

CULTURE SCIENTIFIQUE ET ENSEIGNEMENT

Le cas des sciences de la vie et de la terre

La biologie et la géologie sont des sciences, des appropriations mentales de l'univers vivant et minéral qui nous entoure : la « nature ». La science est la représentation de notre univers matériel, construite à un moment donné par un groupe humain particulier. Cette représentation conduit à l'élaboration de modèles et de théories, schématisations de la réalité, qui dépendent de l'époque, mais aussi de l'âge et de la culture des scientifiques.

Je voudrais partir de trois constats :

— Un véritable fossé se creuse entre la réalité « naturelle » et les conceptions scientifiques.

— Le fossé se creuse aussi entre les conceptions scientifiques et ce qu'il en reste : le « savoir », savoir des élèves et savoir de « monsieur tout le monde ».

— Cette année, les filières biologiques, classes préparatoires et université, souffrent d'une réelle désaffection. Nous avons enregistré au lycée 30 % de demandes d'inscription en moins par rapport à l'an passé : 280 dossiers au lieu des 400 habituels.

Une interrogation s'impose sur les causes de cette désaffection de la part des étudiants et sur le décalage entre le travail de recherche scientifique, son enseignement et sa réception.

Une des réponses que j'esquisse ici est que le contenu de l'enseignement de la Biologie, que ce soit dans nos classes (post-bac) ou dans celles du primaire et du secondaire rend malaisées la réception et la consolidation du savoir scientifique, ce qui peut entraîner un désintérêt ou une crainte envers les filières biologiques, et même plus généralement scientifiques. Les adolescents fuient ce qui est difficile et qui peut être cause d'échec.

Ma réflexion toute personnelle s'appuie sur mes observations en classe préparatoire. Les étudiants arrivent dans nos classes (première

année de classe préparatoire aux grandes écoles BCPST : Biologie, Chimie, Physique, Sciences de la Terre) après avoir reçu un enseignement important en SVT depuis le collège. Ils viennent de différents départements, de différents établissements, ce qui signifie que cet échantillonnage d'élèves reflète plus un état de l'enseignement scientifique en général, qu'un choix particulier d'enseignant.

Une esquisse du savoir des élèves en biologie

Nos élèves appréhendent assez bien l'aspect moléculaire du vivant. Par contre ce vivant n'a plus d'unité : ils n'ont plus la notion d'organisme, encore moins d'écosystème ou de biosphère. Leur savoir est en réalité morcelé et parcellaire.

Ces observations rejoignent d'autres constats étonnants réalisés par Albert Jacquard¹ : notre enseignement n'apporte pas de réponses claires aux questions que se posent les élèves en matière de biologie. Dans les forums conversationnels qu'il réalise avec les enfants du primaire, il a repéré la difficulté des élèves à faire le tri dans le fatras d'informations plus ou moins contradictoires apportées par les médias. Les questions que se posent les enfants de 10-12 ans ne peuvent se poser aux parents (peur du jugement, transgression des interdits), ni aux enseignants (coincés dans un programme officiel). Elles portent essentiellement sur la reproduction humaine, l'origine de l'univers...

Or ce sont les mêmes questions que se posent cruellement (4 ou 5 ans plus tard) les adolescents de collège et de lycée. Ils les posent différemment, avec un vocabulaire plus savant, mais ils n'ont toujours pas les réponses.

Pourtant le savoir biologique des élèves existe, mais, il est accumulé et non structuré.

Un Inspecteur Pédagogique Régional en SVT, m'a rétorqué que ce constat était facile à faire et qu'au lieu de pointer ce que les élèves ne savent pas, ou qu'on ne leur laisse pas le temps de retrouver, de reconstruire, il faudrait évaluer ce qu'ils savent, ce qu'ils ont compris, ce qu'ils savent réinvestir. En fait, je crois que les enseignants ne demandent que cela, avoir les moyens de faire le point sur les connaissances des élèves et avancer avec ces acquis dans l'apprentissage de nouveaux savoirs. Mais l'avancée exponentielle des résultats scientifiques et les contraintes des programmes actuellement en vigueur freinent cette volonté pédagogique.

(1) A. Jacquard, *L'Équation du némopbar*, Paris, Calmann-Lévy, coll. « Les Plaisirs de la science », 1998.

De plus, le savoir des élèves est parfois inexact : ils sont emplis de certitudes scientifiques parfois fausses sur ce qu'est le vivant et son fonctionnement. Ils n'ont aucun moyen de percevoir ces erreurs qui, malheureusement, sont si bien ancrées dans les esprits que nos efforts de refonte sont souvent vains.

Comment expliquer le « pointillisme » du savoir des élèves ?

Comment expliquer qu'après sept ans d'apprentissage scolaire de cette « biologie », les questions qu'ils jugent fondamentales restent sans réponses réelles ?

Comment naissent les représentations inexactes ?

Comment expliquer enfin le désintérêt des étudiants pour les études biologiques, en dehors du fait qu'elles sont longues, difficiles et ne débouchent pas vraiment sur le marché de l'emploi ?

Peut-on essayer de répondre à ces questions ?

Quelques tentatives d'explication de cette difficulté à acquérir une culture scientifique

Une première réponse réside sans doute dans l'explosion des connaissances en biologie et dans leur médiatisation. L'enseignant n'a pas la tâche toujours facile pour se tenir au courant, trier les informations, les digérer pour ensuite les retransmettre.

La biologie est partout, c'est tout ce qui nous concerne et ce qui concerne les mécanismes du vivant. Les domaines de recherche se sont multipliés depuis moins de 60 ans et sont devenus de plus en plus pointus. La curiosité intellectuelle, le besoin de comprendre ne sont plus les seuls moteurs de la découverte. De plus en plus fréquemment, le but de la recherche est de parvenir à des applications qui soient sources d'importants gains financiers. Les chercheurs deviennent des entrepreneurs comme le démontre la course au séquençage du génome humain. Ce ne sont plus de « vrais » savants : chacun a le nez dans son petit domaine de recherche. Les publications portent sur des résultats percutants mais ponctuels, et personne ne dispose réellement de recul par rapport à ces affirmations. Aucune « philosophie » fédératrice ne relie les données.

La génétique est particulièrement agrémentée à toutes les sauces dans la presse ou à la télévision. Les maladies « nouvelles » font recette, telles les conséquences des modifications du prion qui défrayaient dernièrement la chronique (cas des vaches « folles¹ »).

(1) Pour la Science, avril 1998, dossier « Les sociétés cellulaires », Les Maladies à prions, pp. 110-116.

Mais tout et n'importe quoi s'écrit et se dit.

Cette explosion des domaines de recherche, relayée par les médias, est sans doute en partie responsable de l'éparpillement des savoirs.

La simplification à outrance du langage et des données scientifiques explique également la naissance d'erreurs de compréhension et l'ancrage d'idées fausses.

Donnons un exemple concret : 19 h 00, un coup de téléphone de la voisine, maman d'élève de collège, en classe de 6^e, qui tout d'un coup s'inquiète : « La forêt vierge d'Amazonie est bien le "poumon de la planète" ? N'est-ce pas elle qui nous fournit notre "oxygène" ? Le professeur de biologie du collège a en effet affirmé dans la journée que c'était, dixit, "des conneries, l'oxygène vient de la mer". » Raccourci ultime du savoir. Négation de la dimension temps de la planète.

Les forêts finissent en effet par atteindre un état d'équilibre : elles produisent sans doute autant de dioxygène qu'elles en consomment. Elles ont par contre un rôle fondamental dans le cycle de l'eau et par voie de conséquence sur les climats...

Leur importance, leur fonctionnement, laissent croire qu'elles fournissent le dioxygène. Elles ne participent sans doute qu'à son renouvellement. Le dioxygène présent dans notre atmosphère provient en effet de sa production et de son accumulation par des organismes chlorophylliens aquatiques, apparus précocement dans l'histoire de la vie sur Terre, il y a quelque 3,5 milliards d'années.

Une seconde réponse est à rechercher dans la façon dont on aborde la « réalité biologique ». En fait, nous pouvons entrouvrir là deux volets.

Le premier volet est d'ordre épistémologique : cela concerne la généralisation abusive des faits d'observations ou d'expérimentations. Souvent les résultats ne sont en fait que des cas particuliers et spécifiques (les titres des tirés à part, quelle que soit la branche concernée, sont, à ce propos, très édifiants). Mais le fait est généralisé et des modèles structuraux et fonctionnels sont hâtivement construits : il traîne, par exemple, toujours dans les livres de Biologie végétale, une généralisation de résultats sur la féverole concernant le déplacement de l'eau dans la racine. Cette représentation repose sur un cas particulier et de plus l'explication des phénomènes a complètement changé depuis une dizaine d'années.

Toute représentation scientifique est souvent incomplète et toujours approchée¹. Les scientifiques finissent eux-mêmes par perdre de vue

(1) J. Rosmorduc, *L'Histoire des sciences*, Paris, CNDP et Hachette Livre, 1996.

que le modèle ne repose que sur un cas particulier : une réalité scientifique parfois critiquable est érigée en concept. La science qui forme des connaissances rationnelles n'est pas elle-même produite par des processus rationnels. Le terrain est propice à la désinformation. L'enseignant ignore le plus souvent les désaccords éventuels entre scientifiques et se réfère aux propos les plus consensuels du moment¹.

Ces doutes sur la science elle-même facilitent-ils l'acquisition de la culture scientifique ? Sûrement non, mais je me permets de penser que plus claires sont les idées dans la tête de l'enseignant, plus claire est l'explication qu'il donne des phénomènes qu'il décrit aux élèves. De plus, montrer à l'élève que ce qui est écrit est critiquable et discutable n'est sûrement pas du temps perdu.

En fait, certains faits scientifiques sont purement et simplement ignorés, et même lorsque enfin « on » (le chercheur, l'enseignant...) les découvre, on se heurte au refus (pas obligatoirement conscient) de changer les images engrangées. Il est en réalité très difficile de démanteler une image mentale acquise, fût-elle fausse.

C'est comme par exemple, l'idée largement répandue qu'il n'existe « pas de vie sans dioxygène » ! Idée reçue ? idée construite... qui en fait signifie qu'il n'y aurait pas d'homme sans dioxygène.

Nous pouvons encore citer les débats interminables et les innombrables publications sur la stérilité masculine qui montrent qu'on ignore toujours ce qui en est réellement la cause (pollution ? ou autre...) mais que cela n'empêche nullement d'en discourir et d'en remplir des pages et des pages.

Le second volet est plutôt d'ordre sociologique : lié à la place donnée à l'homme, *Homo sapiens sapiens*, à travers les médias, mais aussi plus largement dans la culture biologique.

« La biologie c'est ce qui *nous* concerne. » Il me semble que cette phrase résume bien à elle seule une partie des problèmes. Dans notre mode de pensée, la Vie c'est l'homme. Cette « certitude » est liée à la place prépondérante de notre intellect sur notre physique. Nous nous désolidarisons spontanément de notre statut d'animal. Nous sommes penseurs donc nous sommes « mieux » et nous résumons le « but » du vivant. Nous ne voyons plus la biologie qu'à notre échelle.

Eh bien, nous avons tout faux. La Vie est bien autre chose que l'homme. J'irai par provocation jusqu'à dire qu'elle est tout sauf l'homme.

(1) F. Lurçat, *L'Autorité de la science*, Paris, Cerf, coll. « Passages », 1995.

Pour comprendre à quel point nous sommes insignifiants, il faut lire Stephen Jay Gould. Dans le chapitre « Le mode de la bactérie¹ », il cite le triomphe des bactéries sur Terre. Il met le doigt sur le « narcissisme attaché à notre propre échelle ». Et affirme que, pour caractériser le vivant, de manière réellement objective, il faut faire référence aux bactéries. Elles nous ont précédés, dans des conditions originelles bien différentes (monde sans oxygène soumis à de violentes irradiations...).

Elles existent depuis près de 4 milliards d'années. (La planète est née il y a 4,5 milliards d'années et l'homme apparaît il y a quelques malheureux millions d'années.)

Elles ont laissé des traces impressionnantes visibles dans les couches géologiques. Elles ont développé au fil du temps diverses stratégies adaptatives et colonisent actuellement tous les milieux possibles et imaginables (surface des glaciers, profondeurs océaniques, sources d'eaux chaudes...).

Elles sont indestructibles : des bactéries terriennes parties sur les caméras lunaires étaient toujours vivantes au retour. Elles résisteraient aux explosions nucléaires et à toutes les « manigances » humaines (lesquelles d'ailleurs ne feraient que détruire l'espèce humaine et les espèces proches).

Notre connaissance de la diversité bactérienne est récente. Elle bouleverse notre échelle de référence : les bactéries sont plus différentes entre elles que nous ne le sommes des herbes du jardin.

Les bactéries constituent même une partie de nous : dans notre tube digestif, sur notre peau... « 10 % au moins du poids sec (sans l'eau) de notre corps sont constitués de bactéries, dont certaines, bien que non héréditairement transmises, sont indispensables à notre existence. »

Voilà qui donne à réfléchir n'est-ce pas ?

Le mystère de la Vie est à rechercher dans les bactéries...

Mais cela ne se sait pas.

Que l'élève ne le sache pas n'est pas en soi fondamental, que l'enseignant ne le sache pas est déjà plus grave, car c'est sur des idées de ce genre qu'on pourrait édifier de nouvelles échelles de valeur sur la Vie elle-même. Même si, comme le fait remarquer l'IPR, l'élève se fiche pas mal des bactéries et ne s'intéresse qu'à l'homme... Raison de plus, dirais-je.

(1) S. J. Gould, *L'Éventail du vivant*, Paris, Seuil, coll. « Science ouverte », 1997.

Quelques pistes de réflexion pour remédier à cette « inculture » scientifique

Donc trop d'informations, pas assez d'idées fédératrices, des faits quelquefois ignorés... tels sont les écueils de la science auxquels nous sommes confrontés en tant qu'enseignants. Il faudrait sans doute aborder là les champs interdisciplinaires, mais cela dépasse de loin ma compétence personnelle.

Le contenu de notre enseignement devrait toutefois pallier ces insuffisances ou ces surplus. Il n'en est rien. Nos programmes ne contiennent pas les bases nécessaires et suffisantes à donner en réponse aux élèves.

Leur conception au départ obéit au souci de refuser le dogmatisme dans l'enseignement des sciences et de former l'esprit critique, comme le montre cet extrait du Bulletin Officiel (n° 8, février 1992) « [...] Apprendre à considérer un problème en cernant les difficultés une à une, savoir essayer et vérifier, construire sa connaissance soi-même par un jeu d'essais et d'erreurs. Ne pas se contenter d'une attitude passive devant une vérité révélée. [...] »

C'est ainsi que l'acquisition du savoir en SVT (Sciences de la Vie et de la Terre) passe par l'exercice d'une pratique expérimentale concrète, (Travaux Pratiques, TPE : travaux personnels encadrés, TIPE : travaux d'initiative personnelle encadrés), véritable apprentissage à la construction d'un esprit critique¹. L'acquisition de cet esprit critique est réel mais reste sans conséquence sur la façon d'acquérir les connaissances, malgré l'enthousiasme des élèves, et l'investissement des enseignants.

En fait l'acquisition par l'élève du savoir scientifique oblige l'enseignant à connaître les représentations mentales de ses élèves sur le sujet considéré, à en tenir compte, et à poser les bases d'un questionnement personnel en terme d'obstacles à franchir pour la construction de la connaissance nouvelle. Et tout ceci prend du temps.

De plus, les programmes ne répondent pas aux attentes des élèves : ils sont déconnectés des préoccupations fondamentales de nos étudiants. Ils sont parfois d'une abstraction frisant l'illusion². La représentation scientifique est en quelque sorte construite sans volonté, sans questionnement spontané de l'élève au départ. Les réponses sont données avant que ne se posent les questions. Actuellement, au lycée, la réflexion demandée aux élèves dans les questions de type bac s'approche des épreuves d'agrégation en termes de « mise en relation des

(1) P. Nouvel, *L'Art d'aimer la science*, Paris, PUF, coll. « Science, histoire et société », 2000.

(2) A. Giordan, *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Belin, 1999.

informations » et « synthèses ». Le jargon utilisé est dans un premier temps impénétrable : « Monsieur, je n'ai pas compris la question... » Les programmes sont par ailleurs tellement chargés et considérés comme impératifs que le corps professoral en est obsédé : « Il faut finir le programme !! »

Contradictoirement, il nous est souvent difficile de ne pas donner aux élèves, par souci d'explication, un tas de détails inutiles et encombrants...

L'élève apprend, l'élève sait...

Il encombre sa mémoire avec des détails inutiles, il n'a pas les clés du fonctionnement global du monde vivant, il ne possède pas non plus les moyens de saisir le fonctionnement et l'évolution du monde dans lequel il vit. « Le gavage est venu avant l'appétit et a provoqué l'écoeurement¹. » La connaissance ne sera pas réellement fixée, car elle n'est pas ressentie comme une découverte. « Toute la difficulté réside dans le fait de trouver un moyen terme entre gavage et appétit... d'autant plus que ce qui rebute les uns peut être apprécié par les autres... » remarque justement l'IPR avec qui je discutais sur ce point.

Dès qu'il y a acquisition, le savoir s'inscrit dans un contexte affectif et intuitif : il prend place dans un ensemble de sentiments et la pensée ne fixera la nouvelle perception que si elle lui trouve un certain écho, une résonance.

Eh bien non ! les sciences ne doivent pas être enseignées pour elles-mêmes : il faut introduire chez l'élève la curiosité d'aller vers ce qui n'est pas évident ou familier, il faut développer l'envie de chercher, de s'interroger. Ce n'est pas seulement un savoir qu'il faut construire mais un individu apte à apprendre, à trier dans la multiplicité des informations reçues, à les situer, à se situer. Il faudrait même envisager deux niveaux dans cet enseignement : d'abord reprendre les choses à la base et développer quelques grands concepts : énergie, matière, temps, organisation, identité... ce qui permettrait de former des « citoyens » à l'esprit ouvert, capables de s'interroger sur le monde et sur eux-mêmes, avec l'esprit critique par rapport aux avancées techniques et scientifiques (eugénisme et manipulations génétiques !!, le portable est-il dangereux ?...). Cette réflexion sur la science, sur les liens entre savoirs scientifiques, culture et société, ou encore entre savoirs et valeurs, est fondamentale, elle est plus importante que la connaissance scientifique

(1) A. Jacquard, *op. cit.*

elle-même. Et ce travail devrait être interdisciplinaire et systémique (approche du monde par la complexité).

Ce n'est que lorsqu'il possède ces clés, ces nouvelles représentations, que l'élève devient un citoyen qui peut s'approprier un optimum de savoirs scientifiques et techniques. C'est le second niveau, l'acquisition des connaissances plus précises, plus pointues, qui permettra éventuellement l'action et la concrétisation d'un choix. L'exercice d'une pensée raisonnable reposant sur des bases solides est la clé grâce à laquelle les sociétés pourraient devenir réellement démocratiques.

Ouvertures sur un débat

Il serait sans doute intéressant de reprendre les programmes de collège et de lycée sur une vingtaine d'années en arrière. On y lirait peut-être un réel souci de développer un « esprit scientifique » critique chez les élèves mais au détriment de l'approche naturaliste des organismes. Le pari de ne croire qu'en cette construction de l'esprit critique n'était-il pas trop risqué ?

Oserais-je émettre le souhait que les enseignants reçoivent de manière régulière, voire obligatoire, des actualisations sur les connaissances et l'évolution des idées dans le monde scientifique ?

Peut-être pouvons nous déjà faire vivre ce débat sur le site d'Atala avec les lecteurs de cet article qui souhaiteraient faire part de leurs remarques sur ces réflexions, je le répète, toutes personnelles¹.

Nathalie Touron

Bibliographie

F. Lurçat, *L'Autorité de la science*, Paris, Cerf, coll. « Passages », 1995.

J. Rosmorduc, *L'Histoire des sciences*, Paris, CNDP et Hachette Livre, 1996.

S. J. Gould, *L'Éventail du vivant*, Paris, Seuil, coll. « Science ouverte », 1997.

A. Jacquard, *L'Équation du nénuphar*, Paris, Calmann-Lévy, coll. « Les Plaisirs de la science », 1998.

A. Giordan, *Une didactique pour les sciences expérimentales*, Belin, 1999.

(1) Pour formuler vos observations, allez sur la page Atala du site du lycée Chateaubriand et suivez les instructions : <http://perso.wanadoo.fr/chateaubriand/page9.htm>. Nous les recueillerons puis les publierons dans cet espace de réflexion.

P. Nouvel, *L'Art d'aimer la science*, Paris, PUF, coll. « Science, histoire et société », 2000.

Pour la Science, avril 1998, Dossier « Les sociétés cellulaires », Les Maladies à prions, pp. 110-116.

Quelques articles ont aussi alimenté cette réflexion :

La Recherche :

n° 318, mars 1999, p. 14

n° 320, mai 1999, p. 13

n° 321, juin 1999, p. 11

n° 326, décembre 1999, p. 73

n° 329, mars 2000, p. 12

n° 332, juin 2000, pp. 46-51.

Eurêka :

n° 64, février 2001, pp. 6-9.