

(EN BIOLOGIE)

la science des manuels, une science de la fatalité

par Jean-Louis CORDONNIER

"Ce que je pardonne le moins aux diffuseurs de poisons, c'est qu'ils prétendent fournir des médicaments " (J. Rostand)¹

On n'enseigne jamais seulement les contenus explicites.

Dans les matières littéraires il va presque de soi que la subjectivité de l'enseignant intervient. En sciences, par contre, le rideau de fumée de l'objectivité masque les partis-pris. Je voudrais ici montrer comment l'enseignement majoritaire, à travers ses choix de contenus et de méthodes, amène à se construire une image fautive de la Science (ou des sciences ? La majuscule et le singulier participent déjà à cette image). Cette représentation fautive correspond à une représentation du monde dangereuse.

Cette dénonciation de ce qui m'est insupportable est également l'expression du refus de ce qui me déplaît encore dans mes pratiques d'enseignement. Comme le dit Simon Brest : « *la guerre civile est dans nos consciences*² »

Ça vient de sortir, donc c'est bien

Je voudrais d'abord montrer quelles conceptions scientifiques sont véhiculées par les programmes ; les programmes changent souvent et derrière les choix, on peut découvrir autre chose que des tendances conjoncturelles. Comme j'enseigne la biologie, c'est surtout là que je choisirai mes exemples ; il est probable que les mêmes critiques puissent être formulées dans les autres disciplines scientifiques.

Dans les programmes récents de lycée, une place nouvelle et importante est faite à l'immunologie et au génie génétique. L'importance que ces deux branches de la biologie peuvent revêtir dans un avenir proche est marquée par leur présence fréquente dans les médias, les controverses éthiques qu'elles soulèvent et les retombées économiques qu'on en attend. Sur le fond, on peut donc justifier l'introduction de ces nouveaux chapitres. Néanmoins, l'image de la biologie qui ressort de la présentation de ces recherches est celle d'une science de découvreurs réalisant des exploits techniques, comme le traduit cet extrait du *Nouvel Observateur* : « *J.L.M. est un explorateur. Au XIX^{ème} siècle on s'enfonçait dans les régions inconnues de l'Afrique pour en établir la carte. Depuis*

1 J. Rostand - *Inquiétudes d'un biologiste* - Stock - p 106.

2 Simon Brest (Dialogue n° 64 - p. 9)

dix ans, il s'efforce, lui, de dresser la carte de cet ultime terre vierge que constitue le génome humain (...). Or, le génome humain comporte 50 000 à 100 000 gènes. Rien que pour en établir la carte complète. les Américains, qui s'y sont attelés, ont calculé qu'il faudra dépenser autant que pour la navette spatiale »' (14/09/89).

Dans un texte ministériel sur les nouveaux bacs, on rencontre le même discours : « *Tous les jeunes qui se sentent attirés par le monde de la biologie et l'extraordinaire évolution des êtres vivants, d'abord spontanée puis voulue, ne devraient pas hésiter à se lancer dans la préparation du bac C2 qui leur ouvrira les portes de la plus grande aventure que notre espèce ait jamais abordée*³ ». A travers ces éloges assez largement repris par les manuels scolaires, on présente une **science de l'élite**. Se lancer à la conquête de concepts nouveaux est du même ordre que partir faire de l'escalade dans l'Himalaya ».

Une science sous appareillage

Comme les expéditions ou le Paris-Dakar, la Big Science nécessite de gros moyens techniques. Dans les lycées, on assiste à une escalade pour du matériel scientifique de plus en plus sophistiqué. On peut pourtant faire de l'enseignement scientifique sans gros matériel (voir dans ce numéro " nutrition du fœtus " qui ne nécessite ni scanner ni échographie). Les instructions prônent les " expériences assistées par ordinateur " et les élèves estiment qu'une balance électronique est plus scientifique qu'un trébuchet. Les documentaires télévisés montrent des laboratoires pleins de matériel .

Les expériences qui font avancer l'immunologie et le génie génétique sont irréalisables en classe. Il en résulte que l'enseignement des sciences à l'école glisse vers la vulgarisation : dans les manuels de biologie, on rencontre de plus en plus des comptes rendus d'expériences, souvent abusivement simplifiés. Le professeur devient donc le médiateur entre cette lointaine contrée de la Vérité, inaccessible au commun des hommes, et les élèves qui ne peuvent que contempler. Je rapproche cela de magazines télévisés comme " Ushuaia " et " Thalassa " qui proposent le voyage par média interposé ; quand c'est l'amour qu'on vend ainsi, cela s'appelle de la pornographie,

Une science qui abandonne ses vieux fossiles

À côté de la science qui avance sous les feux des médias, science de la nouveauté, on peut constater un certain nombre d'abandons : la théorie de l'évolution m'en semble l'exemple le plus caractéristique. Cette théorie fait depuis longtemps partie de certains programmes, mais dans la réalité, elle est le plus souvent peu enseignée. Elle figure au programme de l'option de terminale A et B qui n'est pas assurée dans tous les lycées et qui touche moins de la moitié des élèves de ces classes. Cela n'empêche pas les rédacteurs des programmes de premières A et B d'écrire Une généralisation sur le brassage interchromosomique et les mécanismes de remaniement de l'information génétique au cours des phénomènes sexuels préparera l'étude de la théorie synthétique de l'évolution inscrite au programme de TA-TB⁴.

Cette théorie est aussi le dernier chapitre inscrit au programme de terminale D (mais pas en TC). Une circulaire récente, relative aux sujets du bac que les enseignants en TD doivent fournir. leur rappelait qu'il fallait aussi fournir des sujets sur l'évolution . en 77, 79, 80, 84. 88, il n'y a eu aucun sujet sur l'évolution alors que tous les autres chapitres sont re

3 J. Ruffié - Les nouveaux bacs, ministère de l'EN - LdP 6229

4 Ajout de février 2008. En Terminale S, on étudie abondamment le transformisme ; mais la théorie darwinienne a elle aussi régressé.

présentés au bac chaque année. Une autre circulaire, aux enseignants de seconde, consacre quatre lignes sur huit à rappeler qu'il faut traiter tout le programme et n'en pas déborder, signe certain de la liberté que prennent les enseignants. Finalement, peu d'élèves auront étudié la théorie de l'évolution à la toute fin de leur scolarité secondaire.

Pourquoi cet abandon ? Le Néodarwinisme (= la théorie synthétique de l'évolution) datant des années 1950 dans sa version la plus récente, ne fait plus figure d'avancée de la science. Les découvertes dont on parle sont celle de fossiles humains comme Lucy (squelette d'Australopitèque presque entier découvert en 1974), Des fossiles, cela fait vieux. Cela manque de beaux appareils à présenter. L'impression de stagnation de cette théorie n'est pas fondée (voir plus loin) mais assez peu de profs de sciences lisent régulièrement des magazines scientifiques comme La Recherche ou Pour la Science. Il ne faut donc pas s'étonner qu'ils transmettent une image fautive des recherches dans ce domaine.

La question de l'évolution et celle de l'origine de l'Homme qui lui est liée, sont sans conteste des questions essentielles et majeures ; beaucoup de travaux concernant la génétique, les enzymes, le comportement animal etc, ont été entrepris pour trouver des arguments relatifs au Néodarwinisme et l'évolution est au coeur des problèmes abordés par la sociobiologie. Aux Etats-Unis, certains États ont voté des lois pour obliger l'enseignement du créationisme contre le Darwinisme⁵ et les différentes théories ont été débattues dans la presse.

Une Science pure

A côté de la science " pure " qui produit des concepts et des explications, il existe un important secteur de recherche qui produit des savoir-faire. Pour marquer qu'elle a changé, la Biologie-Géologie est devenue Sciences et Techniques Biologiques et Géologiques Les manuels scolaires ont accueilli de nombreux documents relatifs à l'agroalimentaire, au génie civil, etc. Mais la manière dont on se propose d'étudier ces sujets ressort à travers le vocabulaire utilisé dans les programmes ; sur trois pages et demi de BO relatives à la première S, on trouve, "*on indiquera on envisagera, on insistera, on évoquera on soulignera on sensibilisera. on informera on rappellera. on mentionnera. on étudiera sommairement, on constatera...*" La seule mention d'un travail critique est "*on discutera le modèle*". J'ai pu constater que peu de professeurs de biologie sont motivés à enseigner cette science " impure " qui, se bornant à constater des faits, ressemble aux leçons de choses d'autrefois.

Ceci est accentué par la formation des enseignants en fac, celle-ci ayant toujours méprisé la science appliquée. " Qu'est-ce qui les a menés jusqu'au Temple (...). Échapper à la vie quotidienne, avec ses cruelles rigueurs et sa morne désolation (.). C'est un mobile comparable à cette nostalgie qui retient le citadin vers le calme site de la haute montagne à l'air pur et silencieux écrivait Einstein à propos des chercheurs⁶ (5). De surcroît, il y a en France une séparation entre la formation des universitaires et des ingénieurs, contrairement à d'autres pays européens. La création d'université de technologie séparées des autres ne vient pas modifier cette tendance. Dans les programmes, sciences et technologies sont séparées

La science comme réflexion sur des phénomènes que l'on observe et que l'on produit, devient discours sur des faits absents.

A travers les nouveautés et les abandons des programmes, on peut voir qu'aucune réflexion n'est menée sur le rôle de l'expérience et l'utilité des théories Dans les classes où l'examen ne fait pas trop sentir sa pres

5 S.-J. Gould - Quand les poules auront des dents - Fayard - p. 289

6 G. Holton - L'imagination scientifique - Gallimard - chapitre 5

sion et où on a plus le temps (quand l'horaire officiel est respecté) je me permets des excursions hors programme. Cette année, je me suis lancé dans un concours de yaourts en 1ère S. Et pourquoi pas, un jour, dans un concours de bières ? Peut-être à cause des difficultés conceptuelles dans la science appliquée, il est difficile d'isoler un fait simple, pour les physiciens par exemple, un boomerang est un objet hautement complexe et ce n'est qu'en 1973 que l'on a su modéliser son fonctionnement. Si j'aime le boomerang et le yaourt, c'est sûrement parce que " je préfère le domaine des sciences où on ne sait pas trop bien ce que l'on fait " comme le dit René Thom à propos des maths⁷.

Une science sans raisons sociales

Enfin, parmi les chapitres d'introduction récente, on trouve une partie sur la reproduction humaine dans laquelle existe un chapitre sur la contraception. L'introduction de ce chapitre n'a pas d'abord été motivée par son intérêt scientifique mais bien plutôt par nécessité pratique, malgré l'information sexuelle assez bien transmise par les enseignants, environ la moitié des filles de 15-19 ans continuent d'avoir leurs premiers rapports sexuels sans aucun moyen contraceptif et 6 % des filles du même âge subissent une IVG. Les enseignants de biologie ont de fortes réticences à " déborder " de l'aspect technique, alors qu'il est manifeste qu'une simple information n'entraîne pas de modification de comportement.

De la même façon qu'on nous demande de faire une étude sur le comportement alimentaire des Français, j'ai fait travailler les élèves de première B à partir de statistiques sur le comportement sexuel des adolescents et sur un des films " l'amour en France ". J'espère qu'en reliant ainsi l'information sexuelle sur les contraceptifs au réel usage social qui en est fait, les savoirs sur la contraception deviendront opérants

Une science sans citoyens

Quand on regarde les démarches, mises en situation, les " cinq premières minutes " du GFEN, on perçoit bien que nous refusons de nous laisser enfermer dans des frontières disciplinaires, et que c'est toujours aussi pour autre chose que nous travaillons

Cette attitude est très minoritaire dans l'enseignement comme elle l'est dans la recherche, ainsi que le montre Holton dans le chapitre " De la psychologie des hommes de science et de leur intérêt pour les problèmes sociaux " ⁸. « *Pour la grande majorité des scientifiques, l'engagement personnel euphorique et la poursuite de la science telle qu'elle est actuellement encouragée et comprise d'une part, et d'autre part les pré-occupations sociales nécessaires chez es professionnels dans le monde d'aujourd'hui, constituent au fond des caractéristiques orthogonales ou peut-être même largement contradictoires* ». Bien sûr, quelques scientifiques comme Léo Szilard ou Jacques Testart ont eu le courage d'arrêter leurs recherches (respectivement sur la physique nucléaire à la suite d'-Hiroshima et sur la FIVETE), mais ces scientifiques qui sont la mauvaise conscience de leur profession sont fort peu nombreux.

Cette importance que le GFEN accorde au contexte dans lequel le savoir s'inscrit est ce qui nous sépare de beaucoup de chercheurs en sciences de l'éducation : nombre d'entre eux sont prêts à souscrire à des méthodes actives, et d'accord pour dire que le savoir se construit et ne se transmet pas. Mais en s'enfermant dans le triangle didactique le savoir - l'élève - le prof, nombre de ces théoriciens négligent comment ce savoir fait sens dans la vie hors de l'école. C'est-à-dire que pour eux, la construction de citoyens au sens fort du terme n'existe pas. Or, seul un

7 R. Thom - Parables et catastrophes - Champ Flammarion - p. 29

8 G. Holton op cit chapitre 10

savoir en rapport avec des questions qui font sens ici et maintenant peut être opératoire (ce qui ne signifie pas forcément des questions neuves . s'interroger sur les "barbares" d'aujourd'hui est un puissant motif pour étudier ceux du 4ème siècle, mais avec un projet). Il ne peut donc y avoir d'éducation nouvelle que du temps présent.

Rétablir un contexte et un enjeu

Après le tableau assez sombre que j'ai dressé, il y a quand même quelques lieux où je me sens beaucoup mieux, car il existe des contradictions qui peuvent être utilisées comme espace de liberté. Ainsi, dans les programmes de 1A et 1B, il existe un chapitre intitulé " diversité des hommes ". Je me suis emparé de ce chapitre de génétique pour faire travailler sur des contenus scientifiques qui contredisent certaines thèses sur l'immigration et les races. Ce travail sur documents à partir du livre " Moi et les autres"⁹ du généticien Albert Jacquard - a plu à la plupart de mes élèves de 1B. Nous savons bien que la polémique et le débat qui obligent à rechercher des arguments sont un ressort efficace dans l'appareillage d'un cours

Dans la rubrique " les équilibres de la biosphère ", la démarche " la terre, notre vaisseau spatial à tous " (dans ce numéro), ça marche fort aussi ! Je ne détaillerai pas toutes les échappées possibles. La panoplie du GFEN contient plein de "procédés" qui permettent de relier les savoirs à des questions philosophiques, politiques, sociales, éthiques, bien souvent, ces questions mêmes qui ont été à l'origine du problème qui a conduit à ces savoirs

"Être du bond, pas du festin, son épilogue" ¹⁰

La construction de citoyens ne s'effectue pas qu'à travers les contenus-épilogues mais aussi dans les bonds-processus d'apprentissages. Et c'est également à travers la pédagogie utilisée dans l'enseignement scientifique que se forme l'image de la science. Autant il est difficile de s'éloigner beaucoup des programmes, autant la marge de liberté est beaucoup plus grande pour les méthodes. Les instructions sur la manière d'enseigner les sciences sont une vraie auberge espagnole et ne changent guère voire régressent **en 1967, la plupart des maîtres considèrent encore l'enseignement scientifique comme un enseignement de vérités** ; l'essentiel pour eux dans la science est la connaissance valable. Les instructions précisent "*Il est rappelé que l'exercice d'observation étant destiné à cultiver et à former l'esprit de l'enfant, les connaissances sont à l'école primaire un moyen et non un but*". Quarante ans plus tard, les instructions de la réforme Chevènement pour les collèges permettent de lire . "*Le plan de la leçon fondé sur le problème scientifique et non sur sa méthode de résolution intègre les données descriptives et méthodologiques. Il fait apparaître l'organisation progressive et rigoureuse du savoir, condition indispensable à l'appropriation des connaissances essentielles*"¹¹. Après avoir relu la phrase précédente dix fois, vous pouvez constater qu'on peut presque tout lui faire dire, et qu'elle peut justifier aussi bien un cours magistral le plus vieillot qu'une pédagogie d'éducation nouvelle.

La question des outils mentaux - l'argumentation, l'imagination, le résumé, n'apparaît jamais dans les programmes de biologie. Avec les moyens du bord et la réflexion des stages que nous avons animés dans l'Académie de Caen, c'est un des objectifs prioritaires de mon enseignement. Regarder comment on a fait pour y arriver, bien plus qu'où on est arrivé.

9 A. Jacquard - *Moi et les autres* - Point Seuil

10 R. Char - *Oeuvres complètes* - La Pléiade - p 222

11 Instructions pour le collège. LdP n° 6111

"Tout ce qui est rigoureux est insignifiant"¹²

Qu'enseignons-nous de la rigueur ? Interrogez vos collègues de sciences, vous apprendrez que beaucoup d'expériences sont truquées, ou disons-le pudiquement " arrangées ".

Je me souviens de cette collègue fort embarrassée, le livre indiquait " L'argile sédimente plus vite dans l'eau de mer que dans l'eau douce " Elle avait rempli un tube à essai d'eau du robinet et salé l'eau du second. Malheureusement, l'argile tombait plus vite au fond du tube d'eau douce, le contraire de ce qu'affirmait le livre ! Je lui ai proposé une explication : le phénomène devait être lié à la concentration en ion calcium. Or, l'eau de la région parisienne contient beaucoup de calcium, l'eau de mer contient du sulfate de calcium qui ne se retrouve pas dans le sel de table. Je lui ai indiqué une piste de recherche à creuser avec les élèves : essayer avec de l'eau distillée, et de l'eau contenant du chlorure de calcium. Elle a choisi une autre solution . mettre une étiquette " eau de mer " sur le tube contenant l'eau du robinet et une étiquette " eau douce " sur l'eau salée. Quand les profs trichent, qu'imaginent-ils transmettre comme vérité ? (Et j'en ai un plein panier de ce genre d'anecdotes).

Anecdotes ? Bien souvent, les élèves ne sont pas dupes mais cela finit aussi fréquemment par " la science, je n'y comprends rien, mais j'y crois ".

Cette tricherie n'existe pas qu'en contrebande elle se retrouve dans les problèmes de bac. Dans le sujet de bac de TD (Amiens juin 89 sujet 2), on présente une courbe qui permet de retrouver que les chlorelles (ce sont des algues unicellulaires) respirent autant à la lumière qu'à l'obscurité. C'est vrai que les élèves sont souvent étonnés quand ils découvrent que la respiration des plantes n'existe pas qu'à l'obscurité. Mais depuis, les programmes ont changé. Et une notion qui n'était jusqu'alors étudiée qu'en fac - la photorespiration - est maintenant étudiée en terminale D (Livre TD Bordas p 134). Dans les problèmes, les élèves vont maintenant devoir retrouver que les chlorelles respirent plus à la lumière qu'à l'obscurité, autrement dit, la soi-disant expérience du bac 89 n'était qu'invention. Quelle image de la science est donc transmise par cet enseignement qui ment sans jamais faire amende honorable ?

Bien sûr. ces simplifications partent du bon sentiment que cela serait trop compliqué sinon. Mais d'une part ces simplifications finissent par devenir des obstacles lorsqu'il va falloir regarder le réel, et en plus elles sont mêlées à d'authentiques erreurs.

Une science faussement immobile

Si on regarde es schémas de la structure de la membrane cellulaire depuis vingt ans, ou bien les ponts continentaux avant la redécouverte de la dérive des continents, ou même en remontant un peu plus loin les graines de fougères ou la syphilis héréditaire, on voit que les manuels assènent des erreurs en leur donnant le statut de vérité. Dans aucun manuel, on ne trouve jamais trace des idées fausses abandonnées, **la science des manuels n'est jamais hésitante, n'a jamais tort, n'a aucun repentir, elle n'a surtout pas d'histoire.**

Et pourtant, à y regarder de près, les erreurs dans lesquelles ' tombent " les élèves sont bien souvent des théories anciennes construites avec peine par les savants de l'époque¹³.

12 R. Thom op cit. p. 105

13 Les représentations des élèves en Biologie - INRAP 1988 avec articles de M Tramoy et A. Duny

" Car ce n'est que par l'erreur,
où il est inéluctablement engagé
que l'homme devient le chercheur qu'il est,
l'homme qui cherche.
Car l'homme a besoin d'accepter les vains efforts,
il lui faut accepter leur terreur,
la terreur de tous les errements,
et la reconnaissant, la boire jusqu'à la lie "¹⁴.

Les erreurs des élèves ne sont pas aléatoires. Donc pas uniquement explicables en termes d'inattention, mais bien par ce que Bachelard appelle un " obstacle épistémologique ".

« *Il s'agit non pas d'acquérir une culture expérimentale, mais bien de changer de culture expérimentale. de renverser les obstacles déjà amoncelés par la vie quotidienne*¹⁵ »

La règle implicite utilisée par les élèves ne correspond pas forcément à celle qu'ils énoncent parce qu'ils en ont appris la formule. C'est lorsque la procédure habituelle conduit à un résultat inattendu que la procédure peut être remise en cause . seul le travail sur l'erreur peut permettre de franchir l'obstacle épistémologique, on ne **peut progresser qu'en faisant des erreurs**¹⁶. Un de mes outils de travail est le " bêtisier "des erreurs des élèves, Au lieu d'être l'occasion des sarcasmes traditionnels sur le " niveau qui-baisse-cher-collègue " le relevé des erreurs des élèves est un très bon guide pour repérer les itinéraires que les élèves empruntent dans la construction de leurs savoirs. C'est une des raisons qui m'a motivé à cesser de mettre des notes : comment pourrais-je continuer à dire " c'est bien " ou " c'est mal " alors que je pense " c'est intéressant de chercher comment on peut progresser à partir de là ". Les techniques d'auto-socio-construction du GFEN utilisent souvent cette mise à jour des erreurs à travers le conflit de deux thèses qui s'affrontent. Le résultat de la bataille est incertain et nous fait passer de la science de jour à la science de nuit, telles que les présente François Jacob¹⁷.

" La science de jour met en jeu des arguments qui s'articulent comme des engrenages, des résultats qui ont la force de la certitude. On en admire la majestueuse ordonnance comme celle d'un tableau de Vinci ou d'une fugue de Bach. On s'y promène comme dans un jardin à la française. Consciente de sa démarche, fière de son passé, sûre de son avenir, la science de jour avance dans la lumière et la gloire.

La science de nuit au contraire erre k l'aveugle. Elle hésite, trébuche, recule, transpire, se réveille en sursaut. Doutant de tout, elle se cherche, s'interroge, se reprend sans cesse. C'est une sorte d'atelier du possible ou s'élabore ce qui deviendra le matériau de la science. Où les hypothèses restent sous forme de pressentiment vague, de sensations brumeuses. Où les phénomènes ne sont encore qu'événements solitaires sans liens entre eux ".

14 H Broch - La mort de Virgile - Seuil utilisé par le compositeur J. Barraqué dans le concerto " Le temps restitué "

15 G. Bachelard - La formation de l'esprit scientifique - Vrin - chapitre I

16 S. Nony-Ducom - Je me trompe donc j'apprends - Dialogue n' 66 p 9

17 F. Jacob - La statue intérieure - p. 330

" Doute dévastateur, doute nourricier "18

Les élèves sont surpris quand à une question, on répond " je ne sais pas" et, quand on ajoute que c'est un problème qui n'est pas encore résolu, il leur semble que c'est un artifice de prof pour vite masquer son incompetence. Peu de gens savent qu'on continue de faire des découvertes en mathématiques. Essayez de demander à vos collègues mathématiciens le nom de quelques mathématiciens du vingtième siècle ! En biologie, cette ignorance est moins répandue, médias obligeant. Pourtant, la certitude qu'il existe encore des découvertes à faire est un bon motif pour se mettre à chercher. C'est quand le doute s'installe que l'espace se dégage pour pouvoir construire de nouveaux savoirs. Comme le dit J Rostand : il faut **" en savoir autant que les autres, mais en ignorer davantage "19**.

Un sondage récent indiquait que 85 % des Français croient que la terre tourne autour du soleil et que 15 % croient que c'est le soleil qui tourne autour de la terre. On peut bien sûr s'interroger pour savoir si les 85 % qui croient " la vérité " croient de la même façon que les 15 % qui baignent dans l'erreur. Mais surtout, on ne parle pas des non réponses. Tenant ce sondage de seconde main, je ne sais pas combien ont avoué leur ignorance, Il doit bien en avoir quelques-uns. Sont-ils donc si peu nombreux ? Résultat d'un système scolaire où il vaut mieux répondre n'importe quoi plutôt que d'avouer son ignorance. Alors avec Wittgenstein peut-on dire " où manque le doute, manque aussi la connaissance".

Le piège des mots, le piège des photos

Pendant très longtemps, les biologistes ont groupé sous le nom d'animalcules, les microbes et les spermatozoïdes, Le mot empêchait de se poser des questions sur l'unité de la réalité qu'il était sensé recouvrir . cela montre que le mots ne font pas que désigner, mais qu'ils sont 'expression d'un concept sous-jacent. Or, nous savons bien que les concepts se construisent Ce n'est donc qu'après avoir construit un concept que l'on peut le nommer. La plupart du temps, l'enseignement procède à l'inverse, on annonce : " nous allons étudier le noyau " suivi par quelques diapositives du noyau cellulaire pour que les élèves voient ce que c'est qu'un noyau. Et on suppose que puisqu'ils ont vu, ils savent et n'ont plus qu'à se souvenir. On suppose que nommer le concept suffit pour que les élèves se l'approprient.

Il y a donc un processus partant du réel multiforme et aboutissant à un mot qui simplifie et structure ma perception du réel. Avant même de nommer, le simple fait d'isoler dans ce que je vois une forme est déjà une opération mentale. J'ai fait observer aux élèves deux photos prises au microscope électronique avec comme consigne de trouver les éléments correspondants des deux photos . ça donne une heure de désaccord, hypothèses, accords momentanés et retours à la case départ. Cela aurait été si simple de dire " cette ligne c'est l'enveloppe du noyau " . Une fois qu'on possède le mot, il va bien sûr servir d'outil de pensée pour interroger le réel. Mais **nommer le concept n'a de sens que si on se le construit**. Cet accord du réel avec ce qui le désigne doit réciproquement être sans cesse mis en doute. Surtout parce que le langage scientifique donne l'image d'un fonctionnement par dichotomie, posant des alternatives comme " soit-soit " ou " vrai-faux " Or, **"l'emploi de "vrai ou faux" a ceci de fallacieux que tout se passe comme si**

18 Cioran - De l'inconvénient d'être né - Folio - p. 108

19 J. Rostand op cit. p, 75

L'on disait "cela s'accorde avec les faits ou non " alors que ce qui est en question, précisément c'est cet accord²⁰.

Une science positiviste

Pour dire cela autrement, maints profs de science sont persuadés qu'il faut enseigner des faits, à la manière dont Auguste Comte affirmait . *"La véritable observation est la seule base possible des connaissances vraiment accessibles. Toute proposition qui n'est pas strictement réductible à une simple énonciation d'un fait ne peut offrir aucun sens réel et intelligible"*²¹.

C'est se méprendre profondément sur ce qu'est la réalité : la réalité n'existe pour nous qu'à travers la perception que nous en avons et cette perception ne nous est intelligible qu'à travers les outils, les fictions, les systèmes, les simplifications et les mythes que nous, les hommes, nous nous sommes construits

Dans un stage, pour réfléchir sur le sens de " abstrait et concret", nous nous sommes servi d'une situation issue du domaine des maths majoritairement perçu comme celui de l'objectivité Les questions est-ce que $\cos x$ c'est abstrait ou concret ? 7% abstrait ou concret ? Et -4 ? Et zéro ? et $i = \sqrt{-1}$? Vingt questions de ce type y compris des figures géométriques. La diversité des réponses et l'impossibilité de se mettre d'accord montre que le problème est ailleurs, dans la perception que chacun a du problème. Parmi toutes les clés possibles, une qui me semble opératoire est de classer ces notions en " ça ne me pose pas de problème " et " ça mérite réflexion ". Par exemple, il est un moment où l'addition ne pose plus de problème, puis lorsqu'on rencontre les vecteurs, les polynômes ou les matrices, il faut se reconstruire le concept. Temps de stabilité jusqu'à une nouvelle rencontre, par exemple les additions modulo p dans \mathbb{Z}/p . À chaque fois que le concept est en chantier, il mérite réflexion et est clairement perçu comme une construction qui n'est pas assimilable au réel. Dès qu'il est devenu familier, il devient une description du "réel" et on le dit concret.

La vérité par le nombre

Une mystification supplémentaire est apportée par l'idée que la présence de données numériques augmente la scientificité, voire même qu'il n'y a de science que du quantifiable (opinion représentée surtout chez les physiciens). On observe ainsi d'année en année l'envahissement des annales du bac de biologie par des courbes, tableaux de données, etc. Pourtant, le raisonnement quantitatif à l'aide de nombres risque de faire perdre le sens du problème que l'on doit résoudre, Il y a perte du sens global²² :

Un test effectué dans une université américaine auprès d'étudiants de première année de physique montre que la plupart savent calculer la trajectoire d'une balle animée d'un mouvement horizontal à l'instant initial. Devant le problème pratique consistant à lâcher la balle pour qu'elle tombe dans un seau alors qu'eux-mêmes sont en mouvement, environ un tiers la lâche avant, environ un tiers au dessus du seau, et environ un tiers après. Le calcul sensé améliorer la précision et indiquer exactement où il faut lâcher la balle **aboutit au résultat inverse.**

20 Wittgenstein op cit p. 66

21 A. Comte - Discours sur l'esprit positif in La Science sociale - Idées Gallimard p 231

22 Legrand - La crise de l'enseignement ; un problème de qualité - éditions ALÉAS Lyon

" Dans la classe de terminale X en 1988, 3 redoublants sur 3 sont reçus au Bac et 12 non-redoublants sur 22 en 1989, 9 redoublants sur 10 et 8 non-redoublants sur 15 Le Proviseur se réjouit dans cette classe les résultats se sont améliorés, passant de 15 reçus sur 25 à 17 reçus sur 25. Les parents contestent le pourcentage de reçus a baissé aussi bien pour le redoublants que pour les non redoublants" Les **nombres ne sont pas des preuves, tout au plus des arguments.**

J'utilise chaque fois que j'en trouve (ou que j'en invente) des exercices avec des données inutiles. Par exemple, dans une étude sur la croissance du maïs (semé en avril, récolté en octobre) on donne les températures et les précipitations de tous les mois de l'année, Beaucoup d'élèves calculent la température moyenne de l'année comme on fait avec les notes ! - en intégrant ainsi les mois où il n'y a pas de maïs dans le champ. Ensuite, je raconte l'histoire de l'âge du capitaine. Certains finissent par devenir méfiants.

Quand l'incertitude est un gros mot

De plus, il faut remarquer que presque toutes les données numériques peuvent s'apparenter à des sondages, c'est-à-dire qu'elle sont entachées d'incertitude. Le concept d'incertitude est souvent confondu avec erreur dans le discours des profs et des manuels. Cela laisse sous-entendre qu'il y a une mesure vraie et unique et que trouver un autre résultat est donc faux. On n'utilise donc aucun outil statistique comme l'écart-type ou les tests. Beaucoup d'expériences deviennent alors ininterprétables.

Devant une expérience de simple choix où une étoile de mer avait trouvé 1 100 fois sur 1 200 une moule cachée dans un labyrinthe en Y, certains élèves de 5ème estiment que c'est du au hasard " sinon, elle y aurait été toutes les fois" . d'autres estiment que dès que le résultat diffère de 600/600, cela prouve qu'elle sait, puisqu'elle va plus du bon côté ' .

On se doute des raisons qui poussent alors à truquer les expériences

L'induction

Dans les exercices et les problèmes, les données numériques et les observations sont fréquemment utilisés comme point de départ d'un raisonnement par induction : à partir des résultats d'une expérience, on pourrait remonter directement à une explication ou même une loi plus générale.

Depuis longtemps, l'impossibilité de l'induction comme raisonnement solide, a été établie^{23 24}. Telle qu'elle est utilisée dans les problèmes de bac, elle permet au mieux de retrouver des connaissances et le plus souvent c'est une devinette sur la question de cours qu'il va falloir réciter en la déguisant. **Induire une explication, à partir de résultats qui ne correspondent pas à un questionnement préalable est la négation de ce que c'est qu'un projet de recherche.** On coupe ainsi le savoir des réelles conditions de sa production, de la finalité qu'il peut avoir. En réduisant finalement le savoir à sa seule énonciation, on favorise les enfants de la bourgeoisie face à ceux d'origine ouvrière²⁵. La mise en pratique de cette épistémologie n'est donc pas neutre quant à la sélection effectuée par l'école.

23 F. Engels - Dialectique de la nature - Editions sociales p. 228 et s.

24 J.-P. Astolfi etc. - Quelle éducation **scientifique** pour **quelle société** - PUF p. 93 et s.

25 B. Charlot - in Quelles pratiques pour une autre école - Casterman p. 130 à 153

Ce qu'est une preuve

Le corollaire de cette expérience qui induit le concept est l'expérience qui démontre : on entretient une confusion entre corrélation et causalité, à partir du constat que le résultat n'est pas contradictoire avec celui prévu par la théorie, on infère que la théorie est juste. Cette façon de procéder ne résiste pas à l'analyse la plus sommaire, bien sûr. Depuis longtemps, Karl Popper²⁶ et ses successeurs ont montré qu'une expérience peut au mieux contredire (ou infirmer comme on le dit de plus en plus) une hypothèse.

Pour chaque nouvelle production d'hypothèse, il va falloir faire des expériences de contrôle (ou expériences témoins), mais devant cette affirmation, mes collègues protestent souvent que cela prend trop de temps et puis on ne va pas tout redécouvrir. Tout peut-être pas, mais à vouloir n'utiliser que des autoroutes, que connaît-on du pays traversé ? Et c'est souvent en explorant ainsi les expériences à l'aide de différents contrôles que les élèves découvrent des artefacts dans les expériences (et moi aussi du même coup !) plusieurs réactifs classiquement utilisés dans les TP donnent de faux positifs ou de faux négatifs dans certaines conditions expérimentales. Plusieurs fois devant ce type de " découvertes ", certains collègues m'ont répondu . " c'est ennuyeux, tu n'as qu'à pas faire de témoin avec les élèves . Malheureusement, c'est juste le contraire que je fais. Si l'on veut que les travaux pratiques soient autre chose que la répétition d'expériences décrites dans les livres, simple manipulation d'objets faite dans l'absence de pensée critique, il faut changer de conception sur le résultat attendu. Aucun résultat ne peut être qualifié d'anormal, par contre on le qualifiera d'inattendu et on s'en félicitera. Parce que c'est souvent l'anormal, le pathologique qui permet de remettre en chantier ce qui semblait sûr. **Alors le résultat perd son statut de preuve**, de la même façon qu'on refuse les dogmes où il faut croire ce qui est dit, on va refuser les dogmes où il faut croire parce qu'on a vu.

" Si tu détruis, que ce soit avec des outils nuptiaux"²⁷

Toutes les pratiques du GFEN vont à l'encontre de cette immédiateté de l'observation et sont plus proches de l'épistémologie de Gaston Bachelard ; *"L'observation a besoin d'un corps de précautions qui conduisent à réfléchir avant de regarder (,), ce n'est jamais la première observation qui est la bonne, L'observation scientifique est toujours une observation polémique (.) elle reconstruit le réel.²⁸* Voilà pourquoi j'ai inventé " observation avec questions préalables " inspiré de la démarche " lecture avec questions préalables "²⁹. L'histoire des sciences n'est pas l'histoire des découvertes. Elle est celle des contre-exemples qui ont bouleversé les théories en place, et elle est donc surtout celle des erreurs du passé. Parce que c'est beau, ces erreurs là. Un enseignement des sciences qui prend en compte l'histoire des sciences est donc un enseignement révolutionnaire, au sens de révolution scientifique³⁰. On y détruit autant qu'on y construit. Cette dialectique de preuves et de réfutations³¹ est donc à l'opposé de ce que proposent les instructions de sciences naturelles pour le collège . " *l'organisation*

26 K. Popper - La logique de la découverte scientifique - Payot

27 R. Char op cit. P. 335

28 G. Bachelard - Le nouvel esprit scientifique - PUF p. 16

29 GFEN - Je cherche donc j'apprends - Messidor p. 63

30 T. Khun - La structure des révolutions scientifiques - Champs Flammarion

31 I. Lakatos - Preuves et réfutations (sur les maths) - Hermann

progressive et rigoureuse du savoir" (cf note 11). Toute reconstruction du réel ne peut être qu'éphémère.

La loi et la fatalité

Il existe un profond rapport entre l'usage par le GFEN de la dialectique pensée/action et le refus de la fatalité qui sous tend notre conviction " tous capables ". Si le fait prime, cela signifie que la loi est inscrite dans la nature. " C'est la loi de la nature "est une phrase explicative fréquemment fournie par les collégiens embarrassés. Cela signifie aussi, " c'est comme cela de toutes façons, à quoi bon se poser la question ". Au contraire, si la loi c'est moi qui la fabrique comme raccourci, précision de ce que j'ai compris du réel, cette loi peut éventuellement être révoquée. Et le réel lui aussi peut être modifié même si l'intelligence était 100 % génétique et déterminait complètement le devenir scolaire des enfants, l'ingéniosité des hommes est assez grande pour modifier les gènes et donc briser cette fatalité.

" La nature de l'homme, c'est de dire non à la nature. La nature, c'est qu'un enfant meure une fois sur deux avant cinq ans. J'ai dit non, j'ai gagné. un enfant sur cent maintenant. Un jour, un enfant sur mille, peut-être un jour aucun enfant. Je dis non à la nature, la nature nous a fait non égaux. Ya qu'a regarder : aucun homme n'est égal à un autre homme évidemment. Mais la nature, ça m'est égal. Moi je dis : il faut que les hommes soient égaux. Et puis quand je l'aurai réalisé - il y en a pour des siècles - quand je l'aurai réalisé, eh bien, j'inventerai d'autres exigences. d'ai inventé la beauté, j'ai inventé la justice. ça n'existe pas dans l'univers. Et j'ai inventé encore mieux, j'ai inventé des exigences, moi, l'homme ". Albert Jacquard³².

Une science où les lois se constatent est une science de l'impuissance et de la fatalité.

Derrière le mot " loi " se cache d'ailleurs souvent une conception simpliste de la causalité : un phénomène A est la cause d'un phénomène B, Pourtant, depuis l'introduction des idées de la cybernétique, le concept de causalité a bien changé. On pense maintenant les phénomènes comme partie d'un système avec lesquels ils interfèrent dans des boucles de rétroaction (= feed-back), On retrouve ce type de modèle dans les travaux de Prigogine ou bien les recherches sur les turbulences. Cette nouvelle vision de la causalité où tout interagit avec tout ne peut qu'irriter ceux qui pensent avec de petites cases. Ça fait fouillis dans les tiroirs bien rangés du cerveau.

" Un homme sans défaut est une montagne sans crevasse, il ne m'intéresse pas³³ ".

Qui n'a entendu cet aphorisme : " Mieux vaut une tête bien faite qu'une tête bien pleine ". Cet état permanent d'inachèvement des théories scientifiques ferait plutôt pencher pour une tête bien inachevée, une tête mal rangée, parce que c'est une tête où ça déménage. Une tête nomade parce que "seuls vivent ceux qui n'ont point trouvé leur paix dans les provisions qu'ils avaient faites³⁴ ". Devant cette science toujours en mouvement, l'épistémologie de K. Popper ne convient décidément pas. Les théories scientifiques ne meurent pas facilement, il leur faut souvent

32 A. Jacquard - in Semaine-Provence (28-4-89)

33 R. Char op. cit. p. 183

34 A. de Saint-Exupéry **Citadelle** - chapitre 9

bien plus qu'un coup de réfutation. Einstein, malgré les « faits » n'a jamais été convaincu par la mécanique quantique. Et il a clairement affirmé que sa vision au monde primait sur les faits³⁵. Peut-être n'avait-il pas tort : beaucoup de théories scientifiques sont revenues sur leurs pas. La génération spontanée, par exemple a d'abord été combattue par Pasteur (parce qu'il ne croyait pas que Dieu puisse continuer sa création) puis réhabilitée en au moins un exemplaire pour expliquer l'origine de la vie (parce que Dieu n'avait pas pu créer la vie). Les théories de la lumière ont effectué plusieurs allers et retours entre onde et corpuscule. Aujourd'hui, la théorie néo-darwinienne de l'évolution est remise en cause par Kimura³⁶ et Gould³⁷ et on voit même repoinde des versions lamarckiennes autrefois défendues par Lyssenko.

Pour une science dadaïste

L'épistémologie qui se dégage de ces pages de l'histoire des Sciences est proche de celle de Paul Feyerabend et d'Imre Lakatos (malgré leurs différences).

Paul Feyerabend : " L'anarchisme (ou le dadaïsme p. 207) tout en n'étant pas la philosophie politique la plus attrayante est certainement un excellent remède pour l'épistémologie et pour la philosophie des sciences (...). L'histoire des révolutions est toujours plus riche de contenu, plus variée, plus multiforme, plus vivante, plus ingénieuse que le pensent les meilleurs historiens (...). L'éducation scientifique que nous connaissons a pour but de rendre les idées plus simples, plus uniformes, plus " objectives et prêtes à se soumettre à des règles strictes et immuables (...). La religion d'un individu ou sa métaphysique, ou son sens de l'humour ne doivent plus avoir le moindre lien avec son activité scientifique. Son imagination est entravée, et même son imagination cesse de lui appartenir³⁸ (38).

Une éducation scientifique telle que celle qu'il dénonce ici ne peut pas se concilier avec une attitude humaniste.

35 G. Holton - op cit. chapitre 5

36 Pour la Science Janvier 1980 (Kimura)

37 R. Dawkins - L'horloger **aveugle** - Laffont p. 269 et s. (Gould)

38 P. Feyerabend - Contre la Méthode - Seuil - Introduction.