



Intégration d'une approche historique dans les cours de sciences

Synthèse de la recherche en pédagogie 038/03

H. BERNARD & A. FAGNANT

Sous la direction du Professeur **Marcel CRAHAY**

Service de pédagogie expérimentale, Université de Liège

1 Introduction

Le présent article est issu d'une recherche intitulée «Conception d'outils didactiques pour l'intégration et le développement d'une composante historique à l'éducation scientifique». Cette recherche poursuit comme objectifs de travailler les conceptions des élèves relatives aux systèmes respiratoire, circulatoire, digestif et excréteur et d'introduire un enseignement d'histoire des sciences dans les cours de sciences. Elle se situe dans une optique de transition primaire-secondaire, les systèmes faisant l'objet d'un enseignement à ces deux niveaux, tout en poursuivant des objectifs différents et complémentaires. Dans cet article, nous nous centrerons sur la question de l'introduction de l'histoire des sciences dans les cours de sciences. Nous présenterons tout d'abord l'intérêt d'un tel enseignement ; nous décrirons ensuite deux perspectives classiquement distinguées pour envisager l'histoire des sciences ; nous expliquerons alors l'approche développée en deuxième secondaire dans le cadre de la recherche susmentionnée. Enfin, nous terminerons cet article en s'interrogeant sur les résultats de l'approche développée et en discutant ses prolongements possibles.

2 Pourquoi s'intéresser à l'histoire des sciences ?

Plusieurs objectifs sont couramment assignés à l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement (Giordan, 1987 ; King, 1991 ; Lacombe, 1987 ; Mathy, 1997 ; Monk & Osborne, 1997 ; Wandersee, 1992).

2.1 Premier objectif : donner aux élèves une représentation valide de ce qu'est la science et la construction du savoir scientifique.

Différentes études (notamment les études de Aikenhead, 1987 ; Desautels & Laroche, 1989, 1992 ; Fleming, 1987 ; Ryan, 1987 - toutes citées par Mathy, 1997) montrent qu'un certain nombre d'élèves ont, à propos de la science et de la construction du savoir scientifique, des conceptions erronées.

- Ces conceptions pourraient en partie expliquer certaines difficultés rencontrées par l'enseignement scientifique : manque d'intérêt des élèves pour le cours de sciences, doute quant à l'utilité de ces cours, manque de sens, transmission d'idéologies et de valeurs discutables et peu soumises à une analyse critique, ...
- Un des objectifs majeurs de l'introduction de l'histoire des sciences est donc de donner une vision plus «appropriée» des sciences aux élèves.

Sur la base des études recensées par Mathy (1997), on peut globalement **distinguer cinq conceptions erronées assez récurrentes**, tant chez les élèves que chez certains enseignants.

◆ **Une vision empiriste de la science**

La construction du savoir scientifique consiste en la divulgation d'une évidence sensorielle ou empirique sous la forme de chiffres, calculs, formules et lois. L'activité d'élaboration du savoir scientifique résulte en l'observation minutieuse des faits et phénomènes naturels permettant la découverte (ou le dévoilement) d'une réalité ou de Vérités naturelles. La science se construit ainsi à partir de faits observés minutieusement par un scientifique puisque « le monde « colle » à la réalité si bien qu'il n'y a pas à le comprendre, il faut seulement le voir » (Maurines & Mayrague, 2001, p.2.).

◆ **La science est une activité totalement objective**

Les connaissances élaborées sont vierges des considérations ou intérêts du chercheur et de la société. Le scientifique, dans son travail, est intrinsèquement plus honnête et objectif que d'autres travailleurs. En fait, le réel est dévoilé grâce à des activités techniques expérimentales qui l'épuisent des contingences et des motivations qui animent sa production. Dans ce cadre, les théories scientifiques sont considérées comme des Vérités établies et indiscutables. Les découvertes émanant de la science constituent des dogmes et l'aspect temporaire des théories scientifiques est ignoré.

◆ **La progression du savoir scientifique est linéaire**

Le chemin pour arriver aux idées actuelles ressemble à un processus linéaire où une découverte découle naturellement d'une autre. Dans ce cadre, chaque découverte réalisée par un scientifique complète ou précise une découverte antérieure. L'humanité avancerait ainsi vers la constitution d'un corpus de connaissances toujours plus nombreuses et plus précises. Cette conception ignore donc les contradictions et les révolutions scientifiques ayant cours au sein du champ de recherche.

◆ **Le contexte social, culturel, économique et politique n'exerce aucune influence dans l'élaboration du savoir scientifique**

L'activité scientifique est considérée comme une recherche de compréhension et de découverte du réel motivée uniquement par la curiosité et le besoin de sécurité de l'espèce humaine. L'influence du contexte dans le choix des recherches menées ou dans les interprétations avancées des phénomènes est ignorée.

◆ **Les progrès de la science sont le fait de scientifiques de «génie» ou du hasard**

Les découvertes scientifiques sont réalisées par des esprits hors du commun, des hommes dotés d'une intelligence supérieure ou bien sont le simple fruit du hasard. Le travail du scientifique est considéré comme une activité solitaire. La production d'une connaissance s'explique par la seule activité intellectuelle du savant. L'importance des débats au sein de la communauté scientifique et l'influence des autres scientifiques dans l'élaboration d'une connaissance semblent ainsi méconnues.

2.2 Deuxième objectif : doter les élèves d'un esprit scientifique et critique

Une approche historique des sciences devrait donc amener les élèves à percevoir le caractère temporaire des connaissances scientifiques et à ne pas (ne plus) considérer ces dernières comme définitives et dogmatiques. En donnant de la science la représentation plus valide d'une activité humaine, en continue construction-reconstruction des connaissances, un enseignement d'histoire des sciences ambitionne d'amener les élèves à porter un regard critique sur la science elle-même. Il s'agit notamment de faire prendre conscience aux élèves que les connaissances et théories scientifiques (même aujourd'hui) constituent les réponses et explications provisoires les plus valides à un moment donné dans l'histoire des hommes.

2.3 Troisième objectif : travailler sur la fixation des conceptions des élèves concernant certains savoirs scientifiques.

L'approche historique des concepts étudiés dans le cadre des cours de sciences devrait permettre aux élèves de développer une meilleure compréhension des représentations scientifiques actuelles concernant ces concepts. Percevoir le caractère incomplet ou incorrect des représentations ayant eu cours dans l'histoire se réalise nécessairement en lien avec les conceptions actuelles.

En ce sens, l'approche historique peut contribuer à la fixation des représentations scientifiques valides actuellement. Par ailleurs, s'intéresser aux conceptions scientifiques ayant eu cours dans l'histoire, s'interroger sur leur logique et en comprendre les raisons, devrait permettre aux enseignants une meilleure compréhension des conceptions de leurs élèves et, ainsi, pouvoir développer les stratégies d'enseignement les mieux adaptées. Ceci même si toutes les conceptions partagées par les élèves à propos des concepts visés par l'apprentissage n'ont pas leur correspondance dans l'histoire des sciences. Si l'histoire n'explique pas la logique de toutes les conceptions possibles des élèves, elle propose néanmoins des pistes de compréhension et rappelle que les conceptions (même celles des élèves) possèdent une certaine logique pour l'individu qui les produit.

2.4 Quatrième objectif : développer une attitude favorable à l'égard de l'apprentissage des sciences (et d'un travail sur les conceptions des élèves).

Il s'agit de faire prendre conscience aux élèves que différentes conceptions erronées ou imprécises ont existé au cours de l'histoire (ces conceptions ont même été partagées par de nombreuses personnes pendant des années) et que donc il est tout à fait possible et normal qu'ils disposent eux-mêmes de conceptions imprécises, voire complètement erronées sur certains phénomènes. Par ailleurs, en présentant la science comme étant une entreprise de construction du savoir collectif (à la fois synchronique - débats au sein de la communauté scientifique - et diachronique - appui sur des théories existantes), l'histoire des sciences montre aux élèves que les découvertes scientifiques ne sont pas le produit de l'intelligence hors norme (presque inhumaine) de grands « génies ». En ce sens, l'histoire des sciences présente la science comme une activité plus accessible.

Par ailleurs, il semble que les représentations que les élèves se font de la science exercent une influence sur le choix des stratégies d'apprentissage auxquelles ils ont recours. Une représentation plus valide de ce qu'est la science s'accompagnerait donc de stratégies d'apprentissage plus efficaces. Ainsi, les travaux de Ching-Chung Tsai (1998, cité par Collet, 1999) montrent que les étudiants dont les conceptions épistémologiques s'avèrent constructivistes utilisent des stratégies plus actives, qui donnent du sens à ce qui est appris et qui leur permettent davantage de s'approprier réellement le savoir, alors que ceux dont les conceptions épistémologiques sont empiristes tendent à adopter une position plus passive face à l'enseignement qu'ils reçoivent.

3. Deux approches d'histoire des sciences

Comment l'histoire des sciences peut-elle rencontrer les différents objectifs susmentionnés ? Suffit-il de confronter les élèves à des théories d'illustres scientifiques du passé pour faire évoluer positivement la manière dont ils se représentent la science ? Toutes les approches de l'histoire des sciences sont-elles équivalentes ? Ces différents questionnements peuvent être éclairés à la lumière d'une dichotomie couramment rencontrée dans la littérature de recherche.

D'une manière générale, on peut distinguer deux approches d'enseignement d'histoire des sciences : l'approche «internaliste» et l'approche «externaliste» (Lacombe, 1987 ; Mathy, 1997). Ces approches divergentes peuvent donner des images relativement caricaturales de la science ou, au contraire, amener progressivement les élèves sur le chemin d'une vision plus adéquate (moins linéaire, plus contextualisée et plus réaliste) de la construction du savoir scientifique. Les deux approches sont brièvement décrites et amplement illustrées ci-dessous.

3.1 L'approche internaliste

Cette approche se préoccupe avant tout de l'invention conceptuelle ; elle s'attache à la découverte des faits et aux grands noms, aux scientifiques les plus reconnus dans le domaine en question. On y décrit le travail du scientifique comme étant indépendant du reste du monde. Dans cette approche, un enseignement d'histoire des sciences consiste souvent en la présentation de portraits de grands scientifiques accompagnés d'explications concernant la découverte réalisée. On y retrouve parfois des anecdotes à propos de la vie du scientifique ou de sa découverte.

Un enseignement d'histoire des sciences de ce type n'est donc pas de nature à travailler les conceptions des élèves concernant la science et la construction du savoir scientifique dans le sens que nous avons indiqué plus haut. Au contraire, les représentations véhiculées et transmises par un tel enseignement peuvent se résumer à ceci :

Les scientifiques sont des hommes remarquables et respectables, oeuvrant en toute humilité, les yeux grands ouverts et avec rigueur, à la compréhension du réel, produisant un savoir universel, au-dessus des contingences et des intérêts du temps. (...) Par ailleurs, le savoir scientifique apparaît bien comme unique et éternel et de plus en plus complet, puisque toutes les relectures théoriques survenues historiquement sont gommées au profit d'une reconstitution historique où il n'est question que de faits qui s'ajoutent les uns aux autres (Mathy, 1997, p. 126).

- On comprend aisément que cette approche internaliste de type «portraits des grands génies» n'est pas à favoriser pour rencontrer les objectifs assignés à l'histoire des sciences.

A titre illustratif, l'extrait de document proposé ci-après correspond clairement à ce type d'approche : une ligne du temps sert de support à la présentation linéaire des divers «génies» qui ont apporté une pierre à l'édifice de la construction du savoir scientifique actuel.

Histoire de la vie et des Sciences - Evolution du concept de la respiration

Antoine-Laurent de Lavoisier (1743-1794)



Dans le premier "Mémoire sur la respiration des animaux", Lavoisier présente à l'Académie, le 17 novembre 1790, la synthèse de ses connaissances.

- La respiration, dit-il, n'est pas destinée à refroidir le sang, comme le croyaient les anciens. "Elle n'est qu'une combustion lente de carbone et d'hydrogène, qui est semblable en tout à celle qui s'opère dans une lampe ou dans une bougie allumée et, sous ce point de vue, les animaux qui respirent sont de véritables corps combustibles qui brûlent et se consument". (Lavoisier, Oeuvres, tome II, p. 691).

Paul Bert (1833-1886)



On a dit que Paul Bert avait prouvé par une expérience célèbre la respiration des tissus animaux vivants. Les expériences sur la respiration des tissus analysaient les variations des échanges respiratoires selon les types de tissus, selon les espèces, les conditions de vie ou l'âge.

Otto Warburg (1883-1970)



Otto Warburg, que l'on peut considérer comme le père de la chimie du métabolisme, c'est-à-dire la chimie du fonctionnement des cellules, mit au point divers microrespiromètres destinés à étudier les capacités respiratoires de tissus ou de cellules isolés. A l'aide de ces dispositifs, il découvrit de nombreuses enzymes participant aux réactions respiratoires des cellules et obtint le prix Nobel en 1931.

Lis attentivement le document ci-dessus et complète le tableau suivant.

| Personnages | Rôle de la respiration | Localisation de la respiration |
|-------------|------------------------|--------------------------------|
| | | |
| | | |
| | | |

3.2 L'approche externaliste

Cette approche insiste quant à elle sur l'influence des facteurs sociaux, économiques, culturels, politiques ou institutionnels sur le travail du scientifique et les théories qu'il élaboré. On y souligne l'influence des présupposés et des demandes de l'époque dans l'orientation et le conditionnement des recherches, l'influence des conflits de points de vue et des débats au sein de la communauté scientifique ainsi que les difficultés des scientifiques à imposer leur modèle. En outre on y montre l'importance des cadres conceptuels du scientifique dans l'interprétation des phénomènes étudiés.

Cette deuxième approche propose donc de donner aux élèves une image plus valide de ce qu'est la science.

Une telle approche permettrait de rompre avec un rationalisme étroit qui consiste à s'imaginer un peu trop simplement que les théories contemporaines sont «vraies» et qu'est forcément seule légitime et sérieuse la manière dont les courants scientifiques dominants posent les questions. Elle induirait corrélativement une attitude d'ouverture critique aux changements de perspective dans les modes d'interrogation du monde, une « libération » de l'esprit par rapport à une perception souvent trop dogmatique et absolue de la vérité scientifique, sans pour autant tomber dans le relativisme intellectuel (Mathy, 1997, p. 127).

La perspective défendue dans cette deuxième approche paraît d'emblée plus apte à atteindre les objectifs assignés à l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement.

Concrètement, il s'agit de proposer aux élèves de travailler à partir de documents présentant non seulement une biographie classique des découvreurs mais donnant également des explications contextuelles, précisant les différentes influences ayant permis la découverte (théories des prédecesseurs, découvertes dans d'autres domaines scientifiques, débats au sein de la communauté scientifique) et présentant les présupposés du chercheur (ou de l'époque). Par ailleurs, le choix des scientifiques étudiés ne doit pas nécessairement se limiter à ceux dont les théories sont considérées aujourd'hui comme correctes (ou incomplètes) si l'on désire éviter de donner aux élèves l'image d'une science progressant de façon linéaire.

Afin d'illustrer plus amplement ce que l'on entend par «approche externaliste de l'histoire des sciences», nous présentons ci-après un des textes que nous avons «construits» dans le cadre de la recherche faisant l'objet de cet article (voir Bernard & Fagnant, 2004, pour l'ensemble des textes construits et la liste des références ayant servi à leur élaboration).

En effet, les textes historiques de type externaliste étant peu nombreux et relativement complexes (puisque destinés à un public possédant déjà des connaissances scientifiques et/ou historiques), nous avons résolu de construire ces documents nous-mêmes afin de les adapter au mieux au niveau des élèves à qui ils sont destinés. Ainsi, pour chaque système, deux documents de types externalistes ont été créés. La synthèse des deux documents permet d'avoir une vue évolutive du système (depuis l'Antiquité jusqu'à nos jours). Dans chaque cas, le document se focalise sur un scientifique ayant réalisé une découverte ou ayant influencé durablement les conceptions de la communauté scientifique au sujet du système concerné. La présentation du scientifique est réalisée en trois temps : tout d'abord, une biographie présente la vie du scientifique en question en insistant sur les éléments d'ordre contextuel, ensuite la théorie du scientifique est présentée en lien avec les théories ayant eu cours antérieurement, enfin, la réaction de la communauté scientifique vis-à-vis de la théorie du scientifique est relatée. Dans l'exemple présenté ci-après, les annotations (caractères en gras et informations externalistes à gauche) sont indiquées afin de faciliter l'identification des éléments présents dans ce texte. Le document distribué aux élèves ne comporte bien sûr pas ces indications.

Système circulatoire - Galien

Galien est, après Hippocrate, un des plus célèbres médecins grecs de l'Antiquité. Ses recherches anatomiques (sur des animaux) et ses travaux sur la fonction des organes du corps furent considérés comme la référence des médecins pendant 1400 ans.



Vie de Galien

Fils du riche et érudit architecte grec Nicon, Galien naît en 131 après J.C. à Pergame (ville du nord-ouest de l'Asie Mineure, actuellement en Turquie). A cette époque, cette ville, qui appartenait à l'Empire romain, était un important centre culturel doté d'une bibliothèque ainsi que d'un sanctuaire dédié à Asclépios, le dieu grec de la médecine. A quinze ans, il commence à y étudier la philosophie puis se tourne vers la médecine et plus particulièrement l'anatomie. **En 152, à la mort de son père, Galien quitte Pergame et**

Contacts avec d'autres scientifiques **réalise un voyage autour de la Méditerranée pendant environ 8 ans. Durant ce voyage (qui l'amène successivement à Smyrne, Corinthe, Alexandrie, en Cilicie, Phénicie, Palestine, à Scyros, en Crète et à Chypre), Galien va rencontrer les médecins les plus réputés de l'époque et, à leurs contacts, il élargit ses connaissances médicales.** A 29 ans, Galien revient à Pergame où il exerce en tant que médecin de l'école de gladiateurs. Quelques années plus tard, il s'installe à Rome où il devient rapidement célèbre en pratiquant son art avec succès auprès de grandes personnalités de l'époque et en réalisant des démonstrations anatomiques spectaculaires servant à illustrer son enseignement mais qui attirent aussi un grand nombre de curieux. Appelé en 169 par Marc-Aurèle, il devient le médecin personnel de l'Empereur qui le charge de veiller à la santé de ses deux fils Commode et Sextus. En 180, à la mort de Marc-Aurèle, Commode, le nouvel Empereur, le garde à son service. A la mort de ce dernier en 192, Galien repart pour Pergame où il meurt vers 201.

Appui du politique pratiquant son art avec succès auprès de grandes personnalités de l'époque et en réalisant des démonstrations anatomiques spectaculaires servant à illustrer son enseignement mais qui attirent aussi un grand nombre de curieux. Appelé en 169 par Marc-Aurèle, il devient le médecin personnel de l'Empereur qui le charge de veiller à la santé de ses deux fils Commode et Sextus. En 180, à la mort de Marc-Aurèle, Commode, le nouvel Empereur, le garde à son service. A la mort de ce dernier en 192, Galien repart pour Pergame où il meurt vers 201.

Apport de Galien

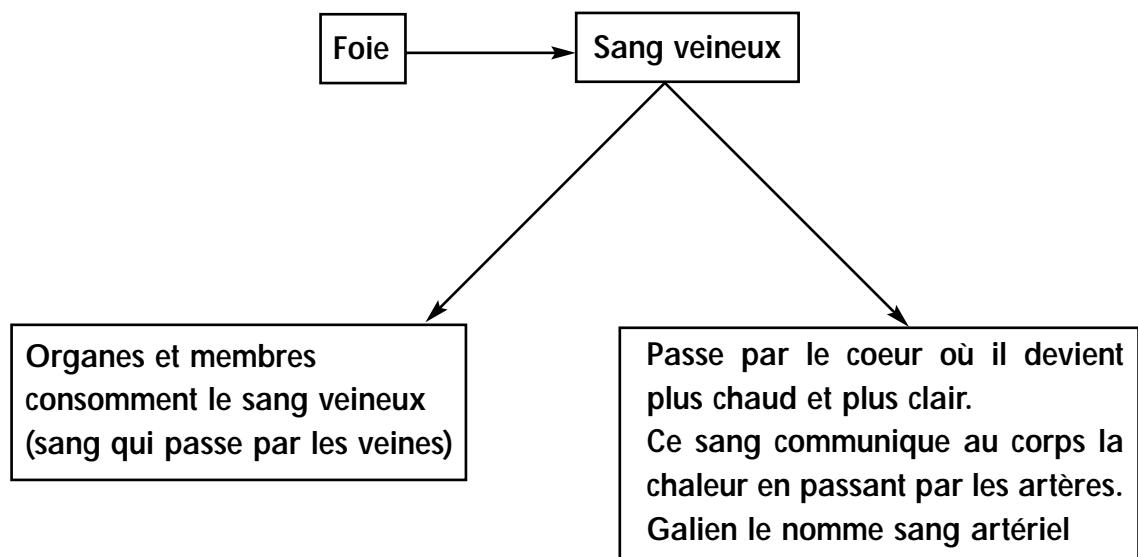
Galien considère que l'anatomie est la base fondamentale de la médecine. Il dissèque des animaux (singes, porcs, ...) afin de décrire la forme et la position des différentes parties anatomiques et d'étudier le fonctionnement des différents organes. Il considère que ce qu'il observe sur des animaux s'applique à l'homme et en tire des conclusions sur l'anatomie humaine. **Rappelons qu'à cette époque, il était interdit de réaliser des autopsies sur des corps humains. La seule façon d'approcher l'anatomie humaine était donc d'étudier l'anatomie sur des animaux proches de l'homme.**

Galien commettra des erreurs. Ainsi, par exemple, il se trompe sur le rôle du foie (qu'il considère comme l'organe qui produit le sang) et croit à une communication entre les deux ventricules du cœur. D'autres descriptions anatomiques (réalisées par Galien) sont également inexactes, notamment car l'anatomie des animaux disséqués est différente de celle de l'homme.

Influence des théories antérieures Galien reprend la théorie d'Hippocrate des humeurs et la complète. Selon cette théorie, le corps humain serait composé de 4 fluides qui assurerait son bon fonctionnement : le sang (dans le cœur), le phlegme (dans le cerveau), la bile jaune (dans le foie) et la bile noire (dans la rate). La plupart des maladies auraient pour origine un mauvais équilibre entre ces 4 humeurs. Il y ajoute les quatre tempéraments qui classent les hommes en sanguins (chaleureux et aimables), flegmatiques (lents et apathiques), mélancoliques (tristes et déprimés) et colériques (emportés et prompts à réagir). A partir de cette théorie, en cas de maladie, on recommande la saignée ou l'utilisation de purgatifs.

Ancienne conception et nouvelle (toutes deux erronées) Avant Galien, on croyait que le sang était transporté uniquement par les veines. On pensait en effet que les artères contenaient de l'air. Les prédecesseurs de Galien étaient arrivés à cette conclusion en effectuant leurs observations sur des cadavres. Or, lorsque le cœur cesse de battre, les artères se vident du sang qu'elles contenaient. Galien découvre que ces dernières contiennent du sang en observant des plaies de gladiateurs.

Cependant, Galien ne perçoit pas l'existence d'une circulation du sang. Pour lui, le sang est produit dans le foie par transformation des aliments. Ce « sang veineux » est transporté par les veines vers les organes et les membres afin de les alimenter. Une partie de ce sang entre dans le ventricule droit du cœur puis passe dans le ventricule gauche où il se mélange avec l'air venant des poumons. Ce sang devient alors plus clair et chaud et se transforme en « sang artériel ». Le « sang artériel », en passant par les artères, va communiquer au corps la chaleur vitale. Ces deux types de sang sont consommés par le corps : le sang part du foie ou du cœur vers les organes où il est consommé immédiatement. Selon Galien, le sang est comme aspiré par les organes et non propulsé par le cœur : ce dernier n'est donc pas considéré comme une pompe.



Réaction des médecins contemporains et postérieurs à Galien

Réaction de la communauté scientifique Galien se serait attiré les critiques des médecins de son époque en raison de son manque de modestie ainsi que de sa brillante réussite. Certains médecins, en raison de leur jalousie, lui auraient donné des surnoms tels que « *diseur de paradoxes* », « *faiseur de merveilles* » et « *médecin phraseur* ». Quittant Rome vers 167, au moment où y sévissait une épidémie de peste, Galien fut même accusé de lâcheté par ses confrères. Il reviendra cependant à Rome, quelques années plus tard, appelé par Marc-Aurèle et deviendra son médecin personnel.

Influence de la religion (contexte) Galien croyait en l'existence d'un dieu unique créateur du corps humain. Cette croyance en accord avec les préceptes de l'Eglise amena cette dernière à adopter la doctrine de Galien et à l'appuyer de son autorité. Ainsi, la doctrine de Galien fut érigée en dogme. S'opposer à Galien revenait en quelque sorte à s'opposer aux doctrines de l'Eglise. Ceci explique sans doute en partie pourquoi cette doctrine ne fut pas remise en question pendant près de 1400 ans par les médecins succédant à Galien.

4. L'introduction d'une approche externaliste de l'histoire des sciences dans les classes de deuxième secondaire.

Les objectifs assignés à l'histoire des sciences et le type d'approche à privilégier étant précisés, tentons d'expliquer brièvement comment l'histoire des sciences a été introduite dans les classes de deuxième secondaire avec lesquelles nous avons travaillé. Rappelons que la recherche portait sur le métabolisme humain (c'est-à-dire sur les liens entre les systèmes respiratoire, digestif, circulatoire et excréteur) et que c'est dans le cadre de ces cours de sciences que l'approche historique a été développée.

Pour introduire la composante historique dans le cours de sciences, Monk et Osborne (1997) proposent un modèle en six étapes. La première étape consiste à présenter aux élèves un problème à résoudre. Dans la seconde étape, les élèves proposent diverses explications ou solutions en vue de résoudre le problème posé. Cette phase s'apparente donc à l'émergence des conceptions des élèves concernant le phénomène étudié. La troisième étape est celle de l'introduction de l'histoire des sciences. Les théories ayant eu cours dans l'histoire en relation avec le phénomène sont présentées aux élèves sous la forme de « vignettes » (Wandersee, 1992), c'est-à-dire, de textes courts centrés sur un scientifique et insistant sur les éléments contextuels et influences diverses sur ses travaux. Ces vignettes sont considérées comme d'autres pistes de solutions à investiguer.

- Après avoir établi une pluralité de points de vue, les élèves doivent imaginer une expérimentation permettant de déterminer le point de vue le plus valide. L'avant-dernière étape consiste en l'étude approfondie des théories scientifiques actuelles. Celles-ci sont présentées comme les interprétations scientifiques d'aujourd'hui, étant entendu qu'elles ne sont pas irréfutables. Enfin, la dernière étape consiste, quant à elle, en une discussion sur les apprentissages implicitement réalisés grâce à l'introduction de la composante historique. Dans ce modèle, les théories ayant eu cours dans l'histoire sont donc directement liées avec les conceptions initiales des élèves, toutes deux constituant des pistes à investiguer.

Dans le cadre de la présente recherche, afin d'introduire un enseignement d'histoire des sciences en deuxième année secondaire, deux approches méthodologiques ont été développées et expérimentées dans les classes par les enseignants. La première approche est directement inspirée du modèle de Monk et Osborne (1997) ; la deuxième est une adaptation négociée avec les enseignants participant à la recherche et postpose le moment d'introduction de l'histoire des sciences.

Les deux approches méthodologiques présentent de nombreux points communs. Tout d'abord, elles partent toutes deux de la même énigme : « Comment la sportive produit-elle l'énergie nécessaire à sa course » (séquence issue du thème 11 des fardes d'activités accompagnant le programme dans le réseau organisé par la Communauté française). Ensuite, elles envisagent une première exploitation des pistes proposées par les élèves et aboutissent, dans un premier temps, à une résolution partielle de l'énigme : un lien a été établi entre la course de la sportive et les différents systèmes (ex. le cœur bat plus vite, davantage d'air entre et sort du corps) mais on ne sait pas encore précisément comment l'énergie est produite. De nouveaux questionnements sont alors proposés pour investiguer les conceptions des élèves relatives aux différents systèmes. C'est à ce moment que les deux approches d'enseignement prennent des voies divergentes : la première propose d'introduire la perspective historique au sein de la séquence, juste après l'émergence des conceptions des élèves ; la deuxième envisage de résoudre entièrement l'énigme (c'est-à-dire de répondre aux questions relatives aux différents systèmes et à leur rôle dans la production d'énergie) avant d'introduire l'approche historique.

Dans la première approche, les théories scientifiques du passé sont confrontées aux conceptions initiales des élèves et prennent, au même titre que celles-ci, le caractère d'hypothèses explicatives du phénomène étudié (cf. le modèle de Monk & Osborne, 1997).

Les réponses aux questionnements relatifs aux différents systèmes et leur rôle dans la production d'énergie sont seulement apportées par la suite en vue de résoudre l'énigme. Les élèves sont alors invités à poursuivre le travail de confrontation des conceptions en opposant cette fois leurs conceptions initiales et les conceptions historiques aux théories scientifiques actuelles. Ils sont ainsi amenés à valider ou invalider les hypothèses explicatives soulevées par eux-mêmes ou au cours de l'histoire.

Dans la deuxième approche, l'énigme est résolue avant d'intégrer l'histoire des sciences. Les élèves sont donc amenés à confronter d'abord leurs conceptions initiales aux conceptions actuelles, ce n'est que dans un second temps qu'ils vont compléter l'analyse réflexive en confrontant ces dernières aux conceptions historiques.

Enfin, si le moment d'introduction de l'histoire des sciences varie d'une approche à l'autre, c'est bien le même type d'histoire des sciences qui a été proposé. Concrètement, six textes externalistes permettant d'aborder l'évolution historique des conceptions relatives à la respiration, à la digestion et à la circulation ont été répartis dans la classe et analysés par les élèves. Afin de s'assurer qu'ils accordent une attention particulière aux influences contextuelles qui ont jalonné l'histoire des découvertes, chaque groupe était amené à répondre à différents questionnements relatifs à chaque texte. La confrontation des différentes réponses apportées par chaque groupe (c'est-à-dire pour l'analyse de chaque texte) permettait alors de donner une image évolutive, contextualisée et non linéaire de la construction du savoir scientifique dans les domaines qui nous concernent ici (voir Bernard et Fagnant, 2004, pour une description complète de l'approche proposée et pour les documents utiles à sa mise en œuvre).

5. Les effets d'une introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement : prolongements possibles...

Dans cette recherche, nous poursuivions le double objectif de travailler sur les conceptions des élèves relatives aux systèmes respiratoire, circulatoire, digestif et excréteur et d'introduire un enseignement d'histoire des sciences. Concernant ce dernier point, notre intention était d'inscrire notre action dans une démarche de type externaliste afin de rencontrer les objectifs explicités plus haut dans cet article. Nous inspirant du modèle de Monk et Osborne (1997), nous avons construit deux séquences introduisant

l'histoire des sciences au sein de la démarche par énigmes scientifiques. Les deux approches proposées ont été développées en classe par les enseignants ; elles présentent chacune leurs avantages et leurs limites, que l'on peut brièvement commenter, tout en gardant à l'esprit le caractère peu représentatif des quelques essais réalisés dans les classes. Dans la première approche, l'introduction de l'histoire des sciences est intégrée à la résolution de l'énigme alors que dans la deuxième, l'histoire des sciences est introduite après résolution de celle-ci et paraît en constituer un prolongement. De ce point de vue, la première approche semble préférable. Cependant, l'introduction de l'histoire des sciences après enseignement des conceptions actuelles pourrait s'avérer plus aisée pour les élèves : ces derniers percevraient alors mieux le caractère erroné de certaines théories du passé.

Afin d'évaluer les effets d'un enseignement historique sur la façon dont les élèves se représentent la science et le travail du scientifique, nous avons soumis les élèves de trois classes à un questionnaire (deux classes expérimentales et une classe contrôle). L'analyse des résultats est globalement positive pour les élèves des classes expérimentales (en effet, ils ont globalement une image plus correcte de la science et de la construction du savoir scientifique) mais les résultats restent fort variables selon les dimensions évaluées (ainsi, dans les classes expérimentales, alors que l'aspect évolutif des théories est clairement mieux perçu après l'introduction de l'histoire des sciences, l'influence du contexte reste relativement peu reconnue).

Etant donné le caractère limité de la présente étude, nous ne nous étendrons pas plus longuement ici sur ces résultats. Même si les deux approches peuvent sans doute être affinées, précisées, améliorées,... l'expérience menée avec les enseignants dans le cadre de cette recherche présente le mérite d'avoir montré la faisabilité et, nous espérons, l'intérêt d'une intégration d'une perspective historique dans le cours de sciences. Le matériel construit (notamment les textes externalistes) devrait aider les enseignants à mettre en place ce type d'approche en classe avec leurs élèves.

D'autres études s'avèrent nécessaires afin d'évaluer plus finement les effets d'un tel enseignement. Celles-ci pourraient en outre vérifier si cet enseignement s'accompagne d'une attitude plus favorable à l'égard des sciences, en évaluer les effets sur le choix de carrières scientifiques et vérifier si les effets persistent sur le long terme. Enfin, il existe sans doute d'autres façons d'introduire un enseignement historique dans les cours de sciences (en utilisant d'autres supports, en l'introduisant à d'autres moments,...) et on peut penser que toutes les méthodes ne s'accompagneront pas des mêmes effets. Des études comparatives permettraient sans doute de déterminer celles qui s'avèrent les plus efficaces en regard des objectifs poursuivis par l'introduction d'un enseignement historique.

Références

- BERNARD, H., & FAGNANT, A. (2004). Travailler sur les conceptions des élèves et intégrer l'histoire des sciences dans le cours de sciences. Rapport final de la recherche «Conception d'outils didactiques pour l'intégration et le développement d'une composante historique à l'éducation scientifique». Service de Pédagogie expérimentale, Université de Liège : document non publié.
- COLLET, M. (1999). Comment les enseignants pensent l'enseignement des sciences ? Analyse des conceptions épistémologiques, psychologiques et didactiques d'enseignants et d'étudiants d'Ecole Normale Supérieure. Mémoire non publié, Faculté de Psychologie et des Sciences de l'Education, Université de Liège.
- GIORDAN A. (1987). Histoire de la biologie. Paris : Technique et documentation-Lavoisier.
- KAFAI, Y. B., & GILLILAND-SWETLAND, A. J. (2001). The use of historical materials in elementary science classrooms. *Science Education*, 85 (4), p. 349-367.
- KING, B. B. (1991). Beginning teachers' knowledge of and attitudes toward history and philosophy of science. *Science Education*, 75 (1), p. 135-141.
- LACOMBE, G. (1987). Pour l'introduction de l'histoire des sciences dans l'enseignement du second cycle. *Aster*, 5, p. 87-116.
- MATHY, P. (1997). Donner du sens aux cours de sciences. Des outils pour la formation éthique et épistémologique des enseignants. Bruxelles ; De Boeck.
- MAURINES, L. & MAYRARGUE, A. (2001). La pluridisciplinarité dans les enseignements scientifiques –Tome 1 : Histoire des sciences. Actes de l'Université d'été, du 16 au 20 juillet 2001, Poitiers.
- MONK, M. & OSBORNE, J. (1997). Placing the history and philosophy of science on the curriculum : A model for the development of pedagogy. *Science Education*, 81 (4), p. 405-424.
- Programme d'études du cours de formation scientifique. Enseignement ordinaire de plein exercice. Premier degré commun. Ministère de la Communauté française. Enseignement de la Communauté française. Administration Générale de l'Enseignement et de la Recherche Scientifique. Service général des affaires pédagogiques, de la recherche en pédagogie et du pilotage de l'enseignement organisé par la Communauté française, et fardes d'activités associées, comprenant les 11 thèmes repris dans ce programme.
- WANDERSEE, J. H. (1992). The historicality of cognition : Implications for science education research. *Journal of Research in Science Teaching*, 29 (4), p.423-434.