

Problèmes scientifiques et pratiques de formation

Jean-Pierre Astolfi
Université de Rouen

L'éducation scientifique vise une diversité d'objectifs, qui se situent sur des plans différents et ne s'articulent pas entre eux de manière évidente. Sous réserve d'inventaire plus précis, nous retiendrons les suivants.

- Les *objectifs de type conceptuel* correspondent à ce qu'on peut appeler une formation scientifique générale. Celle-ci vise à construire des « grilles de lecture » du réel, lesquelles viennent généralement en rupture avec l'expérience quotidienne et le sens commun. Il s'agit ici de « discipliniser » l'esprit des élèves, grâce à leur appropriation de concepts et de modèles, qui renouvellent les représentations de la matière, du vivant et des objets techniques, et par là, les systèmes d'explication du monde.
- Les *objectifs d'éveil* correspondent, eux, au développement d'une attitude scientifique (étonnement, curiosité, autonomie, coopération...), qui trouve un point d'application privilégié dans l'enseignement scientifique, mais dont la portée formative est beaucoup plus large. Les pratiques expérimentales jouent ici un rôle particulier, par exemple en faisant éprouver la « résistance du réel », avec ce qu'elles supposent de patience, de prudence, de multiplication des essais avant de se prononcer, etc. À cette famille, on rattachera la maîtrise des modalités diverses du raisonnement (analyse, comparaison, pensée hypothético-déductive, induction, analogie, modélisation...).
- Les objectifs de *réussite scolaire* méritent une mention particulière, car la pratique scientifique suppose une diversité d'interactions dialectiques entre le monde des observables, celui des actions et celui de la pensée. Nombre de disciplines scolaires peuvent être qualifiées de « disciplines de papier », parce qu'elles proposent des exercices faussement concrets,

qui sont en fait des théories matérialisées, et mobilisent sans qu'on s'en rende bien compte l'abstraction réfléchissante dont parlait Piaget. Au contraire, les sciences jouent davantage sur l'abstraction simple, notamment à l'école primaire, en faisant vivre aux élèves l'expérience d'une assomption de l'exemple à la « loi » ou au « modèle ». Elles évoluent ainsi dans une « zone proximale » *a priori* plus favorable, notamment pour les élèves en difficulté. Cette entrée dans la réussite par les sciences paraît trop peu exploitée, alors que le prestige social de la science actuelle est un facteur important de mobilisation cognitive.

- Les *objectifs d'intervention*, enfin, visent à installer de manière plus normative, certains comportements individuels et sociaux jugés désirables par la société, qui donne mission à l'école de les développer. Là prennent sens toutes les *éducations à développées* ces dernières années dans le curriculum (à la nutrition, à la sexualité, à la santé, à l'environnement, etc.). Cette perspective est sans aucun doute légitime, mais la question est de savoir si la mission en incombe vraiment de façon exclusive aux enseignants scientifiques. Car cette formation est porteuse d'une finalité éthique, pétrie de valeurs, qu'il est discutable de faire passer sous couvert de science, sinon par un processus idéologique. Recouvrir ces finalités sous le masque de la science, c'est involontairement (et imprudemment) prendre le risque de légitimer à rebours d'autres entreprises, de type sectaire par exemple.

Les différents modèles de formation scientifique – explicites ou implicites – peuvent s'analyser à travers le mode d'articulation de ces différents types d'objectifs, y compris à travers la négation de certains d'entre eux. Il en résulte différentes conceptions de l'enseignement scientifique, lequel peut être vu comme une discipline fermée sur ses contenus spécifiques, ou bien ouverte aux aspects formatifs du savoir (un enseignement scientifique qui favorise le développement cognitif des élèves), à ses aspects pratiques (un enseignement scientifique qui se soucie de ses applications techniques et industrielles), à ses aspects sociaux (un enseignement scientifique qui fait levier sur le prestige des sciences), à ses aspects civiques et citoyens (un enseignement scientifique qui ouvre sur le modèle civique et écologique de nos sociétés).

LES ENJEUX DE LA « FORME SCOLAIRE » EN DIDACTIQUE DES SCIENCES

Le plus souvent, cette articulation reste un point aveugle du système, même quand il conduit à des contradictions internes. Ainsi, lorsque les enseignants scientifiques sont chargés des *éducations à déjà évoquées*, ils sont placés par la société dans une *posture prescriptive*, puisqu'il est attendu d'eux

qu'ils fassent partager aux jeunes générations des choix personnels et sociaux qui paraissent socialement désirables. Certes, la prescription n'est pas l'injonction, puisqu'on attend plutôt d'eux qu'ils emportent la conviction et l'adhésion par le débat et le dialogue, mais il n'empêche : cette demande sociale vient en rupture avec la *posture critique* réclamée par la méthode expérimentale, et assumée dans les autres moments de l'enseignement. François Audigier (1995) avait montré, de façon comparable, le « grand écart » du professeur d'histoire, dont la méthode historique le conduit à une analyse critique des sources documentaires qu'il examine et interprète, alors qu'il est chargé dans le même temps de proposer aux élèves des repères symboliques, des images identitaires, des événements survalorisés, parce que constitutifs d'un sentiment national à faire partager.

Ce grand écart, souvent inconscient, a le mérite de « sauver les apparences » en occultant les contradictions. Il permet notamment de préserver le fonctionnement de la *forme scolaire* héritée de l'histoire de l'éducation depuis la fin du XVII^e siècle (Vincent, 1980 ; Vincent, Lahire & Thin, 1994). Pourtant, celle-ci fonctionne sur l'ambivalence d'un effet positif d'exposition obligée, combiné à un effet négatif de réification larvée.

- *Exposition obligée*, car la forme scolaire rompt avec les apprentissages expérientiels de la vie familiale, sociale et professionnelle (compagnonnage), qui s'effectuent par *voir-faire et oui-dire*, c'est-à-dire plutôt « par corps » que par cœur. L'école échappe ainsi à l'aléatoire d'apprentissages incidents, en garantissant une programmation curriculaire à laquelle ne peuvent échapper les élèves, ce qui renforce les atouts du système didactique.
- Mais *réification larvée*, car la contrepartie négative de cette exposition obligée est l'autonomisation des moments d'apprentissages par rapport à la « vraie vie », la constitution d'un univers séparé de l'enfance, et du coup le dessaisissement didactique de l'ensemble du corps social au profit de l'institution scolaire. Ce qui se gagne en efficience risque donc constamment de se perdre en signification, puisque l'apprentissage, qui était immanent à des pratiques sociales contextualisées, mute en « grammaires formelles » des savoirs :

Les éducateurs mettent fin au flou qui caractérisait les apprentissages non institutionnels, non systématiques, non formalisés, caractéristiques des formes sociales orales, mettant en scène des personnes qui faisaient corps avec leur savoir. En gelant les contextes, ils stabilisent le sens des énoncés produits, qui peuvent n'être même pas énoncés mais simplement désignés » (Vincent & al., 1994).

La « forme scolaire » réifie ainsi les savoirs de l'école par rapport aux savoirs sociaux, prenant le risque de fonctionner comme une *configuration cristallisée* (Alter, 2000). Prenant son autonomie, elle se développe suivant une logique indépendante de celle qui l'a fondée. Selon la formule d'André

Chervel (1988), l'école crée ainsi de l'enseignable, sous forme de gammes d'exercices, de problèmes, d'activités, de contrôles évaluatifs standardisés... C'est au fond la problématique de la transposition didactique. Yves Chevallard et Marie-Alberte Johsua (1982) ont ainsi montré que l'introduction du concept de distance dans les mathématiques scolaires vient en rupture avec sa fonction opératoire dans les mathématiques savantes. Une substitution d'objet s'instaure par rapport au concept introduit par Fréchet en 1906 pour les espaces complexes, et dès lors, la notion de distance n'est plus qu'un prétexte pour renouveler, en 1971, la gamme des problèmes de géométrie soumis aux élèves de quatrième du collège. « Sa création venait de lui échapper », précisent les auteurs. Autrement dit, si la définition de la distance est passée dans les programmes, le concept en demeure absent : reste seulement le « texte du savoir ».

D'une façon convergente, Jean-François Halté montre que la référence au schéma de Jakobson, introduite dans les programmes de français en 1970, fonctionne d'abord comme une révérence. Elle justifie le changement de configuration de l'enseignement de la langue, qui remplace la communion avec les œuvres par une diversification des formes de la communication. Le célèbre schéma passe alors de la marge au centre (Halté, 1983, 1992 ; Vanoye, 1983). À la marge, il permettait à Jakobson de justifier l'heuristique de la « fonction poétique », centrée sur la forme du message, comme étant le ressort même de l'évolution vivante de la langue, de l'évolution sémantique des mots et de la création néologique. Lorsque l'école l'installe au centre de la rénovation de l'enseignement du français, il n'en reste qu'un simple schéma taxonomique en « qui-quoi-quand-où-combien-à qui », justifiant les innombrables exercices sur les types de textes. La substitution d'objet est là aussi manifeste.

LE STATUT DE LA TRANSPOSITION DIDACTIQUE

Cela pose la question du statut de la transposition didactique. Décrit-elle le processus standard d'établissement de la forme scolaire, lorsque celle-ci incorpore aux contenus d'enseignement des éléments de savoirs experts, ou bien définit-elle les contraintes obligées du système didactique ? Caractérise-t-elle le probable ou le souhaitable ? Relève-t-elle d'une didactique descriptive ou d'une didactique normative ? La question se pose d'autant plus que Chevallard, tout en reconnaissant sa dette envers le sociologue Michel Verret (1975) auquel il emprunte le concept, lui fait subir un étrange retournement, bien décrit par André Terrisse et Yvon Léziart (1997).

Pour Verret en effet, la transposition résulte de la nature bureaucratique de l'école. Son analyse est un moment de la charge qu'il sonne contre l'université, lorsqu'il étudie les déterminations du temps scolaire chez les étudiants de première année en sciences humaines. Dans la lignée de

Bourdieu et Althusser, les savoirs scolaires sont pour lui soigneusement sélectionnés par l'école, puis transformés, dénaturés, et dépouillés de tout ce qui pourrait les rattacher à leurs conditions réelles de production. Ce sont « les étudiants issus des classes supérieures qui effectuent les plus grands écarts à la règle scolaire, alors que ceux issus des classes inférieures sont dans l'urgence temporelle du travail scolaire », par défaut d'héritage culturel. Verret plaide alors pour un retour à la « vérité » de la science par un décapage de l'idéologie dominante. C'est ainsi qu'il faut comprendre les termes fétiches repris par Chevallard : *désyncrétisation, dépersonnalisation, programmabilité, publicité et contrôle social* des apprentissages.

Mais Chevallard transforme cette entreprise de *critique radicale* (si ce n'est révolutionnaire, vu l'époque) en une entreprise qui, assez curieusement, entend *légitimer* l'isolement des savoirs scolaires par rapport aux savoirs savants. Le schéma explicatif de Verret, qui *dénonçait* l'école comme un instrument de reproduction et de stratification sociales, se trouve positivement réutilisé pour *justifier* le fonctionnement du système didactique et l'artificialité des processus scolaires d'apprentissage. Terrisse et Léziart ont d'ailleurs montré que Verret ignorait tout des importants développements didactiques bâtis à partir de sa thèse de sociologie...

Il convient dès lors, sans doute, de remettre en perspective les apports de la théorie de la transposition didactique, afin d'en conserver les bénéfices indéniables tout en limitant ses dérives. Car si cette forme traduit bien le fonctionnement dominant du système didactique, son usage non raisonné prend le risque d'une réification des contenus. Elle décrit, certes, les tendances lourdes de l'institution, qu'il vaut mieux connaître si l'on entend les contrôler. Elle montre l'importance de l'« apprêt didactique » qui fournit son acceptabilité au « texte du savoir », mais on peut discuter du fait qu'elle établisse de ce fait des règles prescriptives, du moins pour l'enseignement des sciences. Mais avec son approche anthropologique, on peut penser que Chevallard (1997), fait évoluer la transposition didactique dans le sens d'une « nouvelle épistémologie scolaire ».

L'enseignement scientifique ne saurait se ramener à un enseignement des résultats de la science, ni les énoncés scientifiques à un seul « texte du savoir ». Si pour le chercheur, l'énoncé renvoie à des pratiques qui lui sont familières, il n'en va pas de même pour l'élève, qui risque d'apprendre des formules plutôt que de participer à une élaboration. Ce sont donc les *pratiques de la science* et le mode d'établissement des énoncés qui en résultent qu'il s'agit de transposer. D'où l'intérêt de la notion de « pratique sociale de référence », introduite par Jean-Louis Martinand (1986, 2001), en parallèle avec celle de transposition didactique. Se trouvent ainsi posés les enjeux d'une *déscolarisation positive* de l'enseignement scientifique, quand le succès du concept de transposition risque de l'enfermer dans les normes contraignantes de la « forme scolaire ».

Nous nous proposons d'examiner sur trois plans comment la réintroduction d'éléments non formels peut permettre de revivifier l'enseignement scientifique.

LA SCIENCE COMME « SCIENCE HUMAINE »

L'enseignement des sciences se présente volontiers comme diffusant des connaissances objectives, universelles et fondamentales, en se démarquant d'autres disciplines, comme le français ou l'histoire, reconnues porteuses de « contaminations idéologiques ». Or, les professeurs de sciences véhiculent inévitablement dans leurs cours une certaine vision du monde, qui mobilise les personnes et les groupes, qui légitime certaines pratiques, en masquant généralement les critères utilisés. Les choix effectués sont repérables, par exemple, à travers la structure des manuels scolaires (Fourez, 1985). Certains s'en tiennent aux questions strictement académiques, quand d'autres sont sensibles aux applications pratiques des sciences, et d'autres encore évoquent les enjeux de société qui les traversent. Si les premiers paraissent plus objectifs, leur apparente neutralité n'est pas si innocente. En ignorant les débats économiques, socio-politiques ou écologiques qui agitent le milieu, ils ne sont pas plus dépourvus que les autres de certains partis pris. Ils mettent par exemple l'accent sur une présentation standardisée des « faits », ils donnent une certaine image de la science en privilégiant le quantitatif et la formalisation mathématique. Ils véhiculent souvent ainsi, de façon inconsciente, une épistémologie positiviste, une idéologie du progrès, une conception linéaire et événementielle de l'histoire des sciences (quand ils y font allusion). Bref, tout un curriculum caché est en place de façon silencieuse.

La science est une construction humaine et sociale, une « œuvre » dirait Chevallard, et il est dommageable que les conditions de cette production soient absentes de l'enseignement, si ce n'est dans certaines sections littéraires où l'on pense ainsi circonvenir ceux qui sont allergiques à la physique ou à la biologie. Certaines recherches ont pourtant montré qu'il est possible de sensibiliser les élèves aux contextes d'émergence (sociaux, économiques, historiques ou épistémologiques) des productions scientifiques. Ainsi, cette classe de lycée qui est invitée à « corriger Lavoisier » en fonction de l'état actuel des connaissances de chimie, et à retraduire ses écrits selon le vocabulaire d'aujourd'hui. Car celui-ci ne distinguait pas encore d'une façon claire et stabilisée les notions de corps simple et d'élément. En découvrant sous la plume d'un savant certaines de leurs formulations fautives, c'est le statut de leurs propres erreurs (confusion entre oxygène et dioxygène par exemple) qui se trouve modifié (Astolfi & Peterfalvi, 1997). Un autre exemple peut être fourni par l'étude d'un texte de Thomas Edison qui met à mal l'image désintéressée du chercheur, et témoigne d'abord de

considérations très mercantiles dans son entreprise de fabrication des lampes à incandescence (Fillon, 1991). Enfin, une analyse de la controverse entre Pasteur et Pouchet sur la génération spontanée des microbes fait apparaître que si Pouchet a eu tort sur ce point, il n'en était pas moins un savant remarquable, et que sa déontologie de recherche était souvent supérieure à celle de Pasteur (Cantor, 1994). Il ne s'agit pas là d'introduire un relativisme sociologique qui ferait de la science une activité sociale comme les autres, mais de montrer comment elle parvient à objectiver les phénomènes à partir de données entachées de subjectivité. Le rapport épistémologique à la vérité et à l'erreur s'en trouve modifié aux yeux des élèves, renvoyant à ce que disait Popper : « La science ne prouve pas, elle éprouve » (1959/1973).

D'une façon plus large, l'enseignement scientifique fait trop souvent l'impasse sur la dimension axiologique qui s'y trouve impliquée. Pourtant, c'est plutôt la perception d'une science pure qui est d'ordre idéologique, et il faut donc appeler, avec Gérard Fourez (1985), au développement d'une « éthique de l'enseignement des sciences ». Il explique qu'il serait inadéquat de reprocher aux professeurs la présence d'éléments idéologiques dans leurs pratiques pédagogiques et scientifiques, car celle-ci est normale. Il les appelle plutôt à assumer explicitement les valeurs auxquelles ils se réfèrent, le problème étant qu'ils les ignorent, et qu'ils ont ainsi tendance par conséquent à véhiculer des positions dont ils mésestiment la portée. Mieux vaudrait renoncer au mythe de la neutralité sociale des sciences, restaurer une pluralité des points de vue vis-à-vis de ses savoirs, et favoriser les débats sur leurs enjeux.

APPRENDRE À RÉSOUDRE DES PROBLÈMES... OU À LES POSER ?

Une déscolarisation positive de l'enseignement des sciences conduit également à repenser la question du problème scientifique. Il faut revenir ici à Gaston Bachelard (1938), qui disait :

Avant tout il faut savoir poser des problèmes. Et quoi qu'on dise, dans la vie scientifique, les problèmes ne se posent pas d'eux-mêmes. C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique. Pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question. S'il n'y a pas eu de question, il ne peut y avoir connaissance scientifique. Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit.

À quoi fait écho Georges Canguilhem (1955), quand il affirme que « les questions authentiquement importantes sont des questions mal posées » et qu'« une question ne paraît jamais bien posée qu'au moment où elle reçoit sa solution, c'est-à-dire où elle s'évanouit comme question, à moins de réduire toute question au type des problèmes scolaires ».

Les recherches de Christian Orange (2001) s'efforcent par exemple de donner corps, dans le cadre didactique, à cette épistémologie pour laquelle la science n'est pas un *temple*, mais un *chantier*. Il propose ainsi, sans en nier l'intérêt, de dépasser le travail sur les conceptions alternatives des élèves, afin de travailler avec eux ce qu'il nomme la construction des problèmes. Le tableau suivant permet de distinguer, sans les opposer, les deux perspectives.

Perspective du travail sur les conceptions alternatives	Perspective du travail sur la construction de problèmes
<i>Faire passer d'une conception C1 à une conception C2</i>	<i>Faire passer d'une opinion O à un savoir scientifique S</i>
<i>Faire prendre conscience de ses conceptions et de leurs limites</i>	<i>Faire chercher les raisons qui se cachent derrière nos idées</i>

Dans la première, les conceptions C1 et C2 sont de même nature, C2 étant simplement plus proche des savoirs actuels que C1. La question essentielle est alors de savoir qui a raison, et le moyen privilégié pour trancher les alternatives est celle du conflit socio-cognitif. La perspective est ici plutôt psychologique, dans la mesure où le savoir « vrai » est caché quelque part (et que les élèves le savent), et où il s'agit de s'appuyer sur les oppositions entre points de vue pour faire triompher la meilleure conception possible.

Dans la seconde perspective, l'opinion O n'est pas de même nature que le savoir S. La question essentielle n'est alors plus de savoir qui a raison mais de comprendre les raisons des points de vue en présence. Il s'agit davantage de remonter vers l'amont que de filer vers l'aval. La perspective est cette fois plus épistémologique, puisqu'il s'agit de chercher les justifications de ses idées, d'identifier le référent empirique sur lequel on s'appuie, de repérer le système des contraintes à respecter.

Passer ainsi des idées aux raisons, explique Orange, c'est passer d'une logique de communication à une logique de validation. C'est, en termes kantien, quitter le champ de l'*assertorique* (du latin : *asserere*, affirmer) pour affirmer un énoncé possible pour celui de l'*apodictique* (du grec : *apodeiknunai*, démontrer) pour introduire un énoncé nécessaire. C'est là un champ de recherche en développement qu'il serait hors de propos d'illustrer longuement, mais dont on comprend qu'il essaie et teste des dispositifs pour s'écarter du formalisme scolaire, pour faire fonctionner la classe comme un lieu de controverses plutôt que de débats. La forme des échanges didactiques se rapproche alors sensiblement de celle qui mobilise l'activité des chercheurs, lorsqu'ils tentent de sortir d'un paradigme dominant.

Cette perspective fait écho à celle qui tente de s'affranchir des pratiques dominantes de l'expérimentation scientifique (Galilée, 1999), lesquelles, loin d'éviter le dogmatisme, le redoublent. En effet, non seulement elles imposent *de facto* le texte du savoir, mais elles entretiennent aussi l'illusion de son établissement grâce aux expériences scolaires. Lorsque celles-ci sont illustratives d'une notion, c'est le savoir à enseigner qui commande les expériences mobilisées, à l'opposé de ce qu'exigerait une authentique démarche investigatrice. Du coup, prévaut souvent une forme de raisonnement qui fonctionne comme un *syllogisme inversé*, dans lequel la majeure et la mineure échangent leurs places respectives (Bomchil & Darley, 1998). Pour le professeur, « Je vois que » fonctionne en effet comme la mineure d'un raisonnement dont la majeure est pour lui le savoir visé (« Je sais que »). Mais à l'occasion de la mise en scène didactique, « Je vois que » devient la majeure du raisonnement, et l'expérience soigneusement choisie prend la place d'un argument-clé qui donne le sentiment de la preuve. Un tel procédé remplace simplement une « induction molle », qui ne prouve rien, par une « déduction dure » qui ne prouve pas davantage, mais en donne l'illusion... Cette inversion logique, aussi discutable qu'elle soit, remplit pourtant sa fonction dans la forme scolaire, dès lors qu'elle permet de combiner pragmatiquement et économiquement des contraintes multiples, dont celle du temps n'est pas la moindre. C'est une pratique syncrétique, où l'expérience fonctionne comme un procédé de présentation des savoirs, en même temps qu'elle est censée entraîner à la démarche scientifique, sans avoir à trancher aucune priorité.

Pourtant, Maryline Coquidé (2000) montre les risques d'un tel amalgame, et décrit trois registres contrastés de l'expérimental, chacun ayant sa logique épistémologique particulière et son mode d'intervention didactique spécifique. Elle distingue ainsi :

- un *registre de familiarisation pratique (expériences-actions)*, où l'objectif est de favoriser la rencontre des élèves avec des objets, des phénomènes, des techniques qu'ils ont à apprivoiser. C'est pour eux l'occasion de développer une forme scientifique de questionnement tout en enrichissant leur référent empirique, sans nécessairement aboutir à des pseudo-conclusions prématurées en termes de savoirs formalisés ;
- un *registre d'investigation empirique (expériences-objets)*, qui met en œuvre une démarche d'investigation effective, avec ses alternatives et ses tâtonnements. C'est l'occasion de favoriser des confrontations multiples entre hypothèses et données empiriques, et d'introduire de la rigueur dans les interprétations possibles, souvent ouvertes ;
- un *registre d'élaboration théorique (expériences-outils)*, qui participe à la construction de concepts et à l'élaboration de modèles scientifiques, et qui sollicite différents allers-retours entre le registre empirique et la conceptualisation.

Chacun de ces trois registres peut être référé à un mode particulier de commande des séquences : les *expériences-actions* étant pilotées par la situation, les *expériences-objets* par la méthode, et les *expériences-outils* par le savoir (Astolfi, 1991). Sélectionner le mode de pilotage le mieux adapté à chaque séquence didactique est une façon d'échapper à une forme scolaire réifiée, où le rapport à l'expérimental n'est pas clarifié, et où la « méthode scientifique » se présente comme rhétorique plutôt qu'elle ne fonctionne comme raisonnement valide.

Les travaux actuels de Michel Fabre (2005) permettent de mieux comprendre ce qui est en jeu, aussi bien à travers la question de la construction de problèmes qu'à travers celle du statut de l'expérimental. C'est le fait que de nombreux enseignants, qui s'efforcent sincèrement d'évoluer vers le « processus apprendre » (Houssaye, 1988), mettent en place des activités où la participation des élèves à l'élaboration du savoir est effective, mais sans mobiliser l'épistémologie adéquate à ce projet constructiviste. Ils restent prisonniers d'une image traditionnelle du savoir, comme un texte qui énonce des vérités, et se décline en propositions indépendantes, déconnectées de leur contexte problématique. D'où un conflit entre la visée pédagogique et la réalité « propositionnelle » (Astolfi, 1992) du savoir scolaire, qui bloque le processus de changement initié. Malgré des investissements compensatoires en termes relationnels ou dialogiques, le savoir reste alors un produit tout élaboré à transmettre, un message à faire passer. La forme scolaire dominante dans l'enseignement des sciences, même lorsqu'il est expérimental, induit ainsi une épistémologie positiviste de fait, alors même que les acteurs pensent sincèrement initier les élèves à des démarches scientifiquement valides. Autrement dit, un *constructivisme psychologique* n'est généralement pas synonyme de *constructivisme épistémologique* (Astolfi, 2000).

QUESTIONS VIVES ET SAVOIRS « CHAUDS »

Nous évoquions jusqu'ici l'enseignement de savoirs académiques stabilisés, pour lesquels un accord existe entre les chercheurs, et pour lesquels nous examinons les conditions d'une appropriation scolaire opératoire. La question se redouble lorsqu'il s'agit d'enseigner des savoirs qu'on peut appeler « chauds », comme en montre par exemple l'enseignement des biotechnologies. Les programmes de cette discipline traitent par exemple du clonage, de l'effet de serre, de l'énergie nucléaire, ou encore de l'ESB, sujets pour lesquels il est difficile de limiter l'enseignement à sa dimension cognitive, puisque interviennent également la perception et l'évaluation des enjeux, comme des risques potentiels de telles applications.

Laurence Simonneaux (2002) explique que ces savoirs « chauds » suscitent des questions « vives », et même, explique-t-elle, triplement vives :

- *scientifiquement vives*, puisqu'il n'existe pas de consensus à leur égard au sein de la communauté des chercheurs, mais au contraire des controverses jusque chez les experts ;
- *socialement vives* aussi, puisqu'elles sont prégnantes dans l'environnement médiatique, et font donc l'objet d'un débat sociétal auquel l'école ne peut échapper ;
- *didactiquement vives* enfin, puisque que les enseignants se sentent souvent démunis pour les aborder, faute d'une formation suffisante. Aussi parce que cela bouscule leur position magistrale et leur modèle pédagogique de référence.

L'enseignement des biotechnologies est ainsi amené à mobiliser des notions issues des sciences humaines (sociologie, économie, politique, droit, etc.) pour prendre en compte les aspects affectifs – voire émotifs – de ses contenus, pour intégrer les positions politiques et les comportements éthiques des élèves comme des enseignants. Car ce ne sont pas seulement des savoirs rationnels qui sont en jeu ici, mais bien un « système de représentations-connaissances » plus ou moins latent (Beitone & Legardez, 1995). Ce système peut être décrit comme un agrégat hétérogène, mais pourtant stable, d'informations souvent issues de la vulgarisation scientifique, de résidus d'apprentissages antérieurs, d'opinions, croyances et attitudes mentales, etc. On sait que dans de tels domaines, l'appropriation de connaissances modifie peu les opinions, et que celles-ci dépendent assez largement des applications, des contextes, du type d'êtres vivants « manipulés », ou encore des buts poursuivis. Ainsi, les applications médicales des biotechnologies sont généralement mieux acceptées que leurs applications vétérinaires, les applications agro-alimentaires restant les plus problématiques.

L'enjeu didactique dépasse ici de deux façons la simple maîtrise de savoirs académiques. D'abord, parce qu'au-delà d'un accord sur des connaissances stables indispensables, les désaccords sont légitimes en termes de positions ou de décisions controversées. Il ne s'agit pas, comme pour la prise en compte des conceptions alternatives, de prendre appui sur des idées divergentes des élèves en vue de les réduire, pour institutionnaliser un savoir préformé. Jusqu'au terme de l'enseignement, la diversité des points de vue doit être respectée. Mieux : un des buts de cet enseignement est d'entraîner chacun à enrichir la construction de son propre point de vue. L'objectif, et c'est le deuxième aspect des choses, est de former des personnes capables de prendre une part active aux débats, et d'apprendre à argumenter rigoureusement à leur sujet.

La stratégie principale correspondant à cet objectif est celle des « situations-débats », ou mieux des « situations à débattre ». Celles-ci appartiennent à la famille des situations-problèmes, définies par la didactique des mathématiques, puisque la dévolution et les variables didactiques y jouent

un rôle essentiel. Mais leur particularité, répétons-le, n'est pas d'enrôler les élèves en vue de « faire avancer sous le masque » un savoir institutionnalisé (Brousseau, 1986) mais de les pousser, sur des questions ouvertes, à éviter les réponses toutes prêtes et à dépasser l'argumentation molle de type conversationnel. Travailler leur propre point de vue à partir des échanges peut les conduire à modifier leur position, mais par le jeu que Bernard Rey (1998) a appelé « égalité argumentative ». Car s'ils se rendent à un argument employé par l'interlocuteur, ce n'est pas en se soumettant à lui, mais d'abord à leur raison à eux, qui l'intègre après en avoir reconnu la valeur. L'égalité argumentative institue un rapport pacifié à autrui, d'où sont exclus les arguments d'autorité et les rapports de force, puisqu'il n'y aura ni gagnants ni perdants. Et c'est en vivant l'égalité et la liberté de penser, dans la recherche en commun de la preuve et dans le plaisir à partager ses trouvailles, que se construit la socialisation.

Bernard Rey précise encore quelques conditions que l'école doit respecter pour promouvoir une telle égalité argumentative :

- éviter de faire apprendre des faits ou des résultats, sans en montrer les justifications, sans faire apparaître comment ils ont été établis ;
- valoriser systématiquement les attitudes de recherche, les tentatives pour rendre intelligible le monde dans tous ses aspects ;
- du point de vue de l'enseignant, éviter de se faire respecter comme représentant de l'institution, ni même comme expert, mais plutôt se faire apprécier par son opiniâtreté à comprendre, par un effort permanent pour construire du sens ;
- se dérober éventuellement aux affrontements auxquels les élèves (notamment les adolescents) voudraient l'entraîner pour savoir qui sera le plus fort, le plus tenace, le plus malin...

Le but des situations-débats est de travailler collectivement la complexité d'une question porteuse de répercussions sociales (économiques, éthiques ou écologiques...), de favoriser l'identification des critères et des informations qui étayent les prises de position en présence (la sienne et celles des autres). Leur élaboration suppose une sélection soigneuse du problème initial, combinée avec une gestion précise du déroulement. Il s'agit donc de scénarios relevant de l'ingénierie didactique.

La forme du débat peut être variée : jeux de rôles, débats traditionnels, discussions par petits groupes, simulation d'une conférence de citoyens¹,

1. Les élèves sont alors répartis en « groupes d'experts », chacun travaillant sur un seul aspect de la question, alors qu'un groupe joue le rôle des citoyens « candides ». Les candides, aidés par l'enseignant, préparent des questions et identifient les valeurs sur lesquelles peuvent reposer les points de vue. Ils questionnent les experts après leurs exposés : où ont-ils trouvé leurs informations, quelle est leur pertinence... ? À l'issue de la conférence, les candides doivent rédiger une recommandation publique, et les experts des rapports.

etc. Mais quelle qu'en soit la forme, le cadre de fonctionnement dont l'enseignant est le garant, suppose un problème précis, qui fixe et explicite des règles du jeu exigeantes, tant il est vrai que le simple dialogue pédagogique est notoirement insuffisant en la matière. Le critère du succès est l'émergence d'une connaissance nouvelle, développée grâce à une parole autonome et informée, venant en rupture avec les représentations sociales dont les élèves étaient porteurs. Dans tous les cas, l'après débat représente une étape essentielle, par la mise en évidence *a posteriori* des modes de raisonnement développés, donc par une réflexion métacognitive, mais aussi « méta-affective ». Le travail argumentatif est ainsi un véritable produit d'apprentissage, et non un simple procédé stratégique.

De telles modalités d'enseignement, plus encore que le travail par construction de problème précédemment évoqué, viennent en rupture avec la forme scolaire. Les enseignants se trouvent en conflit identitaire avec leur formation initiale, quand la classe doit renoncer au confort du « métier d'élève ». Les contenus d'enseignement se trouvent réinsérés dans l'ensemble complexe des questions conceptuelles et sociales, mais sans renoncement à la programmabilité didactique.

ÉLÉMENTATION OU ABRÉVIATION ?

Nous pensons avoir montré, à partir de différentes orientations récentes des recherches en didactique des sciences, que l'ouverture de la forme scolaire est indispensable à la maîtrise de savoirs scientifiques, dont le « tranchant conceptuel » soit véritablement opératoire (construire les problèmes), dont les enjeux éthiques puissent être appréciés (sciences et valeurs de l'éducation) et dont l'usage argumenté favorise les expressions et les décisions individuelles et sociétales (expertise scientifique et citoyenneté).

Nous avons décrit ailleurs un ensemble de pratiques didactiques à développer pour éviter la dogmatisation de l'enseignement scientifique, et permettre aux élèves de le comprendre comme une véritable culture (Astolfi, 2000). Cette déscolarisation positive renvoie à l'opposition entre abréviation et élémentation, qui court depuis la Révolution française et que Claude Lelièvre (1996) a remise en honneur. C'est elle qui se trouve en jeu dans la question du « socle commun de connaissances », proposé par le rapport Thélot (2004), comme d'autres avaient parlé de « kit de survie » (rapport Fauroux, 1996), et plus anciennement de « smic de connaissances ». À la vérité, tout dépend de la façon dont sont entendus de tels termes. Joseph Lakanal, pouvait dire en 1794 devant la Convention : « Resserrer un long ouvrage, c'est l'abrégé ; présenter les premiers germes et, en quelque sorte, la matrice d'une science, c'est l'élémenter ». Car l'abrégé est précisément l'opposé de l'élémentaire, comme le montre le tableau suivant, illustrant les réseaux sémantiques différents.

ÉLÉMENTAIRE	ABRÉGÉ
Fondements Propédeutique « Lumières » Essence Facette nouvelle Invite OUVERTURE (Mise en bouche)	Rudiments « Kit de survie » « Smic » Digest Pièce de puzzle Substitut FERMETURE (Coupe faim)

Accordons-nous pour reconnaître que le fondement de l'école concerne la transmission générationnelle des savoirs, même si celle-ci ne passe pas par un processus individuel de transmission, mais plutôt par un processus de reconstruction personnelle. La question se pose raisonnablement d'identifier les contours du contenu de ce qui peut être transmis, et qui constituera la culture commune à tous les élèves.

Quand il s'agit d'abrégé, cette culture commune est conçue comme un minimum, comme une « base ». Elle résulte d'un processus de sélection par soustraction. En s'appuyant sur l'étymologie commune aux deux mots *savoir* et *saveur* (du même latin *sapere*), on peut dire que l'abrégé fonctionne comme un « coupe-faim », qui dispense d'investissements intellectuels lourds, mais permettra de faire face aux exigences curriculaires, et peut-être aux situations de vie d'une façon plus ou moins utilitariste.

Quand, au contraire, il s'agit d'élémenter, cette culture commune est conçue comme un tremplin. Elle résulte d'un processus de sélection par décantation, ou mieux par distillation. Poursuivant la métaphore alimentaire, nous dirons que l'élément fonctionne, lui, comme une « mise en bouche ». Au mouvement précédent de fermeture fait place un mouvement d'ouverture, réelle et symbolique à la fois. Pour le dire autrement : abrégé c'est nommer, par un procédé d'« étiquetage », quand élémenter c'est désigner, c'est-à-dire faire entrevoir le « design » du savoir.

D'Alembert, auteur de l'Encyclopédie, présente justement celle-ci comme une élémentation, c'est-à-dire comme une entreprise qui entend « respecter l'intégrité du savoir », et suppose la considération à nouveaux frais de ce que peut être un « savoir authentiquement populaire ». Il insiste sur l'idée de facilité, ce qui ne signifie pas pour lui céder à la facilité. La facilité dont il parle est un projet : celui de mettre les connaissances savantes à la portée de tous, sans rien leur sacrifier. Les « Éléments des sciences » sont d'ailleurs l'objet d'un article de l'Encyclopédie (cf. Trouvé, 2001). Paradoxalement, l'élément abstrait devient ainsi plus concret (plus facile à saisir) que les définitions *a priori*. L'abstraction ne doit pas rebuter, car « c'est

un préjugé de penser que le plus abstrait est le plus difficile ». C'est en réalité le contraire qui est vrai : « *Les notions les plus abstraites, celles que le commun des hommes regarde comme les plus inaccessibles, sont souvent celles qui portent avec elles une plus grande lumière* ». Car l'abstraction suit « *la marche de l'esprit dans ses recherches* », contrairement à la rhétorique dogmatique. Cette problématique sera reprise par Condorcet, pour qui le « *rôle fondamental de l'école est de fournir des principes de déchiffrement et d'intelligibilité du savoir* ». Quand l'école enseigne un élément du savoir, elle doit donc faire en sorte, autant que possible, qu'il soit perçu par l'élève comme le début d'une chaîne le menant vers des connaissances plus étendues.

Deux bons siècles plus tard, on en est quasiment toujours là, et la pratique de l'abréviation reste aujourd'hui dominante. L'hégémonie de la forme scolaire est passée par là. Un des problèmes rencontrés par les réformes éducatives des vingt dernières années, pourrait être que bien des enseignants en ont compris les orientations comme un dessaisissement de leur identité disciplinaire. Ils ont pensé (de plus ou moins bonne foi, d'ailleurs) qu'on les invitait à renoncer à leur professionnalité quant au contenu, pour devenir des médiateurs... voire de simples animateurs. Il leur faudrait plutôt en fait renforcer cette professionnalité, en effectuant d'abord pour eux-mêmes l'élémentation des contenus qu'ils enseignent par abréviation. Un immense travail reste ainsi devant nous pour élémenter les différents savoirs disciplinaires, au sens qui vient d'être évoqué.

Pour caractériser l'enjeu d'une telle déscolarisation positive de l'enseignement des sciences, nous concluons avec Georges Didi-Huberman (1990), pour qui les pratiques formelles du savoir reviennent finalement « à supprimer l'univers des questions au profit de la mise en avant, optimiste jusqu'à la tyrannie, d'un bataillon de réponses ». Or, précise-t-il,

Il faudrait ne pas se satisfaire des réponses.

N'est-ce pas plutôt dans une problématique renouvelée, c'est-à-dire un déplacement théorique, qu'il faut voir l'avancée d'une connaissance ? L'hypothèse devrait sembler banale. Le spécialiste qui se méfie du théorique, en réalité se méfie – ou plutôt redoute – ce fait étrange que les questions peuvent fort bien survivre aux réponses.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Alter, N. (2000). *L'innovation ordinaire*. Paris : PUF.
 Astolfi, J.-P. (1991). Quelques logiques de construction d'une séquence d'apprentissage en sciences. *Aster*, 13. Paris : INRP.
 Astolfi, J.-P. (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF.

- Astolfi, J.-P. & Peterfalvi, B. (1997). Stratégies de travail des obstacles : dispositifs et ressorts. *Aster*, 25. Paris : INRP.
- Astolfi, J.-P. (2000). L'enseignement scientifique, composante d'une culture pour tous. In H. Romian (Éd.), *Pour une culture commune, de la maternelle à l'université*. Paris : Hachette, 365-383.
- Audigier, F. (1995). Histoire et géographie : des savoirs scolaires en question entre les définitions officielles et les constructions des élèves. *Spirale*, 15. Lille : IUFM.
- Bachelard, G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- Beitone, A. & Legardez, A. (1995). Enseigner les sciences économiques : pour une approche didactique. *Revue française de pédagogie*, 112. Paris : INRP.
- Bomchil, S. & Darley, B. (1998). L'enseignement des sciences expérimentales est-il vraiment inductiviste ? *Aster*, 26. Paris : INRP.
- Brousseau, G. (1986). Fondements et méthodes de la didactique des mathématiques. *Recherches en didactique des mathématiques*, 7(2). Grenoble : La Pensée sauvage.
- Canguilhem, G. (1955). *La formation du concept de réflexe aux XVII^e et XVIII^e siècles*. Paris : PUF.
- Cantor, M. (1994). *Pouchet, vulgarisateur et savant*. Nice : Z'Éditions.
- Chervel, A. (1988). L'histoire des disciplines scolaires, réflexions sur un domaine de recherche. *Histoire de l'éducation*, 38. Paris : INRP.
- Chevallard, Y. & Johsua, M.-A. (1982). Un exemple de la transposition didactique : la notion de distance. *Recherches en didactique des mathématiques*, 3(1). Grenoble : La Pensée sauvage.
- Chevallard, Y. (1997). Questions vives, savoirs moribonds : le problème curriculaire aujourd'hui. Marseille : Colloque *Défendre et transformer l'école pour tous*.
- Coquidé, M. (2000). *Le rapport expérimental au vivant*. Mémoire d'habilitation à diriger une recherche. Université Paris-Sud.
- Didi-Huberman, G. (1990). *Devant l'image*. Paris : Minuit.
- Fabre, M. & Fleury, B. (2005). Psychanalyse de la connaissance et problématisation des pratiques pédagogiques : la longue marche vers le « processus apprendre ». *Recherches et formation*. Lyon : INRP.
- Fauroux, R. (1996). *Pour l'école* (rapport au Premier ministre). Paris : Calmann-Lévy-Documentation française.
- Fillon, P. (1991). Histoire des sciences et réflexion épistémologique des élèves. *Aster*, 12. Paris : INRP.
- Fourez, G. (1985). *Pour une éthique de l'enseignement des sciences*. Lyon, Bruxelles : Chronique sociale-Vie ouvrière.
- Galiana, D. (1999). *Problèmes didactiques posés par l'enseignement expérimental de la biologie dans les classes scientifiques des lycées*. Thèse de doctorat. Université Paris-Sud.
- Halté, J.-F. (1983). De la langue à la communication dans l'école. *Pratiques*, 40. Metz : CRESEF.

- Halté, J.-F. (1992). *La didactique du français*. Paris : PUF (Coll. Que sais-je ?).
- Houssaye, J. (1988). *Le triangle pédagogique*. Berne : Peter Lang.
- Lelièvre, C. (1996). *L'école à la française en danger ?* Paris : Nathan.
- Martinand, J.-L. (1986). *Connaître et transformer la matière*. Berne : Peter Lang.
- Martinand, J.-L. (2001). Pratiques de référence et problématique de la référence curriculaire. In A. Terrisse (Éd.), *Didactique des disciplines : les références au savoir*. Bruxelles : De Boeck, 17-24.
- Orange, Ch. (2001). *Idées et raisons : construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la terre*. Mémoire d'habilitation à diriger une recherche. Université de Nantes.
- Popper, K. (1959/1973). *La logique de la découverte scientifique*. Paris : Payot.
- Rey, B. (1998). Savoir scolaire et relation à autrui. *Cahiers pédagogiques*, n° 367-368, 8-9.
- Simonneaux, L. (2002). *Didactique et éducation biotechnologique*. Université de Rouen.
- Terrisse, A. & Léziart, Y. (1997). L'émergence d'une notion : la transposition didactique, entretiens avec Michel Verret. *Les Sciences de l'éducation*, 30, 3. Caen : CERSE.
- Thélot, Cl. (2004). *Pour la réussite de tous les élèves* (rapport au Premier ministre). Paris : Documentation française.
- Trouvé, A. (2001). *La notion d'élémentaire et son application à l'école*. Mémoire de DEA. Université de Rouen.
- Vanoye, F. (1983). Fonctions du langage et pédagogie de la communication. *Pratiques*, 40. Metz : CRESEF.
- Verret, M. (1975). *Le temps des études*. Paris : Honoré Champion.
- Vincent, G. (1980). *L'école primaire française, étude sociologique*. Lyon : Presses Universitaires de Lyon.
- Vincent, G. (Éd.) (1994). *L'éducation prisonnière de la forme scolaire. Scolarisation et socialisation dans les sociétés industrielles*. Lyon : Presses Universitaires de Lyon.