n'est pas ne rien dire, car elle présuppose que quelqu'un d'autre que Chirac est effectivement Président de la République et que, par définition, on ne le connaît pas encore. On peut concevoir une multiplicité de mondes possibles dans lesquels d'autres hommes politiques que Jacques Chirac pourraient être légitimement Président. On voit l'intérêt de faire le détour par les mondes possibles : d'une part, une croyance fausse est paradoxalement positive, au sens où elle ouvre un champ de possibles tout à fait réalisables : si cette croyance est fausse dans le monde réel, elle pourrait être vraie dans un monde possible, et je peux très bien concevoir un monde possible, contraire au monde réel, dans lequel Jacques Chirac aurait pu être Président de la République ; d'autre part, le monde réel est l'un des mondes possibles, le seul qui soit actuel parmi ceux-ci. Il n'y a qu'un seul Président de la République que nous cherchons à identifier, mais pour sélectionner le seul véritable parmi les postulants possibles, il est nécessaire de continuer l'enquête qui conduira à connaître les conditions (objectives) du succès de l'un d'eux, et par conséquent de l'échec des autres (dans notre exemple, celui de Chirac). La connaissance objective revient sur ce point à éliminer les possibilités qui n'ont pu se réaliser dans notre monde actuel. Tel est le cheminement de la vie épistémique du sujet connaissant lorsqu'il passe de la croyance au savoir proprement dit : savoir pour un élève requiert la capacité de justifier et prouver la vérité (ou la fausseté) des connaissances en jeu.

Hintikka mettra en évidence trois propriétés principales pour caractériser sa sémantique des mondes possibles : l'alternativité, l'accessibilité, la trans-identification, dont nous allons voir qu'elles se complètent. L'alternativité porte sur l'obtention d'un monde possible sur la base du monde réel, l'accessibilité porte sur la connaissance par les sujets d'un monde possible sur la base de leur univers de connaissance et de croyance, la trans-identification porte sur la reconnaissance d'un même individu dans le parcours des différents mondes où il se spécifie. On

n'a pas encore dit en quoi consistait la notion de monde pour la sémantique logique. Un monde est composé formellement d'une liste d'individus x, y, z (un certain nombre) pourvus de propriétés a, b, c , (en nombre plus ou moins grand) qui sont spécifiques de ce monde, dont les relations donnent lieu à un ensemble d'états de chose, qui peuvent être des actions, des événements, des phénomènes... L'obtention des mondes possibles résulte des combinaisons pouvant se calculer entre les individus et les propriétés relatives à ce monde (Eco, 1985).

L'alternativité nous fournit une règle de construction d'un monde possible sur la base d'un autre monde (monde réel ou d'un monde possible). Nous avons donné un exemple qui peut se généraliser. Considérons une proposition quelconque, par exemple « les animaux parlent », le vrai et le faux permet de construire un couple de mondes opposés alternatifs ; si dans le monde de notre expérience factuelle, les animaux ne parlent pas (du moins en l'état des connaissances scientifiques à un moment donné), on peut concevoir au moins un monde opposé où les animaux ont la propriété de parler (on peut leur ajouter la faculté de penser), ce qui donne lieu à des états de choses tels qu'ils discutent, argumentent... On peut évidemment, au moyen des termes de la quantification, dire que quelques animaux parlent mais pas tous, ou un seul, que l'on peut nommer et identifier. Ce qui est donc faux dans notre monde empirique devient ainsi vrai dans un monde possible comme la fiction peut l'envisager. On peut enrichir le monde possible ainsi ouvert par de nouvelles propriétés : tous les individus de ce monde, autres que les animaux, peuvent être bleus, comme dans le monde des Schtroumpfs. Ce qui peut donner lieu à des événements nouveaux si, par exemple, un individu non-bleu arrive... Un monde est donc un des domaines d'application recevable pour un ensemble de propositions données.

La fiction utilise abondamment cette dualité oppositive pour opérer ce genre d'inversion du monde réel de notre expérience et de notre connaissance. Les mondes possibles sont donc alternatifs entre eux, toujours sur la base d'un principe logique d'inversion d'un monde par rapport à un autre et ils ne sont pas seulement alternatifs au seul monde empirique de notre perception spatio-temporelle (un album pour enfants a pour titre : *Les trois petits loups et le grand méchant cochon*).

Si l'alternativité est une propriété qui porte sur la concevabilité des mondes entre eux, l'accessibilité désigne la capacité épistémique des sujets à pouvoir accéder à un monde nouveau sur la base du monde de référence dans lequel le sujet se trouve actuellement : pour cela cet autre monde doit être compatible avec l'univers de croyance de connaissance du sujet en question (si je crois que tous les chiens/loups sont méchants, j'aurais du mal à accepter que le chien de mon voisin ne morde pas), ce que Eco (1985, p. 147) appelle « *la compétence encyclopédique* » de la personne, et il doit également s'accorder avec le monde de son expérience (par exemple ce qu'il s'attend à voir étant donné son expérience visuelle). D'autre part, les mondes doivent être dans une relation logique entre eux, par exemple de symétrie, sans quoi l'un ne peut pas se traduire dans l'autre selon un principe d'équivalence : la

grenouille dans le monde terrestre M2 doit avoir reconstruit l'ensemble de ses fonctions vitales dans le monde aquatique M1 (respiration, motricité) en organes identifiables : la grenouille passe dans le monde M2 en transformant à partir du premier monde M1 comme elle va revenir au monde M1 en ayant opéré les transformations nécessaires de locomotions et de respiration. Enfin, une grande partie du texte de fiction se trouve construit en référence implicite au monde réel, ou plus exactement au monde de l'expérience et à l'univers de connaissance qui correspond au lecteur associé. Mais il ne suffit pas de dire que le monde de la fiction renvoie au monde réel pour s'en démarquer et s'y opposer, car la fiction incorpore dans son contenu des fragments du monde réel (le loup du *Petit Chaperon rouge* ne vole pas dans les airs, il marche, court...). Paradoxalement, les lois naturelles du monde réel sont conservées dans le monde de la fiction, sauf lorsque intervient une opération explicite de fiction qui vient les contredire. La plupart du temps, on ne dit pas tout du monde réel dans le récit (et/ou éventuellement d'autres mondes de fiction que le récit incorpore), pas plus que tout n'est dit dans le texte de fiction sur le rapport entre le réel et la fiction. Cela ouvre l'espace réglé des jeux d'interprétation que la séance de classe va exploiter.

La trans-identification (*cross-identification*) en est la conséquence : elle désigne l'opération de connaissance qui consiste à identifier un même individu à travers son incarnation dans les différents mondes qu'il parcourt : ses formes différentes tenant en particulier à la variation des propriétés (physiques) des mondes. Car un individu n'existe pas indépendamment des mondes dans lesquels il transite. Hintikka présente la trans-identification ainsi : « *nous devons utiliser ces propriétés et relations pour décider quel membre (s'il y en a) d'un monde possible donné est identique à un membre d'un autre monde possible. Les individus ne portent pas leurs noms sur leur front : ils ne s'identifient pas par eux-mêmes. Nous ne pouvons – même contrefactuellement – observer des particuliers nus ; mais seulement des particuliers vêtus de leurs propriétés respectives et de leurs interrelations* » (Hintikka cité dans Vernant, 1986, p. 137). Un même individu peut s'instancier dans plusieurs mondes possibles de façon différente (le têtard devient grenouille), un même prédicat (« se déplacer ») peut correspondre à des propriétés différentes (nageoires/pattes/jambes) dans les différents mondes peuplés d'individus eux-mêmes spécifiques. Un même individu (par exemple un loup) peut s'instancier dans un monde fictif dans lequel il parle, poursuit le petit chaperon rouge et se déguise en grand-mère : le lecteur connaît ces différentes occurrences, mais pas le petit chaperon rouge qui ne reconnaît pas dans son univers de croyance le loup déguisé dans le lit de la grand-mère. Comme le souligne Eco (1985, p. 165), les personnages du récit de fiction sont eux-mêmes pourvus d'attitudes propositionnelles : ils savent ou ne savent pas, ils ont des croyances vraies ou fausses. La référence des noms et des concepts se spécifie pour chacun des mondes considérés : telle est la relativité de la référence dans la démarche de connaissance. Hintikka résume l'essentiel de sa démarche, correspondant au demeurant à la logique du sens commun, ainsi :

«...en sémantique des mondes possibles, il nous faut considérer les références des expressions de plus d'un seul « monde » [...]. Il ne suffit plus de spécifier (rapporter) les références de nos expressions au monde réel, c'est-à-dire d'affecter [...] une valeur de référence à chaque symbole de base. Il nous faut, au lieu de cela, postuler pour chaque expression primitive de notre langage une [...] « fonction de signification » qui en spécifie la référence – si elle en a une – dans tous les mondes possibles (ou scénarios). Par exemple, ce qui était un nom ayant pour référence un seul et même individu *a*, à présent, pour signification (référence) une fonction (fonction d'individualisation), qui, pour chaque monde donné, définit l'incarnation de cet individu particulier dans un monde donné. (On peut se figurer une telle fonction sous la forme d'une ligne de mondes imaginaires, qui lie l'une à l'autre ces diverses incarnations du même individu). La totalité de ces mondes définit ce qui constitue une identification correcte des individus » (Jaakko & Hintikka au Congrès Wittgenstein de 1981, dans Hintikka, 1989, p. 20).

À ce stade, il faut donc retenir que la référence dominante, mais non dite, du texte de fiction est le monde réel gouverné par les lois naturelles. C'est par contraste avec les événements de la fiction que les phénomènes du monde naturel peuvent être interrogés. Quelle est la variation de portée des descriptions ? Par exemple, si on substitue à Aristote la périphrase « le grand philosophe de l'Antiquité » ou « l'homme qui fut le maître d'Alexandre », la première proposition est vraie de plusieurs individus (Platon, etc.), la seconde est vraie d'un seul individu. Quels sont les individus de référence qui sont dénotés non seulement dans le monde réel (le monde de l'expérience), mais dans le ou les mondes possibles ? Dans quels mondes est-il possible de dire que *x*, c'est-à-dire une variable nominale (le nom de « poissons ») dénote un individu appelé « poisson » ? On fait l'hypothèse que le terme nominal de « poisson » peut désigner des individus différents selon leur appartenance au monde considéré (l'univers d'individus considéré). Qu'est-ce qui peut être appelé « poisson » selon son appartenance au monde considéré ? Qu'est-ce qui est appelé « poisson » dans le monde réel, qu'est-il vrai de dénommer « poisson » qui correspond au monde réel ?

1.2. Quelques hypothèses de lecture sur Un poisson est un poisson

Nous choisirons quelques extraits de l'album pour proposer quelques hypothèses partielles de lecture sur les deux thèmes suivants. D'une part, les attitudes épistémiques² de croyance et de savoir dans le dialogue entre les deux protagonistes principaux que sont le têtard-grenouille et le viron-poisson. D'autre part, la représentation du monde possible et le conflit entre le monde réel et le monde de la fiction, comme source du questionnement épistémologique pour le savoir biologique.

2 Il convient de faire la différence entre « épistémique » qui caractérise l'activité cognitive du sujet et « épistémologique » qui caractérise l'objet du savoir considéré du point de vue de son contenu conceptuel et informatif, de son objectivité et de sa vérité.

On conviendra de noter par la suite T-G le têtard-grenouille, être hybride qui n'est plus tout à fait têtard, mais pas encore grenouille, et par V-P le vairon-poisson qui conserve au contraire la même forme visuelle au cours de son développement.

• **Savoir et croyance**

Lorsque au début de l'album (p. 3 de l'album) le T-G dit au V-P : « *Regarde, je suis une grenouille* », cette phrase est paradoxale : le vairon ne peut pas voir ce que le têtard lui demande de regarder ; il n'est pas encore, comme dira le texte de l'album plus loin, une vraie grenouille adulte. À propos de cet évènement en jeu (l'apparition des pattes) dans l'album, se manifeste une triple discordance entre les deux amis.

Il y a d'abord un conflit manifeste entre la connaissance perceptive et la connaissance conceptuelle. Pour voir que le têtard est une grenouille, ce qu'il n'est pas encore, il faut le savoir. Le vairon argumente sur le plan de l'identité perceptive (les deux amis ont une même forme globale assimilable à celle de poisson comme lui), alors que le T-G pose une affirmation sur le plan de l'identité conceptuelle (qui prend en compte l'apparition des deux pattes de devant). Manifestement, la grenouille se nomme dans le texte par son concept (l'espèce de la grenouille) et non comme l'individu adulte qu'elle n'est pas encore. L'identité conceptuelle est logiquement tout à fait différente de l'identité perceptive et elle peut être contradictoire avec celle-ci.

L'identité – temporalité des êtres vivants : le têtard voit ce qu'il sait alors que le vairon croit ce qu'il voit, pour lui rien ne change. Ils mettent en œuvre une logique temporelle inverse : le vairon évalue l'état présent par rapport à l'état passé : « *hier tu étais un petit poisson comme moi* » et il annule toute différence entre les moments du temps. Pour le poisson, le temps reste fixe et répétitif. Au contraire, la grenouille évalue ce qu'elle est par son état futur : devenant grenouille, elle n'a pu être un poisson. Lorsque la grenouille dit « *je suis une grenouille* », elle ne dit pas : je le suis en ce moment présent (le présent du verbe est trompeur, il est le temps du discours), mais je suis le même individu dans tous les moments du temps qui me transforme. Elle affirme donc son identité temporelle. Une des propriétés essentielles des êtres vivants réside dans la contradiction entre, d'une part, leur devenir permanent dans le temps et, d'autre part, la conservation de leur identité dans les différents mondes de leur changement. Le changement dans le temps est la loi biologique des êtres vivants, tel est le problème épistémologique posé.

De l'ignorance au savoir : l'album nous dit que les deux amis ont une longue discussion, au terme de laquelle le T-G conclut : « *les grenouilles sont des grenouilles et un poisson est un poisson ; c'est comme ça et pas autrement* ». Mais accordent-ils chacun la même valeur de connaissance à cette même phrase ? On peut considérer cette phrase comme le noyau central autour duquel s'organise l'ensemble de l'album : phrase énigmatique dont la signification, problématique, peut s'interpréter

différemment selon que l'on est à son égard en situation de savoir ou en situation de croyance (on ne sait pas si elle est vraie ou fausse). Elle se présente sous la forme d'une proposition générale qui énonce une vérité du monde réel, à savoir la distinction des deux espèces l'une par rapport à l'autre. Mais, imposée sous la forme d'un argument d'autorité : « *c'est comme ça et pas autrement* », l'attitude respective du T-G et du V-P relativement à la vérité de cette proposition ne peut être la même. Le T-G est dans une attitude de savoir, il est certain de la vérité de ce qu'il dit, sans cependant apporter la preuve objective : pour le V-P, cette phrase ne lui fournit pas encore un savoir proprement dit, et elle ne peut être que l'objet d'une croyance possible, vraie ou fausse, à laquelle il faudra donner d'abord consistance puis existence. On remarque en effet que le viron n'oppose pas de réponse au T-G, contrairement à ce qui précédait : c'est donc qu'il réserve à ce moment son jugement. Ce n'est qu'à la fin de l'album (p. 28 de l'album) qu'il donnera son accord en reconnaissant « *tu as raison* ».

Tel est le nouvel enjeu : comment le viron passe-t-il de l'ignorance au savoir ? Se pose alors la question : qu'est-ce que cette phrase représente pour lui, le viron, dans son univers de connaissance ? Comment va-t-il éprouver ensuite la vérité de sa représentation ? Quand on dit que le V-P est dans l'ignorance, il ne faut pas comprendre qu'il est dans le non savoir radical : au contraire, une telle phrase (« *un poisson est un poisson* ») dite par un autre que lui, contribue sans doute à accroître le socle à partir duquel il peut construire la connaissance d'un monde possible, moyen d'accéder à la vérité.

• **Monde possible et monde réel : continuité et conflit**

Quel monde les paroles de la grenouille vont-elles permettre de concevoir pour le poisson ? Ce qui est le monde réel pour la grenouille devient un monde possible pour le viron. L'objectivation produite par le V-P sera d'ordre visuel, en cohérence avec son mode de connaissance dominant dans l'album. « *J'ai découvert le monde... et j'ai vu des choses merveilleuses* » (p. 12 de l'album) dit la grenouille au poisson : dans l'expression « *le monde* », « *le* » a une fonction indexicale qui désigne ici le monde qui est le sien dont elle va décrire le contenu : le monde de la grenouille n'est pas seulement le monde des grenouilles, mais il est aussi celui où évoluent d'autres êtres vivants. On se rappelle, à l'inverse, que le V-P ne voyait dans l'étang que des poissons. On remarquera que le V-P, entendant les paroles du T-G, croira vrai ce que celui-ci lui dit, puisqu'il rêve à son tour de découvrir ce monde étonnant. Mais pour cela, il aura cherché à construire un monde possible qui soit compatible avec la description linguistique fournie par la grenouille, mais il le construit dans le monde de sa croyance. D'une part, il ne peut construire cette représentation que sur la seule base des informations décrites par la grenouille (noms d'individus et prédicats de propriétés) ; d'autre part, ce monde doit être un monde alternatif à son propre monde et non un monde qui lui serait totalement étranger ou qui serait purement inventé et donc arbitraire. Notre hypothèse de lecture est que le V-P établit une continuité sous la forme d'une

extension qui se réalise entre son monde aquatique de poisson et le monde atmosphérique qu'il reconstruit. Cette continuité a principalement trait à l'invariance de la fonction de déplacement dans tous les mondes possibles et à sa variation selon les espèces dans le milieu physique où elles vivent. En suivant Hintikka, on peut parcourir les différents mondes en jeu respectivement pour le T-G et pour le V-P. Dans l'album, le T-G parcourt les mondes opposés aquatique et terrestre en restant fidèle à la loi du phénomène naturel, correspondant d'ailleurs à l'expérience ou à la connaissance acquise par les élèves. Il en est différemment pour le V-P : il veut découvrir dans le monde M2 (le monde atmosphérique terrestre) et dans le monde M3 (le monde aérien) les êtres vivants qui habitent ce monde, absents de M1 (le monde aquatique), mais que la grenouille lui décrit par le langage : oiseaux, vaches, gens. Si on nomme les trois espèces vivantes énumérées par les lettres A, B, C, on obtient l'expression symbolique suivante : A, B, C (M1, M2, M3) dont l'intérêt est double. D'une part, chacun des deux protagonistes l'interprète différemment puisque, comme on vient de le dire, le T-G a une expérience perceptive directe des individus peuplant les deux mondes (aquatique et atmosphérique), alors que le V-P échouera à l'avoir (il s'asphyxie sur la berge) et il devra en rester à une reconstruction imagée. D'autre part, elle nous permet de repérer quelques invariants communs aux différentes espèces et leur variation en relation avec le milieu physique. Il apparaît ainsi que les organes de la motricité sont des combinaisons possibles. On en tire, par exemple, que A vit dans M2 et M3 car les oiseaux qui évoluent dans le ciel peuvent se poser et marcher sur le sol mais ils ne sont pas présents dans M1... Dans la variété des différentes espèces, l'organe de déplacement est l'élément transmondain qui, traversant les différents mondes, permet d'identifier ce qui est commun aux espèces d'individus peuplant des mondes physiquement différents. Le couple pattes – nageoires qui, notons-le, était présent dans le monde visuel initial du poisson, va ainsi se combiner pour former, dans l'univers visuel onirique du poisson, une synthèse d'organes différente pour chacune des trois espèces en question. Ce couple patte-nageoire va fonctionner pour le poisson comme un modèle perceptif qu'il va projeter sur chacune des trois espèces pour former, visuellement, une combinaison originale de nageoire et de pattes : ailes-nageoires pour les oiseaux, quatre pattes pour la vache-poisson, deux jambes pour le corps-poisson de l'homme, etc. Le texte de l'album dit en effet que : « pendant qu'elle raconte [la grenouille], son ami croit voir voler des oiseaux pareils à de gros poissons à plumes » (p. 14 de l'album). On notera par ailleurs que dans l'histoire racontée par l'album, le vairon utilisera sa queue comme une patte pour « sauter hors de l'eau sur la rive », pour passer du monde M1 (monde aquatique de l'étang) au monde M2 (monde atmosphérique terrestre).

La question est posée de savoir ce que devient le poisson dans ce monde possible. Il est remarquable dans l'album que le vairon, s'il se représente visuellement les habitants du monde de la grenouille, ne se représente pas lui-même. Il

n'a donc pas anticipé les conditions de sa présence dans le monde possible pour que celui-ci puisse devenir pour lui un monde réel. Car la question est de savoir quelle individualisation doit être la sienne dans un autre monde, pourvu de propriétés physiques différentes, pour conserver son existence vitale. Dès lors, la question épistémologique implicitement posée dans l'album (qu'il résoudra de façon métaphorique et non pas conceptuelle) est celle-ci, sur la base de la formule suivante : V-P (M1, M2, M3). Peut-on concevoir que le V-P puisse exister, simultanément ou successivement, dans les mondes différents que sont M1, M2 et M3 (le monde aquatique, le monde aérien et le monde terrestre atmosphérique) ? Quelles conditions faut-il réunir ? Mais l'expérience de V-P dans un autre monde que le sien est aussi une épreuve de vérité : est-il vrai que B puisse exister (= vivre) dans M1, M2 et M3 ? Le fait qu'il ne puisse vivre dans M2 doit nous apprendre en retour les raisons pour lesquelles il ne pourrait vivre que dans M1. La fiction anticipe le réel et contribue à l'interroger : elle rend le réel problématique, mais elle le décrit à l'aide des symboles de la fiction, non sur le registre du concept.

Qu'apprend en effet le poisson au terme de son échec ? Il apprend par l'expérience que son modèle visuel est un monde impossible à réaliser. Pourquoi ? Non pas parce qu'il est invraisemblable (l'existence d'un tel monde n'est pas inconcevable : il y a des poissons volants...) mais parce que quelque chose d'essentiel a été ignorée, qui n'a pas été transférée et transposée dans le monde atmosphérique : la respiration, processus vital qui, à la différence de la locomotion, ne se voit pas pour l'essentiel (processus interne à l'organisme vivant), n'est pas l'objet d'une observation externe similaire à celle de la motricité, car elle exige de déplacer le raisonnement sur un registre conceptuel. L'album dit à l'avant-dernière page (p. 27 de l'album) lorsque la grenouille repousse le poisson dans l'étang et que celui-ci « *reprend son souffle et laisse l'eau pure et claire remplir et rafraîchir ses ouïes. Il se sent de nouveau léger...* ». Ce qui peut sembler paradoxal car l'eau est plus dense que l'air. Or, la fonction respiratoire des vivants est bien plus discriminante que celle de la locomotion ; après tout, les serpents, les vers rampent³... D'où suit l'échec du monde possible que se représente le vairon : échec dû à l'absence de quelque chose qui mettrait en équivalence et en correspondance respiration aquatique et respiration atmosphérique et établirait une sorte de continuité entre les deux mondes (plus précisément : entre les individus émergents de ces deux mondes). Il n'y a pas d'existence (et donc de place) pour l'espèce poisson dans le monde atmosphérique pour cette raison de fond ; voilà ce qu'il apprend, voilà ce qu'il déclare savoir maintenant à la fin de l'album (p. 28 de l'album) : « *Tu sais, lui dit-il, tu avais raison ! Un poisson est un poisson !* ». Ce qui est faux dans le monde possible permet en contrepartie de construire des hypothèses sur ce qui est vrai. Il sait qu'il n'est pas grenouille et il sait pourquoi : il ne peut

3 Sur les conséquences des différences physiques et chimiques de l'air et de l'eau dans l'adaptation des espèces à leur milieu environnant au cours de l'évolution, on peut se reporter à Ruffié (1982), particulièrement au chapitre XIX, « L'invasion terrestre », p. 510.

respirer que dans l'eau qu'il distingue de l'étang, son contenant. Quelle est la teneur de ce savoir ? Il est d'ordre existentiel plus que conceptuel. Le vairon a fait l'épreuve de l'asphyxie et de l'impossibilité de vivre hors de l'eau, mais on ne peut prétendre pour autant qu'il sache quelque chose de la respiration. Telle est la limite cognitive d'un ouvrage de fiction : l'impossibilité réelle que l'on sait vraie, n'est pas justifiée par des raisons scientifiques explicitement prouvées.

Au total, si le T-G sait qu'« *un poisson est un poisson* », comme il sait par ailleurs que « *les grenouilles sont des grenouilles* », ce savoir est limité en ceci : il sait que ces deux espèces sont distinctes, ne se confondent pas et ne vivent pas dans des milieux différents. Il sait sans doute reconnaître qui est poisson et qui est grenouille, mais il ne sait pas ce qu'est un poisson et ce qu'est une grenouille, ce qu'est « être poisson » par opposition à ce qu'est « être grenouille ». Ce qui suppose un savoir conceptuel et théorique d'ordre biologique.

1.3. Un poisson est un poisson : évènements du récit et phénomènes biologiques

Notre thèse consiste à soutenir qu'il n'y a pas de coupure radicale dans la fiction entre le possible et le réel. Nous avons montré que notre récit de fiction présuppose un renvoi à la réalité du monde des vivants qui n'est jamais explicité, ni *a fortiori* traité au plan de la connaissance scientifique. C'est pourquoi un évènement du récit de fiction renvoie au phénomène naturel sous-jacent. Pour exemple, l'épisode de l'asphyxie du poisson dans l'album se décline sur deux registres : comme évènement de fiction, il se résout par l'intervention de la grenouille (qui le repousse dans l'eau), mais il suscite sur une autre face l'interrogation sur le phénomène en jeu impensé du point de vue biologique : la respiration.

• Évènements de fiction et phénomènes biologiques

On peut donc dire plus globalement que le récit peut être décrit comme une série d'évènements dont certains sont au cœur de sa problématique dans le sens où ils transforment une situation initiale (un seul monde) en une nouvelle situation (plusieurs mondes). Ces évènements cruciaux participent à la mise en intrigue du récit et ont la particularité dans cet album de se référer à des phénomènes biologiques que nous souhaitons rapidement expliciter. Le texte contient en lui-même cette dualité évènement fictionnel et phénomène biologique qui est porteur comme nous le verrons par la suite d'un questionnement épistémologique et scientifique. Dans un premier temps, nous avons réparti les portions de texte de l'album selon un découpage proposé par Larivaille cité par Adam (1994) pour décrire le récit, en mettant en évidence les évènements cruciaux ainsi que les trois phénomènes biologiques principaux qui leur sont associés. Les deux premiers s'inscrivent dans le processus de développement de la grenouille, le troisième fait référence à une fonction caractéristique du vivant.

Le phénomène biologique I correspond au développement indirect par métamorphose progressive chez la grenouille qui se traduit par des modifications

majeures (apparition, disparition et remaniement d'organes). Les transformations explicitées et visualisées dans l'album sont des transformations externes, comme l'apparition des pattes postérieures (p. 3) puis des pattes antérieures (p. 5) ainsi que la disparition de la queue (p. 5). Ce mode de développement s'oppose à celui du poisson qui est direct, l'œuf donnant directement un jeune ayant les mêmes caractéristiques que l'adulte et dont la croissance est continue (p. 9).

Le phénomène biologique 2, c'est le passage, pour la grenouille au cours de la métamorphose, de la vie aquatique (stade larvaire) à la vie terrestre (stade adulte). Seule la reproduction nécessite qu'elle retourne à l'eau. Ainsi, dans l'album, l'existence de la grenouille comporte deux phases, l'une aquatique correspondant à la période larvaire (p. 1 à 5), l'autre terrestre correspondant à la vie adulte (p. 6 à 28) alors que celle du poisson est strictement aquatique (l'expérience terrestre lui est fatale). Ce changement de milieu de vie est évidemment en lien avec le phénomène biologique 1 : le cycle de développement de la grenouille connaît un certain nombre de transformations dont la disparition des branchies et la formation des poumons (cela reste implicite dans l'album) qui marque la transition menant d'une vie aquatique à une vie terrestre. On peut noter qu'en paléontologie, les amphibiens constituent un groupe animal intéressant car ils représentent l'exemple du passage du monde aquatique au monde terrestre et de l'adaptation physique et morphologique à la vie sur la terre ferme. Ils sont à l'origine de tous les tétrapodes. La sortie des eaux des vertébrés constitue un événement majeur de l'évolution dont les métamorphoses des amphibiens actuels nous donnent une image raccourcie et rapide. Cet aspect nous semble symbolisé par le dessin de la page 8.

Le phénomène biologique 3 correspond à la respiration strictement branchiale des poissons. Les mouvements de la bouche et des opercules permettent une circulation de l'eau dans la cavité branchiale et donc un renouvellement de l'eau de sorte que les branchies sont toujours en présence d'eau riche en dioxygène. À l'inverse, la grenouille adulte possède une respiration principalement cutanée adaptée surtout à la vie aquatique et plus accessoirement une respiration pulmonaire adaptée à la vie terrestre (Parker & Bellans, 1971). L'album évoque l'impossibilité d'une respiration sur la terre ferme chez le poisson (p. 23) et le besoin d'un retour dans l'eau pour qu'il reprenne son souffle (p. 27). La respiration de la grenouille n'est pas traitée explicitement.

L'évènement déclencheur qui suscite l'incrédulité du poisson et le départ de la grenouille de l'étang (phénomène biologique 2) est l'apparition des pattes postérieures (phénomène biologique 1 lié à la métamorphose). Le retour de la grenouille fait naître chez le poisson le désir d'aller voir ce monde extraordinaire et de sortir de l'eau. En accomplissant cette action, le poisson transgresse une loi vitale : il ne peut pas respirer le dioxygène gazeux de l'air (phénomène biologique 3). La grenouille vient en aide au poisson en le remettant à l'eau. Il en résulte que le poisson comprend que son monde est celui de l'étang et non la berge alors que

la grenouille peut vivre dans ces deux milieux. On retrouve bien dans cette succession d'évènements la structure du récit qui débute par une situation stable, qu'un évènement, ici de nature biologique, vient perturber et d'où il résulte un passage à l'acte non-viable physiologiquement dont l'échec et le dépassement permettent d'atteindre un nouvel état d'équilibre. Ces différentes relations causales constitutives du récit l'orientent vers la morale « *un poisson est un poisson* » qui replace l'individu poisson en tant qu'espèce adaptée à un milieu.

Au-delà de ces trois phénomènes biologiques identifiés comme participant à la construction de l'intrigue, l'album développe au fil des pages un paysage emprunté à l'écosystème de l'étang, dans lequel deux personnages, le têtard et le vairon, animaux avec des caractéristiques morphologiques spécifiques, se meuvent. Le poisson et le têtard vivent dans un même milieu l'étang, une étendue d'eau tranquille, stagnante, de faible profondeur (on peut voir que les plantes enracinées comme les nénuphars émergent, p. 5 et 6) qui est isolé des effets du milieu terrestre à l'inverse d'autres milieux aquatiques comme les eaux courantes continuellement renouvelées. Dans l'album, les pages visualisant un étang isolé (discontinuité étang/berge) alternent avec des doubles pages visualisant une relation entre l'étang et la berge (continuité étang/berge). Certaines (p. 2 et 3) renforcent cette idée de système clos dans lequel vivent le poisson et le têtard ou celle d'isolement du poisson vis-à-vis d'une vie terrestre (p. 6), les autres pages présentent la possibilité d'échanges, de passage d'un milieu à un autre (comme en page 8, où la grenouille sort de l'eau en grim pant le long de la berge). Le poisson porte des nageoires paires (les pectorales en arrière de la tête, de la région branchiale) et deux nageoires impaires contenues dans le plan de symétrie de l'animal : une longue dorsale et une caudale alors que le têtard est caractérisé par un corps globuleux confondu avec la tête et prolongé par une queue. La grenouille de par certaines de ses caractéristiques physiques fait partie de l'ordre des anoures (sans queue), ses quatre pattes sont adaptées à la locomotion aquatique et au saut terrestre (p. 11). Les pattes postérieures longues et puissantes, repliées au repos, sont terminées par des pieds palmés. Les pattes antérieures, plus courtes, servent à assurer la retombée sur le sol. À l'inverse, le poisson n'est pas doté des organes du saut (même si à la page 21, le poisson « *saute hors de l'eau sur la rive* »).

Sans rentrer dans une analyse scriptovisuelle plus fine qui fera l'objet d'une prochaine étude, on peut percevoir que cet espace référant à un milieu naturel comprenant deux êtres vivants ayant une existence réelle renforce le caractère de vraisemblance scientifique de l'album créé par les liens étroits entre évènements fictifs et phénomènes biologiques. L'imbrication réciproque du monde de la fiction et du monde empirique qui traverse ce récit nous semble offrir matière et créativité pour envisager des hypothèses, imaginer des possibles, questionner la véracité des évènements, poser des questions scientifiques... C'est ce que nous souhaitons démontrer à travers l'analyse didactique des extraits de corpus, pris dans la seconde séance (section 3 du texte).

• **Enjeux didactiques et scientifiques de l'album**

Récapitulons les principales bénéfices apportés par l'analyse *a priori* de l'album. Du point de vue de son intérêt didactique, en vue de la construction d'un savoir scientifique, elle a contribué à mettre en évidence trois dominantes. La première oppose le régime épistémique de la croyance et du savoir. La seconde oppose le registre du monde de la fiction et celui du monde de la réalité. Enfin la troisième engage la réflexion et l'apprentissage des élèves dans la construction d'un savoir scientifique en biologie. Nous avons remarqué, en outre, que ces trois dominantes sont complémentaires, car, d'une part, les élèves ne peuvent construire le savoir que sur la base des connaissances et de l'expérience qui sont les leurs comme sujets épistémiques (rappelons que si du point de vue de la croyance, le monde peut être imaginé dans la fiction de multiples façons, par contre pour le savoir, et donc la connaissance scientifique, il n'y a qu'une seule façon pour le monde d'être ce qu'il est) ; d'autre part, les élèves ne peuvent construire la vérité sur le monde réel, ce dont le poisson fait l'expérience sans en avoir la connaissance conceptuelle et scientifique, qu'à partir et en relation avec le monde de référence dans lequel les sujets connaissant se trouvent installés. Enfin, il faut remarquer que la relativité de la connaissance ainsi construite n'interdit nullement de revendiquer son objectivité, car elle requiert de procurer aux élèves les preuves qui sont constitutives de la connaissance scientifique en jeu. La posture que nous adoptons rejoint d'une certaine façon la question de la problématisation dans les apprentissages scientifiques, telle qu'elle est développée et débattue dans le champ de la recherche en didactique de la biologie (Orange, 2005). Nous considérons, en effet que la construction de connaissances scientifiques se situe nécessairement dans la prise de conscience de ce qui fait problème, dans la possibilité de proposer des solutions et de les discuter pour en tester les raisons.

2. Le dispositif, la démarche didactique de l'enseignant et le découpage de la séance

Le dispositif didactique a été construit pour les besoins de cette étude par notre groupe de recherche⁴ qui réunit des enseignants-chercheurs de notre laboratoire, formateurs à l'IUFM, et des enseignants du 1^{er} degré dont Jean-Pierre Errera qui a animé les différentes séances de classe et Xavier Rembotte. L'un et l'autre sont coauteurs de l'article et enseignants d'une classe de cycle 2⁵ à l'école

4 Notre groupe de recherche pluricatégoriel et pluridisciplinaire est rattaché depuis 2006 à l'axe 4 du cluster 14 (Région Rhône-Alpes): Interaction entre histoire, épistémologie et didactique des sciences mathématiques, de la matière et de la vie : l'image et l'histoire au service de nouvelles formes de lisibilité et de visibilité de la science dans le cadre d'un projet sur « le rôle de l'image, du langage et de leur interaction dans l'élaboration des connaissances scientifiques chez les enfants ». Il s'est constitué en 2001 en se baptisant *Gavagai* autour d'une recherche LIRDHIST, université Lyon 1 - IUFM de l'académie de Lyon qui a donné lieu à la publication d'un ouvrage collectif : Durand-Guerrier et al. (2006).

5 L'école a instauré, depuis 1996, des classes de cycle qui regroupent les élèves de GS, CP et CEI d'une part, et ceux de CE2, CM1 et CM2 d'autre part, dans le but d'instaurer des rencontres multiples sur les notions travaillées. Un enseignant suit donc les mêmes élèves pendant les trois années du cycle.

Paul-Émile-Victor (Lyon, 69). Ils ont été associés à toutes les phases de cette recherche, de la réflexion théorique à la lecture *a priori* de l'album, de la préparation des séances à leur mise en œuvre jusqu'au travail d'écriture. Sur le plan pédagogique et didactique, ces enseignants partagent une même pratique de la lecture questionnée dans leur classe qui est réalisée uniquement à partir d'albums de littérature. Ils ne disposent pas de livre d'apprentissage de la lecture.

2.1. Le dispositif didactique

Le dispositif didactique construit autour de l'album *Un poisson est un poisson* comporte quatre séances qui se sont déroulées entre mai et juin 2006. Les deux enseignants ont choisi de regrouper les élèves de CE1, lecteurs les plus avancés dans le cycle 2, de leur classe respective, soit un effectif total de 20 élèves. Les deux premières séances de lecture ont pour objectif de faire entrer les élèves dans le récit par un questionnement sémantique et épistémologique portant sur certaines images et l'ensemble du texte. Les deux autres ont pour objectif de reconsidérer dans l'album les phénomènes biologiques sous-jacents révélés lors des séances précédentes.

La séance n° 1 a pour objectif de permettre aux élèves de s'approprier l'idée de monde possible. Elle comporte deux parties. Lors de la première partie, les élèves font d'abord une lecture individuelle du début de l'album (pages 1 à 11) dont ils ont un exemplaire photocopié en noir et blanc. Une lecture orale est effectuée par des élèves avec une projection simultanée de ces mêmes pages sur le mur. La lecture des pages suivantes (pages 12 à 17) se poursuit collectivement à partir du diaporama où l'intérieur des bulles (représentant les images que le poisson se fait du monde de la grenouille) a été évidé. L'enseignant fait discuter les élèves sur ce que pourrait contenir l'intérieur des bulles : « *Qu'est-ce qu'il y a dans le texte et dans la bulle qu'on a enlevé ?* ». Au cours de la seconde partie, l'enseignant demande aux élèves de se mettre à la place du poisson et de dessiner le contenu de la bulle, pour représenter l'un des trois types d'être vivant (oiseau, vache ou gens) appartenant au monde décrit par la grenouille. Ils sont répartis en trois groupes. Après que les élèves ont observé et commenté librement les dessins réalisés par la classe, l'enseignant organise un débat pour demander à chacun d'explicitier les choix de leur dessin. Cette première séance se termine par la projection des bulles dessinées dans l'album pour discuter le choix de l'auteur qui a représenté des oiseaux-poissons, une vache-poisson ainsi que des gens-poissons.

La séance n° 2 a pour objectif de conduire les élèves vers un questionnement épistémologique. Les élèves disposent d'un exemplaire de la fin de l'album, photocopié en noir et blanc (pages 20 à 27). Ils vont en faire la lecture page après page, collectivement. Chaque page lue fait l'objet de discussions conduites par le maître en conformité avec sa démarche didactique (section 2.2.). Une description didactique plus fine de cette séance est proposée dans la partie analyse de cet article (section 3).

La séance n° 3 a pour objectif d'analyser ce que veut dire « *un poisson est un poisson* ». Conformément à ce que nous avons supposé (section 1.2.), l'expression « *un poisson est un poisson* » a suscité de nombreuses interprétations de la part des élèves (section 3.2.). C'est pourquoi le maître fait analyser sa signification dans le cadre d'une séance de type « *petit laboratoire* »⁶. L'objectif est qu'un sens commun puisse se dégager de cette forme de travail réflexif. Ce débat organisé par le maître semble avoir favorisé un questionnement renouvelé sur les phénomènes biologiques en jeu et avoir permis de clarifier certaines distinctions entre la fiction et la réalité ou encore le vrai et le faux.

La séance n° 4 a pour objectif d'approfondir des questions scientifiques restées en suspens. Au cours de cette séance un spécialiste en biologie est intervenu pour répondre aux interrogations scientifiques suscitées par la lecture du récit afin de satisfaire la curiosité des élèves. En particulier, la question de la respiration du bébé par comparaison avec celle du poisson a été débattue.

2.2. La démarche de l'enseignant

L'enseignant de la classe conçoit la lecture comme la possibilité d'interroger des choses ordinaires, comme des évidences qui n'en sont pas, et de les rendre problématiques. Rien de moins évident que les choses ordinaires telles, par exemple, qu'une chaise, dont on croit savoir ce qu'elle est. C'est aussi parce que l'album pose des questions sans pour autant fournir une réponse unique, fermée, uniforme et définitive que l'enseignant conduit de façon très ouverte la lecture des élèves. Certes, il favorise la possibilité d'une pluralité de réactions, de réponses de la part des élèves et surtout celle de se questionner entre eux, mais en se référant à la contrainte du texte.

• La lecture comme questionnement

Lorsqu'on le questionne sur la démarche dans la séquence, l'enseignant de la classe dit que lire, c'est questionner un texte pour résoudre un problème dont la solution se situe sur ces deux axes. D'une part, quel sens le texte nous donne à lire (ce que nous dit le texte) ? D'autre part, quel sens donnons-nous au texte ? Comment réagissons-nous ? (ce que nous en pensons).

Lire, c'est attribuer une signification à un texte, mais laquelle et comment ? Dans la classe de l'enseignant les élèves sont habitués à réagir à la lecture d'un texte pour se dire « *et alors quoi ?* ». La lecture est individuelle, personnelle, chacun lit avec ce qu'il est (ses attentes, sa culture, sa connaissance du monde et de l'écrit). Mais comprendre un texte, c'est suivre son mouvement du sens vers la référence, de ce qu'il dit à ce sur quoi il parle. Or la signification d'un texte n'est jamais univoque ni directement lisible. Tout texte comporte en effet plusieurs significations confondues

6 Le dispositif du « *petit laboratoire* » est conçu par le maître dans l'intention de donner aux élèves la possibilité d'un retour réflexif et critique sur les connaissances qu'ils ont apprises dans les séances précédentes.

qui coexistent, ce qui fait l'intérêt d'un tel album est précisément la possibilité d'une lecture plurielle qu'il recèle en creux. Dès lors, la comprendre demande aux élèves de comparer les différentes versions possibles de ce texte et elle impose de rechercher en permanence un accord collectif validé par les locuteurs d'une même communauté⁷. Dans la classe, on passe, sous la conduite du maître, de ce qui est dit (dans le texte) à ce dont on parle (qui a référence à un monde, celui de la fiction et/ou du monde réel). Mais il y a une condition : si on suit Wittgenstein sur ce point à la suite de Quine, la traduction⁸ d'un même texte dans ses différentes versions ne peut s'obtenir que sur la base de notre langage, à l'intérieur de notre langage et par le moyen de notre langage ; en l'occurrence, les élèves manipulent le langage dont ils disposent dans le contexte de la classe. C'est pourquoi dans cette deuxième séance, le maître demande aux élèves non pas de redire le texte, mais de réagir en parlant de ce qu'ils ont compris. C'est en confrontant leurs compréhensions respectives que s'engage une discussion dans le langage : cette discussion revient à dire « *de quoi parle-t-on ?* » et il y a alors recherche d'un accord collectif. Cette discussion interactive s'appuie sur le livre qui est la chose commune, le lien intellectuel qui circule entre le maître et l'élève. Le maître est aussi un lecteur du livre et cette lecture du livre va dynamiser son questionnement avec les élèves. Le maître est alors fondé à dire, nous le citons, « *la compréhension est un processus et non un résultat, c'est le processus de questionnement réciproque d'un capital graphique devant les yeux et d'un capital sémantique derrière les yeux. Ce qui est un résultat, c'est la signification attribuée au texte* ». En effet, l'objet, tiers venant réguler les échanges, c'est toujours le texte qui sert de cadre de référence obligé pour confronter les significations possibles, celles qui peuvent être justifiées et validées par l'accord collectif des élèves.

• **Le mode de questionnement**

On a compris qu'il ne consiste pas dans une technique, mais plutôt en une méthode destinée à faire s'interroger les élèves sur ce qui est problématique dans le texte lui-même. Il ne s'agit pas, pour le maître, de vérifier ce que les élèves ont compris, il ne s'agit pas non plus de les guider vers ce qu'il fallait comprendre, ni de les guider vers une réponse exacte qui serait celle attendue. Le maître n'est pas dans la posture du « *maître explicateur* », mais plutôt dans celle du « *maître ignorant* » (Rancière, 2004) qui est aussi un lecteur du texte et qui demande aux élèves, d'une part, de travailler sur la divergence des significations (comme on le montrera ci-après) et, d'autre part, de justifier dans le livre la matérialité de ce qu'ils disent par ce genre de questions : « *Que penses-tu de... ? Montre-moi ce qui te fait dire ce que tu dis ?* ».

7 Cette posture du maître fait écho à l'aphorisme suivant de Wittgenstein (2005, § 241) : « *C'est ce que les êtres humains disent qui est vrai ou faux ; et ils s'accordent dans le langage qu'ils utilisent. Ce n'est pas un accord dans les opinions, mais dans la forme de vie* ».

8 Sur la notion de traduction chez Quine, voir le chapitre « *Sémantique et didactique des jeux de langage* » (p. 26-31) dans Durand-Guerrier et al. (2006).

On donnera ci-dessous quelques exemples⁹.

1^{er} exemple

4 – Marie : il lui a poussé des pattes et petit à petit il devient une grenouille et il va et il va il va il va // découvrir le monde et un jour
5 – M : il va découvrir le monde tout de suite

La question de l'enseignant recentre l'attention des élèves sur le texte pour faire ressortir ce qui est important dans la discussion entre le V-P et le T-G. Le maître ne dit pas « *tu as oublié quelque chose...* », il demande de préciser en reprenant ce qu'a dit l'élève et en intercalant le « *tout de suite* » entre « *découvrir le monde* » et « *et un jour* ».

2^e exemple

14 – M : et donc qu'est-ce qu'il fait le têtard / le poisson // qu'est-ce qu'il lui dit au têtard
15 – Marie : comment tu peux être une grenouille alors qu'hier soir ben t'étais t'étais un poisson
16 – Léonie : et oui c'est pas vraiment une grenouille parce qu'il a que des pattes

Par sa question le maître renvoie au livre et Marie se trouve obligée de citer les paroles de la grenouille. Ce n'est pas le maître qui détient la vérité, c'est l'objet texte-livre sur lequel on travaille. Mais Léonie répond en jouant sur les deux interprétations opposées de la même situation par le têtard et par le poisson.

3^e exemple

29 – M : quel monde il va découvrir
30 – Marie : le monde
31 – Noémie : le monde des humains
32 – M : le monde des humains
33 – Noémie : non
34 – M : c'est une grenouille qui va découvrir le monde des humains / qu'est-ce que tu appelles / est-ce que vous êtes d'accord / et //
...
38 – Maxime : je ne suis pas d'accord parce que ce n'est pas que le monde des humains il y a quand même des animaux
39 – M : il y a quand même / je n'entends pas moi /
40 – Maxime : il y a quand même des animaux heu les humains ou quoi il y a des chiens y a ce n'est pas que le monde des humains, il n'y a pas que des humains

⁹ Les exemples sont transcrits avec les conventions décrites par Auger et Jacobi (2003) :

M : Maître de la classe

E : Élève non identifié

/ : pause courte

// : pause plus longue *Italique* : lecture du texte de l'album

Que veut dire ici « *le monde* » ? La question ne s'adresse pas forcément à celui qui parle mais à tous les élèves : quand la grenouille dit « *le monde* » qu'entendons-nous par-là ? Il faut être d'accord sur ce que nous mettons derrière les mots pour savoir de quoi nous parlons. C'est Noémie qui répond en précisant que pour elle c'est « *le monde des humains* ». La reprise par le maître de cette expression va provoquer une discussion critique sur la phrase de Noémie. Il ne porte aucun jugement, ni aucune valeur de vrai ou de faux sur la proposition de Noémie. Il y a de la part du maître la décision de reprendre sa phrase pour clarifier ce dont elle parle en la confrontant avec ce qui est écrit dans le livre et à l'univers de référence de celui-ci et en vérifiant que tout le monde s'accorde pour dire en effet que « *c'est le monde des humains que la grenouille va découvrir* ». Ce qui va, comme on le verra dans la suite, déclencher la recherche des élèves sur l'extension de l'expression de « *monde des humains* » (section 3.2.).

Le choix du dispositif didactique et la posture de l'enseignant s'inscrivent dans un cadre socioconstructiviste qui accorde une place centrale à la problématisation (Orange, 1997) dans le processus d'apprentissage et une conception non définitive de la connaissance. C'est dans la rencontre et la retraduction en permanence d'un même phénomène dans plusieurs registres de compréhension que peut se construire une connaissance. Dans cette classe, habituée à débattre, les élèves s'engagent aisément dans les échanges, mettent en question les propositions, défendent et justifient leur point de vue sous la houlette d'un enseignant plus « *accoucheur* » qu'« *explicateur* » (Clément et al., 2004) qui maîtrise les enjeux didactiques et épistémologiques du domaine de connaissance concerné.

2.3. Les étapes didactiques de la séance n° 2

L'intégralité des interactions autour de la lecture effectuée dans la séance n° 2 a été retranscrite. Cette transcription adopte les conventions décrites par Auger et Jacobi (2003) ainsi que la numérotation des tours de paroles sans toutefois noter les intonations. Cette option favorise le travail sur les chevauchements et les enchaînements qui sont intéressants dans le cadre d'une lecture problématique où se négocient le sens et les formulations entre les élèves et avec le maître.

Le corpus est composé de 709 tours de paroles dont à peu près un tiers incombe au maître (c'est dire la place accordée aux échanges des élèves par l'enseignant). Il peut être découpé selon les trois temps didactiques de la séance, chacun d'eux étant initié par une nouvelle consigne du maître. Le premier temps didactique est consacré à la narration des pages lues lors de la séance précédente, le deuxième temps à la poursuite de la lecture page après page de l'album marquée par sept interventions correspondant aux portions de textes lues par les élèves. Quant au troisième temps didactique, il s'articule autour de trois questions qui permettent de faire la synthèse des éléments problématiques envisagés (tableau I).

Tableau 1. Découpage du corpus selon les trois temps didactiques de la séance n° 2

	1^{er} temps didactique Retour sur les pages lues en séance n° 1	2^e temps didactique Lecture page après page	3^e temps didactique Questions à visée épistémologique
Tours de parole	I – M à I61 – E	I62 – M à 591 – Annaëlle	592 – M à 709 – M
Tours de parole du maître initiant un temps didactique	I – M : ben où on en est Marie	I62 – M : ...donc je vais vous donner la suite par contre on ne va pas faire comme la première fois, on va voir page après page / donc vous ne tournez pas la première page vous gardez la première page et quand je vous dirai vous tournerez la deuxième et ainsi de suite / donc on joue le jeu pour l'instant / donc on lit on regarde la première page // allez on regarde le texte	592 – M : ...qu'est-ce qu'on apprend qui est vrai dans ce texte / allez on va essayer de voir qu'est-ce qu'on apprend qui est vrai 647 – M : alors une dernière question qu'on m'a demandé de vous poser : écoutez bien : est-ce que c'est une vraie histoire ou est-ce que c'est une histoire vraie... 687 – M : dernière chose, je vais vous demander /est-ce que vous avez des choses que vous aimeriez bien savoir à partir de cette histoire /// des choses qu'on n'a pas pu dire vraiment parce qu'on ne savait pas / est-ce qu'il y a des choses par rapport à la grenouille par rapport au poisson / qu'on fasse venir quelqu'un qui puisse répondre à vos questions
Tours de parole des élèves lisant une portion du texte de l'album		I66 – Oksana (p. 20) 261 – Yannis (p. 22) 317 – E (p. 24) 384 – E (p. 26) 500 – Camille (p. 27) 514 – Oksana (p. 27) 540 – Annaëlle (p. 27 suite et fin)	

Seuls quelques extraits seront présentés ci-dessous à titre d'exemples, notre analyse étant de nature résolument qualitative comme le sont, d'une façon générale, les études sur les interactions verbales. Leur sélection a été guidée par notre

projet de recherche à savoir comment la lecture questionnée d'un récit suscite une interrogation scientifique. Ainsi, nous avons retenu dans le premier temps didactique quelques échanges ancrés sur la narration du récit, dans le deuxième temps didactique des échanges qui suivent la lecture des pages de l'album et dans le troisième temps didactique nous avons prélevé les discussions sur le vrai et le faux à propos du récit. Ces trois moments didactiques marquent des modalités différentes de lecture du récit.

3. Analyse didactique de quelques extraits de la séance de lecture

Les extraits ci-dessous ont été choisis en accord avec notre objectif qui est de rechercher dans le corpus ce qui a pu faciliter les questionnements scientifique et épistémologique, à savoir non seulement la qualité littéraire de l'album mais aussi, comme nous l'avons montré, le mode de lecture instauré par le maître. Nous nous appuyons pour cela, non sur la chronologie des échanges de la séance de classe, mais sur le mouvement propre des échanges effectifs de la classe selon les deux axes majeurs que nous avons caractérisés dans la section 1.3., à savoir, d'une part la posture épistémologique du sujet, selon qu'il est dans une attitude de croyance et de savoir et, d'autre part, la complémentarité entre monde de la fiction et monde réel.

Ces deux axes thématiques, caractéristiques de l'analyse de l'album comme de celle du contenu des échanges de cette séance, permettent de mettre au jour l'espace dans lequel les élèves vont élaborer des éléments de connaissances biologiques. Ils sont marqués chacun par les propriétés centrales caractérisant la sémantique des mondes possibles, c'est-à-dire l'accessibilité pour le premier axe, l'alternativité pour le second axe. Quant à la propriété de trans-identification, elle n'est pas spécifique de ces derniers, mais elle intervient comme le lien entre les deux axes, lorsque va s'amorcer par exemple un travail conceptuel tel que celui de l'identification d'une fonction commune entre les êtres vivants, comme nous le verrons dans la séance étudiée à propos de la locomotion ou la respiration.

Nous reprendrons dans les deux parties suivantes ces deux axes en sélectionnant les extraits du corpus de la séance et en les déclinant pour mieux les spécifier plus précisément. Chacun d'eux parfois de façon entremêlée nourrit la réflexion épistémologique et scientifique de la classe.

3.1. La posture épistémologique de la croyance et du savoir dans les échanges de classe

La posture épistémologique de la croyance et du savoir intervient dans le corpus sur deux registres principaux. Le premier a trait au travail de recherche des élèves sur la pluralité de significations de termes problématiques (s'agissant de spécifier la variation de propriétés des individus selon leur monde d'appartenance). Le second se rapporte à l'évaluation des significations proposées (s'agissant de justifier

leur vérité dans le monde réel en le distinguant du monde fictif). Cet axe épistémique est rattaché à la propriété de l'accessibilité qui désigne la capacité pour un individu-locuteur de pouvoir concevoir un monde autre, nouveau, encore inconnu pour lui, à partir de son monde propre, sur la base des connaissances et de l'expérience qu'il en a.

• **La durée de la métamorphose-transformation : « un matin », quel matin ?**

L'extrait choisi se situe en début d'album : « *voici qu'un matin le têtard s'aperçoit que deux pattes lui ont poussé pendant la nuit* » (p. 3) ; l'enjeu est ici de savoir quand a eu lieu l'évènement « *apparition des pattes* » : en effet, quand le texte de l'album dit qu'il s'agit d'« *un matin* », de quel matin s'agit-il ?

Extrait I

1 – M : ben où on en est / Marie

2 – Marie : ben en fait c'est c'est // c'est un vairon et un têtard qui sont amis supers amis et un jour ben le le têtard il lui a poussé des pattes

3 – M : tu parles à tout le monde hein

4 – Marie : il lui a poussé des pattes et petit à petit il devient une grenouille et il va et il va il va il va // découvrir le monde et un jour

5 – M : il va découvrir le monde tout de suite

6 – Marie : ben quand il devient une grenouille

7 – M : qu'est-ce qui se passe / ouais

8 – Léonie : le lendemain matin et ben ça commence à vraiment à être une grenouille

9 – Marie : c'est pas le lendemain hein / si / c'est un jour hein

10 – Léonie : ben le premier jour après ça lui pousse des pattes et le deuxième jour après

11 – Marie : non c'est pas

12 – M : « *Deux petites pattes lui ont poussé pendant la nuit. « Regarde ! » dit-il tout fier. « Regarde », je suis une grenouille !* »

13 – Marie : mais c'est pas, c'est pas //

14 – M : et donc qu'est-ce qu'il fait le têtard / le poisson // qu'est-ce qu'il lui dit au têtard

15 – Marie : comment tu peux être une grenouille alors qu'hier soir ben t'étais t'étais un poisson

16 – Léonie : et oui c'est pas vraiment une grenouille parce qu'il a que des pattes

17 – M : oui

18 – Léonie : et après ça devient un peu

19 – Marie : oui mais c'est pas le lendemain qui

20 – Léonie : si c'est le lendemain

21 – Marie : non c'est pas le lendemain c'est c'est un beau jour

22 – M : un beau jour /

23 – Marie : c'est pas le lendemain [en chuchotant à un élève proche d'elle]

Léonie fixe l'apparition des pattes au « *lendemain* » (8, 20) considérant que cela correspond au matin qui suit « *la nuit pendant laquelle deux petites pattes lui ont*

poussé » tandis que pour Marie « *ce n'est pas le lendemain* » mais plutôt « *un jour* » (9, 11, 13, 19, 21, 23) qu'a eu lieu cet évènement, retenant l'idée indéfinie donnée par « *un matin* » dans l'album. Léonie (8, 10), en s'inscrivant dans une référence au temps du jour au lendemain inscrite dans une narration chronologique, se situe dans la croyance. Marie, au contraire, en insistant sur l'indétermination de l'évènement, le questionne sur le plan du savoir biologique. Même si elle ne connaît pas précisément la durée de cette transformation, Marie sait, par référence à son expérience qu'elle ne peut pas se produire en une nuit dans la réalité. Dans son univers empirique, Marie est amenée à interpréter l'évènement apparition des pattes dans le temps de l'ontogenèse

L'effet de contraste provoqué par les termes « *la nuit* » (où des pattes ont poussé) et « *un matin* » (où le têtard s'aperçoit de cette transformation) s'interprète dans l'univers de la croyance ou du savoir par les élèves selon ce qu'ils savent ou perçoivent, actuellement, de la transformation d'un têtard en grenouille. Ces allers-retours dans ces deux univers leur permettent, sans doute, de rencontrer le phénomène biologique de la transformation morphologique comme un processus biologique qui s'inscrit dans le temps du développement d'un individu depuis une cellule œuf à l'inverse de la fiction qui se situe dans un temps plus ou moins déterminé. Certes, l'incertitude quant à la durée de cette transformation reste entière et le besoin de connaissances supplémentaires est d'autant plus fort qu'ils ont pris conscience qu'elles ne peuvent être fournies ni par le texte de l'album, ni par leurs connaissances actuelles. Ainsi lorsque Charlie (603) reconnaît que « *c'est vrai qu'un têtard ça se transforme en grenouille* », Dylan (706) précise qu'il faudrait savoir : « *en combien de temps la grenouille commence à se transformer* » car, comme l'indique Léonie (691), ce n'est pas forcément vrai que cela se passe instantanément, de façon magique, tel un claquement de doigt. Les limites de leurs connaissances ainsi pointées permettent d'envisager le besoin d'accéder à de nouvelles connaissances.

• De l'individu grenouille au concept de grenouille

Est-ce cette opposition sur la définition du moment de l'évènement du récit, cette possibilité de chevauchement entre évènement fictif et phénomène réel, ouverte par Marie ou les deux alternatives ensemble, qui amène Léonie (16) à considérer que le têtard possédant deux pattes postérieures « *n'est pas vraiment une grenouille* », sous-entendant que d'autres transformations sont nécessaires pour qu'il le devienne. L'auteur emploie de la même façon le terme grenouille comme désignant un individu grenouille adulte quand il écrit (p. 6) « *Enfin, un beau jour, le têtard, qui est devenue une vraie grenouille, sort de l'eau en grim pant sur la berge* ». Est questionné ici l'objet problématique grenouille qui désigne, à la fois, l'individu grenouille adulte et le concept de grenouille qui rassemble les différents états individuels que sont les œufs, les têtards et les adultes comme l'ont repéré Clément *et al.* (2004) dans une séance de classe en cycle 2. Or penser la transformation du têtard en grenouille comme une succession d'évènements qui permet

de passer d'un individu 1 (le têtard) en un individu 2 (la grenouille) rend inaccessible la notion d'espèce qui conçoit la transformation comme une phase du développement d'un même individu d'un stade de larve à celui d'adulte.

Ce qui se trouve en jeu n'est pas le temps de la transformation (en terme de durée), mais plutôt le phénomène de transformation dans le temps d'un même individu sous des formes différentes. Lorsque Léonie affirme : « *et oui c'est pas vraiment une grenouille parce qu'il a que des pattes* », elle se demande implicitement ce que recouvre la qualification du terme de grenouille qui ne sera plus discuté dans la classe.

Dans ce processus de narration qui entraîne deux élèves à rechercher les termes les plus signifiants pour traduire dans quel temps s'inscrit l'évènement apparition des pattes, se joue une interrogation simultanément sur la temporalité des phénomènes biologiques, mais aussi sur la double référence du terme grenouille : l'identité du concept permettant de résoudre la contradiction perceptive entre l'état de têtard et l'état de grenouille.

• **De la croyance au savoir : la justification objective de la connaissance**

Voyons à présent comment les élèves sont capables d'avancer les raisons pour lesquelles, à la fin de l'histoire, le poisson peut être d'accord avec la grenouille sur le fait qu'« *un poisson est un poisson* », alors qu'il ne l'était pas au début de l'histoire (annexe 1). C'est « *parce que maintenant il a compris qu'il pouvait plus vivre à la surface* » (560-Annaëlle) et qu'il possède à présent l'expérience qui lui manquait pour l'admettre. Comme le dit Emily (570) si nous, sous-entendu les élèves de la classe, « *on est sûr qu'un poisson ça peut pas vivre à la surface* », ce n'est pas forcément le cas pour le poisson comme le pense Marie (569) et même s'il le savait, « *il voulait vraiment tester* » (573-Marie). C'est la rencontre de l'échec dont il fait l'expérience dans l'album qui va permettre au poisson d'opérer un changement épistémique, c'est-à-dire de passer de la croyance au savoir. Un savoir doit pouvoir être mis à l'épreuve pour accéder au statut de connaissance.

L'absence d'explication fournie par la grenouille incite le poisson à faire l'expérience par lui-même comme le note Léonie (585) : « *ben oui parce que son copain il lui a pas tout expliqué...* » et le précise Annaëlle (589) : « *il lui a pas dit n'y va jamais / sinon tu peux mourir* ». Une connaissance ne peut être acceptée comme vraie que si elle contient une explication.

Ces différents fragments d'analyse montrent comment le récit de l'album engendre un engagement des élèves dans une réflexion épistémologique (Drouin, 1991) qui porte à la fois sur les contenus de connaissances et leur statut respectif mais aussi le statut de la science. Non seulement les élèves prennent conscience de ce qu'ils savent (par rapport à la transformation du têtard en grenouille) mais aussi des limites de leurs connaissances (quant à la durée de cette transformation). Ils sont capables de justifier en quoi un savoir peut être considéré comme valide

(à propos du savoir du poisson), en particulier, une vérité ne peut être imposée sous la forme d'un argument d'autorité pour être comprise, car elle nécessite d'être éprouvée : la preuve objective en science n'est pas impersonnelle, car elle est l'objet d'un engagement personnel ou collectif qui provoque l'adhésion.

3.2. La complémentarité entre monde de la fiction et monde réel

Ce qui nous intéresse dans ce second axe thématique, c'est de saisir le rapport que les élèves réalisent entre le monde de la fiction et le monde dans lequel se déroule leur expérience et dont ils ont une connaissance verbale : comment ce qui est d'une autre nature que le réel peut-il leur faire connaître la réalité dans laquelle ils vivent ? Certes les énoncés de fiction n'ont pas d'existence effective, de référence au réel, mais la frontière entre monde réel et monde de la fiction ne semble pas si étanche qu'il n'y paraît.

Cette autre dimension thématique renvoie, d'une part, au caractère d'alternativité entre monde réel et mondes possibles et, d'autre part, comme nous l'avons souligné dans la première partie, au fait que le monde de l'expérience (celui d'un sujet) est toujours présupposé dans la construction du monde possible tel que celui de la fiction. D'où en résulte cette question décisive pour l'interrogation scientifique : comment la compréhension du monde de la fiction oblige-t-elle les élèves à réinterroger (et donc à reconstruire) la représentation du monde réel ? Autrement dit : comment se caractérise l'alternativité d'un monde par rapport à un autre ? L'intérêt didactique est de pouvoir amener les élèves à concevoir le monde réel à partir du monde de la fiction et en opposition à celui-ci. Car il est des possibilités crédibles dans le monde fictif qui deviennent des impossibilités effectives dans le monde réel : au sens où il est tout à fait concevable que celui-ci aurait pu être autrement qu'il ne se présente dans son contenu empirique observable. C'est, en effet, la réflexion sur les raisons pour lesquelles le monde n'est pas ainsi qui rend pertinentes les causes (scientifiques) pour lesquelles il est ainsi.

• « Le monde des humains » : quelle extension et quelle inclusion ? (annexe 2)

Le maître (34), en demandant si l'expression « *monde des humains* » (31-Noémie) est acceptable pour désigner le monde découvert par la grenouille, amène les élèves à discuter les différentes significations en termes d'extension et d'inclusion que recouvre une telle expression et à faire de nouvelles propositions.

La qualification de « *monde des humains* » est réductrice car elle suppose qu'on se limite aux seuls êtres humains ; or d'autres espèces vivantes peuvent s'y adjoindre selon des modalités différentes comme le dit Maxime (38, 40) : « *Je ne suis pas d'accord parce que ce n'est pas que le monde des humains il y a quand même des animaux... il y a des chiens / y a / ce n'est pas que le monde des humains / il n'y a pas que des humains* », ce qui laisse le choix avec d'autres possibilités de qualification, comme « *le monde des animaux* » proposé par Marie (49) : « *je ne vois pas*

pourquoi ça s'appellerait le monde des humains et pas le monde des animaux vu qu'il y a des humains et des animaux ». Ainsi un même monde, de même extension, peut être désigné à l'aide de différentes descriptions acceptables.

Lequel des deux termes « humains » ou « animaux » est le plus englobant pour donner son nom à la catégorie ? (52-M). Ce n'est pas la présence de tels ou tels êtres vivants qui est déterminante mais celle d'un critère morphologique propre à certains êtres vivants comme les « vertébrés » (55-Charlie). Ce qui permet, à Charlie, d'exclure de ce monde les poissons : « *alors que les poissons ben ils [des vertèbres] en ont pas* » (76). Or, cette discontinuité entre monde découvert par la grenouille et monde du poisson est l'essence même de l'album. Elle est justifiée ici par le recours au caractère exclusif du critère scientifique.

« *Le monde des humains* » comprend toutes les espèces qui partagent le même monde. Ainsi Léonie ne voit pas, dans la présence d'autres espèces vivantes, de contradiction avec l'appellation « *monde des humains* » : « *oui mais ça c'est quand même le monde des humains parce que c'est dans le monde des humains* » (47). Elle fait une nette distinction ici entre l'étiquette indexicale le (« *c'est quand même le monde des humains* ») et la catégorie spatiale dans (« *c'est dans le monde des humains* ») ; le « *monde des humains* » ne se restreint pas aux seuls êtres humains, mais il désigne aussi les espèces qui coexistent avec eux. Cette idée de faire partie du même monde dès lors que l'on vit dans le même espace, le même milieu, c'est-à-dire que l'on partage les mêmes conditions physiques est reprise par l'exemple d'un poisson dans un bocal (79-Leonie, 87-Maxime) ou dans un aquarium (92-Emily) qui du fait de sa présence « *dans le territoire des humains* » appartient au monde des humains. Le critère mis en avant est externe aux êtres vivants à la différence du critère « *vertèbre* » interne aux êtres vivants.

Il se joue donc, dans cet échange, l'acceptation ou non de la rupture entre le monde de la grenouille et celui du poisson par la caractérisation de mondes alternatifs au « *monde des humains* ». La catégorisation du « *monde des humains* » implique le recours à différents arguments qui croisent des perspectives scientifiques relatives à la classification phylogénétique (notion de critère de classification) et à l'écologie (notion de milieu) pour lesquelles il faudra créer des points de rencontre. On notera qu'au fil des échanges, les élèves conservent le terme « *monde* », dans « *monde des humains* », « *monde des animaux* », « *monde des vertébrés* », « *monde de l'eau* », « *monde de la terre* », pour décrire les événements du texte de fiction et pour catégoriser les parties du monde réel. Deux registres de référence cohabitent et se font écho : ce n'est pas parce que les élèves emploient le terme de « *monde* » qu'ils se limitent au seul emploi de catégories imaginaires. Le glissement du terme « *monde* » à celui de « *milieu* » (593, 596-Annaëlle) peut s'effectuer sans difficulté lorsque le maître interpelle les élèves sur un registre scientifique, comme le présente l'extrait 2.

Extrait 2

592 – M : ... qu'est-ce qu'on apprend qui est vrai dans ce texte / allez on va essayer de voir qu'est-ce qu'on apprend qui est vrai

593 – Annaëlle : que les poissons doivent rester dans leur milieu naturel

...

596 – Annaëlle : oui dans leur milieu / dans leur monde

597 – Dylan : les poissons ne peuvent pas respirer sur la terre

Annaëlle, en juxtaposant ces deux termes, montre par-là qu'elle évalue une similarité relative « *du monde* » avec le terme auquel il renvoie dans le monde réel, « *le milieu* ».

• **Construire un système d'équivalence entre l'air et l'eau :
une même fonction d'oxygénation**

Alors qu'Emily en est à dire que le poisson ayant sauté sur la rive « *est tombé à la renverse, il est tombé sur le dos* », Tom demande la parole et revient brusquement en arrière (extrait 3).

Extrait 3

265 – Tom : je voulais dire à l'autre page que l'eau c'était son oxygène

266 – M : l'eau c'était son oxygène c'est ça

267 – E1 : l'eau c'est l'air où il respire

268 – Marie : l'eau pour lui c'est l'air pour nous

269 – E2 : comme nous comme si nous au début on va dans l'eau

Un même mot, « *l'eau* » est traduit par un autre mot « *oxygène* » équivalent puis par un mot contraire « *l'air* » pour signifier la fonction qu'il remplit à partir de la référence à un monde connu. La respiration est considérée comme une fonction équivalente, partagée par le poisson et la grenouille. Mais, en même temps, leurs modes de respiration respectifs sont opposés et exclusifs l'un de l'autre car ils sont relatifs à chacun des deux mondes considérés. Or, c'est dans la compréhension de cette double relation que se construit le concept de respiration. Il n'est pas étonnant qu'un peu plus loin (extrait 4), lorsqu'un accord sur le problème de la respiration est à instaurer, le maître (483, 485) s'en ressaisisse et permet à Annaëlle (486 et 489) de créer une nouvelle relation d'opposition entre la respiration du poisson et celle des humains.

Extrait 4

475 – M : ouais /et donc qu'est ce qu'elle fait l'eau elle sert à quoi quand elle va rentrer dans les branchies par les ouïes

476 – Emily : ben l'eau en fait ça sert à en fait pour les poissons heu ça sert l'eau pour heu en fait pour les poissons y bouge mieux enfin y s'déplace mieux et

477 – M : tu crois Marie

478 – Marie : pour qu'y respire

479 – M : ça lui sert à respirer / et alors pourquoi il utilise pas ses branchies pour respirer sur la terre

480 – Marie : ben / ben parce que ben /ben parce que / parce que l'eau elle sort pas des branchies l'eau elle rentre des branchies elle sort pas

481 – M : oui ouais /alors Charlie

482 – Charlie : parce que l'air c'est pas pareil que l'eau parce que l'eau c'est / c'est liquide alors que l'air ben c'est comme un nuage mais c'est un / c'est un petit peu / on peut pas le voir

483 – M : d'accord donc / qu'est-ce qu'on peut en déduire / c'est que le poisson peut pas respirer // il respire dans l'eau il peut pas respirer

484 – E : dans l'air

485 – M : dans l'air hein / on a dit en gros il a pas de poumons il a des branchies donc il respire pas de la même façon mais il respire quand même

486 – Annaëlle : Jean-Pierre c'est le contraire de nous / c'est un peu le contraire de nous parce que nous on peut pas respirer dans l'eau et on peut respirer à la surface

487 – M : nous on ne peut pas respirer dans l'eau

488 – Léonie : j'peux lire la deuxième

489 – Annaëlle : donc en fait on est un peu le contraire du poisson

Si on met à présent ces échanges en relation avec le dernier tour de parole de l'extrait précédent (269), on peut voir une tentative de rapprochement entre l'univers du poisson et celui du fœtus qui, comme lui, est dans l'eau. Cette comparaison va toutefois (extrait 5) venir en contradiction (495-Dylan) avec l'impossibilité de respirer dans l'eau chez l'homme (494-Annaëlle). Certes, un même individu peut au cours de son développement changer de mode respiratoire, comme c'est le cas de la grenouille (qui conserve toutefois comme nous l'avons vu une respiration cutanée) dont les branchies disparaissent au profit de poumons ; l'apparition des poumons marquant alors le changement de milieu. Chez l'homme, les poumons ne sont fonctionnels qu'à la naissance, le fœtus respire l'oxygène de l'air via le placenta et donc via le système respiratoire pulmonaire de la mère. C'est à la naissance que le bébé acquiert son indépendance respiratoire sans qu'il y ait eu à proprement parler un changement de mode respiratoire. Si à un mode respiratoire correspond un milieu, un monde spécifique, la réciproque n'est pas toujours vraie.

Extrait 5

490 – M : nous si on ouvre la bouche et qu'on prend de l'eau

491 – Assiatou : j'peux lire

491 – M : dans ses poumons

492 – Assiatou : j'peux lire

493 – M : qu'est-ce qui se passe

494 – Annaëlle : on peut mourir parce que mon papy il est mort de ça / il est mort / il avait de l'eau dans ses poumons

495 – Dylan : si à un moment donné on pouvait respirer dans l'eau quand on était tout bébé

496 – E : oui

497 – M : oui quand on est bébé / quand on est fœtus dans le ventre de sa maman

Par ce jeu de recherche d'équivalences, d'oppositions, on voit comment se construisent les questions que pose la respiration alors que le récit l'appréhende en relation avec les milieux de vie du poisson et de la grenouille. Il devient possible de caractériser un monde que l'on ne connaît pas, par un monde que l'on connaît et d'y associer des modes respiratoires spécifiques. Certes le cas particulier de la respiration fœtale ne peut être résolu de cette façon. Aussi le maître demandera à un biologiste partenaire de l'équipe de recherche de le traiter lors de la séance n° 4.

• **Créer de nouveaux types de relations : incapacité de bouger = incapacité respiratoire et non pas incapable de bouger = incapacité motrice**

Au-delà d'un questionnement des différentes modalités de la respiration chez quelques exemples d'êtres vivants (poisson, homme, fœtus), la fonction de respiration se voit ici appréhendée dans sa mise en relation avec la fonction de mouvement (extrait 6).

Extrait 6

270 – M : qu'est-ce qui montre qu'il ne peut pas respirer / quels sont les mots qui montrent qu'il ne peut pas respirer / Oksana

271 – Oksana : ben comme

272 – M : dans le texte

273 – E : incapable de respirer

274 – M : incapable de respirer ou //

275 – Oksana : ou de bouger

276 – M : il y a deux choses / pourquoi il ne peut plus bouger

277 – E : parce que quand on respire plus / et ben on est un peu la respiration c'est ce qui nous permet de bouger / c'est

278 – M : oui ça donne de

279 – E : c'est ce qui / c'est ce qui l'aide et puis / que/ ben / il est peut-être aussi un peu ébahi d'être arrivé sur la terre

280 – M : oui / et pourquoi il peut pas bouger non plus / Charlie

281 – Charlie : parce que dans l'eau il nage mais là il sait pas marcher/ il sait pas sauter donc il a un petit peu des problèmes

282 – M : il se déplace il se déplace dans l'eau / mais est-ce qu'il peut se déplacer sur terre

283 – E : non

284-M : c'est là le problème

285 – Emily : je voulais dire / mais la réponse de Charlie en fait / Charlie il sait pas sauter mais alors pourquoi à la première page il a il a sauté

286 – M : Charlie répond

287 – Charlie : parce qu'il était dans l'eau

288 – M : oui donc il prend assez d'élan dans l'eau effectivement

Les termes « respirer » et « bouger » sont associés dans l'album (« incapable de respirer ou de bouger ») : qu'est-ce qui relie ou séparent ces deux phénomènes ? Un élève (277) voit une relation de causalité entre le fait de respirer et celui de bouger, car comme tente de l'expliquer le maître (278) « ça donne de » sans pouvoir dire quoi, « c'est ce qui aide » dira une autre élève (279).

L'incapacité de bouger est mise en relation avec le changement de milieu (de l'eau à la terre). Elle peut provenir du fait qu'il soit « ébahi d'être arrivé sur la terre » (279-E), comme si l'émotion suscitée par l'arrivée dans le monde de la grenouille tétanisait le poisson ou encore pour Charlie (281) du fait que le poisson ne possède pas les modes de déplacement sur la terre (« il ne sait pas marcher », « il ne sait pas sauter »). Même si pour Emily (285) l'album considère qu'il sait sauter dans l'eau : « et d'un vigoureux coup de queue, il saute hors de l'eau sur la rive » (p. 20), ce mode de déplacement ne peut être conservé hors de l'eau (287-Charlie).

Tous ces germes de nouvelles relations autour de la respiration et de la capacité de bouger permettent d'envisager le mouvement comme une fonction liée à la respiration et où l'eau semble un facteur déterminant pour chacune d'entre elles.

Respirer ◇ bouger ◇ dans l'eau
 ◇ nager
 ◇ sauter ◇ dans l'eau
 ◇ se déplacer ◇ dans l'eau

hors de l'eau ◇ impossibilité de sauter
 ◇ impossible de marcher

arriver sur la terre ◇ être ébahi ◇ impossibilité de bouger

Imaginer de nouvelles relations dans le réel à partir de celles qui sont exprimées par la fiction conduit à reconsidérer des éléments du réel. Ainsi quand le maître se place dans le réel, les élèves sont capables d'opérer des transferts et de se saisir des nouvelles relations créées. Quand il demande (extrait 4, 475) à quoi sert l'eau lorsqu'elle rentre dans les branchies, Emily (476) et Marie (477) envisagent, l'une son rôle dans le déplacement, l'autre pour la respiration ou encore « de voir qu'est-ce qu'on apprend qui est vrai » (extrait 2, 592-M), Dylan (extrait 2, 597) affirme que : « les poissons ne peuvent pas respirer sur la terre » car ce n'est pas leur milieu naturel et que l'eau est indispensable à la respiration des poissons. L'articulation entre respiration, milieu et mouvement est ici amorcée alors que ces notions sont souvent séparées dans l'enseignement scientifique, même si les élèves ont tous déjà observé que leur rythme respiratoire augmentait au cours d'un exercice physique. Cet enrichissement par l'imaginaire semble propice à la reconnaissance de problèmes scientifiques : ici le lien entre la respiration, la mobilité du corps et le milieu.

4. Conclusions

Les conclusions sont récapitulées autour de deux questions. Quelles acquisitions chez les élèves en termes de démarche et de connaissances scientifiques ? Quel intérêt cognitif et épistémologique pour interroger le réel dans la fiction elle-même ?

4.1. Les apprentissages scientifiques pour les élèves

La lecture problématisée d'un album de fiction nous paraît présenter pour les apprentissages scientifiques deux intérêts principaux.

Du point de vue du questionnement inhérent à la démarche scientifique, les élèves abordent des thèmes qui leur sont inconnus, du fait qu'ils sont amenés à se poser des questions sur des objets sur lesquels ils ne se seraient pas questionnés de cette manière. La lecture leur apporte un déplacement de leur point de vue et les incite à reconstruire leur expérience (du monde) à l'aide de savoirs scientifiques. De plus, les élèves croisent différentes questions portant sur des objets scientifiques souvent pris séparément dans l'enseignement (tels que mouvement et respiration, organes de la locomotion adaptés à la vie terrestre acquis au cours des transformations...). Les élèves posent également de véritables problèmes scientifiques : pourquoi le poisson ne peut-il respirer que dans l'eau ? Pourquoi la grenouille peut respirer dans l'eau et sur la terre ? En quoi les transformations de la grenouille au cours de son développement lui permettent de s'adapter à une vie amphibie ? Enfin, l'apprentissage ainsi conçu met en œuvre de nouvelles possibilités envisagées en fonction de nouvelles contraintes (par exemple, un poisson ayant des poumons comme c'est le cas du dipneuste) : il n'est pas conçu comme clos sur des savoirs figés (Orange, 1997).

Du point de vue de la construction des connaissances, nous énumérons ce sur quoi les élèves sont d'accord et ce qu'ils admettent comme un savoir justifié. Premièrement, la reconnaissance de l'identité d'un individu grenouille dans son passage dans différents mondes (monde aquatique et monde de l'eau) et à travers différentes transformations morphologiques. Deuxièmement, la reconnaissance de la respiration comme fonction invariante commune aux êtres vivants qui se réalise selon des modalités qui restent à découvrir chez les êtres vivants de l'album mais aussi chez les autres êtres vivants : les fonctions permanentes du vivant sont ainsi rapportées à la variation des spécificités morphologiques rencontrées dans les différentes espèces. Troisièmement, la mise en relation des notions qui fonctionnent ensemble comme le mouvement et la respiration, la prise en compte des fonctions à l'échelle de l'organisme et de l'écosystème (mouvement / respiration / milieu de vie) et non pas à l'échelle de l'organe (poumon / respiration, pattes / saut).

4.2. Le bénéfice d'un questionnement scientifique à partir d'un album de fiction

Dans le récit de l'album, c'est la prise en compte de l'échec du monde possible dans l'expérimentation qui va permettre au poisson d'opérer un changement

épistémique, de passer de la croyance au savoir. Dans la classe, l'analyse du corpus montre que les élèves ont su dégager l'idée qu'un énoncé ne peut être accepté comme vrai que s'il contient une explication ou s'il peut être mis à l'épreuve du réel. Si l'on considère que le possible, non seulement, ne s'oppose pas au réel mais qu'au contraire il participe et construit la réalité, on peut envisager la fiction comme une expérimentation sur des possibles, démarche quasi-épistémologique qui peut avoir un intérêt bénéfique du point de vue cognitif pour l'engagement des élèves dans le savoir scientifique.

La contribution proposée présente des limites : d'autres théories sémantiques sur les mondes possibles auraient pu être sollicitées avec bénéfice pour diversifier les hypothèses de lecture que nous avons proposées, telles que celle de Lewis (1986) pour qui les mondes possibles sont construits sur la base de conditionnels contrefactuels, ou encore celle de Goodman (2006) pour qui la pluralité des mondes possibles consiste en autant de « versions de monde ». Par ailleurs, le rapport du texte à l'image dans l'album n'a pas été pris en compte alors que cette double dimension référentielle entretient un dialogue dans l'album lui-même. Ce qui pose la question du rapport entre l'image de fiction et l'image scientifique qui ne peut jamais être pur reflet de la réalité intime des choses. On peut dans ce contexte être sensible à la thèse provocante de Cartwright (1983) qui va jusqu'à montrer comment « les lois physiques mentent » : le propre des lois de la nature n'étant pas de décrire fidèlement les faits, mais de construire des modèles théoriques relevant de la fiction. ■

BIBLIOGRAPHIE

- ADAM J.-M. (1994). *Le texte narratif*. Paris : Nathan.
- AUGER N. & JACOBI D. (2003). Autour du livre scientifique documentaire : un dispositif de médiation entre adulte et enfant lecteur. *Aster*, n° 37, p.214-241.
- CARTWRIGHT N. (1983). *How the Laws of Physics lie*. Oxford: Clarendon Press.
- CLÉMENT P., HÉRAUD J.-L. & ERRERA J.-P. (2004). Paradoxe sémantique et argumentation : analyse d'une séquence d'enseignement sur les grenouilles au cycle 2. *Aster*, n° 38, p. 123-150.
- DROUIN A.-M. (1991). À propos de l'expression « enfant épistémologue ». *Aster*, n° 12, p. 27-38.
- DURAND-GUERRIER V., HÉRAUD J.-L. & TISSERON C. (2006). *Jeux et enjeux de langage dans l'élaboration des savoirs*. Lyon : Presses universitaires de Lyon.
- ECO U. (1985). *Lector in fabula. Le rôle du lecteur ou la coopération interprétative dans les textes narratifs*. Paris : Grasset : Fasquelle.
- FREGE G. (1971). *Écrits logiques et philosophiques*. Paris : Éd. Le Seuil.
- GOODMAN N. (2006). *Manière de faire des mondes*. Paris : Gallimard.
- HINTIKKA J. (1989). *L'intentionnalité et les mondes possibles*. Lille : Presses universitaires de Lille.

- LEWIS D. (1986). *On the plurality of worlds*. Oxford: Blackwell Publishing
- LIONNI L. (1981). *Un poisson est un poisson*. Paris : École des Loisirs.
- MERLEAU-PONTY M. (1964). *L'œil et l'esprit*. Paris : Gallimard.
- ORANGE C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie*. Paris : PUF.
- ORANGE C. (2005). Problème et problématisation dans l'enseignement scientifique. *Aster*, n° 40, p. 3-11.
- PARKER H.W. & BELLANS A. (1971). Les amphibiens et les reptiles. *La grande encyclopédie de la nature*, vol 9. Paris : Bordas
- RANCIÈRE J. (2004). *Le maître ignorant, cinq leçons sur l'émancipation intellectuelle*. Paris : 10x18.
- RUFFIÉ J. (1982). *Traité du vivant*. Paris : Fayard.
- VERNANT D. (1986). *Introduction à la philosophie de la logique*. Bruxelles : Mardaga.
- WITTGENSTEIN L. (2005). *Recherches philosophiques*. Paris : Gallimard.

**ANNEXE I. Premier extrait long du corpus
(transcription de la séance n° 2)**

- 542 – Annaële (lit) : tu sais lui dit-il tu avais raison un poisson est un poisson
543 – M : alors pourquoi elle lui dit ça
...
548 – Léonie : une grenouille ça peut aller hors de l'eau et un poisson non alors une grenouille est une grenouille et un poisson est un poisson
...
559 – M : ...pourquoi il lui dit tu avais raison / Annaële
560 – Annaële : ben parce que maintenant il a compris qu'il pouvait plus aller à la surface qu'il devait pas aller à la surface et que lui c'était un poisson / il était fait pour vivre dans l'eau et pas à la surface
561 – M : il a compris / comment il a compris
562 – Annaële : il a compris la leçon
563 – M : comment il a compris la leçon
564 – Marie : parce qu'il a essayé il a testé et il a vu que / qu'il ne pouvait pas vivre
565 – M : qu'il ne pouvait pas
566 – Marie : vivre à la surface
567 – M : qu'il ne pouvait pas vivre à la surface /oui/Marie
568 – Emily : ça ça comme elle dit Marie ça c'est sûr que un poisson ça ne peut pas vivre à la surface
569 – Marie : oui mais ça il avait peut-être pas compris encore
570 – Marie : oui mais maintenant / maintenant il doit le savoir parce que en fait et il était un petit peu tombé par terre
571 – Léonie : il le savait hein il le savait
572 – M : il savait que
573 – Marie : il le savait peut-être / ouais mais /mais/mais
574 – Léonie : parce qu'il a dit tu sais
575 – M : alors tout à l'heure vous m'avez dit on ne sait pas
576 – Léonie : tu sais lui dit-il tu avais raison un poisson est un poisson
577 – Emily : mais le savait
578 – Marie : il le savait mais il voulait vraiment tester pour voir si c'était vraiment / heu / vraiment si si il pouvait vivre un petit peu
579 – M : toi tu dis il le savait et malgré ça il voulait tester il voulait tester malgré ça au risque de mourir / il le savait
580 – Emily : mais s'il le savait pourquoi il l'aurait fait
581 – M : oui pourquoi il l'aurait fait s'il le savait
582 – Léonie : ben parce que
583 – M : pourquoi est-ce qu'il avait besoin d'aller voir
584 – Marie : parce qu'il était curieux il a essayé d'aller un peu voir / le monde
585 – Léonie : ben oui parce que son copain il lui a pas tout expliqué il lui a pas pris des photos / il lui a pas tout expliqué

586 – M : il lui a dit il y a des choses extraordinaires mais il lui a pas dit que / lui

587 – Annaëlle : qu'il pouvait pas y aller

588 – M : que lui il pouvait pas y aller / il l'a pas mis en garde c'est ça que tu voulais dire / hein/ il lui a pas dit attention dans ce monde tu pourras pas / ne jamais aller

589 – Annaëlle : ouais il lui a pas dit n'y va jamais / sinon / tu peux mourir

**ANNEXE 2. Second extrait long du corpus
(transcription de la séance n° 2)**

- 29 – M : quel monde il va découvrir
30 – Marie : le monde
31 – Noémie : le monde des humains
32 – M : le monde des humains
33 – Noémie : non
34 – M : c'est une grenouille qui va découvrir le monde des humains / qu'est-ce que tu appelles / est-ce que vous êtes d'accord / et
35 – Maxime : non
36 – Jean-loup (chercheur) : qui est-ce qui a dit non
37 – M : qui est-ce qui a dit non / Maxime
38 – Maxime : je ne suis pas d'accord parce que ce n'est pas que le monde des humains il y a quand même des animaux
39 – M : il y a quand même / je n'entends pas moi /
40 – Maxime : il y a quand même des animaux heu les humains ou quoi, il y a des chiens, y a ce n'est pas que le monde des humains, il n'y a pas que des humains
41 – M : il y a quoi notamment que la grenouille voit
42 – Maxime : heu /des oiseaux des
43 – Noémie : des vaches
44 – Maxime : des vaches
45 – Léonie : ben oui mais ça
46 – M : et des humains ouais / oui alors attends
47 – Léonie : oui mais ça c'est quand même le monde des humains parce que c'est dans le monde des humains
48 – Maxime : oui mais il n'y a pas que des humains
49 – Marie : je ne vois pas pourquoi ça s'appellerait le monde des humains et pas le monde des animaux vu qu'il y a des humains et des animaux
50 – M : ben oui
51 – Noémie : il y a plus de
52 – M : est-ce que les animaux font partie du monde des humains
53 – ES : oui
54 – M : Charlie
55 – Charlie : le monde où il y a beaucoup de vertébrés
56 – E : vertébrés
57 – M : où il n'y a que des vertébrés
58 – E : vertébrés
60 – E : ça veut dire quoi
61 – M : on l'a vu ce que c'était des vertébrés
66 – E : oui
67 – M : Yannis
68 – Yannis : ceux qui ont des vertèbres

- 69 – M : oui d'accord / est-ce que le monde / est-ce qu'il y a que des vertébrés dans le monde des humains
- 70 – ES : non
- 71 – M : non
- 72 – Charlie : non mais il y en a beaucoup comme les vaches comme les humains qui qui en ont
- 73 – M : hum
- 74 – Charlie : il y en a peu qui en ont pas
- 75 – M : oui mais il y en a quand même
- 76 – Charlie : alors que les poissons ben ils en ont pas
- 77 – M : et est-ce que les poissons ils font partie du monde / de ce monde là /
- 78 – ES : non/ oui / si non
- 79 – M : oui non pourquoi
- 90 – E : ben non parce qu'il est
- 91 – M : attends / l'un après l'autre et on argumente
- 92 – Léonie : oui parce que les humains ils en ont-ils ont pas des // mais ils en ont
- 93 – M : les humains ils en ont quoi
- 94 – Léonie : mais non mais parce que par exemple / moi j'ai un poisson
- 95 – M : ah / elle a un poisson donc il fait partie du monde des humains
- 96 – Léonie : mais non pas forcément
- 97 – E : si
- 98 – Léonie : mais oui il fait partie du monde des humains
- 99 – Yannis : il fait partie du monde de l'eau
- 100 – M : le poisson fait partie du monde l'eau
- 101 – Yannis : ben oui il fait partie du monde de l'eau
- 102 – Maxime : oui mais l'eau elle est dans un bocal et mais / oui l'eau est dans un bocal mais le bocal mais le poisson est quand même sur la terre
- 103 – E : non
- 104 – E : si
- 105 – Maxime : si il est quand même sur la terre // si il est quand même avec les humains
- 106 – M : oui parle bien fort
- 107 – Emily : ben en fait en fait chez nous on peut avoir un poisson parce que en fait le poisson ça peut faire partie des mondes des humains comme moi j'ai un grand aquarium il y a plein de poissons dedans // il y en a qui ont des poissons il y en a qui en n'ont pas

Élaboration d'un récit de fiction et questionnement scientifique au musée

Éric Triquet, IUFM académie de Grenoble ; UMR STEF (ENS Cachan – INRP) ;
eric.triquet@grenoble.iufm.fr

De nombreux musées de sciences usent du récit pour leurs expositions, comme en témoigne l'importance de la trame narrative au niveau de leurs expositions. Support pour la mise en scène, elle est aussi principe organisateur pour l'agencement des objets. De fait, elle en vient également à structurer la réception. D'où notre proposition de faire écrire à des visiteurs scolaires un récit de fiction scientifique sur et à propos de l'exposition d'un musée d'histoire naturelle. La recherche que nous présentons analyse les effets d'un tel travail d'écriture sur la lecture de l'exposition de ces visiteurs particuliers. De façon plus précise, le présent article s'intéresse au rôle médiateur joué par le développement de l'intrigue dans la construction du sens, la mise en place d'un questionnement et la structuration de connaissances scientifiques véhiculées par l'exposition.

La vulgarisation scientifique, sous toutes ses formes, constitue un espace privilégié de rencontres entre sciences et récit. La presse comme le livre documentaire exploitent dans cette visée, depuis déjà fort longtemps, les atouts de la narration. La télévision qui finance à grands frais des docufictions destinés à un large public n'est pas non plus en reste. Dans les musées, domaine qui nous intéresse, un nombre toujours plus grand de conservateurs revendiquent, pour leurs expositions scientifiques, une trame narrative. Utilisée pour organiser la présentation des objets, définir les orientations de mise en scène ou encore cadrer les textes, la trame narrative est, toute à la fois, la source à partir de laquelle se développe la création et son principe organisateur. D'une certaine façon elle en vient à déterminer le fonctionnement sémiotique de l'exposition et donc la réception du visiteur. Mais dès lors, qu'en est-il de l'entrée du visiteur dans cette démarche de narration, de sa capacité à donner forme à sa visite par un récit, récit construit au fil de ses rencontres avec les objets présentés, de sa perception des indices que lui propose la scénographie, de son parcours ? De façon très concrète c'est la question de la médiation, entre le visiteur et l'exposition, qui est ici en jeu.

Dans le prolongement de nos recherches (Triquet, 2001), c'est à l'écriture que nous avons fait appel. Non plus l'écriture de listes, ou de cartels¹, mais l'écriture collective d'un récit de fiction scientifique développée en référence à la visite d'une exposition de science. L'idée de fond étant d'utiliser les potentialités propres au récit et les atouts de l'écriture au service d'une lecture dynamique et questionnée de l'exposition (Triquet, 2006). Par ce choix, nous nous démarquons radicalement d'une tendance déjà ancienne visant à limiter le travail d'écriture au musée à sa plus simple expression.

Dans le cadre de cet article, nous souhaitons nous intéresser plus précisément au rôle fondateur que peut jouer la mise en place d'une intrigue (élaboration et développement dans le récit de fiction) au niveau de l'émergence d'un questionnement sur et à propos des thématiques portées par l'exposition. La première partie pose les fondements théoriques de l'approche retenue. La seconde fait état de résultats obtenus avec deux publics différents (élèves de 5^e et professeurs des écoles stagiaires en 2^e année de formation à l'IUFM) en les illustrant au moyen d'extraits pris dans les récits obtenus. Ces résultats ouvrent sur une discussion plus large de l'intérêt et des limites d'un tel travail.

I. Éléments théoriques

I.1. Fictions/sciences : des points communs

Les liens entre sciences et récit sont beaucoup plus étroits qu'on pourrait le penser *a priori*. Bruner (1996), s'appuyant sur les travaux d'historiens des sciences, met en avant, exemples à l'appui, que les scientifiques eux-mêmes utilisent toutes sortes d'histoires et de métaphores pour amener leurs modèles à coller à la nature. Les travaux de Latour et Woolgar (1988) ont également révélé que, même dans des domaines scientifiques ou technologiques de pointe, la forme narrative joue un rôle essentiel dans la construction d'explications. De son côté, Raichvarg (1995) fait remarquer que les grandes controverses scientifiques présentent des caractéristiques dramatiques évidentes. Certains scientifiques, nous dit-il, sont taillés pour aider l'histoire à les retenir et les transformer sans difficultés en personnages ; et de citer « Galilée le bon vivant », « Pasteur l'autoritaire ». Les objets scientifiques eux-mêmes, si l'on suit cet auteur, sont potentiellement, tout comme les chercheurs qui les étudient, de bons personnages de récit. C'est pourquoi, là encore, le théâtre les a mis en scène. La littérature également. Pensons à Primo Lévi qui, dans *Le système périodique*², raconte la genèse et l'évolution d'éléments chimiques, tels que le carbone ou le zinc. Mais cela vaut également pour les mathématiques, discipline dans laquelle Denis Guedj a montré dans *Le théorème du*

1 Les cartels correspondent aux écrits qui accompagnent ordinairement les vitrines d'une exposition.

2 Lévi P. (2000). *Le système périodique*. Paris : Albin Michel.

*perroquet*³ combien la théorie des ensembles ou la géométrie dans l'espace pouvaient être riches en ressorts dramatiques.

Des personnages, une intrigue, un environnement spatio-temporel, c'est tout cela qu'offrent à leur manière les mécanismes et processus étudiés en sciences physiques et en biologie. Ce sont autant d'éléments qui caractérisent le récit de fiction. Mais au-delà, c'est la capacité du récit à bousculer les évidences, à les questionner, qui en fait un outil pour l'expression de la chose scientifique.

1.2. L'intrigue : le noeud problématisant de la fiction

Une histoire, pour Bruner (2002), commence lorsqu'apparaît une brèche dans l'ordre des choses auquel nous nous attendons. Un évènement nous surprend, inattendu, qui nous contraint à marquer une pause, à nous interroger. Comme dans un problème scientifique empirique au sens de Laudan (1977), quelque chose de bizarre apparaît et appelle une explication. La fiction, nous dit encore Bruner, a le pouvoir de bousculer nos habitudes à l'égard de ce que nous considérons comme la norme. La fiction viendrait ainsi perturber nos schémas de pensée, nos idées du monde. C'est là une autre similitude avec le problème scientifique qui émerge, bien souvent, à l'occasion d'une mise en défaut de conceptions initiales. La fiction nous inviterait en fait à reconsidérer l'évidence, à nous défaire de nos croyances ; mais de la même façon, faire des sciences n'est-ce pas aussi abandonner une connaissance d'opinion ? En fait, pour Bruner, si la fiction part de ce qui est familier, il lui revient « *d'aller au-delà, de nous entraîner dans le domaine du possible, de ce qui pourrait être, de ce qui aurait pu être, de ce qui sera peut-être un jour* » (Bruner, 2002, p. 16). C'est, d'une certaine façon, cette potentialité du récit qui s'exprime dans les mises en histoire repérées par Orange et Guerlais (2005) dans les propos d'élèves en classe de science. Celles-ci peuvent fournir, par les possibles et les impossibles qu'elles contiennent, une prise à la problématisation scientifique. Mais poser la fiction comme lieu de problématisation oblige à se demander ce qui, dans la fiction, crée l'interrogation et suscite le changement de point de vue. Il semble que l'intrigue tienne là un rôle essentiel.

Les théoriciens du récit se sont très tôt penchés sur la question de la structure profonde du récit. Le narratologue Vladimir Propp a été en la matière un précurseur en définissant un socle commun constitué de trente et une fonctions assurant à l'intrigue une charpente logique. Plusieurs chercheurs (Adam, Greimas...) ont, à sa suite, tenté de simplifier le modèle. Parmi les différentes propositions, c'est le modèle de Larivaille (1974) qui a connu le plus grand développement et s'est imposé. Dans ce modèle, toute histoire pourrait être ramenée à une suite logique de cinq étapes, d'où son nom de schéma quinaire. Le récit se définit alors comme la transformation d'un état (initial) en un autre état (final). La complication de la

³ Guedj D. (2000). *Le théorème du perroquet*. Paris : Éd. du Seuil.

situation initiale est à la fois l'évènement déclencheur de cette transformation et son moteur. Elle correspond à un dysfonctionnement, une perturbation, une remise en cause... ; bref, « *elle fait problème* », nous dit Bruner. Ce constat l'amène à relever des analogies entre le récit et l'explication scientifique, en particulier au niveau de la relation entre des personnages et une série d'évènements problématiques auxquels réagissent ces personnages. Nous rappelons la superstructure du schéma quinaire sur laquelle nous nous sommes appuyé :

- un état initial : il renvoie à un état d'équilibre ;
- une complication : elle est marquée par un évènement déclencheur de l'histoire et vient rompre l'état d'équilibre ;
- la résolution : elle correspond à l'enchaînement des actions enclenchées par la phase précédente de provocation et constitue le temps permettant de résoudre la complication ;
- la sanction : elle clôt le processus des actions en instaurant un nouvel ordre qui sera maintenu jusqu'à la prochaine complication ;
- l'état final : avec retour à l'équilibre initial ou vers un autre état pouvant d'ailleurs être inversé par rapport à l'état initial.

Ce schéma est commun à toute intrigue. Dans la pratique, un récit de fiction est à la fois porté par une intrigue principale qui court de la première à la dernière ligne du récit et par une série d'intrigues secondaires retardant d'autant la résolution finale.

L'idée que nous voulons mettre à l'étude est la suivante : au niveau du récit de fiction scientifique, l'intrigue peut être pour le scripteur, non seulement le nœud problématisant de la fiction mais aussi, dans le même temps, un levier pour exprimer un questionnement d'ordre scientifique. Par ailleurs, pour Ricœur (1983 et 1984), l'intrigue est avant tout « *configuration* », composition d'actions, agencement de faits ou d'éléments en un tout tirant sa cohérence de relations intégrant des causalités. C'est là un autre aspect à explorer.

Mais, au-delà des potentialités propres à l'écrit choisi, c'est l'activité d'écriture en elle-même qu'il nous faut interroger.

1.3. L'écriture comme instrument de transformation des connaissances

« Écrire pour apprendre » ; si l'école semble découvrir ce précepte il n'a pourtant rien de nouveau. Des anthropologues, comme Goody (1980), ont mis en évidence les transformations cognitives apportées par l'écriture ayant accompagné le développement des civilisations. Ils ont, de ce point de vue, bien montré que l'écriture permet des opérations mentales plus élaborées que l'oral. De leur côté, les psychologues de l'école vygotskienne (Vygotski, 1997 ; Bakhtine, 1978), nous disent que l'écriture est au cœur des processus de construction de la pensée, qu'elle est l'instrument de la pensée facilitant l'expression et la transformation des

idées. Selon un point de vue à peine différent, la pédagogie constructiviste l'aborde comme un outil de conceptualisation. Son rôle dans la construction des connaissances est vu à plusieurs niveaux. D'abord, dans l'explicitation de connaissances dont le scripteur prend conscience en même temps qu'il couche son texte sur le papier ; ensuite, dans la possibilité qu'elle lui offre de fixer ses idées et connaissances pour une utilisation ultérieure ; enfin, dans le meilleur des cas, dans la mise en place du passage à l'abstraction.

Ces différents éléments, ici brièvement résumés, constituent la base théorique d'un domaine de recherche qui s'est développé, en France, depuis une quinzaine d'années et qui étudie le rôle de l'écriture dans les apprentissages scolaires. Leur développement, comme le notent Pudielko et Legros (2000), est à relier à l'influence du courant constructiviste et de l'approche socioculturelle dans les sphères didactiques. Fillon et Verin (2001) soulignent, de ce point de vue, la convergence des recherches menées en didactique du français et en didactique des sciences qui appréhendent les activités langagières comme constitutives de la construction des savoirs. De façon complémentaire, elles ont mis en évidence le rôle essentiel tenu par le travail d'écriture (dans ses différentes formes) au niveau de la structuration de la pensée et de la conceptualisation. C'est dans cette orientation que s'inscrit la présente recherche qui s'est également appuyée sur la modélisation de l'écriture pour apprendre de Scardamalia et Bereiter (1998).

Dans ce modèle, l'écriture est envisagée comme une navigation entre deux espaces-problèmes : l'espace du contenu (problèmes relatifs au thème traité) et l'espace discursif (problèmes relatifs au traitement rédactionnel). C'est dans l'interaction dynamique entre ces deux espaces-problèmes que s'opère la transformation des connaissances relatives à l'un et à l'autre. D'après ces auteurs, les connaissances en jeu dans l'espace du contenu, qui nous intéressent au premier chef, peuvent être modifiées de différentes façons (Scardamalia & Bereiter, 1998, p. 33). En voici quelques exemples :

- les problèmes rhétoriques consistant à défendre une position peuvent amener le scripteur à découvrir la pertinence de faits ignorés préalablement ;
- le besoin de résumer un texte peut de même conduire le scripteur à une analyse plus critique de l'importance des connaissances concernées ;
- la nécessité de construire une transition reliant différents sous-thèmes peut également entraîner la découverte, chez le scripteur, d'une relation préalablement non distinguée.

Dans le cadre de notre recherche la question générale, sous-tendue par ce modèle, était de savoir dans quelle mesure le traitement narratif d'un contenu scientifique en lien avec l'exposition pouvait permettre d'engager un travail de transformation de connaissances en biologie et un développement de compétences langagières, et ce de façon interactive. Dans cet article, c'est avant tout les effets des contraintes propres à la construction de l'intrigue qui vont nous intéresser.

2. De la visite à l'atelier d'écriture

2.1. L'exposition

Cette recherche s'inscrivant dans le prolongement de nos travaux antérieurs, il était important de conserver la même exposition, à savoir l'exposition *Montagne vivante* du muséum d'histoire naturelle de Grenoble. Celle-ci semble caractéristique d'une muséographie d'évocation. Le principe du diorama⁴ joue de tous ses artifices pour évoquer, et non représenter fidèlement, l'environnement montagnard auquel les animaux naturalisés du musée prêtent vie le temps de la visite. Ensuite, une narration traverse l'ensemble des vitrines. Aux dires de son concepteur, cette exposition est construite comme une série de microrécits enchâssés dans un récit plus large mettant en scène, comme son titre l'exprime, la vie animale en milieu montagnard. Comme il le souligne (Fayard, 1997), il est parfois question de drames, de tensions liant les animaux présentés, le tout dans un espace-temps bien défini. Le propos scientifique se développe et s'ancre dans le scénario, précise-t-il même à son endroit.

L'exposition est constituée d'une succession de vitrines organisant un parcours depuis les milieux des bas étages de la montagne (aile droite de la galerie) vers ses plus hauts sommets (aile gauche). C'est donc le principe de l'étagement de la vie animale qui organise la structuration de l'espace muséographique. Chaque vitrine présente une scène de vie associant des animaux typiques d'un certain milieu, présentant, sans toujours l'annoncer explicitement, leurs adaptations. C'est à chaque fois une portion d'écosystème qui est mise en scène incluant toute une gamme de relations : relations entre animaux d'une même espèce (reproduction essentiellement), entre animaux d'espèces différentes (prédation) ; relations au milieu (relations alimentaires, mimétisme, adaptation). La dimension temporelle se décline alors à différents niveaux (le moment de la journée, la saison).

2.2. Le choix du récit de fiction scientifique

Dans notre approche, l'écriture est abordée comme un outil de médiation entre des visiteurs particuliers, des élèves et des enseignants en formation, et une exposition de musée, comme un outil d'aide à la lecture des présentations muséales. La lecture est à envisager comme une construction de sens impliquant un travail sur les signes portés par la présentation muséale (inférence), la mise à jour d'une cohérence interne (compréhension) et la quête d'un au-delà (interprétation). Pour exprimer la relation de cette lecture à l'écriture nous avons proposé l'idée d'une « *littéracie muséale* » entendue comme un ensemble de compétences permettant d'accéder aux multiples niveaux de sens d'une exposition en utilisant l'ensemble des registres sémiotiques qu'elle mobilise via la médiation de l'écriture (Triquet, 2006).

⁴ Le diorama est une reconstitution en trois dimensions qui, dans les muséum, va chercher à simuler l'environnement naturel. Il s'agit au départ de présentations composées d'un décor factice créé par divers objets et où sont disposés des animaux dans des scènes de vie typiques.

Nos premières recherches, également menées au muséum de Grenoble, ont montré tout l'intérêt d'un recours à une production d'écrits de type cartels (Triquet, 2001). Ces écrits, choisis pour leurs parentés avec les écrits qui accompagnent les vitrines des musées répondaient à la consigne suivante : « Explique à un camarade ce que tu as compris de la vitrine ». Les productions obtenues avec des élèves de fin d'école primaire ont montré que ces derniers développaient, au fil de l'écriture-réécriture des cartels, une compréhension de plus en plus approfondie des vitrines. Il est notamment apparu qu'ils parvenaient à développer des relations de plus en plus fines entre les différents indices sémiotiques portés par l'exposition, puis à construire, pas à pas, une signification d'ensemble pour chaque vitrine. Mais nos études ont révélé aussi les limites de ces écrits. En premier lieu, l'impossibilité de rompre avec le cloisonnement spatial du musée marqué par la succession des vitrines. En second lieu, le fait que chaque cartel s'inscrit invariablement dans le temps de la vitrine à laquelle il renvoie, sans autre horizon temporel. Mais surtout, c'est bien souvent un discours à plat qui se construit au niveau des cartels où les orientations descriptives et/ou informatives tendent à prendre le pas sur la visée explicative. Enfin, il est apparu que les cartels ne permettaient pas l'expression des dimensions subjectives liées à la sensibilité de chaque visiteur.

Ces éléments critiques nous ont conduit à rechercher un nouveau type d'écrit. Notre choix s'est porté sur le récit de fiction scientifique ; il est motivé par plusieurs raisons tenant aux caractéristiques de cet écrit. L'ancrage du récit dans un espace-temps qui lui est propre, tout comme l'exposition. L'existence de nombreuses analogies entre récit et explication scientifique, en particulier au niveau de la résolution d'évènements problématiques (Bruner, 1996) et la tendance des élèves à utiliser une mise en histoire pour expliquer le fonctionnement de phénomènes biologiques (Astolfi & Peterfalvi, 1993 ; Orange & Orange, 1995 ; Orange, 2003 ; Orange & Guerlais, 2005).

Dans la situation proposée, le récit à produire devait répondre à trois contraintes majeures énoncées dès le départ :

- appartenir à l'hyper-genre récit, ce qui pose comme enjeu de distraire le lecteur et entraîne en particulier l'éviction du lexique de spécialité, la prédominance de l'aspect individuel des personnages ;

- revendiquer son caractère de fiction, ce qui suppose à la fois des libertés (les animaux parlent par exemple) et l'obligation de conserver la cohérence de l'univers fictionnel ;

- s'inscrire dans l'univers scientifique ce qui oblige un certain contrôle de la justesse de l'information scientifique avec comme enjeu d'instruire le lecteur, en même temps que de le distraire (mais une contrainte forte, posée au départ, était que la diffusion de connaissances devait se faire discrète pour ne pas nuire à la cohérence narrative).

2.3. Deux expérimentations sur le récit de fiction scientifique

Nous avons conduit à un an d'intervalle deux expérimentations basées sur un même protocole mettant en jeu un atelier d'écriture⁵ développé à l'issue d'une visite au muséum d'histoire naturelle de Grenoble, et cela auprès de deux publics différents. Un groupe de 24 professeurs des écoles stagiaires (dans leur dernière année) que nous appellerons PE2 et une classe de 5^e composée de 25 élèves (12 à 13 ans) d'un collège situé dans une REP⁶ de l'agglomération grenobloise⁷.

À noter que le fait, au départ conjoncturel, qu'il s'agisse de publics contrastés, c'est-à-dire d'adultes et de préadolescents, nous donnait la possibilité d'étudier les différences exprimées dans la maîtrise de la tâche assignée.

Comme dans nos recherches précédentes, le point de départ du travail d'écriture est ici la visite de l'exposition *Montagne vivante* du muséum d'histoire naturelle de Grenoble, visite couplée à l'écriture des cartels de vitrine. Dans les deux cas nous avons constitué six groupes de quatre élèves ou stagiaires, sachant que chaque groupe, après avoir parcouru l'ensemble de l'exposition, s'est vu confier l'écriture du cartel d'une vitrine particulière. La suite a pris la forme d'un atelier d'écriture mené en classe sur plusieurs semaines (trois semaines pour les PE2, à raison de deux séances de trois heures par semaine ; huit semaines pour les collégiens à raison de deux séances d'une heure trente par semaine).

Cet atelier reposait sur des alternances d'activités de trois types (Sauzeau & Triquet, 2006). Une alternance entre des travaux individuels, des travaux par petits groupes et des échanges en grand groupe. Une alternance entre des moments d'écriture et de lecture de leurs propres textes et des textes des autres groupes en vue de leur fusion au terme de l'écriture. Enfin, une alternance entre des moments d'écriture et des moments d'apports théoriques, ces derniers consistant, pour les aspects langagiers, principalement en la systématisation de faits de langue et, pour les aspects scientifiques, en des lectures complémentaires.

Signalons que, dans un tel dispositif, l'enseignant adopte une position distanciée, ce qui ne signifie nullement qu'il est passif : c'est lui qui organise les temps d'échange ; les oriente, si nécessaire, sur des questions liées au respect de la cohérence interne (respect de la logique interne du récit) ou externe (respect de la vraisemblance) ; met en place les moments d'apports théoriques. Au bout du compte, c'est lui qui demeure le garant du cadre défini au départ et des règles qui s'élaborent progressivement tant sur le fonctionnement collectif qu'au sujet de l'écrit à produire.

5 Atelier d'écriture conduit selon la démarche théorisée par Claudette Oriol-Boyer sous le nom d'atelier du texte.

6 Réseau d'éducation prioritaire.

7 Recherche INRP *Écrire dans toutes les disciplines au collège*, coordonnée par C. Barré-De Miniac et Y. Reuter ; sous-groupe de l'IUFM académie de Grenoble : É. Triquet (resp.), C. Sauzeau et M. Breton, F. Verdetti.

En pratique, l'atelier s'est organisé autour de trois phases principales. La première phase a consisté en la réécriture par groupe d'un cartel commun par vitrine en vue notamment d'en dégager les éléments scientifiques. Puis, il y a eu le lancement du projet d'écriture collective : celui d'un récit de fiction mettant en scène les animaux rencontrés au musée avec pour but affiché de les faire connaître à des élèves de fin de l'école élémentaire (10/11 ans). Le dernier temps correspond à l'écriture progressive du récit : d'abord individuellement puis réécriture par petits groupes à propos d'un animal, et enfin travail sur le récit dans son ensemble.

Les données textuelles recueillies correspondent ainsi aux différentes versions du récit élaborées au sein des groupes.

2.4. Analyses mises en œuvre

Les analyses présentées consistent en une mise à jour du couplage fiction/science qui se met en place à l'intérieur du récit ; elles opèrent en deux temps. Le premier temps, c'est la caractérisation des éléments fictionnels, des complications et de leur résolution. Le second, c'est le repérage des dimensions scientifiques qui font écho aux complications de l'intrigue.

Mais au-delà de la mise en évidence de ce couplage, il s'est agi, au travers de l'analyse des versions intermédiaires et finales, de définir en quoi la construction de l'intrigue participe à un travail de mise en relation d'éléments prélevés au niveau de l'exposition (et que l'on peut rattacher au registre empirique⁸) et de dimensions liées aux connaissances propres des scripteurs (relevant du registre théorique) ; dimensions distinguées en référence aux cadres élaborés par Martinand (1992) et Orange (2000). Ces cadres ont orienté nos analyses dans trois directions que résumant les questions suivantes. Quels éléments empiriques (pris donc sur l'exposition) sont mobilisés dans l'expression de l'intrigue et en quoi participent-ils à poser l'évènement perturbateur à l'origine de la complication ? Quelles connaissances communes, concernant ici la vie des animaux en montagne, sont activées pour être mises en défaut au niveau de cet évènement ? Quels nouveaux présupposés théoriques sont introduits au service de la résolution de la complication et quels rapports entretiennent-ils avec les éléments empiriques initiaux ?

Pour chacune de nos analyses, nous entrerons par des extraits du récit des PE2, beaucoup plus abouti que celui des élèves de collèges. Nous nous intéressons d'abord à l'intrigue principale qui, dans les récits produits, fonde la fiction, puis aux intrigues secondaires qui alimentent et développent cette fiction en ajoutant de nouvelles complications.

⁸ Nous plaçons ici tout ce qui se rapporte à des éléments directement accessibles par les sens : en particulier caractéristiques anatomiques ou morphologiques des animaux, manifestations d'un comportement.

2.5. Les savoirs en jeu

Nous nous limitons ici à l'étude des savoirs utiles aux analyses développées dans cet article. Ils concernent en premier lieu les notions d'étagement de la vie animale et d'adaptations (en rapport avec cet étagement) qui sont, comme nous l'avons dit, au cœur même de l'exposition ; et la notion de parade nuptiale traitée dans quelques vitrines de l'exposition dédiées plus particulièrement à certains oiseaux.

• L'étagement de la vie

En milieu montagnard, un certain nombre de contraintes physiques régissent la distribution de la vie. Au premier rang de ces contraintes la température (moyenne annuelle) qui décroît en moyenne dans les Alpes de 0,55 degré par 100 mètres de dénivellation, déterminant des étages de végétation correspondant à des bandes d'associations végétales aux limites diffuses qui se superposent sur les flancs de toutes les montagnes du monde. Mais c'est en fait un ensemble de contraintes naturelles liées à l'altitude⁹ (le relief, la pente, la diminution de pression atmosphérique et toutes les conséquences climatiques qui en découlent) qui imposent cet étagement de la vie et les adaptations développées par les animaux que l'on y rencontre. Il importerait de souligner la diversité des situations tant dans l'espace (liée à la multiplicité des milieux) que dans le temps (liée aux fluctuations journalières ou saisonnières).

• Les adaptations animales

Nombreux sont pourtant les représentants animaux qui vivent en haute montagne où les contraintes se font les plus fortes. Ils apparaissent en fait si adaptés que beaucoup d'entre eux seraient incapables de subsister à un autre étage, même sur une courte période. C'est en fait, tant au plan anatomique que physiologique, un ensemble de solutions et de techniques pour faire face aux contraintes de l'altitude qui a été retenu au cours du temps¹⁰. Il ne serait pas réaliste d'en faire l'inventaire. Retenons cependant que même si des phénomènes de convergences adaptatives sont à signaler, elles varient d'une espèce à l'autre pour une même contrainte, et sont de natures extrêmement diverses : morphologiques, anatomiques, physiologiques, comportementales, écologiques. À titre d'exemple si le bouquetin peut demeurer entre 2 800 et 3 300 mètres c'est à la fois parce qu'il peut résister à la baisse de la pression partielle en oxygène (sang plus riche en hématies, hématies plus petites, rythme cardiaque plus faible, myocarde plus épais...), au froid (fourrure avec un meilleur pouvoir isolant, couche de graisse sous-cutanée, changement de livrée¹¹ selon les saisons), aux pièges des pentes abruptes (conformation de leurs membres courts et de leurs sabots, acuité visuelle,

9 Auxquelles il faudrait ajouter des contraintes liées à la concurrence inter et intra spécifiques.

10 Expliquant la spécialisation extrême rencontrée chez les espèces animales de haute montagne.

11 La variations de la couleur de la livrée de l'animal peut également être un atout pour les camouflages.

promptitude de leurs réflexes, équilibre) ; autant de qualités que l'on ne retrouve pas, ou bien moins développées, chez le chevreuil de stature plus gracile, et donc plus à son aise dans les forêts des étages collinéen et montagnard¹².

- **La parade nuptiale**

En biologie, on désigne sous le nom générique de parade nuptiale le comportement adopté par un animal en vue d'attirer un partenaire sexuel et de le convaincre de s'accoupler. Dans la plupart des espèces animales la parade nuptiale a lieu immédiatement avant, voire pendant, l'accouplement. Elle met en jeu un ensemble de comportements plus ou moins stéréotypés propres à chaque espèce (avec éventuellement des variations individuelles) qui consistent à exhiber des caractères sexuels secondaires, à émettre des signaux spéciaux (bruits vocaux) ou encore à adopter des comportements spécifiques (certains oiseaux comme les grands tétras ou les tétras lyres qui nous intéressent réalisent des danses aussi stéréotypées que démonstratives).

Ce qui nous intéresse au premier plan est en fait le rôle de la parade nuptiale au niveau de la sélection sexuelle. Celle-ci est particulièrement importante parmi de nombreux groupes de vertébrés chez qui la production de gamètes par la femelle est relativement restreinte. Soulignons que la compétition sexuelle peut prendre deux modalités non exclusives. Une compétition en vue d'être plus attractif pour les membres du sexe opposé (sélection intersexuelle) et une compétition entre individus du même sexe pour s'arroger l'accès aux partenaires sexuels (sélection intrasexuelle).

3. Intrigues et connaissances scientifiques : un jeu de relations subtil

L'atelier d'écriture conduit a donné naissance dans chacune de nos expérimentations à un récit mettant en scène des animaux rencontrés au musée. Les trois points suivants caractérisent aussi bien les productions des élèves de 5^e que celles des enseignants stagiaires PE2. La trame narrative imaginée à partir du contenu des vitrines de l'exposition : l'animal situé au plus bas de la montagne a un message à faire parvenir à celui qui est au plus haut (ici le bouquetin), et ce message va être relayé d'étage en étage. Le cadre spatio-temporel des productions est imposé par l'environnement naturel (la montagne étagée). Le récit propose une série de rencontres, au travers de dialogues mettant en jeu les animaux (l'intrigue, comme nous le verrons plus loin, est propre à chaque récit).

Dans les deux récits, la fiction scientifique se déploie à deux niveaux. Celui de l'intrigue principale qui joue sur le principe de l'étagement de la vie animale en montagne et la question des adaptations aux contraintes du milieu montagnard.

12 Et l'on n'évoquera pas ici les aspects qui renvoient au régime alimentaire et aux modalités de la reproduction.

Celui des intrigues secondaires qui exploite différents aspects de la vie animale et conduit à une diversification des thématiques scientifiques abordées.

Les analyses du premier niveau ont pour objet de mettre à jour la nature du couplage qui est développé entre les dimensions fictionnelle et scientifique ; elles se limiteront aux textes terminaux. Celles concernant le second niveau, prennent en compte les textes intermédiaires et sont centrées sur la mise en place et le fonctionnement de ce couplage.

3.1. L'intrigue principale et la question de l'étagement de la vie animale

L'intrigue principale est le fruit d'une élaboration collective associant l'ensemble des groupes. Celle-ci répond à une exigence majeure : exprimer une thématique centrale de l'exposition. Dans les deux cas c'est l'étagement de la vie animale qui a été retenu.

• Les points communs aux deux récits

Dans le récit des PE2 comme dans celui des élèves de collège, l'intrigue principale repose, de façon étonnante, sur une même idée : l'imminence d'un danger perçu par les animaux des basses forêts et dont il faut informer les occupants des hauts sommets.

Extrait du récit des PE2

« Aux premières lueurs de cette belle journée du mois de mai, dans la forêt verdoyante, Cric-Crac est réveillé. Assis sur une branche de son chêne préféré, il a décidé ce matin de prendre les choses en mains : "Cette histoire ne peut plus durer, dès ce matin, j'écris à Robustin ! [...] Clindeuil, tu es là ? Ça tombe bien, j'ai besoin de toi ! J'ai un message à faire passer à Robustin, mais je suis moi-même bien mal en point. Je me demandais qui pourrait m'aider... Mais toi, mon ami de la forêt, tu peux y arriver !..."

Clindeuil le Chevreuil, tout excité à l'idée de cette mission, part tête baissée, bois en avant, transmettre ce mystérieux message à Robustin, qui vit là-haut au sommet des montagnes... "Au sommet des montagnes !" Le chevreuil réalise soudain l'impossible ascension. Il interrompt alors sa course irréfléchie [...] ».

Extrait du récit des collégiens

« Par un beau matin de printemps, alors que les fleurs commençaient à peine à éclore et que les arbres portaient tout juste leurs feuilles, un écureuil bondit à travers les prés [...]

Le 4x4 d'un braconnier arriva dans sa direction [...]

Broquard, de ses pattes agiles, partit annoncer la nouvelle aux sangliers en courant aussi vite que son ombre [...] Broquard repris sa route tandis que les autres rebroussèrent chemin car la route leur paraissait trop fatigante ».

La principale différence concerne la nature de l'évènement perturbateur rompant l'état d'équilibre initial, et le fait qu'il n'est dévoilé qu'au terme du récit

par les PE2. Pour les PE2, il s'agit d'une chute de pierres depuis les hauts sommets menaçant d'ensevelir la clairière et dont le personnage du bouquetin est rendu responsable. Pour les récits des élèves des 5^e, il s'agit de l'arrivée d'un braconnier armé venant s'emparer des cornes des bouquetins. Soulignons que dans un cas comme dans l'autre, l'évènement perturbateur n'est qu'un prétexte à la mise en place de l'intrigue.

Une fois ce travail opéré, et donc le récit de fiction scientifique lancé, le couplage fiction/science peut se développer. Il se manifeste au niveau de la complication qui vient doubler l'évènement perturbateur initial : les personnages occupant le bas de la montagne vont se trouver dans l'incapacité de porter eux-mêmes le message d'alerte aux personnages peuplant les cimes. Cette complication est couplée au problème de l'adaptation des animaux au milieu : chaque personnage-animal se trouve limité dans ses possibilités d'ascension. Il est donc contraint de transmettre son message à un autre plus à son aise. Mais ce problème scientifique, comme nous le verrons, est exprimé de façon si peu explicite que l'on ne peut rien dire quant à la maîtrise des notions sous-jacentes : contraintes du milieu non pointées, incapacités non définies de façon précise. Plus intéressant est le couplage fiction/science qui se met en place au niveau de la résolution, même si l'implicite est toujours de rigueur sur le volet scientifique : le principe de l'étagement est activé au travers du relais des personnages-animaux mis en place dans les deux récits, et ce sans erreurs.

• L'intrigue principale du récit des PE2

Dans le récit des PE2, c'est Clindeuil le Chevreuil qui, le premier, se trouve dans l'impossibilité de s'acquitter de sa mission. Si l'altitude est pointée comme le principal obstacle à la progression du message (« *"Au sommet des montagnes !" Le chevreuil réalise soudain l'impossible ascension* »), il n'est encore rien dit sur la cause du renoncement (« *Il interrompt sa course irréfléchie* »). L'idée d'une limitation biologique est introduite plus loin, avec l'exemple de Gronet-le-sanglier : « *plus je monte, moins j'avance* » ; mais, reconnaissons que l'on n'est guère plus avancé quant à la nature des limites biologiques en cause. Néanmoins, ces limites, même tenues dans l'implicite, agissent comme des contraintes sur lesquelles s'appuie l'intrigue pour se développer. Par ailleurs, elles ont le mérite d'introduire en toile de fond la question de l'adaptation des animaux à leur milieu¹³. Pour les scripteurs, une telle opération engage, si ce n'est une mobilisation explicite de connaissances scientifiques, tout au moins une réflexion sur la thématique centrale de l'exposition.

• L'intrigue principale du récit des collégiens

Dès les premières lignes, l'évènement perturbateur initial est posé de façon explicite : l'arrivée d'un braconnier venu tuer les bouquetins pour s'emparer de

13 D'une certaine façon, le nom de Robustin donné au personnage du bouquetin va dans ce sens.

leurs cornes. De même, l'idée de la chaîne des messagers est immédiatement introduite, l'enjeu étant que l'alerte soit donnée au sommet de la montagne avant que le braconnier n'y parvienne. En revanche la nécessité de mettre en place une chaîne de messagers n'est pas justifiée. Mais localement, à la faveur d'une complication secondaire, la question de l'adaptation au milieu est suggérée. C'est le cas dans le dernier paragraphe qui met en scène une marmotte bien peu à son aise sur les pentes escarpées des hauts sommets, ajoutant du même coup une complication secondaire au service de l'intrigue principale.

Extrait du récit des élèves des collégiens

« Une marmotte de la famille Tourlinotte se désigna puis quitta son logis et commença à grimper. Arrivée dans les falaises, là où les bouquetins habitent, tellement fatiguée par son travail elle dégringola de la falaise en se cassant la patte. Ce pauvre animal resta évanoui plus de trente minutes ».

L'évènement « chute de la marmotte » joue là pleinement son rôle au niveau de la complication puisque le relais est temporairement interrompu. À l'origine de cet évènement, non pas une circonstance fortuite (pouvant trouver une cohérence du point de vue du récit) mais bien une cause biologique : la fatigue de la marmotte, liée manifestement à son ascension dans un milieu (les rochers des hauts sommets) qui n'est pas le sien. Le principe du couplage fiction/science est donc ici également à l'œuvre, mais comme dans le récit des PE2 l'information scientifique est laconique. On peut en effet se demander à quoi est liée cette fatigue du personnage de la marmotte. Aucune précision n'est véritablement apportée et l'idée d'une limitation des capacités physiologiques de la marmotte, semble-t-il évoquée, ne saurait être tenue, du point de vue scientifique, pour seule cause de cet évènement.

Ces points communs entre les deux récits appellent une première conclusion. Telle qu'elle est posée dans les deux récits, l'intrigue principale fonctionne sur les deux plans (fictionnel et scientifique) en les plaçant en interaction. Mais, si l'on s'en tient à ce qui est effectivement explicité, la prise en charge du problème scientifique par les élèves est moins explicite. Examinons cela plus précisément. Au niveau de la fiction, l'intrigue sous-tend et justifie les péripéties dans lesquelles vont être entraînés successivement les différents personnages, et de ce point de vue elle tient le rôle qui lui est dévolue. Sur le plan scientifique elle s'appuie, comme on l'a vu, sur le principe de l'étagement. Mais, si l'intrigue met en cause l'aptitude des animaux des bas étages à vivre en altitude¹⁴, elle demeure très vague quant à la nature des contraintes physiques du milieu subies et des insuffisances propres à chacun de ces animaux. Néanmoins le couplage des dimensions fictionnelle et scientifique développé dans l'intrigue n'a pas été sans intérêt pour nos lecteurs-scripteurs. D'abord parce qu'au travers de la complication et de sa résolution la

¹⁴ Abordant en creux la question des adaptations.

notion centrale de l'exposition, l'étagement de la vie animale, a été mobilisée. En effet, pour construire le relais, qui constitue la solution retenue dans les deux récits, les scripteurs ont dû, ensemble et de façon concertée, définir l'ordre d'apparition des personnages, en référence à l'étagement de la vie animale en montagne. En se saisissant du concept d'étagement, en le manipulant pour les besoins du récit, ils participent à lui donner du sens.

Un point singulier mérite d'être souligné. En mettant en lien les différents milieux de vie des animaux, les deux récits participent, d'une certaine façon, à rétablir la continuité de l'espace montagnard artificiellement cloisonné dans l'exposition. Alors, en permettant à chaque personnage-animal de quitter (avec difficultés donc) le milieu dans lequel celui-ci est cantonné au musée, les récits contribuent à construire une représentation de l'étagement de la vie animale en montagne moins rigide, au sens où elle intègre la possibilité de migrations verticales, journalières ou saisonnières, observées dans la nature.

Revenons sur l'imprécision des deux récits concernant le manque d'adaptation de certains animaux aux contraintes des milieux d'altitude. Nous pouvons proposer trois raisons pour expliquer cette imprécision. On peut y voir, tout d'abord, une maîtrise imparfaite des connaissances des scripteurs sur le sujet. Soulignons alors qu'avoir à rechercher une cohérence scientifique à leur intrigue met les élèves ou les stagiaires face à leurs lacunes et ne peut manquer de les questionner. Si tel n'est pas le cas c'est le rôle de l'enseignant, nous semble-t-il, de les aider à en prendre conscience ; et dans le cas présent, de les inciter à envisager d'autres limitations (anatomiques, écologiques) à l'ascension des personnages-animaux.

On peut aussi invoquer un effet propre aux contraintes du genre récit de fiction scientifique : l'évocation scientifique doit être discrète car il n'est pas tenable d'être trop explicite, ni même exhaustif, d'où une nécessaire sélection des informations scientifiques à exprimer. L'important ici est d'ailleurs moins l'explicitation de connaissances scientifiques dans le récit que le travail scientifique opéré sur ces dernières lors de l'élaboration du récit, notamment lors de la construction de l'intrigue. Le dernier point est d'une autre nature. Il est en rapport avec le temps du récit qui n'est pas toujours compatible avec le temps des phénomènes convoqués. Dans les deux récits recueillis, l'intrigue, on l'a vu, repose sur une course contre le temps : il s'agit d'acheminer au plus vite un message du bas de la montagne vers les hauts sommets. Même si *a priori* le récit des PE2 se développe sur une échelle de temps plus importante, il ne permet pas davantage d'exprimer, au niveau de l'intrigue, des limitations en rapport avec des adaptations liées au régime alimentaire ou à la reproduction qui auraient pu trouver tout aussi bien leur place.

Nous avons posé ici l'intrigue principale, laquelle va intégrer, dans les deux cas, une série de complications secondaires. La tâche est complexe et connaît une réalisation plus ou moins aboutie. Examinons dès lors quelle forme a pris, à ce niveau, le couplage entre les dimensions fictionnelle et scientifique dans nos deux récits.

3.2. Intrigues secondaires et diversification du questionnement scientifique

Pour les besoins de l'intrigue, le relais, mobilisant successivement différents personnages à chaque étage, est mis à mal : il est soumis, comme c'est le cas dans la plupart des récits de fiction, à plusieurs événements perturbateurs retardant d'autant la résolution finale, à savoir la transmission du message aux bouquetins peuplant les étages supérieurs.

• Un schéma identique fondé sur une résolution séquentielle de sous-problèmes, mais des différences dans la réalisation

La parenté des deux récits s'exprime également dans les récits secondaires enchâssés dans le récit principal. Dans les deux cas, des événements problématiques engagent les personnages au travers de leurs paroles et, plus encore, de leurs actes. Par ailleurs, les nouvelles complications reposent sur des événements de même nature : aux difficultés d'ascension déjà pointées, on peut ajouter des problèmes de reconnaissance entre les protagonistes ou encore d'indisponibilité (temporaire) du receveur. Au niveau de ces intrigues secondaires, le couplage fiction/science est encore développé. Mais là, bien plus que précédemment au niveau de l'intrigue principale, la maîtrise de ce couplage par les PE2 apparaît plus avancée que celle des collégiens. De ce point de vue, les tableaux présentés en annexes 1 et 2 qui mettent en perspective les deux plans pour chacun des récits, donnent, nous semble-t-il, un bon aperçu de cette différence. Dans le récit des PE2, il apparaît que les intrigues secondaires peuvent être lues systématiquement sur le plan fictionnel et sur le plan scientifique, ce qui est loin d'être le cas dans celui des élèves de 5^e. Chaque complication apparaît fondée au plan scientifique et il en va de même des résolutions assignées. Illustrons ce point en prenant appui sur les exemples du tableau de l'annexe 1.

Si un animal n'est pas reconnu par celui qui vient lui porter le message, ce n'est pas parce qu'il s'est déguisé (ce qui pourrait être cohérent du point de la fiction) mais parce que sa livrée est soumise à des variations saisonnières de couleur (exemple d'Alfred-le-lagopède). Et, si d'autres personnages ne sont pas disponibles, ce n'est pas par manque d'intérêt ou de volonté mais bien en réponse à des contraintes biologiques (hibernation pour Ronflotte-la-marmotte, parade nuptiale pour Tournevire-le-tétras-lyre). Enfin, autre cas de figure, si Gronet-le-sanglier, n'est pas présent auprès des siens, ce n'est pas parce qu'il est parti chercher de la nourriture pour sa progéniture (comme sont portés à le penser les jeunes élèves) mais bien pour des raisons d'occupation du milieu et d'organisation sociale soumis à des variations saisonnières caractéristiques d'une espèce donnée.

En revanche, dans le récit des élèves de collège, seules quatre complications et quatre résolutions (sur douze) trouvent un écho scientifique¹⁵ de ce type. Par

¹⁵ Dans le tableau de l'annexe 2, les X marquent l'absence de correspondance fiction/science.

ailleurs, sur le plan fictionnel, certaines complications ne jouent que faiblement leur rôle dans leur récit.

Nous nous proposons, dans les lignes qui suivent, d'examiner de façon plus fine, au travers d'un même exemple, les différences dans la mise en œuvre des intrigues secondaires au niveau de nos deux publics. L'exemple retenu renvoie à un cas d'indisponibilité du receveur lié au comportement de parade nuptiale du tétras lyre. Il nous permettra en outre d'étudier comment opère le travail d'écriture sur la mise en synergie des éléments fictionnels et scientifiques. Nous présentons donc, pour chacun, trois états de l'écriture : le cartel commun qui constitue la base de l'atelier d'écriture, la première version du récit et l'état final.

• **Exemples de complications secondaires dans le récit des PE2**

Le cartel des PE2 est typique des cartels obtenus en première écriture : il énumère les animaux présentés et cite l'évènement remarquable en le situant dans le temps¹⁶.

Extrait du cartel du groupe « tétras lyre »

« La scène présente des tétras lyres mâles en période de parade nuptiale, c'est-à-dire au printemps. Ainsi, on peut voir trois tétras lyres "danser" en tournant. Les mâles sont de couleur noir et blanc avec deux crêtes "rouges" sur la tête. La danse permet de montrer à la femelle leur croupe au plumage blanc. Ensuite ils se livrent à une danse, cette fois-ci, en vol où ils tourment ».

Le terme de parade nuptiale, que l'on peut rattacher au registre théorique, est introduit dès la première phrase pour caractériser la période de l'année concernée. Il est suivi d'une description qui s'appuie sur différentes données empiriques : des attributs visibles du mâle (livrée noire et blanche, crêtes rouges sur la tête), des manifestations du comportement du mâle (la danse circulaire). Si ces données ne sont pas explicitement reliées à la parade du mâle, notons qu'une première relation est posée entre les données empiriques : « la danse permet de montrer à la femelle leur croupe au plumage blanc ». Pour autant, les finalités intrinsèques du comportement, du point de vue de la reproduction, sont passées sous silence.

Extrait de la première version (collective) du récit

« Elle (la marmotte) aperçut 3 drôles d'oiseaux qui ressemblaient à de grosses poules en train de danser.

Elle se dit : "bon, si je me souviens bien, je dois trouver un oiseau qui vit dans les mêmes prairies que moi, qui a deux crêtes rouges au-dessus des yeux et un plumage type smoking noir et blanc".

Elle s'approcha du premier et lui dit "hé, oh, bonjour, ta crête est rouge, tu es noir et blanc, comment t'appelles-tu ?".

¹⁶ Mais il occulte la dimension spatiale de cet évènement, en rapport avec le milieu de vie de l'animal.

L'oiseau interpellé ne répondit pas et Charlotte vexée décida de s'adresser plutôt à des demoiselles qui semblaient captiver par le spectacle proposé. En s'approchant elle entendit l'une d'elle déclarer aux autres :

“Regardez comme il tourne bien, comme les plumes blanches de sa queue son éclatantes ! Je suis séduite ! Mon préféré est le grand Tournevire”.

Satisfaite de l'avoir enfin identifié, la marmotte se dirigea vers lui et lui transmis son message ».

Ce premier extrait de récit révèle une évolution que l'on ne peut manquer de souligner : l'énoncé des attributs de l'animal est, à la fois, plus riche en adjectifs et plus imagé que dans le cartel, donnant de l'animal une description plus précise. Mais surtout, ces attributs sont à présent littéralement mis en scène au travers de l'évocation de la danse de l'animal. Il est alors question de « *plumes éclatantes* », de « *spectacle* » ; et le terme de « *séduction* » est lâché, donnant du sens à ce comportement de danse *a priori* curieux. Il est bien évident qu'exprimé ainsi, il peut apparaître teinté d'un certain anthropomorphisme ; mais c'est là un effet choisi pour satisfaire aux exigences du récit de fiction concernant le personnage.

Les contraintes imposées pour le récit de fiction ont, de toute évidence, contribué à cette évolution. Dans cet écrit, rappelons-le, la description devait être intégrée à la narration. Il n'est plus possible de s'abriter derrière des termes scientifiques sous peine de nuire à la texture du récit et il convient de les exprimer. De fait, de simple énumération des événements, la description devient expression de ces derniers et s'enrichit en qualificatif. Mais on note que dans le même temps, le terme clé de parade nuptiale est gommé. La volonté de rendre la référence scientifique la plus discrète possible n'est certainement pas étrangère à cette disparition. Si par ce geste les scripteurs s'inscrivent dans le contrat d'écriture qui leur est proposé, ils affaiblissent dans le même temps la dimension scientifique du récit. C'est moins d'ailleurs la suppression du terme scientifique en elle-même que la disparition du registre théorique sous-jacent qui est ici à regretter. Enfin, soulignons que l'intrigue n'est, à ce stade, pas encore installée : aucune complication n'est introduite, ce qui nuit non seulement à la fiction mais aussi au traitement scientifique du comportement de parade nuptiale.

Extrait du récit terminal

« “Hé ! Ho ! bonjour !... Ta crête est rouge, tu es noir et blanc, comment t'appelles-tu ?”

L'oiseau interpellé ne répondit pas et Ronflotte, vexée, décida plutôt de s'adresser à des demoiselles qui semblaient captivées par le spectacle proposé. En s'approchant, elle entendit l'une d'elles déclarer aux autres :

“Regardez comme il tourne bien, comme les plumes blanches de sa queue sont éclatantes ! Je suis séduite ! Mon préféré est le grand Tournevire !”

La marmotte lui demanda lequel se nommait ainsi.

“Mais enfin, c'est le plus beau, le plus grand !”

Éclairée par cette précision, Ronflotte se précipita vers lui :

“Salut ! j'ai un message pour toi...”

– Enfin, mais tu me gênes ! Je travaille, moi ! Je suis en pleine parade nuptiale : si je m'arrête, je suis cuit ! Alors, s'il te plaît, laisse-moi tranquille ! Je serai libre dès neuf heures, une fois le devoir accompli.

– Mais le message que je t'apporte est très important ! Tiens, je te le dépose ici. Il faut que tu l'apportes plus haut, dans la montagne, à Robustin. Étant donné que tu n'as pas l'air très à l'aise pour voler, fais-toi aider par Alfred. Finis ta parade et bon courage ! Moi, je vais me restaurer : je n'ai pas mangé depuis six mois !” ».

La complication, mise en place au fil des réécritures, est à présent manifeste : Tournevire (le tétras lyre) qui doit réceptionner le message de Ronflotte (la marmotte) est provisoirement indisponible, pour cause de parade nuptiale. Et il le fait savoir, en différant à deux reprises la rencontre et donc la transmission du message. Outre que le récit gagne en tension fictionnelle, la mise en place de la complication a pour effet de rehausser, au sein de la séquence consacrée au tétras lyre, l'évènement parade nuptiale du mâle. Elle est, en fait, le moment fort, celui qui pose problème et appelle une explication. Si Ronflotte se permet d'interrompre Tournevire, c'est qu'elle est bien ignorante du comportement du mâle tétras lyre à cette période de l'année et il faut renseigner l'importune. Elle endosse en fait le costume du naïf contrarié par un évènement auquel il ne donne pas sens immédiatement. Ce qui tend à élever ce dernier au statut d'évènement énigmatique, donc source de questions (cependant ici non posées) auxquelles répond dans le cas présent l'autre protagoniste¹⁷. Et c'est là que, de façon masquée, se livre l'explication scientifique. Le terme de parade nuptiale fait alors son retour, dans la bouche de Ronflotte enfin renseignée. Si l'évolution par rapport à l'extrait précédent peut paraître discrète, elle n'en est donc pas moins fondamentale, tant du point de vue de la construction de la fiction que de la mise en place de l'arrière plan scientifique. Examinons ce qu'il en est dans le récit des élèves de collège.

• Exemples de complications secondaires dans le récit des collégiens

Comme souvent dans les cartels élèves (Triquet, 2001), le texte proposé pour le cartel est informatif et à visée généralisante.

Extrait du cartel du groupe « tétras lyre »

« Chez le tétras lyre, on reconnaît le mâle grâce à ses deux crêtes rouges au dessus des yeux et à sa queue en forme de lyre et ses reflets bleutés sur son dos. Ils peuvent voler contrairement au coq qui lui ressemble énormément. En été, ils dansent pour les poules ».

¹⁷ Dans d'autres exemples, comme celui d'Alfred-le-lagopède, rendu méconnaissable du fait de sa livrée bigarrée de printemps, c'est, au sens fort, un évènement paradoxal qui est posé, mettant en défaut les conceptions du personnage porteur du message.

À l'instar du cartel collectif des PE2, les principaux attributs distinctifs du mâle sont pointés, et la danse, élément démonstratif de la présentation, est soulignée. Mais, là encore, s'il est mentionné que cette danse est dirigée vers la femelle, elle n'est pas interprétée comme un aspect du comportement reproducteur de l'animal. On note d'ailleurs que l'unique élément théorique (la locomotion de l'animal, la ressemblance avec le coq) porte sur d'autres aspects.

Extrait de la première version (collective) du récit

« Le chef des tétras lyres venait de recevoir un message pas comme les autres. Il réunit tous les mâles et l'un d'eux fut nommé pour prévenir la marmotte [...].

À la fin de son hibernation, la marmotte sortit de son trou. Au loin elle distingua une silhouette d'oiseau, plus elle se rapprochait plus la marmotte reconnaissait un tétras lyre mâle. Elle le reconnaissait grâce à ses reflets bleutés et ses deux crêtes au dessus de la tête. »

Soulignons pour commencer que la forme empruntée est cette fois la forme narrative, typique du récit. Néanmoins, plusieurs éléments du cartel se retrouvent dans cet extrait (reflets bleutés, crêtes au dessus des yeux) alors que d'autres ont disparu (couleur rouge des deux crêtes, queue en forme de lyre). Si un effort est fait pour exprimer, et non définir ou seulement décrire, le dimorphisme sexuel, on déplore la perte d'une autre information importante : la danse du mâle qui n'est plus évoquée. La différenciation sexuelle se présente ainsi comme un fait non mis en perspective et donc non questionné. Parallèlement, si l'on quitte le plan scientifique pour celui de la fiction, on note qu'aucune complication n'est introduite au niveau de la transmission du relais. L'intrigue générale (déjà en place) n'est donc pas réactivée par un nouvel élément perturbateur ; ce sont donc, cette fois, les deux plans qui restent à travailler.

Extrait du récit terminal

« [...] Cassis, l'un d'eux, partit prévenir la marmotte ; cela l'ennuyait beaucoup car il n'aimait pas trop s'éloigner de son arène, le lieu des parades :

“Je n'ai pas envie de m'éloigner de mon arène, car je n'ai pas encore séduit la femelle de ma vie. Mais il le faut bien car c'est mon devoir ”.

À la fin de son hibernation, la marmotte sortit de son trou. Au loin elle distingua une silhouette d'oiseau, plus le volatile se rapprochait plus elle reconnaissait un tétras lyre mâle, car elle savait bien voir la différence entre Cassis et Framboise le fils et la fille du chef des tétras lyres. Elle l'avait reconnu grâce à ses reflets bleutés et ses deux caroncules au-dessus de la tête ».

Ce n'est, en fait, que dans l'avant dernière version du récit, sous l'insistance des autres groupes, qu'un élément perturbateur est introduit par le groupe. Curieusement il est de même nature que dans le récit des PE2 : Cassis, le jeune mâle tétras lyre, est peu disposé à accomplir la mission qui lui est confiée, pour des raisons qui, là encore, tiennent au succès de sa parade nuptiale. Mais, point

intéressant, c'est au service de l'intrigue que ce comportement fait son retour dans le texte des collégiens et surtout qu'il est rattaché à une signification. À noter cependant que si la nécessité de séduction est désormais mise en avant, elle ne fait aucunement référence, comme c'est le cas dans le texte final des PE2, aux attributs du mâle. Ceux-ci sont reportés dans le second paragraphe évoquant les premiers moments de la rencontre avec la marmotte. Par ailleurs, la parade nuptiale n'agit cette fois que faiblement comme complication : Cassis est (seulement) « ennuyé » mais il part tout de même, « *par devoir* ». Le dysfonctionnement n'est pas encore créé qu'il est déjà dissipé. Et donc point d'étonnement, point de questionnement au sujet de ce comportement singulier de séduction. La complication étant immédiatement résolue, les scripteurs ne prennent d'ailleurs pas la peine de la mettre en scène. Éléments empiriques et données théoriques sont cette fois dissociés, ce qui du point de vue du travail scientifique nous paraît moins satisfaisant.

Malgré les différences observées, nous pouvons dire qu'il se développe dans les deux récits un travail sur les dimensions scientifiques en jeu. Il se rapporte d'abord à l'évocation de caractères propres au mâle tétras lyre et à leur mise en jeu au niveau d'un comportement singulier de l'animal, lequel est finalisé du point de vue de sa fonction. C'est ainsi dans une perspective scientifique que l'idée de séduction a été retenue, avec en fait une certaine validité¹⁸.

Cependant, les éléments empiriques exprimés n'agissent pas comme des contraintes. Ils viennent en appui de l'élément théorique (la parade nuptiale) pour l'illustrer ; et donc ce dernier n'est pas envisagé comme une nécessité (registre des modèles) au sens d'Orange (2001). Pour ce faire, il importerait de quitter le plan individuel du comportement de parade pour l'appréhender dans le cadre de la sélection inter et intrasexuelle. Ce sont d'autres éléments du registre empirique qui dès lors devraient être mis en avant : présence de femelles indifférentes et/ou de mâles en concurrence au niveau des arènes de parade. Ces éléments auraient joué le rôle de véritables contraintes empiriques pour lesquels la séduction pouvait prendre valeur de nécessité dans le cadre d'une modélisation de la parade nuptiale. On voit qu'il y avait moyen d'aller plus loin dans l'expression et surtout la problématisation de la notion, et ce même au travers du récit de fiction. Mais alors, il était impératif que les interactions entre élèves portent davantage sur la problématisation scientifique de l'intrigue et que son élaboration, en relation avec la mise en place de la complication de l'intrigue, constitue l'enjeu d'un véritable débat entre pairs.

Néanmoins, l'élaboration du récit de fiction scientifique telle que nous l'avons proposée en appui à la lecture de l'exposition, a permis d'avancer sur un point qui, d'une certaine façon, est le pendant de celui souligné pour l'intrigue principale.

18 Duquet (1993, p. 76) définit la parade nuptiale comme un ensemble de manifestations visuelles et sonores destiné à séduire un partenaire en vue de la reproduction.

Si l'on avait noté qu'une représentation continue de l'espace montagnard avait pu être construite via le développement de cette dernière, c'est une lecture explorant divers possibles temporels¹⁹, organisés entre eux, qui est mise en place au travers des différentes intrigues secondaires reliées à l'intrigue principale. La contrainte de mise en cohérence du temps de l'histoire racontée et du temps du monde réel (le monde des animaux de la montagne auquel elle se réfère) a contraint les scripteurs à ajuster la biologie de chaque animal (sa physiologie, son comportement, sa structure sociale) au moment (la saison) du récit. Et la nécessité d'organiser la succession des événements des intrigues secondaires les a obligés à mettre en cohérence les cycles biologiques des différents animaux (du musée) convoqués dans le récit.

4. Conclusion

Dans la production du récit de fiction scientifique telle que nous l'avons mise en œuvre, le travail sur les connaissances scientifiques se fait, on l'a vu, en parallèle à la construction de l'intrigue, dans un jeu de relations au niveau duquel cette dernière justifie le recours à des éléments scientifiques, lesquels, en retour, lui apportent une certaine forme de vraisemblance. De fait, chaque fois que la complication s'est révélée peu appuyée, la mobilisation des connaissances et le questionnement scientifique sont apparus peu avancés ; et inversement. Dans les faits, c'est une coconstruction qui se développe, ou mieux, une construction interactive au niveau de laquelle chacune des dimensions, fictionnelle et scientifique, se nourrit de l'autre, s'enrichit et se développe à partir de l'autre. Ainsi, même si au niveau du récit de fiction, les dimensions scientifiques demeurent pour une large part dans l'implicite, la problématisation et le travail explicatif qui s'y déploient apparaissent souvent plus riches et plus aboutis qu'ils ne l'étaient dans les cartels dont la vocation première était pourtant d'expliquer une à une chaque scène des vitrines.

Si des connaissances scientifiques sur les animaux sont effectivement véhiculées dans le récit de fiction proposé, on peut s'interroger sur la portée de ces dernières. Le risque, en optant pour le récit, était de rester au niveau de connaissances locales sur les animaux de la montagne, métamorphosés en personnages. Mais rappelons-nous que le récit de fiction scientifique se doit d'intégrer, par nature dirons-nous, une tension entre deux approches du réel : l'approche singularisante propre au récit et l'approche généralisante caractéristique du champ scientifique. Le maintien de cette tension à tous les niveaux est même un enjeu majeur de sa production. En conséquence, chaque personnage est à considérer non seulement comme un individu à part entière pour la fiction (il est d'ailleurs doté d'un nom

¹⁹ On retrouve là Ricoeur pour qui le récit de fiction rend possible une reconnaissance de l'expérience du temps particulièrement riche.

qui le singularise) et comme un représentant de la population animale (et au-delà de l'espèce) à laquelle il est rattaché, dès lors qu'il est appréhendé selon un point de vue scientifique. C'est ainsi que le nom des personnages, comme les descriptions qui sont faites de ces derniers, présentent deux niveaux de sens. Le premier, immédiatement perceptible, est celui du personnage du récit, singulier et original. Le second, plus discret renvoie à des caractéristiques génériques de l'animal²⁰. C'est en jouant à ces deux niveaux que ces dimensions participent au passage du singulier au général.

Enfin et cela n'est pas négligeable, le visiteur-scripteur se voit offrir la possibilité d'investir au travers de la production du récit de fiction tout un imaginaire et un ressenti déclenché par l'exposition. Mais cela n'est pas sans risque. Le plus évident concerne le développement d'un anthropomorphisme qui, chez de jeunes élèves, ne demande qu'à sortir. Il faut cependant considérer qu'il s'exprime là de façon largement délibérée et contrôlée. L'écriture, dans le cas du récit de fiction scientifique, est en fait l'occasion d'opérer avec les scripteurs un travail de prise de recul sur leurs propres représentations. Nous pensons que plutôt que de les occulter et d'ignorer cet anthropomorphisme latent et donc de courir le risque de le voir réapparaître à la première occasion, il peut être intéressant de le traiter, certes à des fins littéraires, mais dans une interaction permanente avec un traitement de nature scientifique.

Un autre risque, également lié à une limite du genre, renvoie à la disparition du lexique scientifique. Mais reconnaissons cette fois que l'effort de reformulation mobilisé par les scripteurs pour faire disparaître les termes scientifiques s'inscrit dans un travail sur la langue scientifique et sur les concepts en jeu. Souvent présents dans les cartels ou les premières versions du récit, ils sont peu à peu gommés au profit de synonymes ou d'images censés les exprimer au mieux. Bien qu'absents dans le produit final, ils ont donc fait l'objet d'une réflexion relativement approfondie quant à leur signification profonde.

En dépit des limites inhérentes à l'écrit retenu, il nous semble qu'une telle proposition vient enrichir les formes et modalités d'écriture en lien avec une visite d'exposition de science. Par ailleurs, un travail de même nature pourrait être réinvesti sur d'autres types d'expositions. Celles à caractère historique centrées sur un personnage ou une découverte de l'histoire des sciences constituent plus encore un terrain approprié. Il en va de même des expositions thématiques centrées sur la présentation de processus biologiques ou physico-chimiques, même si là d'autres difficultés sont à prendre en compte. ■

20 À titre d'exemple, le nom de Tournevire donné par les PE2 au personnage du mâle tétras lyre porte en lui une évocation de la danse si caractéristique de l'ensemble des mâles en parade de cette espèce.

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P. & PETERFALVI B. (1993). Obstacles et construction de situations didactiques en sciences expérimentales. *Aster*, n° 16, p. 103-124.
- BAKHTINE M. (1978). *Esthétique et théorie du roman*. Paris : Gallimard.
- BRUNER J. (1996). *L'éducation, entrée dans la culture*. Paris : Retz.
- BRUNER J. (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires ?* Paris : Retz.
- DUQUET M. (1993). *Le glossaire d'écologie fondamentale*. Paris : Nathan.
- FAYARD A. (1997). Histoire d'une mutation. *La Lettre de l'OCIM*, n° 50, p. 11-15.
- FILLON P. & VERIN A. (2001). Écrire pour comprendre les sciences, *Aster*, n° 33, p. 3-16.
- GOODY J. (1980). *La raison graphique*. Paris : Éd. Minuit.
- LARIVAILLE P. (1974). L'analyse morphologique du récit. *Poétique*, n° 19, p. 368-388.
- LATOUR B. & WOOLGAR S. (1988). *La vie de laboratoire ; la production des faits scientifiques*. Paris : Éd. La découverte.
- LAUDAN L. (1977). *La dynamique de la science*. Bruxelles : Mardaga.
- MARTINAND J.-L. (1992). Texte de présentation. In J.-L. Martinand (dir.). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en science*. Paris : INRP.
- ORANGE C. (2000). *Idées et raisons ; construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'éducation non publié, université de Nantes, Nantes.
- ORANGE C. & ORANGE D. (1995). Géologie et Biologie : analyse de quelques liens épistémologiques et didactiques. *Aster*, n° 21, p. 27-50.
- ORANGE D. (2003). Tendances à la « mise en histoire » par les élèves de lycée en science de la vie et de la terre : étude de deux cas. *Actes du colloque de l'ARDIST, ENFA-Toulouse*, 8-11 octobre 2003, p. 293-300.
- ORANGE D. & GUERLAIS M. (2005). Construction de savoirs et rôle des enseignants dans une situation de « débat scientifique » à l'école élémentaire : comparaison de deux cas. *Actes du 5^e Colloque International Recherche et Formation (sur cédérom)*, Nantes, 14-16 février 2005, 10 p.
- PUDELKO B. & LEGROS D. (2000). J'écris donc j'apprends ? *Cahiers pédagogiques*, n° 388-389, p. 12-15.
- RAICHVARG D. (1995). La sciences et le théâtre : quelques opportunités à explorer. *Actes des journées Paul Langevin : « La culture scientifique des non-scientifiques »*, Brest : 18-19 mars 1994, p. 97.
- RICŒUR P. (1983). *Temps et récit, I*. Paris : Éd. Le Seuil.
- RICŒUR P. (1984). *La configuration dans le récit de fiction. Temps et récit, II*. Paris : Éd. Le Seuil.
- SCARDAMALIA M. & BEREITER C. (1998). L'expertise en lecture-rédaction. In A. Piolat & A. Pellisier (dir.). *La rédaction de textes, approche cognitive*. Lausanne : Delachaux & Niestlé, p. 13-50.

TRIQUET É. (2001). Écrire et réécrire des textes explicatifs à partir d'une visite au muséum. *Aster*, n° 33, p. 227-253.

TRIQUET É. (2006). *La littéracie muséale*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches non publié, université de Bourgogne, Dijon.

VYGOSTKI L. (1997). *Pensée et langage*. Paris : Éd. La Dispute.

**ANNEXE I. Intrigues secondaires dans le récit des PE2,
mise en correspondance fiction / science**

Personnages	FICTION Complications (fiction) <i>Résolution</i>	SCIENCE Problèmes <i>Solution</i>
Cri-Crac	Chute de pierres Message à Robustin	X X
	Cri-Crac mal en point Confier la mission à un autre <i>Décider Clindeuil (le flatter)</i>	X X <i>Description du chevreuil</i>
Clindeuil	Ascension impossible <i>Relais à Gronet</i>	Pb d'adaptation à l'altitude <i>Transmission à un animal plus adapté</i>
	Reconnaître Gronet <i>Portraits remémorés (en pensées)</i>	X <i>Description des sangliers</i>
Gronélaie	Gronet non présent Un jeune comme intermédiaire	Pb d'organisation sociale/saison Dynamique de la structure sociale
Gronet	Gronet fatigué <i>Relais à Matekemoâ</i>	Pb d'adaptation à l'altitude Relais à un animal mieux adapté
Matekemoâ	Difficultés pour porter le message Déplacement jusqu'à Ronflotte	Pb de capacité motrice du grand tétras <i>La marche comme moyen de locomotion</i>
Ronflotte	Reconnaître Ronflotte Portait de Ronflotte	X <i>Description de la marmotte</i>
Tournevire	Début son hibernation <i>Différer le transfert du message</i>	Pb d'adaptation du comportement/ saison <i>Le temps de l'hibernation (6 mois)</i>
Alfred	Occupé à séduire une femelle <i>Différer le transfert du message</i>	Pb : parade nuptiale <i>Le temps de la parade nuptiale (qq heures)</i>
Robustin	Non reconnu par Tournevire <i>Présentation-explication (Alfred)</i>	Pb : changement saisonnier de livrée <i>Description du lagopède / saisons</i>
	Réception du message	X

ANNEXE 2. Intrigues secondaires dans le récit des collégiens, mise en correspondance fiction / science

Personnages	FICTION Complications (fiction) <i>Résolution</i>	SCIENCE Problèmes <i>Solution</i>
L'écureuil	Arrivée d'un braconnier Prévenir les bouquetins	X X
Broquard	Broquard se bloque les bois Délivrés par les autres animaux	X X
Les autres	Les autres rebroussement chemin <i>Broquard continue seul</i>	Pb d'adaptation à l'altitude X
L'écureuil	Le vieux verrat non présent <i>Se renseigne ; va voir plus loin</i>	X X
L'écureuil et le vieux verrat	Ne trouvent pas les grands-tétras <i>L'écureuil par seul</i>	X X
L'écureuil Grand tétras	L'écureuil s'égare <i>aidé par un jeune grand tétras</i>	X X
Grand tétras	X <i>Transmission au message au Chef</i>	X <i>Dimorphisme sexuel</i>
Tétrazur	X <i>Transmission du message</i>	X X
Cassis	Cassis en parade (ennuyé) <i>Prend le message « par devoir »</i>	Pb lié à la parade nuptiale X
La marmotte	X <i>Reconnaissance de cassis</i>	X <i>Dimorphisme sexuel</i>
	Trouver une marmotte compétente <i>Désignation de la marmotte relais</i>	X <i>Description anatomique</i>
	Chute de la marmotte <i>Le temps de reprendre connaissance</i>	Pb d'adaptation à la locomotion/ milieu X
Le bouquetin (Chef)	Non reconnu par la marmotte <i>Description</i>	Pb lié au développement cornes/âge Mise en relation nombre d'anneaux/âge
	Réception du message	X

La science dans les dossiers de Validation des acquis de l'expérience (VAE)

Jean-François Métral, équipe de didactique professionnelle, ENESA Dijon,
jean-francois.metral@educagri.fr

Patrick Mayen, équipe de didactique professionnelle, ENESA Dijon,
patrick.mayen@educagri.fr

La procédure de Validation des acquis de l'expérience (VAE) pour l'obtention d'un diplôme d'ingénieur, dans les établissements relevant de l'enseignement supérieur agronomique, repose sur le dépôt de deux dossiers par les candidats. Forme particulière de récit de vie, ils peuvent être apparentés à des récits autobiographiques, directement adressés au jury.

La science constitue le cœur énoncé et annoncé de la formation, des référentiels d'évaluation, des définitions de ce qu'est supposé être un ingénieur. On peut donc s'attendre à ce qu'une part de science vienne s'insérer dans les récits d'expérience de la VAE.

L'analyse des dossiers et l'observation de l'activité de lecteur de jurys montrent comment la science a été instrumentée par les candidats dans leurs parcours d'expérience ; comment elle est utilisée, dans le processus de production écrite, pour la réélaboration et l'argumentation des situations, actions et raisonnements qui s'y sont déployés ; comment les jurys s'emparent de ces éléments pour évaluer le niveau scientifique du candidat.

Cette étude permet d'envisager la mise en récit d'expériences vécues par des élèves ingénieurs et le retour réflexif sur ce récit comme une des formes de médiation possible pour servir de levier dans les processus d'apprentissage et de développement d'une pensée scientifique.

« La science, comme le travail, n'est pas à elle-même autosuffisante. Elle porte sans cesse en elle les "stigmates", qui sont aussi des ressorts, de problèmes, d'institutions, d'enjeux, qui sont pourtant comme des corps étrangers par rapport à ses fonctionnements normés. De ce fait, elle enjoint d'elle-même, pour être comprise, interprétée dans son labeur conceptuel, d'investir des espaces d'expérience humaine [...] où, pour une part, elle est mise en expérience, mise en histoire » (Schwartz, 2005, p. 52).

Au sein des établissements relevant de l'enseignement supérieur agronomique, la procédure de Validation des acquis de l'expérience (VAE) repose sur le dépôt de deux dossiers par le candidat, qui peuvent être apparentés à un récit autobiographique. Dès lors, la mise en place de la VAE est, pour toute une population peu habituée à rédiger, une occasion de mettre en mots une expérience professionnelle et extra-professionnelle souvent riche. Forme particulière de récit de vie, les dossiers de VAE constituent des « *espaces d'expérience humaine* » dans lesquels, lorsque le diplôme visé l'exige, comme c'est le cas pour le diplôme d'ingénieur, la science doit ressortir d'une « *mise en texte documentée* » (Olson, 2005) de l'expérience.

Le premier, « dossier de demande de recevabilité », sert à juger de la recevabilité du candidat. Il ne reprend que quelques informations : état civil, diplôme visé, parcours de formation, éléments du parcours professionnel et extraprofessionnel (entreprises, secteurs, emplois, statuts, périodes, activités, niveaux de responsabilité) et une lettre de motivation. Dans le deuxième dossier, le candidat doit développer les différentes étapes de son parcours, en montrer la dynamique. Il lui faut exposer le rôle qu'il a joué dans les situations qu'il présente, donner des explications sur ses choix, exposer les réflexions, simultanées ou *a posteriori*, sur ses activités. Il décrit, commente, analyse certaines situations qu'il a rencontrées dans ses activités professionnelles et extraprofessionnelles, qui l'amènent à penser qu'il peut prétendre au diplôme visé. Un « dossier guide » lui est remis pour l'aider dans sa rédaction. De plus, un droit à l'accompagnement étant prévu par la loi, la plupart des candidats demandent à en bénéficier. L'accompagnement, d'une durée de vingt-quatre heures, correspond à une aide méthodologique, par la personne chargée de la VAE dans l'établissement, pour l'analyse de l'expérience et l'élaboration du dossier.

Les candidats sont amenés à composer une forme d'histoire de leur vie, à fonction argumentative, orientée vers la préoccupation de répondre aux attentes supposées du jury. Ils doivent trouver les moyens de convaincre en montrant ce qu'ils ont fait, ce qu'ils ont acquis, quelle a été leur progression en termes d'acquisition de compétences, de connaissances, d'aptitudes, qui leur paraissent être celles attendues de l'ingénieur : « *Fruit de ma propre interprétation des exigences du dossier VAE n° 2, j'espère que ce document sera pour vous agréable à lire et pertinent pour l'évaluation de mes compétences* », écrit ainsi un candidat.

Dès lors, deux questions se posent. Comment trouvent-ils dans leur expérience de quoi se référer aux attentes scientifiques, notamment celles exprimées dans le référentiel d'évaluation (la fiche RNCP¹ propre à chaque établissement) ? Comment la science peut-elle s'insérer dans le récit d'expérience et participer à la réinterprétation et à la réélaboration de cette expérience passée ?

¹ RNCP : Répertoire national des certifications professionnelles

Une fois le dossier rédigé et déposé, le candidat est convoqué pour une présentation orale et un entretien avec le jury chargé de la VAE. Le jury est composé d'enseignants-chercheurs et du directeur de l'établissement délivrant le diplôme et de professionnels choisis en fonction du champ d'expérience du candidat. Sur la base des dossiers et de l'entretien, conformément à la loi, le jury est chargé de décider, au regard d'un référentiel (la fiche RNCP), si le candidat a acquis, totalement ou partiellement, les connaissances, compétences et aptitudes attendues d'un ingénieur. Une nouvelle question se dégage : comment le jury évalue-t-il le niveau scientifique du candidat sur la base du récit et de l'entretien ?

I. De l'expérience de la science à sa mise en récit : la problématique des usages et des représentations de la science

Une analyse du contenu des fiches RNCP des 20 établissements de l'enseignement supérieur agronomique montre que les attentes en matière de connaissances scientifiques vis-à-vis d'un ingénieur sont importantes : sciences de la vie (agronomie...), sciences de l'ingénieur (mathématiques, mécanique, statistiques, génie des matériaux, physique...). La plupart de ces fiches incluent la définition de l'ingénieur que donne la Commission des titres d'ingénieur (CTI)² : « *Le métier de base de l'ingénieur consiste à poser et résoudre des problèmes souvent complexes liés à la conception, à la réalisation et à la mise en œuvre de produits, de systèmes ou de services. À ce titre, l'ingénieur doit posséder un ensemble de connaissances techniques, économiques, sociales et humaines reposant sur une solide culture scientifique* ». Et, on retrouve d'ailleurs cette notion de culture scientifique dans toutes les définitions de ce que doit être un ingénieur depuis l'Antiquité (Verin, 1998).

Les formations sont également considérées comme scientifiques : construites « *sur la production de connaissances scientifiques* » et assurées par des enseignants-chercheurs dont la légitimité vient essentiellement de leur capacité à les produire et à les transmettre, comme le soulignait à un colloque sur la VAE une responsable d'une formation d'ingénieurs (Sage, 2007).

La science constitue donc le cœur énoncé et annoncé de la formation, des référentiels d'évaluation, des définitions et représentations de ce qu'est supposé être un ingénieur. Ce qui explique que l'une des préconisations du « dossier guide » remis au candidat est qu'il devra veiller « *à présenter [...] une analyse distanciée [...] en terme scientifique, si possible avec des mots du travail (univers professionnel) mais également avec les mots employés par les disciplines* ». Comme dans la

2 La CTI gère les habilitations des grandes écoles à délivrer des diplômes d'ingénieur. Voir le site du Comité d'étude des formations d'ingénieur (CEFI) qui héberge la CTI, disponible sur Internet : www.cefi.org.

définition de la CTI, les exigences en matière de connaissances scientifiques sont présentées soit comme une base à partir de laquelle la résolution de problèmes complexes est possible, soit comme un instrument de la distanciation, leur manifestation étant attendue en lien étroit avec l'action et les situations ou avec l'analyse de l'action et des situations.

Un certain nombre d'ingrédients du « genre » (Todorov, 1978) de « récit » attendu peuvent ainsi être identifiés : l'exigence autobiographique, la thématique de l'action et des situations, l'argumentation adressée au jury, la science comme adjuvant (Propp, 1970) de l'action, le champ lexical de la science et du travail.

Bruner affirme à propos des récits autobiographiques qu'« une grande partie [...] est fondée sur des sources extérieures : [...] sur les innombrables attentes que nous avons très tôt puisées, sans même y penser, dans la culture dans laquelle nous sommes immergés. [...] Notre récit reflète alors bien vite ce que nous pensons que les autres attendent de nous » (Bruner, 2002, p. 83-84). De ce point de vue, les dossiers de VAE partagent avec les récits cette caractéristique. Et, en nous fondant sur les représentations sociales, les définitions de l'ingénieur, les attentes exprimées dans les fiches RNCP ou le « dossier guide », nous pouvons nous attendre à ce que les candidats cherchent à exprimer, sous des formes différentes, cette part de science qu'ils savent qu'on s'attend à trouver dans leurs dossiers.

Alors que « la littérature sur l'expérience oppose volontiers [...] savoir d'expérience et savoir scientifique » (Mayen, 2005), la VAE est une occasion de mieux appréhender les rapports que la science entretient avec l'expérience et avec sa mise en discours, en particulier dans les récits d'expérience.

Pour cet article, nous nous appuyons essentiellement sur un des courants théoriques de la didactique professionnelle : la théorie des instruments (Rabardel, 1995). Dans cette perspective, la science, ses concepts, ses théories, ses méthodes, ses instruments et ses postures constituent un ensemble d'artefacts culturels. La notion d'artefact est utilisée ici dans le sens de production historique et culturelle humaine, participant à la culture et disponible pour des usages. La science, comme ensemble d'artefacts, contribue à constituer le monde des situations d'action et propose un ensemble de ressources pour raisonner et agir dans et sur les situations. Rabardel met en évidence le double processus d'instrumentation et d'instrumentalisation qui constitue l'appropriation des artefacts en instruments.

Notre hypothèse de travail consiste à considérer que l'examen des dossiers d'expérience, comme documents écrits dans lesquels se déploie une forme de récit originale, est susceptible de nous permettre de comprendre ce qui, au sein des constituants de l'ensemble des artefacts scientifiques, est instrumenté par des individus, pour quoi faire et selon quelle ampleur ? Autrement dit, qu'est-ce qui en est connu et utilisé à la suite d'un parcours d'expérience composé de situations de formation, de travail et de vie ?

L'obligation de mise en texte adressé et inscrit dans un cadre certificatif devrait nous permettre d'observer un autre phénomène : comment, et dans quelle mesure, l'expérience, ses situations, l'action et les raisonnements qui s'y sont déployés, sont-ils reconfigurés en référence aux cadres scientifiques ? Comment sont-ils mis en discours et arguments permettant la manifestation de connaissances, de postures et de pratiques scientifiques ? La science deviendrait alors un instrument de réélaboration et d'argumentation au sein même du processus de production écrite.

L'analyse de l'activité des jurys constitue la deuxième étape d'analyse. Elle est indissociable de la première si l'on considère qu'un texte suppose toujours un auteur et un lecteur. D'autant plus quand le discours produit est aussi directement adressé. Mais, dans notre cas, les lecteurs sont aussi évaluateurs, les motifs sont fonctionnels, le cadre de référence normé. Qu'est ce qu'un jury va chercher comme science dans un dossier, quelle science y trouve-t-il ou n'y trouve-t-il pas ? Sur quels éléments fonde-t-il son jugement quant au niveau scientifique du candidat ?

2. Dossiers de candidats et délibérations de jurys : objets et méthodes d'analyse

La mise en place et le fonctionnement de la VAE au sein des établissements relevant de l'enseignement supérieur agronomique a conduit à prendre conscience de la nécessité de réinterroger profondément les parcours et les contenus des formations d'ingénieur. Mais il a amené ceux-ci à se réinterroger, peut-être plus encore, sur ce qu'est un ingénieur, ce que sont ses activités, ses connaissances et ses compétences. Dans cette perspective, la VAE constitue un observatoire, grandeur nature, de ce qu'est un ingénieur.

Un projet de recherche-action a donc été proposé aux 20 établissements de l'enseignement supérieur agronomique. Il vise à réexaminer les dossiers des candidats pour rechercher systématiquement ce qu'ils permettent de dire de l'ingénieur, des conditions de ses activités, de ses activités, de son action et de ses connaissances et compétences. Il s'agit aussi de réexaminer les réunions de jury pour identifier et formaliser comment, implicitement et explicitement, sont définis et redéfinis les profils, en insistant notamment sur l'articulation entre points de vue professionnels et points de vue scientifiques.

Nous faisons l'hypothèse, en procédant ainsi, que nous devrions pouvoir, à partir de l'activité même des acteurs en situation mais aussi dans ces tâches d'élaboration de l'expérience (pour les candidats) et d'analyse de l'expérience (pour les jurys), accéder d'une manière nouvelle et concrète à ce que sont activités et compétences des ingénieurs.

C'est dans le cadre de ce projet que nous avons cherché à mieux appréhender comment la science s'insérait dans le récit d'expérience de candidats à l'obtention de diplômes d'ingénieur par la VAE. Pour cela, nous avons examiné systématiquement 8 dossiers n° 2 pour en extraire tout ce qui était en lien avec la science (les candidats correspondants aux 8 dossiers seront appelés C, D, F, G, E, N, V, JP). L'analyse du contenu de ces dossiers a permis de révéler différentes classes d'éléments scientifiques mobilisés par les candidats. Nous les avons regroupés en plusieurs catégories (tableau 1), qui recouvrent les rubriques du « dossier guide » des candidats et celles de la fiche RNCP faisant référence à la science, aux connaissances et aux méthodes scientifiques.

Tableau 1. Les différentes catégories d'éléments scientifiques mobilisés dans les dossiers de VAE par huit candidats à un diplôme d'ingénieur de l'enseignement supérieur agronomique

La science dans l'expérience de formation	<ul style="list-style-type: none"> – Formations suivies avec ou sans précision sur le contenu
La science « acquise » dans l'expérience avec les autres et les ressources documentaires	<ul style="list-style-type: none"> – Documentation et bibliographie réalisée dans l'activité – Références bibliographiques présentes dans le dossier – Formation coïncidente avec des situations de travail et des discussions avec des experts
La science effectuée en situation	<ul style="list-style-type: none"> – Mise en œuvre de techniques issues de la science – Mise en place d'expérimentations scientifiques avec ou sans construction du protocole d'expérimentation – Utilisation d'outils / méthodes scientifiques pour analyser des résultats – Vocabulaire et concepts manipulés
La science en acte dans l'expérience	<ul style="list-style-type: none"> – Présentation du contexte d'une activité professionnelle (géographique, pédo-climatique, sociale, économique...) – Modélisation à partir de résultats expérimentaux – Utilisation de connaissances, concepts, modèles pour expliquer des phénomènes observés, pour comprendre l'origine de problèmes – Utilisation de connaissances pour faire un diagnostic – pronostic – Utilisation de concepts, de modèles, connaissances pour expliquer des décisions, des choix, des enjeux
La science pour les autres, vulgarisée, diffusée et enseignée	<ul style="list-style-type: none"> – Vulgarisation scientifique (articles...) – Préparation de cours, de supports pédagogiques sur des thèmes scientifiques

Une méthode similaire a été utilisée à partir de notes manuscrites ou de la retranscription d'enregistrements relatifs à 4 jurys de VAE (dont 3 correspondent à des dossiers examinés : D, F, G ; pour B, seules les données relatives au jury ont pu être examinées). Différentes catégories de critères scientifiques recherchés par les jurys se sont alors dégagées (tableau 2). Il s'agit des critères énoncés explicitement en cours de jury.

Tableau 2. Les différentes catégories de critères scientifiques recherchés par quatre jurys de VAE pour délivrer un diplôme d'ingénieur de l'enseignement supérieur agronomique

– Recherche d'une culture scientifique globale ou relative au domaine de spécialité de l'établissement
– Recherche de connaissances scientifiques pointues
– Recherche de l'utilisation d'outils scientifiques et de modèles
– Recherche d'une démarche et de méthodologies de type scientifique dans l'approche et la résolution des problèmes
– Recherche des sources d'apprentissage scientifique : formation, bibliographie...
– Recherche de l'utilisation d'un vocabulaire scientifique
– Recherche d'une capacité d'apprentissage, d'une capacité « à élargir son périmètre scientifique »
– Recherche d'une posture de type réflexive par rapport à l'activité menée au regard de connaissances scientifiques

Nous allons donc examiner successivement les résultats de l'analyse des dossiers des candidats puis des délibérations de jurys.

3. Quelle place pour la science dans les récits de VAE ?

3.1. La science dans l'expérience de formation

Dans les dossiers de VAE étudiés, la science apparaît le plus souvent en arrière plan ou reste implicite. Il en est ainsi lorsque les candidats évoquent les formations qu'ils ont suivies. Qu'elles soient diplômantes ou non, initiales ou continues, elles sont le plus souvent à caractère scientifique. La plupart des candidats énoncent seulement l'intitulé de la formation, du titre ou du diplôme sans autres précisions. Ils semblent croire que le jury connaît leurs contenus, leur valeur et leur niveau. Ce n'est, en réalité, pas toujours le cas. Dans plusieurs jurys, nous observons qu'au moins une séquence d'échanges est consacrée à l'identification du contenu, du niveau et de la valeur des titres ou diplômes obtenus par le candidat ou des formations suivies.

Lorsqu'elles font l'objet d'un développement plus important, les descriptions restent cependant très succinctes : têtes de chapitres ou intitulés de modules, quelques notions abordées. Elles semblent constituer, pour le candidat, des éléments suffisants pour que le jury puisse évaluer le niveau scientifique initial acquis. D'ailleurs, certains candidats ne les évoquent même pas dans le dossier n° 2.

Les formations, titres ou diplômes sont donc considérés comme simples éléments de CV, présentés sans liens avec l'expérience. Comme nous l'avons

montré par ailleurs (Mayen 2005), les candidats, comme les jurys, semblent avoir du mal à considérer qu'elles font partie de l'expérience. Cela provient-il d'une conception selon laquelle l'expérience est expérience de l'action et non de la formation ? Cela provient-il d'une dissociation entre formation et action ?

D'autres candidats, plus rares, évoquent les champs ou éléments scientifiques abordés en formation qu'ils ont mobilisés par la suite dans des situations que leur expérience leur a données à vivre : « *J'ai intégré un DESS de sociologie appliquée au développement local [...]. Sociologie rurale, sociologie de l'action publique [...] autant de connaissances générales auxquelles je me réfère régulièrement* » (F – Agent de développement rural) ; « *Ma mission [présenter les aspects techniques d'un projet aux administrateurs de la coopérative qu'elle dirige] a été facilitée grâce à mes connaissances sur les opérations unitaires acquises en BTS [Agroalimentaire et biotechnologie]* » (C – Directrice d'une coopérative de producteurs agricoles). La science n'est ici que sous-jacente, présente à demi-mot. Il n'y a pas une mobilisation des concepts scientifiques présentés comme acquis. F affirme qu'il s'est servi de la sociologie rurale et C de ses connaissances sur les opérations unitaires. Mais de quelles connaissances, de quels concepts en particulier, dans quelles occasions et pour quoi faire ? Rares sont les candidats qui développent leur description jusqu'à ce point, même lorsqu'ils expliquent comment ils ont résolu un problème précis. Nous retrouvons une catégorie de termes qui désignent les classes de connaissance (sociologie, sociologie de l'action publique, connaissances acquises en BTS) sur le même mode que dans le CV.

Pour certains d'entre eux, le recours à des concepts scientifiques précis peut ne pas se justifier dans l'activité quotidienne, du fait des fonctions qu'ils ont exercées. Des connaissances générales peuvent suffire à dialoguer avec les partenaires, comprendre les contraintes, les problèmes de chacun, les problématiques liées à l'exercice de son métier, anticiper, prendre des décisions... C'est ce qu'écrit C : « *Je me suis progressivement formée aux aspects purement techniques de la production arboricole (taille, raisonnement des interventions phytosanitaires...).* Ces connaissances (restant somme toute très globales) me permettent cependant de bien comprendre les contraintes et les coûts de production des arboriculteurs, de mesurer le niveau des exigences qualité que je peux leur demander [...] et d'anticiper les problèmes ». Les connaissances scientifiques sont acquises et développées, de manière très légitime, jusqu'au point où elles permettent la réalisation de tâches à dominantes managériales ou partenariales.

3.2. La science acquise dans l'expérience avec les autres et les ressources documentaires

Au-delà des formations instituées, c'est dans leur expérience vécue avec d'autres comme source d'apprentissage que les candidats disent avoir rencontré la science et se l'être approprié. Les références sont nombreuses à des acquisitions

de connaissances et d'outils scientifiques liées à des discussions avec des collègues, avec des partenaires participant à un projet, sollicités face à un problème donné ou rencontrés lors de colloques scientifiques... : « *En me documentant et au cours de discussions avec le responsable de la station, j'ai pu mettre en pratique et améliorer mes connaissances en phytotechnie, en biologie et sélection végétale* » (D) ; « *J'ai développé mes connaissances et mes compétences par le biais des formations, mais également par le contact avec les collègues, les responsables professionnels, les agriculteurs* » (N). Dans le monde professionnel circule ainsi tout un ensemble de concepts scientifiques que côtoient les candidats (Mayen, 2005). Ces rencontres sont mises en avant en particulier lorsque les partenaires sont des ingénieurs, des chercheurs, des scientifiques, des personnes reconnues comme experts dans un domaine : « *Je cite les noms d'ingénieurs et de chercheurs qui ont enrichi mes connaissances techniques et consolidé mon bagage scientifique* » (V). Mais là encore, il n'y a aucune précision sur les concepts, outils, méthodes... acquis.

Les candidats parlent aussi d'acquisitions scientifiques résultant de situations professionnelles dans lesquelles ils ont eu à s'informer sur un sujet scientifique, à se documenter, à faire des recherches bibliographiques. Ceci constitue autant d'occasions de formations informelles. C'est, le plus souvent, à partir de l'action, du terrain, de l'observation, pour comprendre ce qu'ils observent ou résoudre un problème posé qu'ils sont amenés à se questionner et à rechercher des outils scientifiques notamment dans des ouvrages : « *De nombreuses références bibliographiques existent sur la technologie de cuisson extrusion, mais pratiquement toutes ces références mentionnent des expériences modélisées et aucune ne mentionne de recette type* » (G cherchant à établir la recette d'un nouveau produit).

Quelques références précises à des ouvrages, des revues et des articles scientifiques existent, elles sont présentes dans 6 dossiers sur 8. Il s'agit principalement de références à des revues agricoles ou agroalimentaires que l'on peut qualifier de revues de vulgarisation scientifique (11 chez V, 11 chez N, 2 chez E) ou de références à des ouvrages ou publications scientifiques (6 chez G et 1 chez N, F et D). Mais il s'agit le plus souvent de listes de revues ou d'ouvrages, dont seul le titre est énoncé. Rares sont les exemples d'utilisation explicite de données issues de la bibliographie pour appuyer un raisonnement (V à 6 reprises, 2 fois pour N, une seule fois pour F). Aucun dossier ne contient d'ailleurs de bibliographie finale.

On peut dire ici que les candidats affirment qu'ils ont fréquenté la science, par la voie de la formation, par celle de l'utilisation des documents ou des discours et conseils de scientifiques ou de professionnels (ingénieurs) de culture scientifique. Dans le récit, les connaissances scientifiques, mobilisées ou recherchées, occupent bien le rôle d'adjuvant, au sens de ressource et d'aide trouvées pour vaincre les difficultés rencontrées par le principal actant du récit.

3.3. La science effectuée en situations

La science apparaît dans les descriptions de certaines activités réalisées par les candidats lorsqu'ils ont eu à mettre en œuvre ou utiliser des techniques plus ou moins scientifiques : « [J'ai eu à] effectuer des analyses physico-chimiques sur les différentes productions afin de caractériser la densité, la taille des particules, la reprise d'humidité [...] » (G). Le vocabulaire utilisé montre alors qu'ils manipulent des méthodes et des concepts scientifiques, dont il est cependant difficile de déterminer le degré auquel ils sont mobilisés et maîtrisés : « Maîtrise de la viscosité de la matière PET dans les installations de séchage PET, maîtrise des migrations [...] de la matière plastique PE » (JP) ; « Race dont la fréquence allélique du gène de sensibilité à la tremblante devait être considérablement diminuée » (E).

Des expérimentations, autre caractéristique de l'approche scientifique, sont mises en place par certains candidats dans le cadre de leur activité professionnelle. Bien que celles-ci n'aient que rarement des objectifs de production scientifique, les candidats recourent cependant à une méthodologie de type scientifique : « Afin d'étudier l'impact de l'introduction de ces 2 ingrédients [...] et afin d'étudier les paramètres liés à la fermentation de la base fermentée, il fallait explorer ces différentes options de façon très précise et méthodique. [...] nous avons choisi de faire cette étude par l'intermédiaire d'un plan d'expérience » (G). L'interprétation des résultats peut également passer par l'utilisation d'outils et de méthodologies scientifiques : « Les résultats à J0 et J14 sont fortement corrélés ($r=0,94$) et l'analyse de variance donne les mêmes tendances » ; « effet significatif au seuil de 5 % » (G).

Cette fois, c'est l'action elle-même qui s'assimile à l'action scientifique. Connaissances et compétences scientifiques sont exprimées pour décrire l'action elle-même. Le vocabulaire, mais aussi le langage utilisé relèvent du genre scientifique. La science est donc invoquée comme référence, mais, plus exactement, au sens de l'analyse structurale du récit, elle est invoquée comme un instrument potentiel ou un instrument effectif de l'action.

3.4. La « science-en-acte » dans l'expérience

C'est, en premier lieu, dans la présentation du contexte de leurs activités professionnelles que les candidats font parfois appel à des données et des connaissances scientifiques explicites (géographiques, géologiques, pédoclimatiques, sociologiques, économiques...) : « le secteur de [X] est situé au sud-ouest du cantal [...]. Données pédoclimatiques : les socles sont constitués de granite et de plaques de schiste, donnant des sols superficiels, acides, à dominante de sables et limons grossiers. [...] La pluviométrie moyenne de 1 200 mm d'eau est favorable à la production fourragère [...] » (V).

Toutefois, rares sont les candidats qui intègrent ces données à un raisonnement explicite de l'activité professionnelle conduite. Dans ces cas, on peut penser qu'une telle séquence descriptive, réalisée avec des jeux de langage et avec des mots de la science, vise à donner un signal d'authentification, non pas du récit, mais de la

manière dont le candidat aurait abordé la situation. Le problème qui en résulte tient à ce que les jurys n'adhèrent pas à la vraisemblance de ce qui est exposé puisque la description reste séparée de l'action et des raisonnements conduits pour et pendant celle-ci. On peut en conclure que le genre attendu par les jurys est celui d'une intrication des éléments descriptifs de contexte à la situation d'action. La fonction d'adjuvant de l'action, que nous avons déjà pointée, semble la plus intéressante à observer.

L'une des caractéristiques de la science est de chercher à extraire de situations singulières des généralités, des modèles. Agir en fonction d'une culture scientifique supposerait donc de faire appel à des modèles existants ou à la modélisation à partir de la réalité. Les dossiers présentent parfois ce type de modélisations, utilisées par des candidats pour comprendre, analyser et expliquer les phénomènes observés et/ou anticiper et prendre des décisions.

Ainsi, un des aspects du projet de F consiste à expérimenter puis choisir une technique d'élimination du buis. Il écrit : « *Le buis, espèce [...] de la famille des buxacées, trouve sur les buttes [de la région] des conditions idéales pour se développer. Espèce thermophile, supportant les sols superficiels secs, il cherche préférentiellement les sols calcifères et riches en bases. Sa vitesse de croissance est lente mais il bénéficie d'une belle longévité et son bois est extrêmement dur. Il résiste bien aux brûlis et supporte les tailles fréquentes. Il repousse après les coupes et rejette naturellement. Enfin il n'est pas appétent pour le bétail* ». F montre ici des connaissances en physiologie végétale associées à un modèle de la croissance du buis. Il s'en sert pour expliquer le phénomène d'envahissement du site concerné, en fonction notamment des caractéristiques pédoclimatiques locales (« *pelouses calcaires* » et « *influence climatique continentale, méditerranéenne et océanique* »). Son activité semble guidée par ce modèle, associé à d'autres paramètres comme le coût, les contraintes liées au site et ses caractéristiques. Autant de paramètres qui l'orientent dans ses choix parmi les différentes techniques d'élimination qui s'offrent à lui, dans ses décisions quant aux expérimentations à mener, dans l'analyse des résultats obtenus et la technique finalement retenue. Ce que F donne à voir ici (que l'on retrouve également chez d'autres candidats), c'est un aperçu d'une représentation fonctionnelle (Leplat, 1985) (du développement du buis dans cet exemple) qui oriente la conduite de son activité. La scientificité de cette représentation n'est pas mise en avant, au sens où elle n'est pas présentée comme telle. Mais ce qui est exprimé montre que cette représentation a une base scientifique, tout en étant finalisée par l'atteinte de buts professionnels et située par rapport à la position occupée par le candidat dans l'organisation du travail. Le texte alterne phases d'expression de connaissances scientifiques, dans lesquelles la forme et les mots sont les mots de la science telle qu'elle s'écrit dans les manuels, et phases d'expression de la conduite et des raisonnements à propos du projet ainsi que des choix de stratégies et d'actions qui en découlent. Les connaissances scientifiques sont donc toujours des adjuvants de l'action, pour comprendre et décider des actions qui permettent la réussite.

Cela peut constituer un indicateur du développement conceptuel des candidats. Cela constitue un indicateur important pour les jurys.

3.5. La science pour les autres, vulgarisée, diffusée et enseignée

La science se retrouve dans la rédaction et la publication d'articles de vulgarisation scientifique, parfois issus ou en lien avec des expérimentations menées, parfois simples synthèses de connaissances techniques et scientifiques. La rédaction d'articles correspond à un des aspects de l'activité professionnelle décrite par les candidats. C'est le cas de V, qui a placé en annexe de son dossier des exemples d'articles qu'il a rédigés ou corédigés : « Amendements calciques : les enseignements de la parcelle "optiph" » ; « Azote en février, prairie régénérée et rendement en mai »... Il s'agit de comptes rendus d'expérimentations, s'appuyant sur l'avis de scientifiques ou d'ingénieurs experts de la question et/ou sur les résultats d'autres expérimentations menées préalablement par lui-même ou auxquelles il a eu accès au travers de publications. Ils constituent autant d'éléments contribuant à montrer non seulement les activités menées mais aussi les champs d'expérience et le niveau scientifique du candidat dans ces champs. Même si le niveau scientifique de ces articles est le plus souvent peu élevé du fait de leurs objectifs (rester adaptés aux destinataires et appliquer des connaissances issues de la science à des aspects concrets de l'activité professionnelle), leur rédaction par le candidat implique, aux yeux des jurys, une compréhension des phénomènes en jeu et une mobilisation de connaissances et de concepts scientifiques.

La préparation et la mise en œuvre de situations d'enseignement par le candidat, parfois accompagnées de la réalisation de documents supports, sont une forme similaire d'utilisation, de manipulation et de mise en œuvre d'éléments scientifiques à destination des autres, notamment lorsqu'il s'agit de les transposer dans les situations d'apprentissage proposées. La description des activités d'enseignement qu'ils ont conduites se limite, en général, à l'énonciation du domaine disciplinaire et de titres généraux (« Fabrication de lait en poudre dans une tour d'atomisation »... pour C ; « Interpréter ses analyses de sols » ou « Découvrir les bases de l'agronomie en Bio »... pour V). Le détail des principaux concepts ou notions abordés n'y figure pas.

3.6. Parler de science dans les dossiers d'expérience : un processus d'authentification et un adjuvant de l'action réussie

Pour conclure cette partie, il semble que nous ayons ainsi plusieurs formes de mise en avant de la science dans des récits qui sont d'abord des récits argumentatifs. La science comme acquis est démontrée par le candidat selon des procédés relativement identifiables comme enchaînement de causes diverses :

- parce que j'ai suivi telle formation ou obtenu tel diplôme ;
- parce que j'ai appris d'un tel (argument se référant à une autorité reconnue) ou de telle source (reconnue), dans telle circonstance, pour tel but ;

– parce que j'ai mis en œuvre des protocoles scientifiques (mais on peut objecter que les phénomènes et théories qui sous-tendent l'opérationnalité des procédures ne sont pas énoncés) ;

– parce que j'ai enseigné, vulgarisé ou diffusé la science (raisonnement sous-jacent, je la maîtrise et cette maîtrise m'est reconnue puisqu'on fait appel à moi pour le faire).

On peut noter que certains de ces arguments fonctionnent comme des procédés d'authentification du récit (Bergmann, 1994). Les procédés d'authentification ont pour but de produire une impression d'authenticité des récits. L'authentification consiste ici à rendre les situations plus scientifiques, au sens où elles comprendraient des aspects scientifiques. On peut dire que les candidats effectuent ainsi une forme de requalification des situations, des événements et des activités vécus dans les termes et dans les postures et modes d'action et de raisonnement supposés scientifiques. On repère cependant une différence essentielle entre ceux pour qui la requalification ne prend la forme que d'une sorte de traduction dans le langage de la science et ceux qui insèrent la science comme adjuvant de l'action pour comprendre, agir ou pour analyser, après coup, les situations et l'action en situation.

Si l'on considère les dossiers de VAE comme des récits adressés, faits pour emporter la conviction, il n'est pas étonnant de retrouver des procédés argumentatifs courants. Cependant, on peut s'étonner de la faible part occupée par la *science-en-acte*, celle qui interviendrait au cœur de la description et de l'analyse des situations, celle qui serait racontée comme ayant servi à comprendre et à agir. Dans les dossiers dont nous disposons, il est significatif, à cet égard, que seuls les deux candidats dont nous avons extrait des séquences appartenant à la catégorie de la *science-en-acte*, aient obtenu leur diplôme dans sa totalité dès le premier passage devant le jury.

4. Comment les jurys évaluent les connaissances scientifiques à partir d'un récit d'expérience ?

Après l'auteur, le lecteur. C'est sur la base des éléments présentés dans le dossier, complétés par un entretien oral avec le candidat, que les jurys de VAE doivent évaluer le niveau de culture scientifique de celui-ci. Et on peut constater que les jurys en font bien une évaluation. C'est ce que montrent leurs remarques finales ou leurs préconisations lorsque la validation n'est que partielle : cadre insuffisamment scientifique (jury de G) ; « *manques au niveau théorique [...], au niveau conceptuel* » (jury de D) ; préconisation de suivre certains modules de formation pour mieux connaître les produits alimentaires (cas de JP) ou pour accéder à des outils et méthodologies scientifiques (jury de D).

Comment procèdent-ils ? Que lisent-ils et comment lisent-ils ? Comment, au cours de l'entretien, relancent-ils le discours des candidats au moyen des questions et remarques à propos de leur écrit ?

4.1. La recherche d'une culture scientifique générale du domaine propre au diplôme plus que des connaissances pointues

Il faut noter que les jurys adoptent une position de principe relativement claire à propos de la nature des contenus et des formes d'expression de la science attendue des candidats : pas de questions directes sur des connaissances scientifiques : « *Les plus durs à convaincre au départ ont été les enseignants-chercheurs de ne pas poser de questions sur les intégrales triples. [...] Je leur ai demandé de poser des questions [...] sur le côté technique mais pas mathématique ou physique, mais sur le côté entreprise, attentes, capacités* » (un président de jury). Ils définissent également un niveau plancher, dont nous verrons, plus loin, comment il est estimé : « *En gros, on va entendre un candidat qui n'a pas suivi la formation initiale mais qui, au final, va rendre compte d'un projet et va le soutenir oralement. [...] Donc inutilité de travailler sur les connaissances sauf si on est [en deçà] du minimum [...]* » (un président de jury). Et, pour les jurys, une évaluation des connaissances ne constitue, en effet, pas l'objectif de la VAE : « *En aucun cas il ne s'agit de savoir si vous savez tout ce que saurait un ingénieur sortant de notre formation* » (jury de F). En revanche, ce qu'ils prennent eux-mêmes pour culture scientifique reste largement indéterminé.

C'est, dans un premier temps, une culture, notamment scientifique, du domaine propre au diplôme visé qui est évaluée, sur la base de connaissances globales, générales, comme le montre ces échanges entre membres du jury de F : « *Est-ce que c'est plutôt de la connaissance du monde agricole, une espèce de culture générale de l'agriculture ?* » (jury 1) ; « *Oui c'est ça, c'est ça [...] pour moi c'est en terme de culture agronomique* » (jury 2). Ceci sera d'autant plus vrai que les différents emplois occupés par le candidat n'auront pas nécessité une dimension scientifique importante. Cela fera dire à un membre du jury de B (directeur départemental d'un syndicat agricole puis d'une association de promotion de produits alimentaires) que sa culture est « *culturelle plus que scientifique* ». Le jury trouvera la preuve de ces connaissances générales dans les différentes expériences vécues, la capacité à s'adapter à des situations diverses, à parler de nombreux sujets différents, dans les analyses conduites dans lesquelles le candidat « *ne s'arrête pas à l'évènementiel* » et n'en reste pas à du descriptif mais utilise son savoir pour se « *reprojeter autrement avec un autre regard* » (jury de B). Ainsi, le jury de B trouvera une preuve des connaissances en macroéconomie agricole de celui-ci (*Politique agricole commune* (PAC), analyse des phénomènes socio-économiques et sociologiques...) au travers d'une analyse de la réforme de la PAC de 1992 que B fait *a posteriori* et dans laquelle « *il ne reste pas à la surface des choses* » mais « *présente une situation plus objective en montrant que les agriculteurs ont augmenté leurs revenus* ».

Les synthèses et les analyses prospectives socioéconomiques, à destination de ses employeurs, constituent un autre élément utilisé comme démontrant les connaissances acquises par B. Pour le jury, la validation de la réussite de l'action par le milieu socioprofessionnel valide cette action donc les connaissances qui y sont liées.

L'évaluation des connaissances se fait par traits. Le jury évalue s'il n'y a pas des « approximations, des imprécisions d'ancrage scientifique » (jury de G), si « par rapport aux besoins [que le candidat] a dans son métier, [...] il a été pris en défaut [...] sur une question scientifique ou technique [...] » dans la rédaction écrite et à l'oral (jury de F). Et il se fera également son opinion en évaluant si, au regard des connaissances scientifiques, les actions décrites dans le dossier se justifient ou si on peut y déceler des méconnaissances, des lacunes potentielles au niveau des champs scientifiques concernés. Si quelqu'un ne manifeste pas d'erreurs visibles à propos de tel domaine de connaissances, s'il manifeste quelques raisonnements corrects et si, en plus, il a pu suivre des formations ou avoir un certain niveau de formation, on va conclure qu'il maîtrise tel domaine de connaissances, capacités ou compétences ou tel domaine technique. Si, par contre, il y a une ou deux erreurs, cela va très vite invalider un bloc de connaissances ou compétences.

Ce sont alors les éléments concrets et spécifiques de l'expérience mise en forme dans le dossier qui vont constituer le levier pour interroger les capacités et les connaissances scientifiques des personnes à un niveau de généricité élevé (Mayen, 2006). Ainsi G, qui travaille dans le domaine des produits laitiers frais, « ne parle jamais du lait, de la gestion des matières, des problèmes d'hygiène ». Le jury s'interroge donc sur ses connaissances relatives au lait et au domaine laitier. Cette interrogation provient également du fait que G n'explique pas sur quelles bases, en particulier scientifiques (caractéristiques physico-chimiques des matières), il a choisi parmi les différentes matières premières à sa disposition pour établir la recette d'une boisson laitière. Ce constat étant fait, plusieurs questions lui seront posées lors de l'entretien : « [vous aboutissez] à la sélection de 2 types de protéines : pourquoi ces 2 là ? Quelles sont les différences technologiques ? ». Le jury cherche à établir quelles « bases [le candidat] utilise pour appuyer son raisonnement » et s'il « mobilise bien [ses connaissances] par rapport à ce qu'il fait » comme le dit le jury de G ou comme en témoigne cet extrait du jury de F : « il y a aussi une qualité, c'est qu'on voit assez sérieusement à quel type de connaissances il fait appel [...] appuyées par un vocabulaire technique ou sociologique [...]. Et c'est pas tellement fréquent, y compris dans les mémoires d'ingénieurs, la mobilisation des dimensions théoriques pour essayer de comprendre une situation ».

Ce que le jury cherche à valider, ce sont non seulement les concepts développés mais surtout les liens établis entre les concepts : « C'est vrai qu'il a des connaissances [...] dans le domaine de l'agronomie, de la phytotechnie, de la biologie végétale, mais [...] il a rien compris [...] [à] l'agronomie [...] [qui est] la relation entre

le climat, le sol et la plante. [...] C'est-à-dire, il a eu une vision très très disciplinaire de l'agronomie. Mais le système de l'agronomie... » (jury de D).

Notons également que les connaissances mobilisées ou mises en avant devraient montrer que le candidat est bien au fait des avancées scientifiques et techniques de son secteur professionnel : *« faut sûrement pas qu'il fasse ce qu'il a envie de faire parce [...] sur la standardisation des données [...] il a 15 ans de retard » (jury de D)*

4.2. La recherche d'outils et de modèles scientifiques

Outre les concepts scientifiques, les jurys recherchent les outils, en particulier scientifiques, utilisés par le candidat pour analyser les problèmes, mettre en place une expérimentation (plan d'expérience...), traiter les données recueillies, en évaluer la pertinence, en tirer des conclusions en vue d'une prise de décision... Ainsi, un membre du jury de G se pose la question de la maîtrise des sciences de l'ingénieur par celui-ci, parce que, précise-t-il, il n'a pas perçu, dans le dossier, les outils utilisés, comment il les a utilisés, mis en place et donc comment il les maîtrise. Les jurys attendraient donc qu'apparaissent, dans le dossier, une utilisation à bon escient d'outils et modèles issus de la physique, de la biologie, de la chimie, d'outils mathématiques de modélisation, d'outils d'analyse statistique, d'analyse économique, d'analyse agronomique, d'outils informatiques... : *« Le traitement [des données recueillies] est fait dans une exploitation linéaire des phénomènes. Or tout n'est pas linéaire dans le monde biologique. La corrélation est faible [...] Il y a une loi biologique qui relie ça : on voit un logarithme apparaître » (Jury de G).* Ce qui est visé ici, entre autre, c'est l'utilisation de modèles scientifiques connus ou la recherche d'une modélisation à partir des connaissances et des observations dans l'action. Ces outils de modélisation, tout en pouvant rester implicites, n'en doivent pas moins constituer un appui pour expliquer, raisonner, décider.

Le candidat doit aussi montrer que sa démarche et ses méthodologies d'approche et de résolution des problèmes sont de type scientifique, raisonnés : *« Je pense qu'[...] il a une méthodologie de travail, qui est tout à fait rationnelle et scientifique » (jury de F) ; « La démarche n'est pas assez argumentée : comment il évalue la pertinence des résultats ? Pourquoi le choix de ce plan d'expérience ? Pourquoi le choix de tel modèle ? Comment évalue-t-il les erreurs ? » (jury de G).*

Dans tous les cas, il semble que les jurys recherchent une conceptualisation dans et/ou à partir de l'action ou des situations présentées, réalisant de manière pragmatique ce qu'exprime Vergnaud (2000) quand il dit que *« les situations d'action sont la première source de conceptualisation »*. Toutefois, même si la conception sous-jacente du jury est qu'on apprend de l'action et par l'action en situation, le fait d'avoir été en situation ne constitue pas une preuve suffisante en ce qui concerne la conceptualisation et les apprentissages scientifiques qui en découlent. Ainsi, le jury de G lui reprochera que *« pour apprendre, il [ait] surtout recours à la pratique et à l'expérience des autres, ce qui peut aboutir à la capitalisation des lacunes »*.

Ceci va dans le sens de ce que Mayen (2005) affirme quand il dit qu'il ne faut pas oublier que, si on peut apprendre de et par l'action, il faut que certaines conditions soient remplies, notamment le recours à des sources de connaissances qui ne relèvent pas de l'expérience et des conditions offertes spontanément par l'expérience des situations. Le recours volontaire à ces sources est donc un indicateur pour évaluer la qualité des acquis scientifiques.

4.3. La recherche des sources d'apprentissages scientifiques

Comme on le voit avec l'extrait suivant, les sources de formation aux sciences constituent une autre préoccupation du jury : « *Vous travaillez sur les ferments, avez-vous une formation microbiologique ?* » ; « *Depuis 2000 pas de formation dans le domaine du lait. Quelles ont été vos sources de formation dans le domaine du lait ?* » (jury de G). Et, comme nous l'avons évoqué ci-dessus, en cas d'absence de formation institutionnalisée, le jury regrette alors que, pour apprendre, le candidat ait « *surtout recours à la pratique, à l'expérience des autres* » et « *qu'il n'ait pas pris le temps de se former et de lire des choses* » (jury de G). Toutefois, avoir suivi une formation peut ne pas suffire : « *Il parle de petites formations de 16 h, de 18h... Bon O.K., on voit bien de quoi il s'agit. On monte dans une bagnole, on va dans un abattoir, on va regarder une carcasse... Cela dit, ce que j'aurai apprécié, c'est qu'il y ait un paragraphe sur l'objectivation de sa pratique d'observation. Et qu'il ne se contente pas simplement de dire « qu'il a fait »* » (jury de D). L'analyse critique, par le candidat, de ce qui a été vu en formation et la réutilisation de ses acquis pour l'action, dans d'autres situations, sont supposées permettre au jury de mieux évaluer les retombées de chaque formation quant aux apprentissages effectifs.

La remarque du jury de G sur le fait qu'il n'ait pas pris le temps de « *lire des choses* » montre que la bibliographie scientifique, relative au domaine professionnel dans lequel évolue le candidat, occupe une place importante en terme de moyen d'acquisition de connaissances, méthodes, outils scientifiques. Ceci alors même qu'elle est peu utilisée ou mise en valeur par les candidats (voir première partie). Ainsi, le jury de G lui reprochera de ne pas avoir lu « *le Alais et le Kessler* » (auteurs d'ouvrages de référence en matière de physico-chimie du lait) et la préconisation devra le « *forcer à lire le Kessler* » et à faire « *appel à de la bibliographie et des recherches bibliographiques* ». Des références claires à des ouvrages, des articles ou des revues constituent une attente du jury : « *Je trouvais effectivement [...] que ça manquait de références littéraires* » (jury de F). Mais cette attente va « *au-delà de la citation [d'un ouvrage] dans la bibliographie* ». Il s'agit de « *retrouver les connaissances* » correspondantes (jury de G) pour étayer les explications relatives à des phénomènes ou des processus observés, appuyer le raisonnement avant, pendant ou après l'action et justifier les prises de décision, mais également pour réaliser un retour réflexif argumenté sur les situations vécues et les actions menées. C'est donc la part conceptuelle de l'activité, étayée par des connaissances scientifiques, que le jury cherche à retrouver.

4.4. La recherche de l'utilisation d'un vocabulaire scientifique adapté

Le vocabulaire utilisé, en particulier lorsqu'il s'agit de vocabulaire scientifique, constitue un autre critère d'évaluation de la culture scientifique du candidat : « [...] à travers les mots qu'il utilise, il mobilise des connaissances [...] à la fois scientifiques, techniques » (jury de F). Encore faut-il qu'il soit utilisé à bon escient et que le candidat en maîtrise la signification, et plus précisément dans notre cas, celle communément admise par les scientifiques du domaine. Ainsi, G présente, dans son parcours, un stage sur l'amélioration bactériologique des coupes viennoises. Or un membre du jury essaiera de l'amener à constater que, dans ce cadre, parmi les contaminants à éviter, « les levures et moisissures en sont des possibles » et qu'« alors bactériologique est un terme pas adapté » (car bactériologique ne fait référence qu'aux bactéries et pas aux champignons dont font partie les levures et les moisissures).

Tous les éléments évoqués jusqu'alors sont ceux qu'utilisent les jurys pour évaluer le niveau du candidat en termes de connaissances, de méthodologie de travail, de capacités de conceptualisation... Pour reprendre Vygotski (1985), c'est le niveau du développement actuel du candidat qui est recherché afin d'évaluer s'il correspond au niveau attendu d'un ingénieur. Mais, comme il le dit lui-même, « ce seul niveau est insuffisant pour déterminer l'état de son développement [...] Pour déterminer l'état du développement, [il faut] prendre en considération non seulement les fonctions venues à maturité mais aussi celles qui sont au stade de la maturation » (Vygotski, 1985, p. 269). Cela correspond à l'activité que mettent en œuvre certains jurys, en particulier (mais pas seulement) lorsqu'ils ont des doutes quant au fait que le niveau atteint soit suffisant. En se référant à Vergnaud (2000, p. 22), on pourrait alors lire l'activité du jury comme une recherche « du niveau potentiel de développement du candidat », de ses potentialités à atteindre, suite à la réalisation de préconisations, le niveau attendu. Cela va au-delà d'une simple capacité d'apprentissage, qui, comme le dit un membre du jury de B, pourrait se limiter à apprendre en restant sur un thème donné. C'est la capacité à élargir son champ scientifique de référence pour comprendre une situation, un phénomène, un processus, appuyer ses raisonnements, prendre des décisions : « Alors moi ce qui m'intéresse, dans votre intervention, c'est votre capacité à élargir, je dirais, le périmètre scientifique sur lequel vous pouvez vous appuyer pour guider votre action » (jury de F). Autrement dit, le candidat est-il capable d'aller chercher et d'assimiler des connaissances, en particulier scientifiques, qui lui font défaut au regard du référentiel d'évaluation, voire du référentiel de formation, dans des champs disciplinaires qui lui sont inconnus ? Ou est-il enfermé dans un cadre ? « Donc 1^{re} hypothèse, si on lui apporte les outils qui lui manquent tout va très bien se passer. Et [...] 2^e hypothèse, c'est plutôt une question d'état d'esprit et il est un petit peu fermé. À ce moment là, ça va être plus difficile » (jury de D).

En lisant l'activité du jury au regard de la théorie de Vygotski, on pourrait alors dire qu'il va travailler sur la zone de proche développement du candidat, allant

spontanément dans le sens du psychologue russe lorsque celui-ci affirme que « *la zone de proche développement a une signification plus directe pour la dynamique du développement intellectuel et la réussite de l'apprentissage que le niveau présent de leur développement* » (Vygotski, 1985, p. 270).

Pour évaluer ce potentiel, le jury va notamment s'appuyer sur des éléments qui lui permettront de juger si, à un moment ou à un autre, le candidat a su élargir ses connaissances pour faire face à un problème nouveau pour lui. Ainsi, un des participants au jury dit de B qu'il a une capacité « *à apprendre vite* » car, à plusieurs reprises, il a abordé des problèmes qu'il ne connaissait pas, il a cherché l'information de façon efficace (Internet, lectures, rencontres avec des experts, colloques...) puis se l'est appropriée rapidement en l'organisant, la digérant et la synthétisant.

5. Les récits dans le cadre de la VAE : une occasion de se questionner sur la formation et l'évaluation des élèves ingénieurs dans les domaines scientifiques

5.1. La science dans les récits d'expérience de la VAE

Au-delà de la singularité de chacun des candidats au diplôme d'ingénieur, de chacun des parcours qu'ils présentent, de chacun des jurys, les tâches d'élaboration de l'expérience (pour les candidats) et d'analyse de l'expérience (pour les jurys) permettent d'accéder d'une manière nouvelle et concrète à la place que prend la science dans des activités professionnelles et dans les récits qui en sont faits.

Au regard des définitions et représentations usuelles de l'ingénieur, des référentiels de formation et d'évaluation utilisés, il est surprenant de voir le peu de références explicites à des données scientifiques précises dans les dossiers de VAE. Largement diffuse, implicite, en arrière plan, la science n'en demeure cependant pas moins présente. Elle se manifeste au travers des formations suivies, des activités menées, des techniques employées, du vocabulaire utilisé dans le récit, voire des références bibliographiques. Autant d'éléments qui laissent supposer aux jurys une certaine culture scientifique du candidat. Éléments qui montrent aussi toutes les occasions dans lesquelles ses apprentissages se sont trouvés étayés au travers des interactions avec les autres et des instruments disponibles pour l'action (Bruner, 1991, 1996, 2000).

Parfois, la science émerge pour prendre des aspects plus explicites. C'est le cas lorsque le candidat présente des données scientifiques relatives au contexte ; donne à voir des représentations fonctionnelles (Leplat, 1985) issues en partie de modèles scientifiques ; décrit l'utilisation qu'il a faite de méthodes et outils scientifiques pour mettre en place des expérimentations et/ou en interpréter les résultats ; montre des écrits de vulgarisation ; décrit des séances de formation. C'est alors une science saturée en concret (pour reprendre l'expression de Vygotski, 1985), très appliquée, un modèle opératoire de la connaissance qui apparaît.

D'ailleurs, en définitive, ce ne sont pas les concepts scientifiques ou académiques précis, rarement présentés, que le jury cherche à retrouver dans les récits du candidat, sauf si celui-ci montre des lacunes potentielles en terme de connaissances, d'outils ou de démarche. C'est plutôt la manière dont les différentes occasions de rencontre avec ces concepts (formations, colloques, discussions, lectures, activités professionnelles...) ont permis leur assimilation, leur appropriation par le candidat. Ce que le jury cherche à évaluer, ce n'est pas autre chose que le développement des concepts scientifiques, donc les traces laissées par les concepts scientifiques dans les concepts spontanés. Cela correspond au processus décrit par Vygotski (1985) de la rencontre des concepts scientifiques avec les concepts spontanés et de la manière dont ces derniers s'en trouvent modifiés. Les indicateurs sont alors essentiellement constitués par la façon dont les connaissances sont intégrées à l'action, dans les phases de diagnostic, de choix d'action, de justification de ceux-ci, d'interprétation après-coup des effets de l'action.

Dans la démarche de VAE, il va de soi que le jury ne limite jamais son activité à la seule recherche de la culture scientifique du candidat pour valider son expérience. Selon le parcours de celui-ci et les emplois qu'il a occupés, le critère scientifique sera d'ailleurs parfois réduit à la portion congrue.

L'attente principale réside plutôt dans la capacité du candidat à avoir une vision d'ensemble des situations et des problèmes qu'il rencontre, incluant toutes les dimensions conceptuelles, dont la dimension scientifique n'est qu'un élément. C'est une culture scientifique générale du domaine professionnel concerné que le jury cherche à évaluer. Et celle-ci ne fait pas forcément appel à des connaissances à la pointe de la recherche, mais à des connaissances qui permettent une démarche étayée, une prise de recul, une analyse critique comme le dira le jury de G. Et c'est en particulier au travers de l'utilisation de concepts scientifiques quotidiens, le recours à des outils (dont la modélisation), à des démarches scientifiques, que le jury va évaluer cette culture scientifique.

Toutefois, même si la science demeure sous-jacente, enchevêtrée dans les représentations fonctionnelles (Leplat, 1985) issues de l'expérience, le candidat devra être en mesure d'y faire appel explicitement pour argumenter ses choix, ses raisonnements ou prendre un recul critique sur son activité ou celle des autres.

Les concepts et autres éléments scientifiques sont ici illustrés dans leur fonction d'instruments pour comprendre, raisonner et en dernier lieu décider. Ils permettent de construire des prises d'informations, des buts, des règles d'action en vue d'adapter la conduite en situation professionnelle (en paraphrasant Bazile & Mayen, 2002). L'analyse des dossiers et des entretiens avec les jurys de VAE donne donc des éléments sur ce que sont les sciences dans le monde professionnel : des instruments et des clés de compréhension en vue de l'action. Les concepts et méthodologies scientifiques, chez l'ingénieur, doivent donc bien être

appréhendés comme des instruments. Et c'est en ce sens qu'ils doivent être pensés lors de la formation.

5.2. Quelques enseignements à tirer de l'analyse des dossiers et jurys de VAE pour la formation des ingénieurs

Il semble possible de tirer des enseignements, pour la formation des ingénieurs, de l'analyse des dossiers de VAE et de l'activité des jurys. En effet, d'une part, les jurys sont constitués, pour partie, d'enseignants intervenant dans la formation des ingénieurs. D'autre part, ils évaluent des compétences, connaissances et aptitudes construites dans et par l'action en situation, en vue de délivrer un diplôme d'ingénieur qui est identique à celui obtenu par la formation. Un glissement apparaît donc possible de la VAE vers la formation. Dès lors, à partir des résultats de notre analyse, que pourrait-on envisager en formation, en particulier pour favoriser le développement de la pensée scientifique des futurs ingénieurs ?

L'analyse des dossiers de VAE montre, en définitive, que la place de la science dans le récit d'expérience des candidats est peu importante. Certes, un certain nombre de manifestations scientifiques sont présentes, mais d'autres sont absentes ou peu élaborées. La science est donc peu développée dans l'expérience. Et l'expérience sert peu à développer la science.

L'activité en situation n'est donc pas suffisante pour engager et étayer un processus de développement. Pour que le processus d'apprentissage soit efficace, il faut une série de médiations antérieures, postérieures ou concomitantes à l'activité en situation (Mayen, 2000).

Comme le montrent les observations faites dans notre analyse et de nombreux travaux de didactique professionnelle, une des formes de médiation envisageable pourrait reposer sur la mise en récit de l'expérience vécue dans ces situations et le retour réflexif sur ce récit. Car, « *on peut dire que les concepts scientifiques aussi peuvent s'appuyer sur l'expérience et participer d'un processus du bas vers le haut* » (Vergnaud, 2000, p. 30).

Ainsi, lors de l'utilisation de mises en situation (observations sur le terrain, stages...) dans les formations d'ingénieur, le récit pourrait servir de support pour approfondir certains aspects scientifiques avec les étudiants et/ou permettre d'évaluer l'acquisition et la capacité de mobilisation de certaines connaissances ou autres instruments scientifiques.

Pour cela, le récit d'expérience ne doit pas être confondu avec une description des situations vécues et des activités réalisées (Mayen, 2005) par les élèves ingénieurs. Il s'agirait, pour l'étudiant, de faire un lien plus explicite entre science et expérience. Bien entendu, cela ne consiste pas uniquement à lister des connaissances développées, à réciter la définition de tel ou tel concept ou à mettre quelques références bibliographiques. Il lui reviendrait de montrer, dans son récit,

comment ces connaissances théoriques lui ont été (ou lui auraient été) utiles dans et pour l'action dans les situations vécues ou dans l'analyse qu'il en fait *a posteriori*. Cette mobilisation des dimensions théoriques pour essayer de comprendre les situations dont un membre du jury de F constate qu'elle n'est pas tellement fréquente, y compris dans les mémoires d'ingénieurs.

Il s'agit de fournir aux élèves ingénieurs les occasions de mobiliser les concepts et autres instruments scientifiques à leur disposition et de favoriser leur mise en relation avec les concepts construits dans la situation. Autant de confrontation avec des formes organisées de la connaissance scientifique qui, en obligeant à réélaborer l'expérience, sont potentiellement porteuses de développement (Mayen 2005). Ce dont témoigne JP, candidat à la VAE dont le diplôme a été partiellement validé et qui a dû suivre certains modules d'une formation d'ingénieur : la mise en perspective des enseignements avec des situations professionnelles qui lui étaient données à vivre donnait un sens à ces enseignements et était l'occasion d'un formidable éclairage de celles-ci.

En élargissant, cela constitue une piste que les accompagnateurs de la VAE pourraient envisager de travailler avec les candidats. Il s'agit là de « *faire de l'expérience un objet sous contrôle et sous contrainte* » (Mayen, 2005), c'est-à-dire engager une réflexion sur l'expérience et les conditions de sa transformation en un produit social acceptable. L'analyse des jurys des établissements d'enseignement supérieur agronomique montre, en effet, qu'une partie de la validation des acquis se joue sur les éléments scientifiques (concepts, modèles, méthodes, champs disciplinaires élargis par rapport à la formation initiale...) que les candidats sont en mesure d'instrumentaliser pour éclairer ou critiquer la manière dont ils ont compris une situation et dont ils ont agi en situation. C'est en cela notamment que le travail à accomplir repose, en partie, sur une activité de finalisation et d'adressage au jury (Mayen 2005, 2006). Cela participerait alors à une fonction du parcours de VAE que l'on pressent déjà, la fonction de parcours de « *formation coïncidente* » (Masson & Ferron, 2006), contribuant en lui-même à amener le candidat au niveau, notamment scientifique, du diplôme qu'il vise.

Le dispositif de VAE constitue donc une opportunité pour mettre à jour des possibilités d'utiliser les récits relatifs aux expériences professionnelles pour servir de levier pour l'apprentissage des concepts, outils et méthodologies scientifiques par les élèves ingénieurs (incluant les candidats à la VAE). Articuler science et situations dans ces récits contribuerait alors à faire de ces futurs ingénieurs des praticiens scientifiques ou des scientifiques praticiens. ■

BIBLIOGRAPHIE

- BAZILE J. & MAYEN P. (2002). Le développement des concepts scientifiques à partir des conceptualisations dans l'action. Proposition de didactique professionnelle. *Aster*, n° 34, p. 75-93.
- BERGMANN J.R. (1994). Authentification et fictionnalisation dans les conversations quotidiennes. In A. Trognon et al. (éd.). *La construction interactive du quotidien*. Nancy : Presses universitaires de Nancy, p. 77-98.
- BRUNER J. (1991). *Car la culture donne forme à l'esprit*. Paris : Eshel.
- BRUNER J. (1996). *L'éducation entrée dans la culture*. Paris : Retz.
- BRUNER J. (2000). *Culture et modes de pensée*. Paris : Retz.
- BRUNER J. (2002). *Pourquoi nous racontons-nous des histoires ? Le récit au fondement de la culture et de l'identité individuelle*. Paris : Pocket.
- LEPLAT J. (1985). Les représentations fonctionnelles dans le travail. *Psychologie française*, vol. 30, n° 3-4, p. 269-275.
- MASSON C. & FERRON O. (2006). *L'apprentissage en situations professionnelles dans les ateliers technologiques de l'ENILV de la Roche sur Foron*. Rapport de recherche, ENIL/ENESAD, non publié, ENESAD, Dijon.
- MAYEN P. (2000). Les écarts de l'alternance. *Éducation permanente*, n° 141, p. 23-38.
- MAYEN P. (2005). Culture et formes d'action dans l'activité des jurys de Validation des acquis de l'expérience. *Dossiers des sciences de l'éducation*, n° 13, p. 55-66.
- MAYEN P. (2006). Évaluer avec l'expérience. In G. Figari & L. Mottier (éd.). *Recherches sur l'évaluation en éducation. Problématiques, méthodologies et épistémologie*. Paris : L'Harmattan, p.25-33.
- MAYEN P. (2006). L'expérience, objet de l'activité des accompagnateurs et des candidats en VAE. In C. Daoulas & P. Mayen (dir.). *L'accompagnement en VAE, Compétences et pratiques pour une fonction nouvelle*. Dijon : Éditions Raison et Passions, p. 129-142.
- MAYEN P. (2007, à paraître). Dix développements sur la didactique professionnelle et le développement. In Y. Lenoir & P. Pastré (dir.). *Didactique professionnelle, didactique des savoirs professionnels, didactique des disciplines : quelles relations pour une formation à l'enseignement ?* Toulouse : Octares.
- OLSON D. (2005). *L'école entre institution et pédagogie*. Paris : Retz.
- PROPP V. (1970). *Esthétique du conte populaire*. Paris : Éd. Le Seuil.
- RABARDEL P. (1995). *Les Hommes et les technologies : approches cognitives des instruments contemporains*. Paris : Armand Colin.
- SAGE C. (2007, à paraître). Actes du colloque « Rencontre autour des usages de la VAE », 17 et 18 novembre 2005, Établissement national d'enseignement agronomique de Dijon.
- SCHWARTZ Y. (2005). *Le paradigme ergologique ou un métier de Philosophe*. Toulouse : Octares.
- TODOROV T. (1978). *Les genres du discours*. Paris : Éd. Le Seuil.
- VERGNAUD G. (2000). *Lev Vygotsky, pédagogue et penseur de notre temps*. Paris : Hachette.

VERIN H. (1998), Autour du mot « ingénieur ». L'identité de « l'ingénieur », quelques repères historiques. *Recherche et formation pour les professions de l'éducation*, n° 29, p. 11-20.

VYGOTSKI L.V. (1985). *Pensée et Langage*. Paris : Messidor/Éditions sociales.

Résumés

Traduction anglaise : **Wayne Iwamoto**

Traduction espagnole : **Elvire Torguet**

Traduction allemande : **Andrea Joannin**

Abstracts

Physics and the Sciences: Reasoning, Stories and Ritual (Laurence Viennot)

What is expected of the sciences rarely breeds unanimity. However, most concur that they should be accessible and a pleasure to all so that people may act as responsible citizens. For scientific logic and its influences enable citizens to be more objective and this objectivity is the product of an accurate idea of what the sciences represent, of the way they have evolved and of what they have accomplished for the human race.

This article examines the goals of physicists who have recently dedicated themselves to this cause and the difficulties associated with providing the layman and laywoman with this ability to reason and, even more so, to be objective. Furthermore, it emphasizes the aspects which remain unexplained despite analysis of its likely consequences.

The study then concentrates on 2 aspects of the best means of adapting text to public so as to develop this particular type of reasoning. Firstly, it discusses the main tendencies of common thinking and secondly, the ability of the sciences and repetitive methods in the teaching of physics to privilege certain ways of thinking, 2 aspects which subreptitiously influence both reader and author. It sheds light upon the main question of the compatibility between pleasure and a relatively demanding thought-process in people having a limited knowledge in physics, keeping in mind that pleasure is traditionally associated with writing about the sciences more than with its pure practice and application. This category of population and its capabilities should not be underestimated as well as any research targeting binding-links in this “logic-pleasure” pairing in various types of scientific papers and conferences.

From Story to Knowledge in the Sciences: Secondary School Students Confronted by Tectonic-Plate Problems
(Denise Orange-Ravachol)

Much research on the teaching of the sciences has shown that students instinctively resort to rudimentary stories for a better understanding of a problem, a process which both helps and hinders the building of scientific knowledge. This article takes a closer look at these problems in the field of earth sciences through 2 cases of problem building with 16-17-year-old students specialized in the sciences which obliged them to work with 2 specific geological phenomena. The first concerns sea-floor build-up and the sedimentation process that directly affects it whilst the second looks at explaining volcano distribution and seismic activity. The question being how do students go about inventing stories with related elements? How do they view time and space? Under what conditions are they able to do without a basic analogical story?

The research results reveal the importance of the simultaneous tackling of geological problems which do not take place in the same time and space frame.

Understanding Reality and What is Possible
Elementary School Pupils Reading an Album as a Source of Scientific Question-Building (Catherine Bruguière, Jean-Loup Héraud, Jean-Pierre Errera & Xavier Rembotte)

This article deals with the importance of the use of stories in scientific knowledge building with elementary school pupils aged 5 to 8. An album by Léo Lionni was chosen for its uncommon narrative form associating fiction and biological phenomena.

A didactic study of both the album as well as the oral comments generated by its reading was carried out using tools taken from the semantic theory of “possible worlds” by Hintikka. This study tested the pertinence associated with the way pupils tackle scientific and epistemological question-building and shows that they not only view what is possible and create new ways of looking at reality but that they also raise underlying questions in the album not directly linked to the scientific content. Similarly they learn to grasp the limits of their knowledge and question the basis of scientific knowledge.

Creative Writing and Scientific Question-Building for Museum Exhibits (Éric Triquet)

That many museums today put together story and exhibit is growing proof of the importance of narratives in visits. Used as support material it is also a basis for organizing the display objects thereby influencing to the way knowledge is assimilated

and structured. Thus, pupils visiting a museum were asked to write a scientific-oriented story on and about a natural-sciences museum exhibit.

This article analyses the effects of creative writing on how pupils interpret the exhibit and delves into the mediating role played by this creative writing exercise in the building of meaning and the structuring of scientific knowledge into a coherent whole.

Science in the Validation of Work-Experience Reports (Jean-François Métral & Patrick Mayen)

In France students seeking to obtain their engineering degree from a post-secondary-school institution for agronomy must each submit two reports concerning their work-experience knowledge. As a very unique type of personal experience, these reports at times take the form of an autobiography which is directly intended for the board members.

Science being at the heart of both the programme and the content of engineering studies, of the marking scheme as well as of the definition of what an engineer is, one can logically expect that it is an integral part of any work-experience report associated with this validation process with a view to obtaining a degree.

A study of the reports as well as an analysis of board-member comments reveal:

- how the students used their scientific knowledge during their work term,
- the role it played during the writing process in the re-enacting and explaining of situations, actions and thought processes during the work term, and
- how the board members make use of these elements in order to determine the academic level of the student in the sciences.

This study looks at the possibilities associated with incorporating an engineering student's personal experiences into the writing of his/her work report and the instinctive use of the narrative as a mediation tool enhance a student's learning and the development of his/her scientific thought process.

Sumarios

La física en la cultura científica : entre razonamiento, relato y rituales (Laurence Viennot)

No es obvio, es lo menos que se puede decir, que se revelen compatibles varios deseos que se expresan habitualmente a propósito de la cultura científica : que se extienda a la mayoría, que sea del agrado pues de dicha mayoría para que ejerza

de manera responsable la ciudadanía, lo que supone un espíritu crítico que se apoye sobre elementos de razonamiento análogos a los de la ciencia y sobre una imagen razonablemente fiel de esta última, de sus modos de desarrollo y de sus principales adquisiciones. Las ambiciones de los físicos comprometidos en empresas recientes de comunicación, llevaderas de tales ambiciones serán evocadas y luego enfrentadas a escollos capaces de ostaculizar el acceso de los profanos al razonamiento, a foriori a la práctica de un análisis crítico- en primer grado, la confección de un relato de los fenómenos que no sea aclarada por el análisis de probables consecuencias. La discusión de las condiciones de optimización – del punto de vista del desarrollo posible del razonamiento – se centrará a continuación en dos aspectos : las grandes tendencias del razonamiento común, por una parte y por la otra, la fertilidad de las consecuencias rituales de la enseñanza de la física. Estos dos aspectos son , en efecto, capaces de influenciar ,sin que lo sepan ,autores y lectores.A modo de indicios experimentales, algunos resultados de encuesta en públicos poco especializados aclararán la principal cuestión de este texto : la de la compatibilidad entre avance intelectual relativamente exigente y placer, aún cuando este término parezca mas vinculado con la puesta en historia de la ciencia que con la práctica rigurosa de sus adquisiciones.El interés de no menospreciar las capacidades de un público poco especializado en este terreno, se plantea por fin y por consiguiente también el de investigaciones científicas sobre la negociación que implica esta pareja – razonamiento/ placer – en diferentes marcos de la comunicación científica.

De la elaboración de historias a los saberes científicos : el caso de alumnos de instituto enfrentados con algunos problemas de tectónica de las placas (*Denise Orange-Ravachol*)

Varios estudios de didáctica de las ciencias muestran que los alumnos recurren espontáneamente a la elaboración de historias sencillas para explicar y que este procedimiento es a la vez una ayuda y un obstáculo para la construcción de saberes científicos. En la presente contribución profundizamos estos aspectos en cuanto a algunos problemas de ciencias de la naturaleza. Situándonos en el cuadro teórico de la problematización, analizamos dos situaciones en clase de Primero de Bachillerato científico (alumnos de 16 a 17 años) elegidas porque conducen a los alumnos a articular al menos dos fenómenos geológicos :la primera situación trata de la expansión de los fondos oceánicos y de la sedimentación que los afecta, y la segunda se relaciona con la explicación del repartimiento de los volcanes y de los seísmos.¿Cómo se las entienden los alumnos con historias que se entrecruzan? ¿Qué articulaciones del tiempo y del espacio hacen? ¿Con qué condiciones pueden liberarse de la elaboración de una historia sencilla? Los resultados de nuestras investigaciones ponen de relieve la importancia de la toma en cuenta conjunta de problemas geológicos que no se producen a las mismas escalas de tiempo y de espacio.

« Mundos posibles » y comprensión de lo real. La lectura de un album de en ciclo 2 como fuente de cuestionamiento científico (Catherine Bruguière, Jean Loup Héraud, Jean Pierre Errera y Xavier Rembotte)

Este artículo se interesa por la función del relato en la construcción de conocimientos científicos en alumnos de ciclo 2 , a partir de un album de Leo Lionni. La estructura narrativa de este relato presenta la particularidad de mezclar acontecimientos fictivos y fenómenos biológicos. Proponemos aquí instrumentos originarios de la teoría semántica de los mundos posibles de Hintikka para efectuar el análisis didáctico de dicho album así como el de los intercambios orales provocados por su lectura. El estudio permite probar su pertinencia para poner en evidencia la manera con la cual los alumnos se adentran en un cuestionamiento científico y epistemológico. Es obvio que , no solamente los alumnos imaginan posibles y crean nuevas relaciones de posibilidades sobre lo real , sino que apuntan cuestiones problemáticas subyacentes a los hechos científicos que están en juego en el album. Paralelamente toman conciencia de los límites de sus saberes y se interrogan sobre lo que funda los conocimientos científicos.

Elaboración de un relato de ficción y cuestionamiento científico en el museo (Éric Triquet)

Numerosos museos de ciencias utilizan el relato en sus exposiciones como lo demuestra la importancia de la trama narrativa a nivel de sus exposiciones. Soporte de escenificación, es también principio organizador de la disposición de los objetos. De hecho la trama narrativa se encarga igualmente de estructurar la recepción. De ahí nuestra proposición de hacer escribir a visitantes escolares un relato de ficción científica sobre y acerca de la exposición de un museo de historia natural. La investigación que presentamos analiza los efectos de tal trabajo de escritura sobre « la lectura » de la exposición de estos visitantes particulares.. De manera más precisa el presente artículo se interesa por el papel mediatizador desempeñado por el desarrollo de la intriga en la construcción del sentido y la estructuración de elementos de conocimientos científicos en un todo coherente.

La ciencia en los expedientes de Validación de las Adquisiciones de la Experiencia o VAE (Jean François Metral y Patrick Mayen)

El proceso de validación de las adquisiciones de la experiencia (VAE) para la obtención de un diploma de ingeniero en los establecimientos dependientes de la enseñanza universitaria agronómica descansa sobre la entrega de dos expedientes por parte de los candidatos. Forma particular de relato de vida , pueden aparentarse con relatos autobiográficos directamente dirigidos al tribunal.

La ciencia constituye el corazón enunciado y anunciado de la formación, de los referenciales de evaluación, de las definiciones de lo que se supone que es un ingeniero. Por consiguiente es de esperar que una parte de ciencia venga a introducirse en los relatos de experiencia de la VAE.

El análisis de los expedientes y la observación de la actividad de lectura de los miembros del tribunal muestran cómo los candidatos han instrumentado la ciencia en los recorridos de su experiencia; cómo la han instrumentado en el proceso de producción escrita, para la reelaboración y la argumentación de las situaciones, acciones y razonamientos que allí son desarrollados; y cómo los tribunales se apoderan de estos elementos para valorar el nivel científico del candidato.

Este estudio permite considerar el relato de las experiencias vividas por alumnos ingenieros y la reflexión posterior sobre este relato como una de las formas de mediación posibles para servir de palanca en los procesos de aprendizaje y de desarrollo del pensamiento científico.

Zusammenfassungen

Die Physik in der wissenschaftlichen Allgemeinbildung: zwischen Argumentation, Erzählen und Lehrritualen (Laurence Viennot)

Es ist keineswegs selbstverständlich, dass mehrere Aspekte, die man allgemein von der Wissenschaft erwartet, sich als kompatibel erweisen: dass sie sich an so viele wie möglich richtet, die Spaß daran haben können, dass sie dazu beiträgt, eine verantwortungsbewusste Ausübung der staatsbürgerlichen Rechte und Pflichten zu erreichen, was ja einen kritischen Geist voraussetzt, der sich wiederum auf Denkweisen stützt, die denen der Wissenschaft gleichen, sowie auf ein treues Abbild derselben, auf ihre Argumentationsweisen und auf ihre wesentlichen Errungenschaften.

Die Ambitionen von Physikern, die sich für neue Kommunikationsmodelle mit derartigen Zielsetzungen einsetzen, werden erwähnt und eventuellen Widerständen gegenübergestellt, die dem Laien den Zugang zu dieser Denkweise und noch mehr deren Umsetzung in eine kritische Analyse erschweren. In erster Linie handelt es sich also um eine Umsetzung der durch die Analyse nicht erhellten Phänomene in die Erzählform und deren wahrscheinliche Konsequenzen. Die Diskussionen der zur Optimierung nötigen Bedingungen für die Anpassung zwischen Text und Publikum – hinsichtlich einer möglichen Weiterführung einer Argumentation – wird

sich dann auf zwei Aspekte konzentrieren: einerseits, in welche Richtung die gemeinsame Denkweise tendiert, und andererseits, die wahrscheinlichen Konsequenzen der Lehrrituale im Fach Physik. Diese beiden Aspekte haben höchstwahrscheinlich – ohne dass diese sich dessen bewußt sind – Einfluss auf Autoren und Leser. Ein paar Umfrageresultate in Hinsicht auf gemachte Experimente bei einem Publikum, das wenig auf physikalischem Gebiet spezialisiert ist, werden die Hauptfrage dieses Textes erläutern: die der Kompatibilität zwischen einer intellektuell anspruchsvollen Aufgabe und der Freude daran, obwohl dieser Begriff mehr der erzählerischen Darstellung der Wissenschaft anzugehören scheint als der genauen praktischen Anwendung seiner Errungenschaften.

Es wird letztendlich diskutiert, worin überhaupt das Interesse liegt, die Fähigkeiten der “Laien” nicht zu unterschätzen, sowie das Interesse an gezielten Forschungsarbeiten über die dazu nötigen Auseinandersetzungen mit dem Begriffspaar – Nachdenken/Spaß haben – unter verschiedenen Rahmenbedingungen der wissenschaftlichen Kommunikation.

Von der Umsetzung in die Erzählform zur naturwissenschaftlichen Erkenntnis: am Fall von Gymnasiasten, die sich einigen Problemen der tektonischen Plattenverschiebungen gegenübergestellt sehen (Denise Orange-Ravachol)

Mehrere wissenschaftsdidaktische Arbeiten zeigen, dass die Schüler spontan zur einfachen Erzählform greifen, um etwas zu erklären und dass diese Art und Weise gleichermaßen eine Hilfe und ein Hindernis beim Aufbau von naturwissenschaftlichen Kenntnissen darstellt.

In diesem Beitrag vertiefen wir diese Aspekte anhand einiger Problemstellungen im Naturkundeunterricht. Indem wir uns in den theoretischen Rahmen der Problematisierung stellen, analysieren wir in einer II. wissenschaftlich orientierten Klasse (Schüler im Alter von 16/17 Jahren) zwei Unterrichtssituationen, die wir ausgewählt haben, weil sie die Schüler mindestens zwei geologische Phänomene artikulieren lassen: die erste hat die Ausdehnung des Meeresbodens und dessen Sedimentierung zum Gegenstand; die zweite die Verteilung der Vulkane und das Auftreten von Seismen.

Wie kommen die Schüler mit Geschichten zurecht, die sich überkreuzen? Welche logischen Zusammenspiele finden sie für Zeit und Raum? Unter welchen Bedingungen können sie sich von der einfachen Umsetzung in eine Erzählung frei machen? Die Ergebnisse unserer Untersuchungen unterstreichen die Bedeutung der gleichzeitigen Behandlung von verschiedenen geologischen Problemen, die sich unter weder räumlich noch zeitlich gleichen Bedingungen abspielen.

“Mögliche Welten” und das Verstehen der Realität: Lektüre eines Bilderbuchs in den 5. und 6. Grundschulklassen als Quelle zur wissenschaftliche Fragestellung (Catherine Bruguière, Jean-Loup Héraud, Jean-Pierre Errera und Xavier Rembotte)

Dieser Artikel beschäftigt sich mit der Funktion des Erzählens beim Aufbau von naturwissenschaftliche Kenntnissen in den 5. und 6. Grundschulklassen, ausgehend von einem Leo-Lionni-Band. Die Erzählstruktur weist die Besonderheit auf, fiktive Ereignisse und biologisch richtige Phänomene miteinander zu vereinen.

Die aus der semantischen Theorie der möglichen Welten nach HINTIKKA stammenden Instrumente werden vorgeschlagen, um eine didaktische Analyse dieses Bildbandes zu ermöglichen, sowie eine Analyse des durch die Lektüre provozierten mündlichen Austauschs.

Die Studie erlaubt es, ihre Pertinenz zu testen, um zu zeigen, wie die Schüler an wissenschaftliche und erkenntnistheoretische Fragestellungen herangehen. Es zeigt sich, dass die Schüler nicht nur mögliche Relationen in Betracht ziehen und neue mögliche Relationen schaffen, sondern auch auf problematische Fragestellungen hinweisen, die bei den diesem Bildband zugrunde liegenden wissenschaftlichen Fakten eine Rolle spielen. Parallel dazu werden sie sich der Grenzen ihres Wissens bewußt und hinterfragen grundlegende wissenschaftliche Erkenntnisse.

Ausarbeitung einer fiktiven Erzählung und naturwissenschaftliche Fragestellungen im Museum (Éric Triquet)

Zahlreiche naturwissenschaftliche Museen bedienen sich der Erzählform in ihren Ausstellungen, wie es erzählerische rote Faden ihrer Ausstellungen beweist. Inszenierungsbasis einerseits, Organisationsprinzip für die Aneinanderreihung der dargestellten Gegenstände andererseits. Gewissermaßen ist sie auch Strukturierungselement der intellektuellen Erfassung. Daher unserer Vorschlag, unsere jugendlichen Besucher eine naturwissenschaftliche Fiktion schreiben zu lassen, und zwar über eine Ausstellung eines naturwissenschaftlichen Museums selbst und zum Thema eben dieser Ausstellung.

Die Forschungsarbeit, die wir präsentieren, analysiert die Auswirkungen einer solchen Schreibearbeit auf die “Lektüre” der Ausstellung, die diese besonderen Besucher vorgenommen haben.

Genauer ausgedrückt, interessiert der vorliegende Artikel sich für die Mittlerrolle, die der Handlungsablauf bei der Sinngebung spielt, sowie auch bei der Strukturierung der naturwissenschaftlichen Kenntnisse, um so ein kohärentes Ganzes zu bilden.

Die Naturwissenschaft in den Bewerbungsunterlagen für einen Äquivalenzerwerb (Jean-François Métral und Patrick Mayen)

Der Ablauf eines Äquivalenzerwerbsverfahrens für den Erhalt eines Ingenieurdiploms in Ausbildungseinrichtungen der zuständigen landwirtschaftlichen Hochschulen besteht im Einreichen von zwei Bewerbungsakten pro Kandidat. Da es sich um eine besondere Form der Darstellung eines Lebenslaufes handelt, können sie in die Nähe von autobiographischen Erzählungen gerückt werden, die direkt an die Prüfungskommission gerichtet sind.

Die Naturwissenschaften bilden dabei den klar dargelegten und angekündigten Kern der Ausbildung, der offiziellen Texte, die der Benotung zu Grunde liegen und der Charakterisierung dessen, was einen Ingenieur ausmachen soll.

Man darf also erwarten, dass die Naturwissenschaften sich teilweise in den Erfahrungsberichten wiederfinden. Das Studieren der Bewerbungsunterlagen und die Beobachtung der Prüfungskommission beim Durchlesen zeigen, wie die Naturwissenschaften von den Kandidaten in ihrem beruflichen Werdegang eingesetzt worden sind; wie sie in der Textproduktion für die Ausarbeitung und die Erörterung von Situationen, Aktionen und Denkweisen, die darin entwickelt wurden, eingesetzt worden sind; wie die Prüfungskommissionen sich dieser Elemente bemächtigt haben, um die naturwissenschaftlichen Kenntnisse des Kandidaten zu beurteilen.

Diese Studie erlaubt es, das Erzählen von erlebten Erfahrungen durch die Ingenieurschüler und den reflektierten Rückgriff auf die Erzählform als eine mögliche Vermittlungsform in Betracht zu ziehen, die eine Hebefunktion im Lern- und Entwicklungsprozess des naturwissenschaftlichen Gedankenguts haben kann.

aster

recherches en didactique des sciences expérimentales

2 numéros par an

à retourner à : **INRP • Service des publications • Abonnements**

19, allée de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Tél. +33 (0)4 72 76 61 66/63 • abonn@inrp.fr • www.inrp.fr

Nom

ou établissement

Adresse

Localité

Code postal

Téléphone

e-Mail

Pays

Date

Signature ou cachet

..... abonnement(s) x prix unitaire = euros TTC

Demande d'attestation de paiement : oui non

Abonnement en ligne sur www.inrp.fr/publications/catalogue/web/

Tarif abonnement 1 an	
France métropolitaine (sauf Corse)	28,00 € TTC
Corse + Dom (sauf Guyane)	27,10 € TTC
Guyane + Tom	26,54 € TTC
Étranger	34,00 € TTC
Le numéro (France métropolitaine sauf Corse)	17,00 € TTC

Tout bulletin d'abonnement doit être accompagné d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur des recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant de services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : décret du 29 décembre 1962, instruction M9.1, article 169, relatif au paiement d'abonnements à des revues et périodiques). Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera l'exécution de la commande.

Ne pas utiliser ce bon pour un réabonnement, une facture pro forma vous sera adressée à l'échéance.

aster

recherches en didactique des sciences expérimentales

DiDASKALIA

Recherches sur la communication
et l'apprentissage des sciences et des techniques

2 numéros par an

+ 2 numéros par an

à retourner à : **INRP • Service des publications • Abonnements**

19, allée de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Tél. +33 (0)4 72 76 61 66/63 • abonn@inrp.fr • www.inrp.fr

Nom

ou établissement

Adresse

Localité Code postal

Téléphone e-Mail Pays

Date Signature ou cachet

..... abonnement(s) groupé(s) x prix unitaire = euros TTC

Demande d'attestation de paiement : oui non

Abonnement en ligne sur www.inrp.fr/publications/catalogue/web/

Tarif abonnement groupé Aster + Didaskalia 1 an	
France métropolitaine (sauf Corse)	52,20 € TTC
Corse + Dom (sauf Guyane)	50,53 € TTC
Guyane + Tom	49,48 € TTC
Étranger	62,10 € TTC

Tout bulletin d'abonnement doit être accompagné d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur des recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant de services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : décret du 29 décembre 1962, instruction M9.1, article 169, relatif au paiement d'abonnements à des revues et périodiques). Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera l'exécution de la commande.

Ne pas utiliser ce bon pour un réabonnement, une facture pro forma vous sera adressée à l'échéance.

aster

recherches en didactique des sciences expérimentales

2 numéros par an

à retourner à : **INRP • Service des publications • Vente à distance**

19, allée de Fontenay • BP 17424 • F-69347 LYON CEDEX 07

Tél. +33 (0)4 72 76 61 64 • pubvad@inrp.fr • www.inrp.fr

Nom

ou établissement

Adresse

Localité Code postal

Téléphone e-Mail Pays

Date Signature ou cachet

Numéro(s) commandé(s)

..... numéro(s) x prix unitaire = euros TTC

Demande d'attestation de paiement : oui non

Vente en ligne au numéro sur www.inrp.fr/publications/catalogue/web/

Prix du numéro • Tarif en vigueur	
Le numéro, France métropolitaine (sauf Corse)	17,00 € TTC

Toute commande doit être accompagné d'un titre de paiement libellé à l'ordre du régisseur des recettes de l'INRP. Cette condition s'applique également aux commandes émanant de services de l'État, des collectivités territoriales et des établissements publics nationaux et locaux (texte de référence : ministère de l'Économie, des Finances et du Budget, direction de la comptabilité publique, instruction n° 90-122-B1-M0-M9 du 7 novembre 1990, relative au paiement à la commande pour l'achat d'ouvrages par les organismes publics). Une facture pro forma sera émise sur demande. Seul, le paiement préalable de son montant entraînera l'exécution de la commande.

aster

recherches en didactique des sciences expérimentales

Liste des numéros disponibles

- | | | | |
|--------------|--|--------------|---|
| N° 2 (1986) | Éclairages sur l'énergie | N° 26 (1998) | L'enseignement scientifique vu par les enseignants |
| N° 4 (1987) | Communiquer les sciences | N° 27 (1998) | Thèmes, thèses, tendances |
| N° 5 (1987) | Didactique et histoire des sciences | N° 28 (1999) | L'expérimental dans la classe |
| N° 6 (1988) | Les élèves et l'écriture en sciences | N° 29 (1999) | L'école et ses partenaires scientifiques |
| N° 7 (1988) | Modèles et modélisation | N° 30 (2000) | Rencontres entre les disciplines |
| N° 8 (1989) | Expérimenter, modéliser | N° 31 (2000) | Les sciences de 2 à 10 ans |
| N° 9 (1989) | Les sciences hors de l'école | N° 32 (2001) | Didactique et formation des enseignants |
| N° 11 (1990) | Informatique, regards didactiques | N° 33 (2001) | Écrire pour comprendre les sciences |
| N° 12 (1991) | L'élève épistémologue | N° 34 (2002) | Sciences, techniques et pratiques professionnelles |
| N° 13 (1991) | Respirer, digérer : assimilent-ils ? | N° 35 (2002) | Hétérogénéité et différenciation |
| N° 14 (1992) | Raisonner en sciences | N° 36 (2003) | L'enseignement de l'astronomie |
| N° 16 (1993) | Modèles pédagogiques 1 | N° 37 (2003) | Interactions langagières 1 |
| N° 17 (1993) | Modèles pédagogiques 2 | N° 38 (2004) | Interactions langagières 2 |
| N° 18 (1994) | La réaction chimique | N° 39 (2004) | Nouveaux dispositifs, nouvelles rencontres avec les connaissances |
| N° 19 (1994) | La didactique des sciences en Europe | N° 40 (2005) | Problème et problématisation |
| N° 20 (1995) | Représentations et obstacles en géologie | N° 41 (2005) | Produire, agir, comprendre |
| N° 21 (1995) | Enseignement de la géologie | N° 42 (2006) | Le corps humain dans l'éducation scientifique |
| N° 22 (1996) | Images et activités scientifiques | N° 43 (2006) | Modélisation et simulation |
| N° 23 (1996) | Enseignement de la technologie | N° 44 (2007) | Sciences et récits |
| N° 24 (1997) | Obstacles : travail didactique | | |
| N° 25 (1997) | Enseignants et élèves face aux obstacles | | |

