

Prendre la science en conte...

Francine PELLAUD*, LDES, Université de Genève
 Richard-Emmanuel EASTES, Département d'Etudes Cognitives, ENS, Paris
 Nathalie SENE, Ecole primaire de l'Arbalète, Paris
 Bérénice COLLET, Les Atomes Crochus, ENS, Paris

Résumé

Les contes scientifiques tels que nous les proposons sont issus d'une rencontre entre littérature, psychanalyse, sciences et didactique. Conçu dans la plus pure tradition des contes de fées, leur objectif premier est de permettre aux non scientifiques de comprendre simplement certains phénomènes tels que la photosynthèse, l'énergie, la matière, ou encore le développement durable, les changements de paradigmes ou la décroissance.

Mais au delà de leur aspect ludique qui ouvre les portes d'un espace privilégié où se retrouvent enfants, adolescents et sciences, ils s'avèrent être de puissants outils au service de la médiation et de l'enseignement. Le présent article présente l'élaboration théorique de ces contes ainsi que leur utilisation en classe et pour « le grand public ».

Mots-clés

Contes scientifiques, science et spectacle, outils pédagogiques, médiation scientifique, approche allostérique de l'apprendre, éducation au développement durable

Introduction

« Pas de sciences sans histoires » pourrait-on dire. Histoire de l'Homme, bien sûr, dont elle fait partie intégrante et dans laquelle la science écrit ses propres pages. Histoire et épistémologie des sciences, récit et compréhension de leur évolution et de celle de la pensée humaine qui les entoure, qui les forge et qu'elles modèlent en retour. Mais aussi petites histoires, anecdotes, mythes et légendes qui naissent souvent de la précédente. Enfin, histoires et tracasseries, jalousies de toutes sortes qui, souvent, portent préjudices à l'évolution tant des sciences que des technologies qui leurs sont liées. Dès lors, « prendre la science en conte » devient presque un jeu d'enfants...

Au-delà des jeux de mots que permet le double sens du mot « histoire », le choix du récit, et plus particulièrement celui du conte, n'est pas dû au hasard. En effet, « *Il était une fois* » ouvre toutes les portes, permet tous les rêves, autorise le dépassement de tous les interdits. Les fous peuvent devenir des rois, les bergères être épousées par de riches princes, et les plus démunis accéder à de puissants trésors.

Mais si le récit imaginaire permet ainsi la réalisation virtuelle de nos fantasmes, il peut également servir *l'apprendre* dans son sens le plus large et participer à une réflexion pertinente, notamment en ce qui concerne les savoirs complexes.

Les *contes scientifiques*, récits contemporains interactifs présentés tant à des classes que lors de manifestations « grand public » ont été créés pour devenir de véritables outils au service de l'enseignement et de la médiation des sciences et du développement durable. C'est cette création, mais également leur utilisation et leur évaluation qui font l'objet du présent article^{1,2}.

1. Pourquoi des contes ?

1.1. Une tradition d'oralité et de transmission des savoirs

Avant d'être complétés par un adjectif, les contes, qui datent d'une époque où les savoirs se transmettaient avant tout de manière orale, avaient pour fonction de donner à l'imaginaire de la « matière à penser ». De l'analyse de plusieurs psychanalystes (Bettelheim (1976), Estes (2001), Bloch (1981) pour ne citer que les plus connus), il ressort que les savoirs ainsi transmis sont essentiellement de l'ordre du développement personnel. Ils participent à la construction de l'individu, à son intégration au sein de la société, à l'élaboration de son image de soi. « *Les contes de fées, à la différence de toute autre forme de littérature, dirigent l'enfant vers la découverte de son identité et de sa vocation et lui montrent aussi par quelles expériences il doit passer pour développer plus avant son caractère. Les contes de fées nous disent que, malgré l'adversité, une bonne vie pleine de consolations est à notre portée, à condition que nous n'esquivions pas les combats pleins de risques sans lesquels nous ne trouverions jamais notre véritable identité* » (Bettelheim, 1976, p. 42).

Ils parlent de sexualité, de tabous, de devoirs, de droits, de ressentis en fonction des différentes grilles de lecture auxquelles ces auteurs se sont référés. Ces éléments, présentés sous une forme métaphorique à l'auditoire (et désormais au lecteur), paraissent tellement universels qu'ils ont permis aux contes de traverser les époques. Aujourd'hui comme hier, il semble bien que leur message soit perçu de manière identique par les enfants - les adolescents et les adultes récusant souvent cette forme littéraire, considérée comme enfantine - et ceci malgré un contexte fortement décalé : nous ne vivons plus au temps des princes et des princesses, les fous de rois ont depuis longtemps disparu en tant que tels, et rares sont les enfants de bûcherons vivant dans la forêt ou se vêtant d'un chaperon, rouge ou non. Les digicodes ont depuis longtemps remplacé sur les portes les chevilletes, et même les loups ont quasiment disparu du paysage...

1.2. Des vertus pédagogiques intrinsèques

Empruntant cette universalité aux contes traditionnels, les contes éducatifs tels que nous les proposons jouent avec la métaphore pour introduire, en plus de la construction de l'individu, de la « matière à penser le monde », à se l'approprier, voire à l'apprivoiser. Car pour beaucoup trop d'enfants encore, la connaissance n'est perçue qu'à travers sa fonction d'agent sélecteur. Dès lors, c'est un véritable travail de réhabilitation qu'il faut entreprendre. Dans ce cadre-là, le fait que les contes soient perçus comme des histoires destinées à de très jeunes enfants est un atout, car il laisse penser à l'auditeur ou au lecteur que son contenu sera accessible et compréhensible³. Cet effet est d'ailleurs bien connu des muséologues et des médiateurs scientifiques en général, les expositions destinées aux enfants étant avant tout le lieu de prédilection des parents...

Les vertus pédagogiques des contes se retrouvent d'ailleurs jusque dans leur forme. Ainsi, l'entrée dans l'imaginaire par les formules consacrées telles que « Il était une fois », « Il y a très très longtemps », « A l'époque où les bêtes parlaient », etc. offre le côté rassurant du rituel, voire du repère culturel. De plus, une des caractéristiques du conte de fées étant d'avoir une fin heureuse, il offre une dimension extrêmement sécurisante qui participe au dépassement de la peur de ne pas être « à la hauteur ». Elle montre également qu'affronter un problème est le seul moyen de le résoudre et que, une fois ce stade atteint, l'auditeur(-lecteur)-héros aura accès au bonheur.

1.3. Des justifications psychanalytiques

De son côté, la psychanalyse offre plusieurs éléments fondamentaux si, plus encore que l'apprentissage, on vise l'apprivoisement de la science par l'auditeur ou le lecteur. Dans les

contes traditionnels, par exemple, la description du ou des personnages principaux reste toujours vague et évasive (leur sexe même n'est pas toujours explicitement défini). Ce flou permet à chacun de se projeter dans l'histoire et d'en devenir le héros. Néanmoins, certains détails évitent une trop grande identification. Il est ainsi peu probable qu'un enfant vive dans les mêmes conditions matérielles que Cendrillon, mais s'il se sent abandonné par ses parents au profit d'un frère ou d'une sœur, l'enfant pourra quand même s'identifier à l'héroïne abandonnée. En outre, le conte présente toujours son héros en état d'infériorité, comme l'est l'enfant face à ses problèmes... ou face à la science, comme nous le verrons plus loin.

De plus, les héros des contes ne sont pas toujours de « gentils petits enfants sages ». Au contraire, ils peuvent être menteurs, paresseux ou même voleurs. Ce détail est important car si on ne lui présente que des personnages exemplairement bons, l'enfant (et surtout l'enfant en échec affectif, scolaire, personnel, etc.), se sentira dévalorisé par rapport à ce modèle et risquera de se mettre en opposition à l'image que l'on attend de lui. Une forte culpabilité peut ensuite naître de cette situation. La réussite finale de ces anti-héros, qui implique souvent une transformation radicale de leur comportement au cours du récit, contribue également à montrer à l'enfant qu'il est capable, lui aussi, de changer, de persévérer, d'apprendre.

Enfin, contrairement aux héros, les personnages secondaires du conte sont généralement présentés de manière très typée et manichéenne. Ils sont bons ou mauvais, beau ou laids, malins ou bêtes. Cette absence d'ambivalence permet à l'enfant de constater que les personnes réelles qui l'entourent sont beaucoup plus complexes. Là encore, cela contribue à éviter que l'identification aux personnages et aux situations ne soit tout à fait complète.

2. Pourquoi des contes « scientifiques » ?

2.1. Des applications dans toutes les formes de la médiation scientifique

D'une manière générale, l'utilisation d'une histoire offre un contexte concret, tangible à un savoir qui peut être abstrait. Elle permet de donner des repères, un fil rouge qui favorise la création de liens entre les différents éléments, en même temps que leur mémorisation. Cette « trame narrative » est souvent utilisée par les muséographes, depuis que Cummings (1940) a observé son efficacité dans le cadre d'une évaluation réalisée lors de l'exposition internationale de New York en 1939. « *Prônée par les concepteurs d'expositions soutenant qu'il fallait proposer au public une interprétation, une médiation* » (Bradburne, 1998, p.40), la trame narrative a le grand avantage d'apporter une certaine homogénéité au sujet traité.

Mais les qualités pédagogiques du récit ne se réduisent à la muséologie, et leur analyse peut être étendue à toutes les formes de médiation scientifique. Ainsi lorsque Jacobi écrit : « *Vulgariser, c'est traduire la science pour la rendre accessible au plus grand nombre* » (Jacobi, 1999, p. 156), il propose implicitement de la réécrire sous des formes plus digests et plus habituelles et justifie *a priori* l'utilisation du récit comme outil de médiation. Dans le domaine de la communication scientifique, Caro va même jusqu'à montrer que cette transformation de la science en récit est indispensable pour la rendre acceptable auprès des médias lorsqu'il écrit : « *Les médias [...] ne s'intéressent aux matières scientifiques que dans la mesure où elles peuvent permettre de composer un récit attractif capable de retenir l'attention des lecteurs. Il y a des règles pour la composition de tels récits qui, en général, font appel aux procédés littéraires mis en œuvre dans la littérature populaire et notamment dans les contes* » (Caro, 2004, p. 27)⁴.

2.2. L'exploitation pédagogique des vertus du conte scientifique

Comme nous venons de l'évoquer, le fil conducteur que constitue le récit facilite la mémorisation. Nous profitons donc de cet abaissement de la charge cognitive pour proposer un contenu qui nécessite une attention particulière. Nous postulons même que l'intrigue, le défi, la situation dans laquelle se trouve le héros et dont il doit sortir vainqueur favorise la

compréhension du message scientifique. En effet, le récit ne fait pas que capter l'attention, il stimule l'auditeur ou le lecteur à réellement comprendre afin de rester à la même « hauteur » que le héros de l'histoire. Car autant l'incompréhension est excusable lorsque l'explication est apportée par des scientifiques ou autres « adultes », par définition plus érudits et porteurs de plus de connaissances, autant il sera presque vexant de ne pas pouvoir suivre dans leur logique et leurs explications un fou, une princesse ingénue ou un enfant qui pourrait être un camarade de classe. Cette dimension sera d'ailleurs par la suite extrêmement importante pour l'enfant car, s'il ne peut suivre le héros, il ne pourra pas non plus s'identifier à lui et profiter des autres vertus pédagogiques du conte.

2.3. Confiance en soi et motivation à apprendre

Ainsi, si dans les contes traditionnels, le malin Petit Poucet ou Jack le garçon intrépide viennent à bout des ogres et des géants, dans les contes scientifiques, c'est le fou du roi ou la princesse ingénue qui, par leur bon sens et leur créativité viennent à bout des défis les plus complexes. Une identification des enfants à ces héros, si proches d'eux par leur manque de connaissances scientifiques, rend ainsi les sciences abordables par tous. Elle permet le développement d'une certaine *confiance en soi*⁵ favorable à l'apprendre, car elle favorise le « lâcher prise » nécessaire à la *transformation des conceptions*.

D'autre part, par les intrigues, les défis ou les épreuves que le ou les héros doivent traverser, le conte *interpelle, questionne, stimule la curiosité*. Ainsi, dans *Histoire de fou* (Pellaud, 2001), lorsque le fou du roi lui propose un concours pour lui éviter l'ennui qui le ronge, il pose en même temps qu'au roi un défi aux auditeurs et aux lecteurs : « *Seigneur, vous êtes le plus grand savant de ce royaume et de tous les royaumes que porte cette terre. Vous connaissez les secrets de l'énergie et de la matière. Vous possédez les machines les plus performantes, les moteurs les plus puissants, mais vous ne possédez pas une seule machine qui soit capable de transformer de l'énergie en une matière palpable, consistante, que l'on puisse toucher et voir* ».

Mais le récit n'a pas que cette dimension cognitive liée à une meilleure mémorisation. Il fait directement appel à *l'émotionnel* et à *l'affectif* et, de ce fait, contribue plus encore à une appropriation des problématiques abordées. Dès lors, nous pouvons même nous permettre d'aller au-delà des connaissances scientifiques, réputées pour être « compliquées », et aborder des savoirs complexes, comme c'est le cas des thèmes se rapportant au développement durable. En effet, ce « fil rouge émotionnel », couplé aux aspects magiques qu'offre le conte, permet de tisser des liens entre des éléments qui peuvent paraître extrêmement éloignés. Ainsi, dans *Les Trois Mondes* (Pellaud, 2005), l'héroïne Julie, grâce à l'absorption d'une potion magique, s'envole par delà les continents et voit ses projets se concrétiser instantanément. Ces pouvoirs surnaturels lui permettent ainsi de parler aux animaux, de débattre avec un magnat du pétrole ou de rencontrer le président du Kazakhstan.

2.4. Une nécessaire interactivité avec le public

Si la curiosité favorise la motivation, élément essentiel à tout apprentissage, elle est souvent également insuffisante. Afin d'être sûr que le message soit compris et pas seulement entendu, un *accompagnement* est nécessaire. Celui-ci est en partie apporté par le conte lui-même, par la manière dont les éléments sont amenés et par la simplicité du vocabulaire utilisé. Mais lorsque le conte est mis en scène, il se fait également à travers l'interactivité que nous proposons à nos publics. En effet, qu'ils soient utilisés dans un cadre scolaire ou pour le « grand public », des moments interactifs ponctuent le récit, durant lesquels l'ensemble de l'auditoire est convié à réfléchir aux problèmes posés ou aux connaissances scientifiques abordées.

L'intemporalité dont bénéficie le conte offre en outre l'avantage de pouvoir faire appel

simultanément à des éléments ou des événements qui, historiquement, peuvent être très éloignés. Dans *Histoire de fou*, quand le roi organise un concours dont l'enjeu est de créer une machine qui puisse transformer de l'énergie en matière, il est tout à fait possible d'y faire apparaître en même temps les miroirs paraboliques d'Archimède et l'accélérateur de particules du CERN. : « *Si, dans la réalité quotidienne, passer de la matière à l'énergie, était chose courante (on connaissait moult moyens de transports et de chauffages utilisant des matières telles que le pétrole, l'hydrogène, le charbon, etc.), le contraire n'avait encore pu être réalisé. Seuls, de lointains savants d'occident, en faisant accélérer des particules jusqu'à une vitesse proche de celle de la lumière, puis en les faisant se collisionner, avaient réussi cet exploit. Malheureusement, la durée de vie de cette matière était si brève qu'il était impossible d'en rendre compte au roi. (...) Dans le meilleur des cas, certains ingénieurs avaient réussi à transformer de l'énergie en une autre forme d'énergie. Ainsi, on voyait l'énergie du soleil ou celle du vent devenir de l'électricité à travers des sortes de moulins à vent, ou de grands panneaux ressemblant aux miroirs paraboliques d'Archimède, mais qui, au lieu de réfléchir la lumière de l'astre, l'absorbait pour mieux la transformer en chaleur à faire rougir le feu ou bouillir de l'eau. Mais à aucun moment ces savants inventeurs ne parvinrent à passer de l'énergie à la matière* ». Dans ces cas-là, l'interactivité permet de supprimer toute ambiguïté en reprécisant les repères historiques réels, par une stimulation de l'esprit critique du public quant à ce qu'il vient d'entendre.

Il en va de même dans *Le grand livre de la connaissance* (Pellaud, 2003). Alors que tout le contexte propose une quête du Graal située à une époque où sorciers et alchimistes se côtoyaient, « *Un étrange objet, énorme, s'installa alors au milieu du groupe. Un petit billet fixé dessus indiquait « microscope électronique* ».

Ainsi, puisant dans plusieurs registres simultanément, le conte est source d'anecdotes, qu'elles soient tirées de l'histoire des sciences ou inventées, autant d'*aides à penser* favorables à l'apprendre.

2.5. Une approche des sciences nécessairement phénoménologique

Enfin, le conte est un objet littéraire. En tant que tel, il utilise un langage qui n'est pas celui des scientifiques. Cet aspect oblige à une description des phénomènes convoqués qui s'éloigne définitivement des formules et autres démonstrations mathématiques. De plus, puisque les héros ne sont pas des hommes de science, il serait malvenu de leur octroyer des capacités à théoriser des savoirs qui viennent avant tout d'une observation assidue du quotidien, et du bon sens. Loin d'être un handicap, cette « obligation littéraire » nous pousse à développer un aspect des plus intéressants de la pédagogie scientifique : l'approche phénoménologique⁶, qui nécessite d'élaborer « avec les mains » des interprétations exemptes de concepts, de lois, de formules, de théories, d'équations ou autres formalismes scientifiques. Et elle mène à une compréhension qualitative souvent largement suffisante pour appréhender les comportements et propriétés de l'univers.

Cette approche n'est pas nouvelle et constitue presque un passage obligé dans l'élaboration du savoir scientifique. C'est la raison pour laquelle, on la trouve dans les sciences très récentes, tout simplement parce que les concepts et modèles qui peuvent l'appuyer n'ont pas encore été imaginés. C'est le cas de la physique des milieux granulaires, où des phénomènes tels que la *ségrégation*⁷, le *chant des dunes* ou la *dilatance de Reynolds*⁸ sont encore expliqués sans formule mathématique ni modèle, faute d'approches thermodynamiques, mécaniques ou numériques élaborées.

Pour reprendre l'exemple tiré du texte *Histoire de fou* évoqué précédemment, la photosynthèse (dont le nom même n'est pas prononcé dans l'histoire) est amenée de la façon suivante. Grâce à l'observation d'une plante ayant souffert d'un manque de lumière, le fou du roi propose à ce dernier une rose, métaphore de « la seule machine capable de transformer de

l'énergie en une matière que l'on puisse toucher et voir ». Devant son air dubitatif, il lui explique : « *Mais Seigneur, bredouilla le fou, vous savez que les fleurs, et toutes les plantes ont besoin d'eau pour vivre, car c'est dans l'eau qu'elles trouvent les sels minéraux dont elles ont besoin. Mais si on les prive de soleil, elles ne peuvent survivre, même si on les arrose. Cela veut dire que la lumière, et donc l'énergie du soleil leur est tout aussi vitale que l'eau. Comme cette énergie ne leur sert pas, ni pour se déplacer, ni pour se réchauffer, elle doit leur servir pour pousser et se développer. Elles sont donc capables d'absorber l'énergie que représente la lumière comme s'il s'agissait de nourriture et d'utiliser celle-ci pour assembler la matière dont elles ont besoin pour grandir, fleurir et donner des fruits. Je pense donc que les plantes sont les seules machines capables de transformer de l'énergie en une matière que l'on peut toucher et voir.* »

3. Les mécanismes de l'apprendre dans l'élaboration des savoirs scientifiques

3.1. Les conceptions

Présenter des contenus scientifiques tout en se préoccupant d'éléments touchant essentiellement à l'inconscient peut paraître incongru. Mais c'est oublier que les *conceptions* (Giordan, 1998) font également partie de ces éléments ancrés au plus profond de nous-mêmes et qui modèlent notre manière de comprendre et de donner du sens au monde.

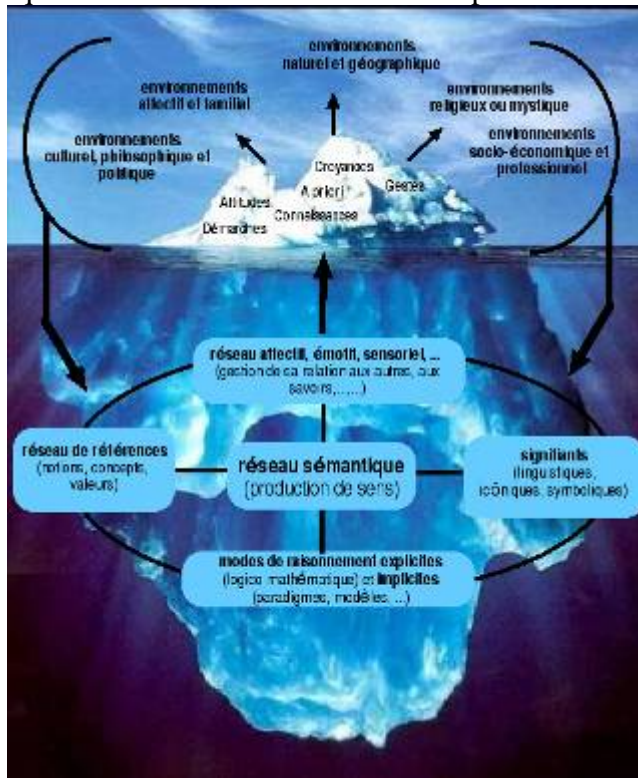


Figure 1 : L'iceberg des conceptions (Giordan & Pellaud, 2002)

En effet, les conceptions constituent à la fois les briques élémentaires du savoir et les fondements de la pensée, sièges de l'ensemble des mécanismes qui nous permettent de produire du sens pour mieux appréhender notre environnement et agir sur lui.

Bien plus que de simples représentations ou images mentales, elles font donc appel à des modes de raisonnement, à des réseaux de références et des signifiants variés. L'ensemble de ces éléments est directement issu du vécu de chacun, influencé par les multiples environnements dans lesquels nous baignons quotidiennement et dont les aspects affectifs vont souvent jouer un rôle déterminant.

Ces conceptions ne sont jamais évidentes et rarement exprimées de manière explicite.

Tel l'iceberg repéré par la petite fraction qui affleure au-dessus de l'eau (figure 1), elles ne sont révélées que par des gestes, des attitudes, l'expression de valeurs, de croyances ou de connaissances, qui peuvent apparaître de manière tout à fait anodine au cours d'une discussion, d'une réponse à une question, d'un dessin.

3.2. Le modèle allostérique de l'apprendre

Le modèle allostérique (Giordan et de Vecchi, 1987, Pellaud & *al.*, 2005) décrit l'apprendre comme relevant de mécanismes eux-aussi le plus souvent inconscients, qui interviennent sur

nos dispositions à élaborer notre savoir. En effet, considérant l'apprendre comme la transformation des conceptions par un processus de déconstruction-reconstruction, on réalise que les conceptions, si elles sont des outils indispensables dans ce processus sont également des obstacles, au sens bachelardien du terme (Bachelard, 1993), qui peuvent conduire à de véritables inhibitions.

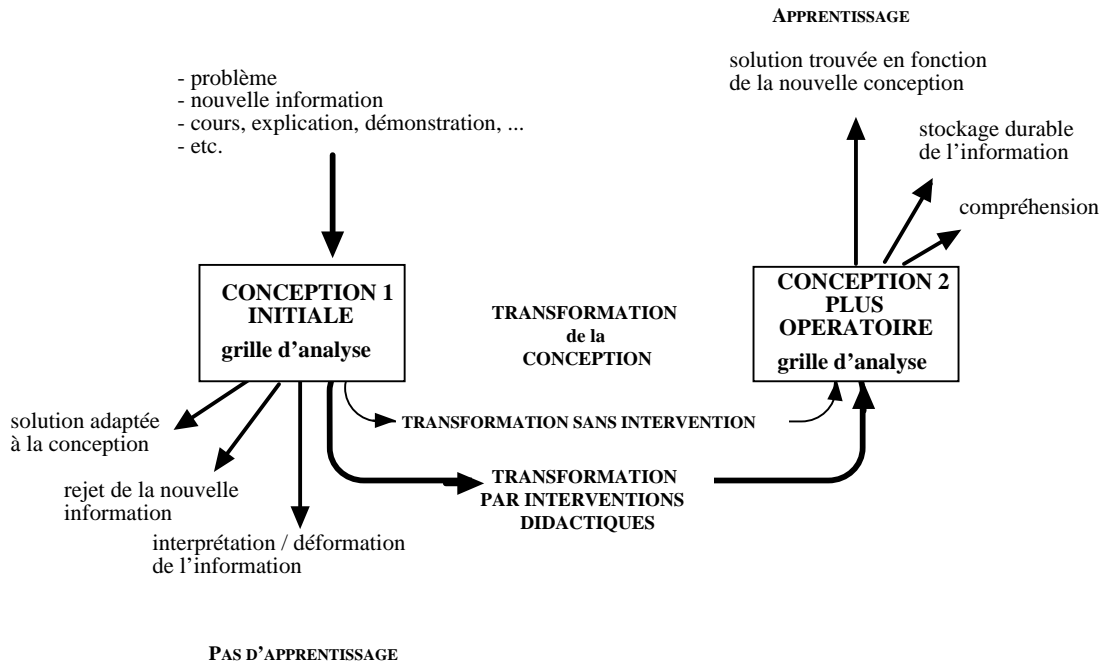


Figure 2 : Processus de transformation des conceptions (Giordan, Pellaud & Eastes, 2002)

La figure 2 montre comment l'information nouvelle est « filtrée ». Durant cette phase, elle peut être déformée par la conception, ou induire sa transformation en une conception plus opératoire.

Si l'adaptation de la nouvelle information proposée à l'apprenant n'est pas possible, alors elle peut être purement et simplement rejetée. Pour qu'elle ait quelque chance de passer « directement » (sans intervention didactique), il faut en effet qu'elle entre en résonance avec l'ensemble des connaissances antérieures de l'apprenant. Pour Vygotsky (1933), cela signifie qu'elle doit se trouver dans sa *zone proximale de développement*, ce qui n'est susceptible de se produire que pour un pourcentage très restreint d'élèves. Pour tous les autres, il est nécessaire de mettre en place des interventions didactiques appropriées (en d'autres mots, un « enseignement »), tenant compte des conceptions et permettant de s'approcher au maximum de cette zone proximale de développement⁹. Dès lors, il importe de chercher à savoir quels peuvent être les paramètres susceptibles de permettre cette déconstruction – reconstruction du réseau de conceptions.

3.3. De la « matière à penser la science »

Sur cette base théorique, les diverses recherches menées sur l'apprentissage des sciences nous ont conduit à définir plusieurs paramètres qui s'avèrent complémentaires et indispensables à une appropriation durable du savoir (voir le premier niveau de la figure 3 sur l'ovale vert). En fonction de ce que nous avons défini plus haut, mais également en nous basant sur les observations menées en classe et lors des représentations grand public (voir partie suivante), nous pouvons constater que le conte permet d'atteindre tous ces objectifs, grâce à ses

spécificités intrinsèques.

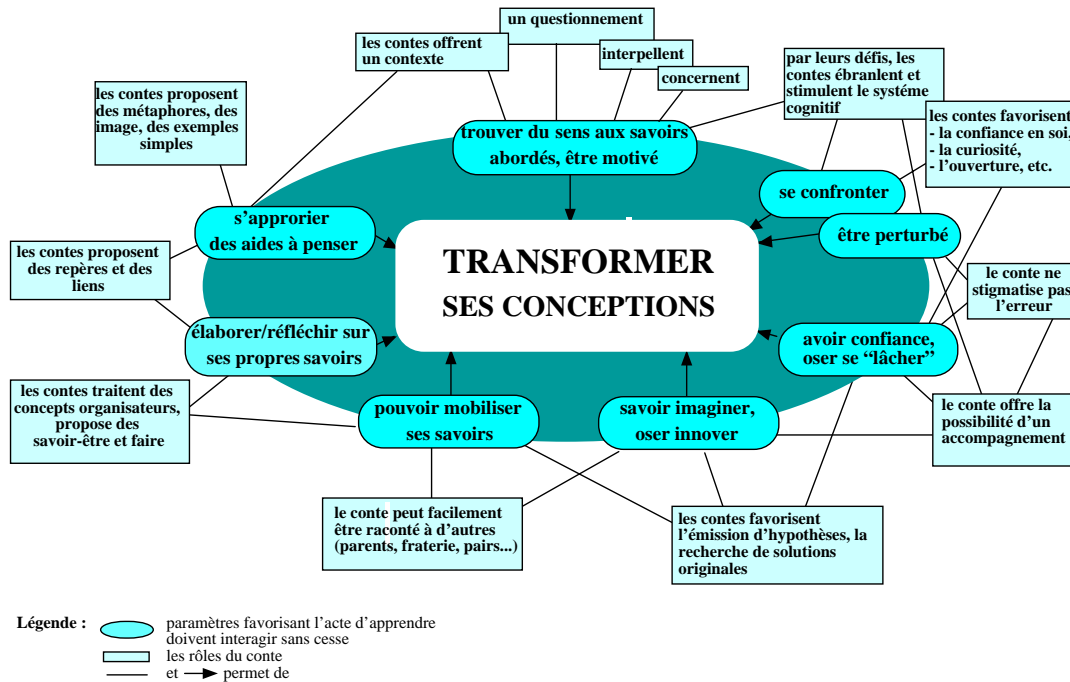


Figure 3: Environnement didactique favorisant l'acte d'apprendre
Pellaud - Giordan (2006)

Nous avons déjà évoqué les paramètres traitant du *sens donné au savoir* à travers la *contextualisation* et le *questionnement*. Nous avons également touché du doigt quelques éléments qui participent à l'*appropriation d'aides à penser*, et nous avons développé assez largement l'importance d'*avoir confiance* qui permet d'*oser se lâcher*. Nous pouvons ajouter que les héros qui, pour dépasser des situations insolubles sont obligés d'imaginer des solutions nouvelles sont des exemples qui peuvent stimuler l'enfant à développer une *imagination créatrice* et une capacité *d'innovation*. Enfin, nous avons vu que, si la psychanalyse contribue, à sa manière, à l'acquisition de cette confiance, un accompagnement est nécessaire dès que l'on quitte la sphère privée du développement personnel pour entrer dans l'apprendre. Il reste que l'accompagnement, élément décisif dans l'apprendre, ne peut être pris en charge uniquement par un texte, aussi questionneur et explicite qu'il soit. La nécessité d'un *médiateur* entre le texte et l'auditoire est donc nécessaire. C'est sur cet aspect particulier que nous avons travaillé la mise en scène de ces contes.

3.4. Retour sur l'importance de l'interactivité avec le public

Contrairement à la tradition populaire qui place le conteur en situation de communication exclusivement frontale, nous avons cherché à développer une interactivité forte entre le comédien sur scène et le public. Ainsi, à certains moments-clés, le conteur s'arrête et interpelle le public. Au-delà des premières raisons évoquées plus haut, ces intermèdes ont de très multiples objectifs et visent indifféremment à :

- **Clarifier un terme ou un concept** : « *Que signifie "déforestation" ?* », « *C'est quoi, un microscope électronique ?* », etc. Cette clarification est importante, car elle garantit une bonne compréhension de l'histoire en elle-même. Elle l'est d'autant plus qu'un terme inconnu « bloque » l'auditeur qui perd ainsi, momentanément du moins, le fil de l'histoire.
- **Connaître les conceptions du public** : « *L'énergie, qu'est-ce que c'est ?* », « *Pourriez-vous me donner des exemples d'énergie ?* », etc. Ce type d'intervention permet de mieux situer le niveau général de compréhension du public et de pouvoir agir en conséquence en

tentant de déconstruire certaines conceptions erronées par la confrontation ou l'argumentation entre pairs, mais également par l'utilisation d'un vocable mieux adapté, d'une explication plus approfondie, de redondances, voire de répétitions. La confrontation de plusieurs conceptions favorise également la prise de distance du spectateur avec son propre système explicatif et une remise en question de celui-ci.

- **Stimuler l'imaginaire, la formulation d'hypothèses et l'élaboration de solutions originales.** Cette manière d'interpeller le public, de le solliciter pour « aider » le héros dans sa quête est extrêmement importante car elle mobilise l'auditeur, capte son attention, stimule la création de liens entre lui et l'histoire, participe à son identification avec le héros.

Il va sans dire que le conteur ne stigmatise pas les réponses erronées ou farfelues et aide au contraire à aller *au-delà* des conceptions pour entrer dans un système de raisonnement plus « juste » d'un point de vue scientifique. Certaines propositions peuvent être discutées, soumises au jugement des autres, évaluées et même retenues et intégrées dans l'histoire. C'est ainsi que le conte scientifique peut devenir un véritable outil d'enseignement, comme le décrit la partie suivante.

4. Le conte, outil de médiation et d'enseignement : mise en œuvre

4.1. Les Trois Mondes

S'il est avant tout destiné à une présentation « grand public », le conte peut également devenir un outil pédagogique utilisable en classe. Présenté tel que décrit plus haut, il peut être repris de différentes manières. Objet transversal par excellence puisqu'il est avant tout littéraire pour devenir un support de connaissances scientifiques, il permet des approches variées, dépendantes bien sûr du sujet dont il traite. L'exemple que nous présentons ici est un travail qui a été mené dans une classe de CE2 avec des enfants de 8 ans, à partir du conte *Les Trois Mondes*, proposé en annexe du présent article. Comme cela a été évoqué plus haut, ce conte aborde le concept de développement durable, sans pour autant en prononcer le nom. Le fil rouge de l'histoire est tissé par une petite fille qui découvre, durant un voyage en Afrique avec son papa, les différents aspects qui lient l'ensemble des problèmes actuels aux domaines de l'économie, de l'écologie et du développement social. Ainsi, elle découvrira l'exploitation des enfants et la discrimination, les différentes raisons qui contribuent à la disparition des animaux, les multiples pollutions puis, à travers des voyages que seuls les contes permettent, les causes et les conséquences de la déforestation, celles de la désertification, celles de l'exploitation à outrance des ressources de la Terre, qu'elles soient renouvelables ou non. L'histoire se termine sur une réflexion ouverte sur les responsabilités à tous les niveaux : celles des dirigeants politiques, des directeurs des multinationales ou des consommateurs.

4.2. Du conte à la comédie musicale

Le premier objectif de l'enseignante (Nathalie Sené, également auteur de cet article) était de créer, avec ses élèves et leur professeur de musique François Serre ainsi que la collaboration d'autres enseignants de l'école de l'Arbalète (75005 Paris), une comédie musicale sur le thème de la pollution (*La pollution, c'est pas du bidon !*). Bien que possédant une expérience solide en matière de création de spectacles avec des enfants et possédant des connaissances suffisantes pour mener leur projet à bien, les enseignants ont tout de même souhaité s'entourer d'autres compétences spécifiques, et c'est ainsi que des interventions ponctuelles des *Atomes Crochus* en général, et une représentation interactive de leur conte en classe en particulier, ont permis une collaboration optimale.

Bérénice Collet, comédienne et metteur en scène des *Atomes Crochus* a non seulement présenté le conte en classe, mais a également suivi la petite troupe dans la mise en scène de son propre spectacle. Richard-Emmanuel Eastes, chargé de la validation des connaissances

scientifiques des contes, a réalisé un véritable accompagnement sur toutes les questions d'ordre scientifique¹⁰. Francine Pellaud, auteur du conte et spécialiste de l'éducation au développement durable (Pellaud 2000, 2004, Pellaud & Muths, 2006), a participé à la réalisation d'une partie du spectacle et notamment l'élaboration des « plaidoiries » des deux protagonistes de la comédie musicale, à savoir les avocats de Dame Nature et de l'Homme, le spectacle se déroulant dans les murs d'un tribunal où « *Monsieur d'Homme est accusé de destruction volontaire du milieu naturel par une arme très dangereuse : la pollution* ».

4.3. Premières conceptions

Au départ, la pollution constitue donc le sujet essentiel du projet. Les conceptions des enfants sur le sujet sont assez frustes : la pollution réside essentiellement dans les objets que l'on jette par terre : papiers, chewing-gum, etc. La voiture est également mentionnée, sans toutefois que ses torts soient clairement identifiés.

Un premier travail sur ces deux domaines permet aux enfants d'écrire deux premières chansons pour leur comédie. *La pollution, c'est pas du bidon !* (Serre, Sené & Petit, 2006) est tout d'abord un cri de révolte des enfants, préalable à la représentation du conte. On y lit notamment :

*La pollution
C'est pas du bidon
Si tu n'fais pas attention
Ta planète finira en trognon
(refrain)*

*Le paysage, tu vas abîmer
Si tu jettes trop de déchets
Dis donc ... le recyclage tu connais ?
Il faudrait peut-être y penser !*

*Tu peux blesser ta planète
Si tu brûles la forêt avec ta cigarette
Dis donc ... arrête de faire pleurer ta planète !
C'est vraiment trop bête ! Trop bête !*

*Tu empoisonnes la mer avec ton pétrole,
Baleines, phoques et mouette tu colles
Dis donc ... tu rigoles mais...
Tu détruis la vie tu sais ?*

De même, les textes du *Rêve enchanté* (Serre, Sené & Petit, 2006, extrait) illustrent assez bien leur vision des choses à ce moment-là :

*Dans le ciel, je me suis envolée, portée par un vent doux et léger
Qui sent bon comme le savon, je me suis laissé bercer
Et les enfants joyeux riaient, riaient
Soudain, je me suis réveillé ! Dans ma ville toute polluée Plus rien ne me faisait rêver !
J'ai respiré un air puant, fumées toxiques, nuages étouffants
Et des enfants suaient, s'essoufflaient...*

Cette première approche, riche en apports de connaissances sur tout ce qui tourne autour de la

production et de la gestion des déchets, mais également des différentes formes de pollutions, leurs sources et leurs impacts, offre alors un terrain idéal pour emmener les enfants sur des chemins plus tortueux, où la binarité illustrée dans leur chanson n'a plus sa place.

4.4. Les apports du conte

Le conte est alors joué en classe. Sans approfondir les thèmes, l'enseignante, dans un premier temps, fait parler le côté émotionnel. Elle demande aux enfants de dessiner ce qui les a le plus marqué ou leur a le plus plu dans l'histoire. Une discussion ouverte s'ensuit sur les aspects qui les ont au contraire le plus choqués. Des détails surgissent, comme le fait que la petite fille noire qui travaille dans le complexe touristique dans lequel se trouve l'héroïne n'a pas accès à la piscine. La disparition des animaux et le discours sur le pourquoi de celle-ci frappe également l'imaginaire. Mais des sujets plus généraux sont relevés. Le fait que tout le monde n'ait pas accès à l'eau et que cela puisse conduire à des guerres les bouleverse. L'attitude des hommes responsables de la « marche du monde » les choque encore plus. La course à l'argent, au profit, le désintérêt manifeste pour les souffrances d'autrui, qu'il s'agisse de celles de la Terre, des animaux ou des hommes les effraient et les choquent.

Dès lors la comédie musicale prend une autre envergure. Tout en conservant leur sujet initial, les enfants vont s'ingénier à débusquer les raisons souvent cachées des catastrophes qui les entourent. Après la pollution, on commence à parler de « développement durable ».

Or pour les enfants, la guerre est l'un des pires fléaux de la Terre et une peur réelle. Découvrir que ses origines remontent souvent à l'appropriation de richesses naturelles, dont le pétrole n'est pas l'une des moindre, est une « découverte » qu'ils se doivent de faire apparaître dans leur spectacle. C'est ainsi que, lors de l'appel à la barre des témoins, *Minéralus*, digne représentant des minéraux et de toute matière non vivante qui constitue la Terre, va présenter sa vision des choses :

Le juge : Que reprochez vous à Monsieur d'Homme Minéralus ?

Minéralus : Il consomme sans compter. Il épuise mes réserves ! Et il m'a fallu des milliers d'années pour les faire. Il creuse toujours de plus en plus profond ! Mais surtout, il se sert de moi comme prétexte pour se battre.

Le juge : Pour se battre ? Tous les hommes ne profitent-ils pas de façon équitable des richesses de Dame Nature ?

Minéralus : Oh non ! Il y a des pays riches et des pays pauvres !

L'avocat de l'Homme : Et ça, c'est quand même bien la faute de Dame Nature !

Dame Nature : Oh ! Ca c'est un peu fort !

Avec l'arrivée de *Végétalus* à la barre des témoins, les enfants vont exprimer la complexité inhérente aux interactions des systèmes vivants, notamment à travers le phénomène de l'érosion. A ce niveau, le conte, qui développe de manière plus approfondie les aspects sociaux liés à l'exploitation forestière, n'a joué qu'un rôle de « déclencheur », car il ne fait qu'effleurer le problème, tout en donnant certaines clés, non pas de compréhension, mais plutôt de questionnement. Celles-ci n'ont pas échappé aux enfants qui, accompagnés de leur enseignante, ont voulu en savoir plus et ont, à leur manière, « traduit » les problèmes liés à la disparition progressive de certaines espèces végétales. Ainsi, les multiples enjeux liés à l'exploitation abusive des forêts et à leur destruction ont été traduits en chanson en ces termes (Serre, Sené & Petit, 2006, extrait) :

*Ces bois que vous détruisez empêchent les inondations
Ces bois que vous détruisez empêchent aussi l'érosion
Ces bois que vous détruisez pourtant vous offrent, c'est peu banal,*

Ses plantes médicinales

*Ces forêts massacrées sont garantes, écoutez bien ça,
Ces forêts massacrées de l'équilibre des climats
Ces forêts négligées produisent l'oxygène c'est vital
Pour notre équilibre mondial¹¹*

Les apports les plus importants du conte se situent donc dans les arguments et les débats, qui quittent définitivement la binarité pour aborder de plain-pied la complexité des interactions et la difficulté à trouver des solutions, ainsi que dans la prise de conscience de la responsabilité individuelle. Celle-ci se manifeste essentiellement à travers l'inventaire que les enfants ont fait des « petits gestes quotidiens » auxquels l'héroïne du conte se réfère, et qu'ils ont voulu présenter comme autant de proposition dans la chanson phare de leur comédie qui s'intitule : *Et toi que vas-tu faire ?* (Serre, Sené & Petit, 2006, extrait) :

*Et toi que vas-tu faire ?
Aller à l'école, comprendre le monde.
Et toi que vas-tu faire ?
Pour que la terre ne tourne pas à l'envers.
Et toi que vas-tu faire ?
Aller à l'école comprendre le monde.
Et soigner ta planète pour éviter l'enfer.
(refrain)*

*Fruits et légumes de saison, moins de transports entre régions
Que penses-tu de cette solution ?
Connaître, respecter la forêt, il faudra plus te promener
Quand vas-tu te décider ?*

*Les p'tites distances à vélo, ou à pied c'est plus rigolo
Quand vas-tu laisser ta moto ?
Les robinets tu fermes, l'eau de pluie tu récupèreras
Pourquoi ne le ferais-tu pas ?*

*Moins de chauffage, d'emballage, un pull et tu sors de ta cage
Pourquoi ne serais-tu pas sage ?
Produits chimiques, médicaments, les piles polluent énormément
Pourquoi les jettes-tu n'importe comment ?*

Pour terminer, tout comme le conte, il est important que l'histoire se termine sur une note positive, pleine d'espoir et de promesses d'avenir. C'est ce que la classe a fait, en tentant notamment de mettre en balance non seulement les erreurs des hommes, mais ce qu'ils ont réalisé de positif et surtout, ce qu'ils tentent actuellement de faire. C'est dans la plaidoirie de l'avocat de l'Homme que se retrouvent les arguments que les enfants ont jugés les plus pertinents à prendre en compte avant que la sentence, prononcée par des spectateurs tirés au sort, ne soit rendue :

« Mesdames et Messieurs les jurés, Monsieur d'Homme ne savait pas qu'il polluait. Depuis qu'il en a pris conscience, il cherche des solutions pour panser les blessures causées à Dame Nature, par sa faute certes.

Il faut reconnaître qu'il est parfois très maladroit, mais il fait vraiment des efforts.

Mesdames et Messieurs les jurés, lors du choix de votre sentence, il faudra tenir compte de ces actions :

Des parcs ont été créés pour protéger des espèces animales et végétales et pour sauvegarder des écosystèmes.

Des animaux en voies de disparition, sont réintroduits dans leur milieu naturel.

Des arbres, des forêts entières sont replantées.

Certaines cultures poussent à nouveau de façon naturelle, l'utilisation d'insecticides, de pesticides, d'herbicides et d'engrais chimiques étant très réduite.

Monsieur d'Homme s'est rendu compte que l'eau était un bien précieux. Depuis, Mesdames et Messieurs les jurés, il construit des stations d'épuration pour la nettoyer. Il essaie aussi de l'économiser, en prenant des douches à la place de bains, en ne laissant pas ouvert les robinets ou encore n'arrosant pas en plein soleil.

Mais ce n'est pas tout, Mesdames et Messieurs les jurés, oui, ce n'est pas tout : il cherche aussi à économiser l'énergie et les matières premières.

Il commence à utiliser des énergies renouvelables, comme celles du vent, du soleil ou de l'eau.

Il essaie de remplacer le pétrole par du gaz naturel ou de l'alcool de plantes.

Mais, s'il peut faire tout ceci aujourd'hui, c'est grâce à ses recherches et à sa technologie.

Mesdames et Messieurs les jurés, je crois qu'il faut faire confiance à Monsieur d'Homme, il reconnaît ses erreurs et veut les réparer.

D'une manière générale, il veut réduire le gaspillage et trouver des solutions, pour bien vivre certes, mais pas au détriment de la santé de Dame Nature.

En parlant de santé, Monsieur d'Homme a fait beaucoup aussi pour le bien des siens en développant la médecine par exemple. »

Ce spectacle, présenté dans la salle de spectacle de l'Ecole normale supérieure devant près de 200 personnes, a eu un succès que les enfants ne sont pas près d'oublier. De quoi se souvenir pour eux que les petits ruisseaux font les grandes rivières...

Conclusion

Malgré l'intérêt que nous lui reconnaissons et que nous défendons dans cet article, comme toutes les stratégies et les outils pédagogiques, l'utilisation du conte ne doit pas devenir une habitude dans la classe. En rendant son utilisation trop fréquente, il perd de sa magie, de son intérêt, tant ludique que didactique. La panacée n'existe pas, et quelles que soient les vertus du conte, même scientifique et interactif, il finit par lasser.

Quant à son potentiel didactique, pour en savoir plus, nous sommes allés, une année après la réalisation de la comédie musicale, demander aux enfants s'ils se souvenaient de l'histoire que la conteuse était venue leur raconter. « *C'est l'histoire d'une petite fille qui visite trois mondes : celui des Hommes, celui de l'argent et celui de la nature* », répondent sans hésitation plusieurs élèves. « *Il y avait des députés qui se fichaient des problèmes de la planète* » enchaîne un enfant. « *Oui, tant qu'ils pouvaient vendre et se faire de l'argent, le reste ils s'en fichaient* », lui répond un autre. « *Il y a des pays pauvres et beaucoup de pollution,* » continue un troisième. Le message essentiel est donc bien présent dans les esprits. Il semble donc que le conte joue parfaitement son rôle d'aide à penser, tissant dans la mémoire un fil qui permet de relier les éléments entre eux.

Mais d'autres éléments, qui pourraient sembler plus anecdotiques, apparaissent également : « *En Afrique, les gens qui y habitent n'ont pas le droit d'aller dans les piscines* » ou « *Ce qui était bien, c'est que les animaux parlaient* »

La complexité des thématiques abordées, même si elle est parfois « réinterprétée » reste très présente : « *La petite fille se demande pourquoi il n'y a pas beaucoup d'animaux en Afrique* » rappelle un enfant. « *Les animaux ne peuvent plus boire à cause des hommes qui coupent les arbres. Oui, et c'est la déforestation* », lui répond-on. « *Les hommes enlèvent l'habitat des animaux, ils s'en fichent, ils gagnent de l'argent* » enchaîne un autre élève. Quittant la problématique animale, un autre enfant avance : « *Oui, mais ceux qui coupent les arbres, s'ils ne coupent plus les arbres, c'est eux qui n'auront plus d'argent, alors plus à manger et plus de maison* ».

La responsabilité individuelle que découvre progressivement l'héroïne de l'histoire n'a pas non plus été oubliée : « *Au retour de son voyage, elle explique ça à ses copains. Les copains disent que c'est pas nous qui décidons de la nourriture et des transports, c'est nos parents* ». S'ensuit alors une discussion animée sur ce qui est ou non de leur responsabilité et des possibilités qu'ils peuvent avoir, en tant qu'enfants, pour contrecarrer ce qui peut sembler inéluctable. « *Il ne faut pas polluer, il y a des pays plus pauvres que le nôtre où des enfants travaillent comme des esclaves au lieu d'aller à l'école, et ça c'est pas bien... Oui, c'est pas juste* », conclut un élève, reprenant en quelque sorte l'un des versets de la chanson qui clôturait le spectacle (Serre, Sené & Petit, 2006, extrait) :

*Doux bébé sèche tes pleurs
Sur notre planète il y a du bonheur
Bel enfant laisse-toi bercer
Sur notre planète il y a mille beautés
Promis ! Nous les enfants éviterons les erreurs des grands,
Ce qui est beau sera sauvé (bis)
Petit Diego on te le promet
Ce qui est beau sera sauvé*

Bibliographie

- AGOSTINI F. (1994). Les procédés littéraires du récit dans la vulgarisation scientifique écrite et télévisée. In *Science en bibliothèque*. Paris : Éditions du Cercle de la Librairie, p. 125-140.
- BACHELARD G. (1993), *La formation de l'esprit scientifique, contribution à une psychanalyse de la connaissance*. Paris : Bibliothèque des textes philosophiques, VRIN.
- BETTELHEIM B. (1976). *Psychanalyse des contes de fées*. Paris : Editions Robert Laffont.
- BLOCH D. (1981). *Comme ça la sorcière me mangera pas ! Les fantasmes et les terreurs secrètes de l'enfant*. Paris : Editions Robert Laffont.
- BRADBURNE J. (1998). Problématique d'une création : Newmetropolis. In *La révolution de la muséologie des sciences*, sous la direction de SCHIELE et KOSTER. Lyon - Ste-Foy (Québec): Editions PUL et Multimondes.
- CARO P. (1996). Science in the Media between Knowledge and Folklore. In *The Communication of Science to the Public, Science and the Media*. Milano : Fondazione Carlo Erba, p. 111-132.
- CARO P. (2004). Vulgariser la chimie, entre le savoir et l'imaginaire. In *Le Chimiste et le Profane : Partager, dialoguer, communiquer, vulgariser, enseigner... L'Actualité Chimique*, n°280/281, sous la direction de EASTES R.-E. et PELLAUD F, p. 27.
- EASTES R.-E. & PELLAUD F. (2004). Comment « déconceptualiser les sciences » ou les vertus de « l'approche phénoménologique », de la vulgarisation des concepts scientifiques à leur enseignement. In *Actes des XXV^{èmes} JIES*, Giordan A., Martinand J.-L. & Raichvarg D., p. 113-120.

EASTES R.-E. (2004). Des chercheurs dans les classes ! In *Le Chimiste et le Profane : Partager, dialoguer, communiquer, vulgariser, enseigner... L'Actualité Chimique*, n°280/281, sous la direction de EASTES R.-E. et PELLAUD F., p. 56-59.

EASTES R.-E., PELLAUD F. & SENE N. (2006). De la physique naïve à l'approche phénoménologique. In *Les Cahiers Pédagogiques*, n°443, sous la direction de GIORDAN A., p. 28-30.

GIORDAN A, DE VECCHI, G. (1987) *Les origines du savoir*, Neuchâtel, Ed. Delachaux et Niestlé

GIORDAN A. (1998). *Apprendre !* Paris : Editions Belin.

GIORDAN A. (2002). *Une autre école pour nos enfants*, Paris : Editions Delagrave.

JACOBI D. (1999). *La communication scientifique : discours, figures, modèles*. Grenoble : Presses Universitaires de Grenoble.

PELLAUD, F. (2000) L'utilisation des conceptions du public lors de la diffusion d'un concept complexe, celui de développement durable, dans le cadre d'un projet en muséologie, Thèse de doctorat, Université de Genève

PELLAUD F. & GIORDAN A. (2002). Faut-il encore enseigner les sciences ? In *L'Actualité Chimique*, n°255, p. 20-22.

PELLAUD F. (2004). Les enseignants doivent apprendre à éduquer à la responsabilité in *La Revue Durable*, n°8.

PELLAUD F., EASTES R.-E. & GIORDAN A. (2005). Un modèle pour comprendre l'apprendre : le modèle allostérique. In *Gymnasium Helveticum*, n°01/05, p. 28-34.

PELLAUD F. & MUTHS D. (2006). Plus loin que le bout de son nez... In *Les Cahiers pédagogiques*, n°443, sous la direction de GIORDAN A.

PINKOLA ESTES, C. (2001) *Femmes qui courent avec les loups*. Paris : Livre de Poche.

sous la dir. de SCHNEUWLY, B et BRONCKART, J-P. (1985) *Vygotsky aujourd'hui*, Neuchâtel, Ed. Delachaux et Niestlé

SMULLYAN R. (1998). *Les énigmes de Shéhérazade*, Paris : Flammarion.



Francine PELLAUD* (AUTEUR-CORRESPONDANT)

Docteur en Sciences de l'éducation
Laboratoire de Didactique et Epistémologie des Sciences (LDES)
Faculté de psychologie et des sciences de l'éducation – Université de Genève
Uni Pignon – 40 bd du Pont d'Arve – CH-1211 Genève (Suisse)
Secrétariat : +41 22 379 96 18 – Ligne directe : +41 22 379 97 58 – Fax : +41 22 379 98 28
francine.pellaud@pse.unige.ch – www.ldes.unige.ch



Richard-Emmanuel EASTES

Professeur agrégé de Sciences physiques – Président de l'Association Les Atomes Crochus
Département d'Etudes Cognitives – Ecole normale supérieure
45 rue d'Ulm – 75005 Paris
Ligne directe: +33 1 44 32 26 79 – Assistante : +33 8 74 59 87 41 – Fax : +33 1 44 32 26 86
richard-emmanuel.eastes@ens.fr – http://cognition.ens.fr



Nathalie SENE

Professeur des Ecoles
Ecole primaire de l'Arbalète
Rue de l'Arbalète – 75005 Paris
nathalie.sene@voila.fr

Bérénice COLLET

Comédienne et metteur en scène
Les Atomes Crochus
10, rue de Lyon – 75012 Paris
berenicocollet@neuf.fr – www.atomes-crochus.org

- ¹ *Des contes... Scientifiques !* : <http://atomes.crochus.free.fr/spectacles/DesContesScientifiques.htm> (consulté le 11 septembre 2006). Ecrits par F. Pellaud, ils sont interprétés par B. Collet pour l'association *Les Atomes Crochus*.
- ² D'autres contes scientifiques ont été écrits, tels que *Les énigmes de Shéhérazade* (Smullyan, 1998) dans le domaine des mathématiques.
- ³ *A contrario*, il arrive que certains adolescents ironisent sur « ces histoires pour bébés » qui ne les intéressent pas. Il faut alors user de persuasion pour qu'ils se laissent entraîner par l'histoire et « baissent leur garde ». Si cet inconvénient s'est présenté à plusieurs reprises lors de manifestations publiques, les plus rétifs se sont toujours laissés emporter par le rêve... et par les intrigues, qui ont eu raison de leur défiance !
- ⁴ Voir aussi *Science in the Media between Knowledge and Folklore* (Caro, 1996, p. 111-132) ou *Les procédés littéraires du récit dans la vulgarisation scientifique écrite et télévisée* (Agostini, 1994, p. 125-140).
- ⁵ Les termes typographiés en italique gras sont repris de manière plus approfondie dans la suite du texte, et notamment la partie portant sur les mécanismes d'apprentissage et les paramètres qui favorisent l'apprendre.
- ⁶ Une présentation plus développée de cette approche, qui trouve ses fondements théoriques dans les sciences cognitives, a été développée récemment par les auteurs (Eastes & Pellaud, 2004, p. 113-120 et Eastes & al., 2006).
- ⁷ La *ségrégation* est la propriété des mélanges de grains de se séparer spontanément en couches constituées de grains de tailles homogènes, sous l'effet de vibrations ou d'une agitation par exemple. Notons que dans ce cas, les plus gros grains se trouvent au dessus des petits (on parle aussi à ce sujet de *l'effet noix du Brésil*).
- ⁸ La *dilatance* est la propriété du sable mouillé de s'assécher autour des zones qui subissent des pressions, comme par exemple autour des pieds lorsque l'on marche sur une plage léchée par les vagues.
- ⁹ Cet enseignement, pour être efficace et conduire à un véritable apprentissage doit être pensé et construit en fonction même des conceptions des apprenants. Celles-ci ne se transformant que rarement par une seule intervention, un « environnement didactique » spécifique est préférable. Ce concept n'est pas développé dans le présent article mais des précisions peuvent être trouvées dans *Faut-il encore enseigner les sciences ?* (Pellaud & Giordan, 2002, p. 20-22).
- ¹⁰ Conformément à la *Charte de l'Accompagnement Scientifique et Technologique à l'Ecole Primaire*, édité par la DESCO et publié en annexe d'un article récent de l'un des auteurs (Eastes, 2004, p. 56-59).
- ¹¹ D'autres « témoins » - *Animalus, Aquarius, Climatus* - vont également permettre aux enfants de développer certaines connaissances, notamment celles liées à l'effet de serre, la surpêche et la vie animale d'une manière générale.