

UMR ADEF

JOURNAL DU SEMINAIRE TAD/IDD

Théorie Anthropologique du Didactique & Ingénierie Didactique du Développement

There is a phrase I learned in college called, "having a healthy disregard for the impossible." That is a really good phrase. Larry Page (1973-)

Ceux qui prennent le port en long au lieu de le prendre en travers. Marcel Pagnol (1895-1974)

Le séminaire TAD & IDD est animé par Yves Chevallard au sein de l'équipe 1 de l'UMR ADEF, dont le domaine général de recherche s'intitule « École et anthropologie didactique des savoirs ». Ce séminaire a, solidairement, une double ambition : d'une part, il vise à mettre en débat des recherches (achevées, en cours ou en projet) touchant à la TAD ou, dans ce cadre, à des problèmes d'ingénierie didactique du développement, quel qu'en soit le cadre institutionnel ; d'autre part, il vise à faire émerger les problèmes de tous ordres touchant au développement didactique des institutions, et notamment de la profession de professeur de mathématiques. Deux domaines de recherche sont au cœur du séminaire : un domaine en émergence, la didactique de l'enquête codisciplinaire ; un domaine en devenir, la didactique des savoirs mathématiques.

La conduite des séances et leur suivi se fixent notamment pour objectif d'aider les participants à étendre et à approfondir leur connaissance théorique et leur maîtrise pratique de la TAD et des outils de divers ordres que cette théorie apporte ou permet d'élaborer. Sauf exception, les séances se déroulent le vendredi après-midi, de 15 h à 17 h puis de 17 h 30 à 19 h 30, cette seconde partie pouvant être suivie en visioconférence.

→ Séance 4 – Vendredi 26 février 2010

DIDACTIQUES, DIDACTIQUE

1. Mathématiques et autres disciplines

a) Le III^e congrès international sur la TAD (CITAD III) s'est tenu à Sant Hilari Sacalm, en Catalogne, du mardi 26 janvier au vendredi 29. Pour la première fois, ce congrès était précédé d'un « cours de TAD pour chercheurs », ce qui est l'ébauche d'une « école (d'été, d'automne, d'hiver, de printemps) de TAD ». Je ne ferai pas, ici, de bilan improvisé d'une suite de journées de travail dont une évaluation demandée aux participants a montré le beau succès qu'elles ont remporté auprès des participants.

b) Ce qui m'importe davantage, ici, est un point qui, sans doute – c'est là une partie du problème ! –, sera passé presque inaperçu de la plupart des participants : il s'agit des communications qui, de façon explicite ou implicite, ne relevaient pas principalement des mathématiques mais « des autres savoirs », selon la formule que nous avons tenté de mettre en avant lors du congrès d'Uzès. Le bilan de ces communications est modeste : je note, dans cette catégorie,

- la communication de Marianne Mortensen (Danemark) et Martha Morandino (Brésil) intitulée *Museographic transposition: Accomplishments and application* ;

- une autre communication de Marianne Mortensen intitulée *Praxeology as a tool for the analysis of a science museum exhibit* ;

- une communication de Adriano Dias de Oliveira & Martha Marandino (Brésil) intitulée *Museographic transposition: Discussing scholarly knowledge of biodiversity in the organization of museum exhibitions* ;

- une communication de Elio Carlos Ricardo et Mauricio Pietrocola (Brésil), *Epistemological vigilance and didactic textbooks: demonstrating the didactic transposition process of physics knowledge* ;

- la communication présentée par Caroline Ladage et moi-même sous le titre *Clinique et ingénierie de l'enquête codisciplinaire : un atelier « Enquêtes sur Internet » au collège*.

Cinq communications sur 36, donc, soit un peu moins de 14 %. Les trois premières ont préférentiellement à voir avec la biologie, la quatrième avec la physique, la dernière (celle de Caroline et moi-même) n'a de lien privilégié avec aucune discipline particulière de l'enseignement secondaire.

c) La question évoquée ici me paraît *cruciale*, et cela à un double titre. Tout d'abord, si je puis dire, se pose le problème de l'enfermement maintenu de la TAD dans la seule question de la diffusion des praxéologies *mathématiques*. Or cet état ne saurait donner à la TAD sa véritable *valeur* en lui communiquant les *ambitions* qui devraient aujourd'hui impulser son développement : *tel est le problème clé*. Bien entendu, nous le savons, quelques-uns ne rêvent que de voir ce confinement « mathématique » de la TAD se prolonger indéfiniment : s'il en allait autrement, en effet, ceux-là devraient en règle générale assumer un aggiornamento de leur équipement praxéologique d'assez grande ampleur, ce qui ne va jamais de soi, certes.

d) Il est aussi, à l'inverse, d'autres chercheurs, dont le « terroir » n'est pas la discipline mathématique, et qui, pour cela, se sentent abandonnés du fait de la fermeture relative que je viens d'évoquer. Eux nous montrent

concrètement le problème : s'ils veulent mobiliser la TAD dans des études disciplinairement autres, où feront-ils connaître leurs travaux ? La TAD n'ayant pas encore diffusé suffisamment, la réception au sein de leur communauté d'origine (fût-elle celle des « sciences de l'éducation ») sera médiocre, voire nulle ; et si nous ne créons pas, au moins provisoirement, un espace spécifique, un *lieu franc*, leur parole sera empêchée et, les logiques académiques étant ce qu'elles sont, ils seront bientôt contraints de désertier la TAD. En fait, il me semble qu'il faut avancer, là-dessus, d'un double mouvement, en nous ouvrant à *l'altérité disciplinaire* et, ce faisant, en suscitant la multiplication des habitats de la TAD au sein du continent didactique et éducatif.

2. Quelle évolution ?

a) Le point de vue formulé jusqu'ici comporte une ambiguïté que je voudrais tenter de lever. Il ne s'agit pas *seulement* de s'ouvrir formellement en réservant des places à des chercheurs « forains », que nous côtoierions, sans plus, en de rares occasions ouvertes à une telle promiscuité. Il faut aussi *oser se mêler* de ces questions qui ne peuvent guère être rapportées, même au prix d'un émondage vigoureux, à notre *seul* terroir disciplinaire : les mathématiques. En d'autres termes, il faut oser sortir de ce terroir d'origine pour explorer et viabiliser de nouveaux territoires de recherche, quand bien même certains disent détenir sur eux un droit ancien de propriété ou, simplement, un droit de préemption. En pratique, rien n'est impossible : un didacticien – je ne dis pas un didacticien *de quoi* – peut décider de travailler sur quelque sujet que ce soit : il lui appartiendra – *comme toujours* – de créer les conditions, sous les contraintes qui lui sont imposées, de mener à bien la recherche en question. Bien entendu, la création de telles conditions peut absorber beaucoup de temps, d'énergie, de talent. En particulier, si je veux travailler sur un sujet dont l'étude suppose une foule de connaissances que je n'ai pas, il me faudra les acquérir. Les conditions d'une telle acquisition peuvent être plus ou moins exigeantes, en fonction notamment de mon degré de familiarité avec la discipline dont elles relèvent – si, du moins, une telle discipline existe. Mais, je le répète, rien n'est impossible ; rien du moins ne doit être tenu pour interdit, nonobstant les ethnicismes disciplinaires déchaînés.

b) À cette liberté disciplinaire, il y a bien sûr des obstacles. Dans le *paradigme de la visite des savoirs*, qui façonne aujourd'hui l'enseignement des disciplines scolairement établies, la *problématique de base* est dominante : pour un complexe praxéologique $\wp$ « donné », elle conduit, je le rappelle, à étudier l'ensemble $\{ \hat{C} / \partial(K, \hat{C}, \wp, U) \}$ ou plus largement l'ensemble $\{ \hat{C} / \Re(K, \hat{C}, \wp, U) \}$. Lors du congrès de Sant Hilari Sacalm, les

communications relatives à des œuvres mathématiques données, $\wp$, étaient, me semble-t-il, majoritaires (elles avaient trait aux nombres relatifs, aux limites, etc.). Il me semble qu'il nous faut maintenant impulser une évolution dont l'institution scolaire actuelle tend évidemment à nous détourner : au lieu de travailler sur *l'étude de praxéologies $\wp$ en première ligne*, il s'agit de travailler sur *l'étude de questions Q en première ligne* et de s'occuper ensuite de l'étude de praxéologies $\wp$ *en deuxième ligne* – lorsque l'étude de $\wp$ est finalisée par l'étude de Q (ou d'un ensemble $\mathbb{Q}$ de questions). Ce changement doit se réaliser certainement « en mathématiques », où le paradigme *de questionnement du monde* doit progressivement être mis à l'épreuve, tant au plan de *l'analyse didactique* qu'au plan de *l'ingénierie didactique*, à travers des travaux sur des PER où l'on renonce à désigner à l'avance les œuvres (mathématiques) à *rencontrer* et, en conséquence, où la question génératrice de l'enquête retrouve toute sa place.

c) Considérons la question Q suivante (dont la formulation paraîtra peut-être éminemment critiquable aux yeux du « spécialiste compétent ») : *Comment connaître la mesure d'un objet ?* Sommes-nous, avec cette question, *en mathématiques ?* Ou *en physique ?* Ou *en technologie ?* Ou ailleurs encore ?... En vérité, ces questions sont secondes par rapport à celle-ci, qui est bien sûr *générique* (elle doit être posée à propos de toute question désignée à l'étude) : *Dans quelles œuvres O chercher ?* Déjà, là, les propriétaires potentiels de la question Q – y compris les métrologues, qui n'existent guère au secondaire – seront peut-être moins enclins à se manifester. Par ailleurs, il est évident que cette question a une très grande *généralité* (elle donne lieu à d'innombrables *cas particuliers*) et une redoutable *générativité* (son étude, quelque PER que l'on choisisse de parcourir, fait foisonner les questions engendrées). Cela noté – qui, au vrai, importe peu ici –, il est aussi évident que, dès qu'on étudie la question Q , même de façon élémentaire, on voit qu'il sera difficile d'enfermer son étude dans un domaine praxéologiquement homogène. Considérons ainsi le galet représenté ci-contre. Chacun de nous imaginera, je suppose, comment il serait possible de déterminer



(approximativement) son *poids*, son *volume* ou même son *diamètre* (c'est-à-dire le maximum de la distance entre deux de ses points). Mais comment mesurer *l'aire de sa surface* ? Je laisse cette question ouverte ici : elle doit nous rappeler discrètement ce qu'est une enquête *ouverte*, dans laquelle les problèmes ne sont pas réglés d'avance, ni même *reconnus* à l'avance.

d) Bien entendu, nous sommes là tout près de l'idée de *codisciplinarité* : l'étude d'une question Q , quelle qu'elle soit, conduit à interroger des œuvres

relevant de disciplines diverses. Pour ce qui concerne la TAD, il me semble indispensable que s'accroissent les travaux sur l'étude de questions, quelles qu'elles soient, sans préjuger de la nature (disciplinaire) des moyens utiles à cette étude.

3. Question de langues

a) Celles et ceux d'entre nous qui ont participé au congrès de Sant Hilari Sacalm auront remarqué que s'y posait un problème de *langue de travail* (de *working language*). Deux semaines plus tard, j'étais à Copenhague, où Marianna Bosch et moi-même, à l'invitation de Carl Winslow, avons animé une session d'enseignement à l'intention de doctorants. Ces étudiants ne faisaient pas tous leur thèse en didactique des mathématiques : l'un au moins s'occupait de musique, un autre de physique, etc. Mais surtout, parmi eux, deux étaient danois, sept suédois, une était issue de l'ex-Yougoslavie, un autre était turc et une dernière, coréenne. Le problème de la langue de travail se règle en ce cas, aujourd'hui, *par le recours à l'anglais*. Un chercheur doit ainsi avoir, *parmi les langues de travail qu'il peut utiliser*, la langue anglaise, qui est aujourd'hui, ordinairement, la langue de travail commune à ceux qui n'ont pas d'autre langue commune. Si j'écris en anglais, je serai lisible de tous ceux qui se conforment au principe selon lequel, dans son domaine de travail, un chercheur doit se rendre capable, dans l'ordre, de *lire*, de *parler*, d'*écrire* en anglais. En d'autres termes, le chercheur – et, donc, le didacticien – doit intégrer à son équipement praxéologique les moyens d'user de l'anglais de façon pertinente et efficace dans le cadre de son travail.

b) Les arguments des réfractaires à ce rôle dévolu *de fait* à l'anglais – ils se recrutent hors des sciences « dures », où l'usage de l'anglais va de soi – sont trop connus pour que je les rappelle ici. Je ferai toutefois une exception à propos d'une argutie fréquemment brandie : l'anglais langue de travail de chercheurs non anglophones (si l'on peut dire) serait de médiocre, voire de piètre qualité. Certes. Mais si ces chercheurs sont français (ou francophones), la qualité de « leur » français (parlé, écrit), d'après ce que j'ai pu voir au long de plusieurs décennies, n'est que rarement au-dessus du médiocre, alors même qu'on doit leur refuser les circonstances atténuantes qu'on pourrait leur accorder s'ils utilisaient l'anglais ! Cependant, plutôt que de ferrailler contre des moulins à vent, je préfère ajouter ceci : un outil de travail *se travaille* ; on le perfectionne et on perfectionne la maîtrise qu'on en a, qu'il s'agisse de « sa » langue ou d'une autre langue. Si, en tel contexte donné, un chercheur est amené à user d'une langue de travail qui ne soit ni l'anglais ni sa propre langue – ce pourrait être par exemple le danois –, il devra en accroître sa maîtrise en la travaillant, en la faisant travailler, tout

de même qu'il devra le faire s'agissant de l'anglais ou *de sa propre langue elle-même*. À cet égard, les chercheurs locuteurs ordinaires d'une langue donnée (français, danois, catalan, etc.) doivent co-assumer le travail d'expression en anglais (ou dans telle langue de travail qu'on voudra) de tout ce qu'il y a d'un peu particulier dans le langage qu'ils utilisent ainsi « couramment » : ils contribueront en cela à enrichir l'anglais *mis à la disposition* de l'ensemble des praticiens de leur domaine.

c) Je voudrais souligner deux aspects encore, sur lesquels il nous faudra peut-être revenir. Tout d'abord, on aura noté que jamais, dans ce qui précède, je n'ai parlé de langue *étrangère*. L'expression n'a de sens que par rapport à une langue *nationale*. En outre, dans son emploi banalisé par l'école, elle vient *au mauvais moment*, lorsqu'on prétend tout à l'inverse *faire sien* cette langue qu'on ne doit plus voir alors comme langue *étrangère*, mais comme langue *prochaine*. Ensuite et conséquemment, il faut que plusieurs d'entre nous révisent leur point de vue spontané et à vrai dire simpliste sur l'usage de la *traduction*, du moins s'ils la voient comme permettant à la langue « cible » *de leur demeurer étrangère*, en cela qu'une opportune médiation – l'instance de traduction supposée – vient s'intercaler entre elle et nous, assurant ainsi, croit-on à tort, une totale étanchéité linguistique – alors même que, tout au contraire, *ce contact entre langues* doit être l'un des soucis permanents de notre communauté.

d) Ainsi que je l'avais annoncé, j'ai commencé à travailler sur un *glossaire* de la TAD, que j'ai rédigé en anglais afin qu'il soit un instrument de travail pour tous ceux qui ne lisent pas le français (ils sont évidemment plus nombreux que ceux qui le lisent). Ce glossaire ne saurait être à ce stade qu'un *chantier*, au plan de la forme comme au plan du fond. J'en reproduis simplement, ici, à titre de spécimen, l'article *Didactics*. (L'abréviation *q.v.* utilisée ci-après est celle de l'expression latine *quod vide*, « ce que voir » : elle se place *après* l'expression à laquelle on se réfère.)

Didactics. Didactics is defined as the science (q.v.)—still in infancy—the object of which is to study the conditions and constraints (q.v.) that govern the diffusion of praxeologies (q.v.) in institutions (q. v.) across society (q. v.). Diffusion is taken here in an extended sense: it also includes *non* diffusion and most notably *deliberate withholding* of praxeologies with respect to specific institutions.

Bien entendu, il ne saurait être question d'aborder ce glossaire par le biais d'une *traduction* (en français) : il s'agira d'en travailler le texte (avec autant de dictionnaires qu'on voudra !) jusqu'à en devenir *familier*.

ENQUÊTES ET PER

1. Que faut-il savoir ?

a) Supposons qu'un didacticien soit amené à travailler sur un ensemble $\mathcal{Q}$ de questions. Que doit-il savoir pour cela ? Que doit être son équipement praxéologique ? Nous connaissons une situation homomorphe : un professeur doit enseigner un ensemble $\mathcal{Q}$ de questions ; que doit-il savoir pour cela ? Nous connaissons aussi la réponse naguère *traditionnelle* en France, et qui n'est encore qu'à demi disqualifiée : il est *nécessaire* que ces questions relèvent d'une discipline scolaire $\tilde{D}$ et que le professeur – du moins au secondaire – ait suivi les études couronnées par la réussite au « CAPES de $\tilde{D}$ » (voire à « l'agrégation de $\tilde{D}$ ») ; et cela est, à des détails inessentiels près, *suffisant*. Bien entendu, ce n'est pas la réponse que nous donnons à la question posée à propos des professeurs et posée à leur *profession* : il y a, avons-nous noté plus d'une fois, tout d'abord les *praxéologies pour la profession* (dont l'ancêtre était constitué des « mathématiques pour l'enseignant »), qui permettent notamment d'identifier les *praxéologies à enseigner* (dans le paradigme de la visite des savoirs) ou les *praxéologies à étudier* dans le paradigme de questionnement du monde ; enfin il y a les *praxéologies pour l'enseignement*, qui permettent de concevoir et de conduire l'étude de l'enjeu didactique. Parmi celles-ci, il faut situer aujourd'hui les *infrastructures* utiles ou indispensables à l'étude.

b) Qu'en est-il pour le chercheur en didactique ? Sans doute peut-on envisager ici une autre tripartition : il y a les *praxéologies pour la profession* didacticienne (incluant *entre autres* des *praxéologies linguistiques* par exemple), ensuite les *praxéologies* ou plus généralement les œuvres dont la diffusion est l'objet de la recherche didactique (et que les *praxéologies pour la profession* doivent permettre d'identifier), enfin les *praxéologies pour la recherche* en matière de diffusion des *praxéologies* et des œuvres (la catégorie des œuvres incluant à la fois la catégorie des *praxéologies* et la catégorie des questions, que j'ai distinguées plus haut s'agissant des professeurs). Il y a là un chantier sur lequel je ferai quelques pas maintenant, après avoir une fois de plus souligné ceci : l'équipement praxéologique adéquat du didacticien étudiant la diffusion en telle ou telle institution de tel ou tel complexe praxéologique $\wp$ n'a pas à être imposé par quelque institution que ce soit, mais doit être construite – entre conflit et consensus – par l'institution didacticienne elle-même : c'est là un des grands problèmes « de la profession » – sans que cela limite pour autant la liberté de pensée et d'action du chercheur.

2. Un exemple : « les couleurs » (1)

a) Imaginons que nous étudions un système didactique $S(X; Y; \heartsuit)$, où l'enjeu didactique $\heartsuit$ est désigné, naïvement, par ce titre : *les couleurs*. On suppose en outre que cette œuvre qu'est $\heartsuit$ est regardée dans la classe $[X; Y]$ comme relevant de la discipline $\tilde{D}$ appelée au collège « Arts plastiques » et que la classe considérée est, en fait, une 6^e. Les praxéologies de recherche les plus communes en didactique nous amènent à examiner, parmi la foule de contraintes pesant sur l'étude des couleurs, les indications du programme officiel d'études. Les programmes de l'enseignement des arts plastiques au collège ont paru dans le *Bulletin officiel spécial* n° 6 du 28 août 2008. J'en extrais ce passage, qui fait référence au « socle commun » (http://media.eduscol.education.fr/file/special_6/28/0/programme_arts_general_33280.pdf).

FORME, ESPACE, COULEUR, MATIERE, LUMIERE et TEMPS sont des notions continuellement travaillées dans les pratiques d'expressions plastiques et visuelles où le CORPS participe intrinsèquement du travail. C'est en s'appuyant sur ces champs notionnels que l'enseignement des arts plastiques permet l'acquisition de connaissances, de savoirs et de savoir-faire. En favorisant une réflexion qui donne sens à l'exploration des moyens de mise en œuvre, cet enseignement, à la croisée du sensible et de l'intelligible, participe à la construction de l'individu.

En voici un autre passage, où la question de *la* couleur introduit *in fine* à des considérations sur *les* couleurs :

La peinture

La peinture est couleur et matière. Elle intervient directement comme moyen d'expression ou en articulation avec un tracé graphique. La couleur est substance et lumière, matérielle et immatérielle. Elle est perçue immédiatement par le spectateur. Comme étendue et substance, la couleur introduit à des notions d'épaisseur, d'opacité et de translucidité, de peint et de non-peint. Elle constitue un matériau physique par lequel on peut représenter un monde, mais c'est aussi un milieu dans lequel des gestes et traces du peintre sont inscrites. Par une pratique diversifiée de la peinture, en exploitant des formats différents, y compris très grands, l'élève développera sa capacité à déterminer les caractéristiques physiques de ses matériaux, supports, outils et médiums. Il découvrira le spectre coloré et quelques systèmes d'organisation des couleurs élaborés par les peintres. En apprenant à choisir et fabriquer ses propres couleurs, il expérimentera leurs potentiels sensoriel, représentatif, symbolique et expressif.

Notons tout particulièrement cette dernière injonction, dont nous verrons plus loin la pertinence : l'élève « découvrira le spectre coloré et quelques systèmes d'organisation des couleurs élaborés par les peintres. En apprenant à choisir et fabriquer ses propres couleurs, il expérimentera leurs potentiels sensoriel, représentatif, symbolique et expressif ».

b) Comme je l'ai expliqué déjà, j'essaie de donner aux étudiants de la licence et du master de sciences de l'éducation de l'université de Provence les moyens de conduire une analyse didactique d'une situation sociale dont on dispose d'une description, si sommaire soit-elle. Je reviens ici sur un exemple que nous avons rencontré lors de la séance 2 de ce séminaire, celui dit des « couleurs en 6^e », tel que je l'ai proposé lors de l'examen conçu pour les étudiants de première année de master. Ce texte, je le rappelle, est extrait du livre de Luc Cédelle, *Un plaisir de collège* (Seuil, Paris, 2008, pp. 118-119).

« Nous allons travailler le mélange. Comment, à partir de seulement deux couleurs, obtenir le plus de couleurs possible ? On va commencer par s'installer. » Remue-ménage général mais, comme pour un équipage de navire, dans un ordre fixé à l'avance. Des responsables pour tout : pour les pinceaux, les pots, la peinture, le papier, l'eau... Du papier bon marché est disposé sur les tables pour les protéger et de petites feuilles de papier à dessin sont distribuées. Les gros tubes d'acrylique passent de main en main, parfois pressés un peu généreusement – « Hé, je vous rappelle que ça coûte cher... » – pour déposer à chaque place, à même la table, deux noix de couleur.

Le groupe est divisé en trois parties, chacune disposant d'un jeu de couleurs différent : jaune et bleu d'un côté, jaune et rouge au milieu, bleu et rouge de l'autre côté. La consigne est donnée : « Avec ces deux couleurs, vous allez chercher à obtenir douze couleurs différentes, ou douze nuances si vous préférez. Bien entendu, sans compter les deux couleurs d'origine. » Scepticisme général chez les petits 6^e : objections, questions... Mais, rapidement, on n'entend plus que les pinceaux tinter dans les pots. Et différentes méthodes se révèlent. Certains partent d'une couleur pure, du jaune par exemple, pour y ajouter précautionneusement une infime touche de bleu et démarrer ainsi, tache après tache, leur transition du jaune-vert au vert-jaune, etc. D'autres mélangent plus hardiment. Au bout d'un moment, les aventureux et les prudents en sont au même point : à partir de cinq ou six nuances obtenues, l'affaire se complique. Il devient difficile d'en obtenir une nouvelle, et la régularité des progressions est mise à mal, malgré les tentatives de rattrapage en jouant sur la dose d'eau. Sur les feuilles, différents styles de nuanciers apparaissent : progressifs ou contrastés, pointillistes ou « tartinés », resserrés ou étalés, disposés en carré, en cercle, en spirale ou au hasard.

Chacun est mentalement et physiquement confronté à la couleur, et même absorbé. « Posez vos pinceaux. » Petite discussion à nouveau, comparaison des résultats et des méthodes. Nadine fait alors circuler de vrais nuanciers : catalogues de peintures ou de rouges à lèvres. Mélissa ne peut s'empêcher de lire à voix haute une liste de couleurs : « Jaune cadmium, bleu de céruléum... »

« Justement, maintenant que vous avez tous votre nuancier, je vais vous demander de trouver des noms, que vous allez écrire à côté de chacune de vos couleurs. Vous pouvez inventer les noms que vous voulez. » Du côté jaune-bleu de la salle surgissent ainsi des « vert de peur » et des « bleu marée basse ». Cléa annonce un « bleu voltigeant » et un « vert coin-coin ». Dans le camp jaune-rouge, Coralie propose « coquelicot », « bouton d'or », « orangeade »... Lou, du côté rouge-bleu, a opté pour « cerise », « salsa », « framboise »... Ces variations lexicales et la graphie des noms accentuent les différences entre les nuanciers, qui deviennent des objets dont personne n'a envie de se séparer. « Qu'est-ce que les couleurs primaires ? » demande alors Nadine qui, une fois encore, laisse du champ aux tentatives de réponse, avant de reprendre la main : « Ce sont les couleurs premières de base. On ne peut pas les fabriquer avec les autres couleurs. Mais à partir de ces couleurs de base, on peut fabriquer toutes les autres. » Une élève questionne : « Madame, on ne dit pas indigo, des choses comme ça ? –Oui, tu as raison, il faut être précis. Si tu regardes les tubes, tu peux voir que les couleurs que nous avons utilisées s'appellent citron, cyan et magenta. »

c) Bien entendu, il doit être entendu que l'analyse proposée ne suppose pas de connaissances particulières sur l'enseignement des arts plastiques en 6^e aujourd'hui en France : l'étudiant n'est par exemple pas censé savoir que le programme de 6^e enjoint aux professeurs concernés d'amener l'élève à « fabriquer ses propres couleurs » ; il n'a donc pas de raison spécifique de penser (et de dire, à titre d'hypothèse), que « l'activité » dont le texte à analyser nous parle d'abord pourrait n'être qu'une mise en œuvre un peu mécanique de cette injonction tutélaire... Cela dit, voici les notes d'un corrigé que j'ai été amené à rédiger.

► Voici alors quelques éléments qui peuvent nourrir l'analyse didactique demandée.

- Le texte décrit l'activité d'une classe de 6^e en cours d'arts plastiques. La classe se constitue d'abord en système didactique $S(X; y; Q_0)$, où Q_0 est la question suivante : « Comment, à partir de seulement deux couleurs, obtenir le plus de couleurs possible ? »

- Le sujet de l'étude ainsi annoncé, le premier épisode du travail de la classe consiste à *organiser la gestion* du milieu d'étude de Q_0 , en désignant des responsables pour les pinceaux, les pots, la peinture, le papier, l'eau... Ce milieu M est alors constitué avec des éléments communs (papier mis sur les tables pour les protéger, feuilles de papier à dessin distribuées, noix de peintures acryliques pour chaque élève, etc.) et des éléments différenciateurs (certains élèves reçoivent du jaune et du bleu, d'autres du jaune et du rouge, d'autres enfin du bleu et du rouge).
- À cette petite société interne au collège, comparée à un « équipage de navire » par l'auteur du texte, la professeure y rappelle qu'elle est soumise à une *contrainte* de société : son activité ne se fait pas à coût nul (« Hé, je vous rappelle que ça coûte cher... », lance-t-elle).
- La constitution du milieu M prépare la *technique d'étude* de Q_0 que y impose à X : pour étudier Q_0 , la classe va s'employer à accomplir la tâche t_1 suivante : avec les deux couleurs attribuées, obtenir par mélange (le mot a été prononcé d'emblée par y) douze couleurs différentes en plus des deux couleurs d'origine.
- La tâche paraît problématique aux élèves. Mais leur docilité pédagogique (qui est une condition créée par l'école) l'emporte bientôt : ils se lancent à la recherche d'une technique relative à la tâche t_1 (« ... rapidement, on n'entend plus que les pinceaux tinter dans les pots »). Plusieurs techniques émergent qui répondent apparemment à des technologies différentes : « Certains partent d'une couleur pure... D'autres mélangent plus hardiment. »
- Le *milieu adidactique* auquel les élèves confrontent leur technique naissante – est-elle une bonne réponse à la question Q_1 « Comment obtenir douze couleurs nouvelles à partir des deux couleurs de départ ? » – n'est pas ici la professeure, mais *leur propre vision des couleurs* ; et ce milieu leur renvoie que cette technique, même complexifiée (en jouant sur « la dose d'eau » ajoutée aux peintures), ne semble pas « marcher ».
- La professeure appelle alors la classe à faire le point (« Posez vos pinceaux », dit-elle). D'après le texte examiné, il ne semble pas que, par delà un inventaire rapide des réponses R_x^ϕ dus aux élèves $x \in X$, une réponse R^ψ commune ait été dégagée et institutionnalisée : apparemment, l'étude de Q_1 *s'arrête sans être achevée*.
- D'après le texte, y apporte alors dans le milieu M un nouveau type d'œuvres : des *nuanciers* (de peintures, de rouges à lèvres). Rien n'est dit sur la familiarité des élèves avec ce type d'œuvres : il est vrai que y avait d'emblée parlé de *nuances*, en feignant d'y voir un mot familier aux élèves (« ... vous allez chercher à obtenir douze couleurs différentes, ou douze nuances si vous préférez ») ; mais cela est peut-être trompeur. Il semble seulement que certains élèves remarquent alors l'association de *noms* spécifiques (« Jaune cadmium, bleu de céruléum... ») aux *couleurs* qui figurent dans les nuanciers.

- Peut-on lire dans ce geste de *y* l'intention d'exhiber une grande variété de couleurs, en particulier pour montrer que la tâche *t* n'était nullement impossible ? Le lien avec les questions Q_0 et Q_1 est pourtant nullement évident : rien ne prouve en effet que le grand nombre des couleurs composant un nuancier soit obtenu par le mélange d'un petit nombre de couleurs.
- Un peu plus tard, *y* reviendra sur cet aspect des choses par cette interrogation adressée aux élèves : « Qu'est-ce que les couleurs primaires ? » À nouveau, l'irruption dans la classe d'une œuvre, en l'espèce la « théorie » des couleurs primaires, se fait par le truchement de *y*, qui, d'après le texte examiné, expose abruptement, pour ne pas dire dogmatiquement, cette théorie : les « couleurs primaires » sont des couleurs qu'on ne pourrait pas « fabriquer avec les autres couleurs » mais qui permettraient de « fabriquer toutes les autres ». On peut supposer – mais cela n'est pas dit par le texte – qu'a été précisé dans la classe, en cette étape, le fait que les trois couleurs utilisées par les élèves pour l'étude de *Q* (soit le jaune, le bleu et le rouge) sont censées être *les* couleurs primaires.
- Sans doute l'introduction de nuanciers dans la classe a-t-elle pour effet – et avait sans doute pour but – d'amener les élèves à regarder leur propre production comme un petit nuancier ; c'est en tout cas ce que *y* institutionnalise *de facto* en disant : « ... maintenant que vous avez tous votre nuancier, je vais vous demander... » Une nouvelle tâche, t_2 , est donc proposée aux élèves : assigner un *nom*, librement, à chacune des *couleurs* obtenues. La floraison d'appellations plus ou moins inventives et débridées induite par cette consigne semble concourir à renforcer l'impression qu'existerait une immense variété de couleurs supposées obtenues par mélange d'un petit nombre de couleurs.
- L'auteur du texte examiné interprète l'activité de nomination menée à bien par les élèves comme aboutissant à attacher un peu plus chacun d'eux à son nuancier. S'il en était ainsi, on devrait conclure plus encore que, dans cet épisode de classe, aucune réponse *commune* n'est véritablement construite.

d) Je profite de l'occasion de cette analyse didactique pour donner un second extrait du glossaire dans son état actuel.

Didactic analysis. A didactic analysis is an analysis of the didactic (q.v.) present in a given social situation—generally known through a (necessarily incomplete) written description. On the basis of the information thus provided, such analysis should include an account of every didactic system (q.v.) $S(X; Y; \heartsuit)$ mentioned in the available description. This account must consist minimally in more or less comprehensive answers to the following questions: What is *X*? What is *Y*? What are the praxeologies $[T / \tau / \theta / \Theta]$ that the

didactic stake ♥ is made of? What are the didactic praxeologies put to use by X and Y and what didactic means have proved necessary to do so? What praxeological equipment (q.v.) can be engendered in X as a short-term and as a long-term result of the functioning of $S(X; Y; ♥)$? And lastly, what does Y as well as some institutional environments of $S(X; Y; ♥)$ may have learnt in the process? In order to answer these questions properly, it seems crucial to identify the main conditions and constraints (q.v.) composing the ecology (q.v.) of the situation and their potential effects on it. To do so, one should then scan the scale of didactic codetermination levels (q.v.) to make explicit conditions or constraints too often described—or even simply alluded to—as “natural” and (“therefore”) inconsequential.

3. Un exemple : « les couleurs » (2)

a) Que faudrait-il savoir sur « les couleurs », par exemple sur l'équipement praxéologique d'élèves de 6^e et sur celui de leurs professeurs à cet égard (y compris, bien sûr, du point de vue didactique), afin de mieux contrôler ou encore d'approfondir l'analyse précédente ? Je ne ferai là-dessus que deux observations.

b) Pour le didacticien qui n'a pas été nourri dans le sérail où évoluent les professeurs d'arts plastiques français, donc qui « ne connaît pas les couleurs » comme on les connaît en cette honorable institution, nombre d'éléments praxéologiques qu'évoque le texte à analyser méritent en deuxième intention une étude expresse. Cela, bien sûr, peut prendre du temps. La remarque est générale : un didacticien peut étudier les conditions et contraintes de la diffusion d'une praxéologie $\wp$ quelconque, mais il doit pour cela travailler... Sur la question des couleurs, il existe par exemple un portail Wikipédia (en français) qui, le 17 février dernier, comportait 436 articles – il est vrai que la plupart d'entre eux sont consacrées à des couleurs particulières. Mais une enquête « préliminaire » sur le sujet devrait couvrir tout un ensemble de questions – sur la « nature » des couleurs, sur la « théorie » des couleurs, sur la notion de « couleurs primaires », etc. À son interlocutrice – Dominique Simonnet – qui lui rappelle qu'une couleur « qui résultait d'un mélange n'avait pas la même valeur que les autres », l'historien Michel Pastoureau répond en ces termes (*Le petit livre des couleurs*, Éditions du Panama, 2005, pp. 69-70) :

Les chimistes du XVIII^e siècle l'ont prétendu : ils ont avancé une théorie pseudo-scientifique définissant des couleurs « primaires » (jaune, bleu, rouge) et des couleurs « complémentaires » (vert, violet, orange). Cette thèse a influencé les artistes du XIX^e et du XX^e siècle, au point que de nombreuses écoles picturales ont décidé de ne plus pratiquer que les couleurs dites

« primaires », et éventuellement le blanc et le noir. Le mouvement du design, notamment celui du Bauhaus, qui souhaitait mettre en harmonie la couleur et la fonction des objets, a cru naïvement à cette « vérité » scientifique et a parlé de couleurs pures et de couleurs impures, de chaudes et de froides, de statiques et de dynamiques... Et c'est notre vert, ravalé au second rang, qui en a le plus souffert ! Des peintres tel Mondrian l'ont presque banni de leurs productions. Sous prétexte de se conformer à la science, l'art a exclu le vert du monde des couleurs.

Notons que, sur ce point, l'extrait du livre de Luc Cédelle prête à la professeure d'arts plastiques des propos précis, lui faisant affirmer que lesdites couleurs primaires (a) ne peuvent être fabriquées « avec les autres couleurs », (b) permettent de « fabriquer toutes les autres » couleurs. Il s'agit là d'assertions *fortes*, sur lesquelles le chercheur devrait enquêter, tant du point de vue de leur production que de leur réception. À nouveau, je laisse ces questions ouvertes.

c) Un autre point devrait faire l'objet d'une enquête de routine : la notion de *nuancier*. Le portail des couleurs déjà mentionné comporte un article de ce nom ; on y lit la définition que voici : « Un *nuancier* est un catalogue définissant visuellement un ensemble plus ou moins limité de couleurs dont chacune est reproduite sur un support (papier, métal) accompagnée d'un identifiant (code) unique. » « Nuancier » se dit en anglais *colour chart* (ou *color chart*, en anglais américain) ; l'encyclopédie Wikipedia comporte un article “Color chart” ; on y lit ceci :

In color-related fields, a **color chart** is a physical arrangement of standardized color samples, used for color comparisons and measurements such as in checking the color reproduction of an imaging system. Color charts are used to calibrate and to profile graphic devices, such as digital cameras and scanners.

On voit se profiler ici un univers « moderne », un univers « digital » (numérique, ainsi qu'on dit en français), à quelque distance du traditionnel « mélange de couleurs »... Chose remarquable, l'article « Nuancier » de l'édition en français de *Wikipédia* renvoie à un article de *Wikipedia* en anglais qui *n'est pas* l'article “Color chart” mais un article intitulé “Color model”, qui commence ainsi :

A **color model** is an abstract mathematical model describing the way colors can be represented as tuples of numbers, typically as three or four values or color components. When this model is associated with a precise description of how the components are to be interpreted (viewing conditions, etc.), the

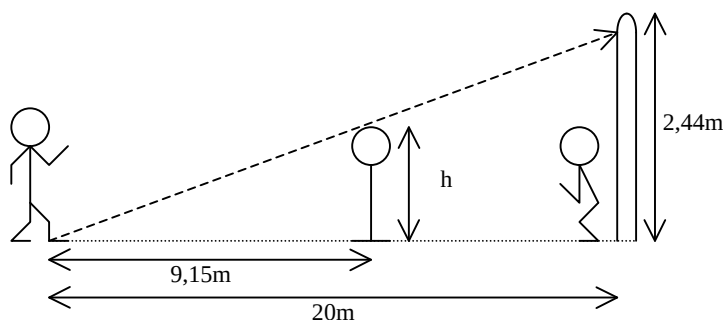
resulting set of colors is called color space. This section describes ways in which human color vision can be modeled.

Sans enquêter plus avant sur les mathématiques utiles en ce cas, on voit ici comment on peut apercevoir des mathématiques dès qu'on repousse un peu le rideau poussiéreux qui borne le monde ordinaire, où elles demeurent ignorées. Mais je n'irai pas plus loin sur cette voie aujourd'hui.

4. Questions authentiques, questions potiches

a) L'épisode précédent nous rappelle que, lorsqu'on met en œuvre le schéma herbartien en étudiant une question Q , il y a création de conditions C qui, sous des contraintes K , provoquent la rencontre avec des œuvres O , et que, parmi ces œuvres, l'on doit s'attendre à voir apparaître, là où peut-être on les attendait le moins, des œuvres *mathématiques*. Il y a là, pour la TAD, une voie essentielle à explorer aujourd'hui, que désigne le *paradigme de questionnement du monde* : nous aurons ainsi « les mathématiques de la mesure », « les mathématiques des couleurs », etc., de même que nous aurons « la physique de la mesure », « la physique des couleurs », etc.

b) Le paradigme de la visite des savoirs prend comme points de départ ce qui devrait apparaître à l'inverse comme autant de haltes au sein d'un parcours d'étude et de recherche. Le hasard du travail m'a conduit à rencontrer sur Internet le mémoire d'un élève professeur de mathématiques, Jérémie Potin, intitulé *Pour que les mathématiques ne soient plus une torture inutile*. Je ne m'arrêterai ici que sur un chapitre qui occupe les pages 14 à 19 d'un mémoire de 24 pages et s'intitule « Thalès : une approche par le détournement ». (Une note appendue à ce titre renvoie à Joël Négri et au site Mathsenligne ; mais je passe.) Il s'agit au fond de démontrer les ressources du théorème de Thalès, à l'époque en cours de visite dans la classe de ce professeur stagiaire. Pour cela, celui-ci propose un problème qu'illustre la figure suivante (reprise ici *ne varietur*).



L'énoncé associé est le suivant :

Le joueur s'apprête à tirer un coup franc à 20 m du but. L'arbitre a placé un mur de joueurs à 9,15 m du ballon.

Le tireur va botter le ballon si fort que sa trajectoire sera considérée comme rectiligne.

- a) Quelle devrait être la taille maximale des joueurs composant le mur pour que le tir soit cadré ?
- b) Si les joueurs mesuraient 1,80 m, combien devrait mesurer la cage pour que le tir soit cadré ?
- c) À quelle distance du but devrait se trouver le tireur si le mur mesure 1,80 m et la cage 2,44 m ?

Nous sommes là, typiquement, dans ce que j'ai appelé la problématique *interventionniste*, problématique duale de la problématique dite *primordiale*, alors même qu'on aimerait se situer dans une perspective *possibiliste*, celle de la rencontre praxéologique suscitée par les conditions $\tilde{C}$ créées par l'étude d'une question Q donnée. Ici, en vérité, la question Q à étudier ne devrait certainement pas être la conjonction des trois sous-questions que comporte l'énoncé mais une question plus générale, nécessairement plus large et plus ouverte, qu'on pourrait formuler ainsi : « Quelle trajectoire donner au ballon pour qu'il ne soit pas touché par le mur ? »

c) L'étude de cette question est certes de nature à provoquer la rencontre avec le théorème de Thalès, mais elle engendrera bien d'autres questions susceptibles de provoquer d'autres rencontres encore – par exemple la question suivante, toute simple : si les joueurs constituant le mur sautent au moment où le ballon va le franchir, à quelle hauteur le ballon doit-il se trouver alors pour ne pas être touché par le mur ? La question Q possède en fait une assez grande générativité et son étude « authentique » demandera qu'on la « suive » au long sans doute de plusieurs semaines de classe. Dans la forme – typique – où elle transparaît ici, elle est traitée comme une question « potiche » et non comme une question « que l'on respecte » – ce dont les élèves ne sauraient guère être dupes. Mais on voit que le passage de questions potiches à des questions *respectées* se heurte aujourd'hui à un... mur, qu'il convient de mettre à bas.

ÉDUCER AU DÉVELOPPEMENT DURABLE ?

1. Un domaine de réalité

a) J'avais accepté de présenter, mercredi 24 février, dans le séminaire animé par Alain Legardez, un exposé pour lequel j'ai proposé le titre suivant :

L'EDD entre catéchismes et savoirs savants : quels points d'équilibre ? Je reviens ici sur cet exposé. Le participant fidèle et attentif à ce séminaire me pardonnera de reprendre ça et là des développements déjà présentés l'an dernier.

b) Il y a un an et demi environ, j'ai commencé à m'intéresser de façon quelque peu systématique, en tant que didacticien, au domaine de réalité que désigne en français l'expression de *développement durable*. Parler de domaine de réalité, c'est dire qu'il existe un complexe d'institutions – je devrais dire peut-être un *maelström* d'institutions – où l'on fait certaines choses, où l'on pense certaines choses articulées à une certaine idée ou à un certain projet de *développement durable* ; bref où existe toute une réalité praxéologique spécifique des activités humaines menées à l'enseigne du « développement durable ».

c) Si je définis la didactique comme la science des conditions et des contraintes de la diffusion sociale des praxéologies, la *didactique du développement durable* est la science de la diffusion des praxéologies du développement durable. Bien entendu, comme toujours, comme en mathématiques, cette science doit indéfiniment s'interroger sur ce que sont, et sur ce que pourraient être, les « praxéologies du développement durable ». Mais en vérité l'étude de la diffusion de ces praxéologies, des conditions et contraintes sous lesquelles elle s'opère, va de pair avec leur identification et leur analyse, puisque ces praxéologies varient, changent de forme et de substance, au cours de leur diffusion même – c'est là, vous le savez, le thème de la *transposition* institutionnelle des praxéologies.

d) Avant d'entrer dans ce que promet le titre de mon exposé – « catéchismes » et « savoirs savants » –, je m'arrête un instant sur l'EDD, l'*éducation au développement durable*. On sait que l'intitulé employé par le ministère de l'Éducation nationale a varié. On a parlé d'abord d'*éducation à l'environnement pour un développement durable*, à quoi répondait le sigle EEDD. Le texte intitulé *Stratégie de la CEE pour l'éducation en vue du développement durable*, issu d'une « réunion de haut niveau des ministères de l'environnement et de l'éducation » tenue à Vilnius les 17 et 18 mars 2005, proposait, quant à lui, on le voit, une autre formulation encore. Deux inspecteurs généraux de l'Éducation nationale, Gérard Bonhoure et Michel Hagnerelle, avaient avant cela (en avril 2003) cosigné un rapport intitulé *L'éducation relative à l'environnement et au développement durable*. Je m'en tiendrai ici à l'intitulé officiel actuel : *éducation au développement durable*. Ce que je voudrais souligner, surtout, c'est l'emploi de l'expression « éducation à... » : l'école française propose ainsi, aujourd'hui, l'éducation à la défense, l'éducation aux médias, l'éducation aux risques majeurs,

l'éducation à *la santé*, l'éducation à *la sécurité*, l'éducation à *la sexualité*, etc. L'école se remplit ainsi de contenus éducatifs qui se définissent hors des disciplines scolaires établies et s'introduisent dans l'espace didactique scolaire à l'enseigne des « éducations à ».

e) Je ferai deux remarques là-dessus. Tout d'abord, il semble que les domaines désignés ainsi comme « objets d'éducation » soient reconnus par cela même comme porteurs de questions *chaudes* non prises en charge adéquatement par les corpus disciplinaires enseignés, lesquels semblent façonnés par la tradition scolaire autour d'une majorité de questions *froides* parce que désormais *refroidies*. Paradoxalement, cette accrétion, si je puis dire, de questions chaudes aux corpus disciplinaires installés tient souvent au fait que les « contenus éducatifs » que j'évoquais sont regardés par la *doxa* noosphérique comme ne faisant pas l'objet de *savoirs* en bonne et due forme, à l'instar des savoirs mathématiques, biologiques, littéraires, etc., et « donc » ne pouvant pas donner lieu à un « enseignement » comme il en va en ces matières scolaires traditionnelles. Cela n'empêche nullement que, une fois installées, ces « éducations à », dans la mesure où elles ne se changent pas en une matière scolaire pourvue de tout l'appareil qui signe une discipline de plein exercice (CAPES, professeurs, horaires, etc.), suscitent de la part des disciplines scolairement établies une compétition parfois exacerbée – même s'il est vrai que, dans le même temps, d'autres disciplines leur témoignent une totale indifférence... Je reviendrai sur cette question plus loin ; ici, je me contenterai de noter que « l'éducation à l'environnement » de jadis, que la corporation des professeurs de SVT pouvait regarder comme son apanage naturel, engendrait une compétition bien moins ouverte que l'actuelle « éducation au développement durable », par rapport à laquelle davantage de disciplines établies – la géographie par exemple – peuvent considérer avoir un droit de regard et un devoir d'intervention.

2. Le catéchisme du développement durable

a) Je commencerai par le premier segment de mon titre : *catéchismes*. Avant toute chose, arrêtons-nous sur le mot lui-même. Je reproduis pour cela une partie de la notice que lui consacre le *Dictionnaire historique de la langue française* (1993) :

CATÉCHISME n. m., réfection savante (attestée 1610, mais antérieure cf. *catéchiser*) de *cathezime* (1374), *catecisme* (XIV^e s.), est emprunté au latin ecclésiastique *catechismus*, attesté depuis saint Augustin au sens de « instruction religieuse » et, par métonymie, « livre d'instruction religieuse », les premières formes reproduisant la graphie *cathecismus* du latin médiéval. Le

mot calque un type grec *katêkhismos*, substantif d'action de *katêkhizein* « instruire oralement », lequel est le dérivé factitif de *katêkhein* « résonner » et « inculquer, instruire oralement ». Ce verbe est composé de *kata-* « vers le bas, complètement » (→ catastrophe) et de *êkhein* « résonner, sonner » (→ écho) ; il est seulement attesté dans le Nouveau Testament, son dérivé étant introduit plus tard avec une acception didactique dans la langue ecclésiastique.

♦ Le mot désigne l'enseignement oral de la doctrine et de la morale chrétiennes et, par métonymie, le livre contenant cet enseignement (1636). ✧ Dans la seconde moitié du XVIII^e s. apparaissent une extension de nature didactique, en parlant de l'exposition abrégée d'une science (1773), avec le même développement figuré que *credo* (1778), et la valeur péjorative de « leçon destinée à endoctriner » (1762).

Je souligne deux traits que vous aurez remarqués. Le premier, bien connu, touche au contenu : c'est celui de l'*endoctrinement* – le but du catéchisme, c'est l'inculcation d'une doctrine. Le second, peut-être moins connu, concerne la manière : c'est le caractère *oral* du catéchisme – le grec *katêkhizein* signifiait « instruire oralement ».

b) Ce sont là deux aspects qui m'ont personnellement frappé lorsque j'ai commencé à me pencher un tant soit peu sur les « écrits » en matière de développement durable. Beaucoup d'écrits pour le « grand public », y compris pour le grand public cultivé, reprennent sans apporter de preuves des assertions que l'on retrouvera ailleurs, encore et encore. Très souvent, les auteurs se copient les uns les autres, sans indiquer ni leurs sources – ce qui ne saurait suffire mais peut aider ! – ni ce qu'on nomme en anglais l'*evidence* disponible. Dans un ouvrage récent, intitulé *Les chiffres d'une planète de fous... ou de l'urgence d'un développement durable*, signé de Philippe Laget (Éditions de l'Aube, 2009), on lit par exemple ceci (p. 51) :

La **déforestation** est responsable de près de **20 %** des émissions de gaz à effet de serre en 2004.

La production et la consommation de **viande** sont responsables de **18 %** des gaz à effet de serre.

Le secteur de l'**informatique** représente 2 % des émissions de CO₂ dans le monde (autant que le transport aérien).

On a là des assertions typiques qui, sous des formes appropriées, vont pouvoir se colporter, participant ainsi d'un *folklore* – au sens originel de « savoir (*lore*) des gens (*folk*) » – qui les diffusera sans contrôle : « L'informatique, qu'est-ce que ça dégage comme CO₂ ! », « Il faut arrêter de manger de la viande : c'est terrible pour l'effet de serre ! », etc. On n'est pas

ici dans le registre de la *formation*, qui appelle une *étude*, mais bien dans celui de l'*information*, qui, au contraire, se fonde classiquement sur le *déni* du besoin d'étude.

c) De ce déni participe un postulat implicite qui porte à recevoir les assertions évoquées comme énonçant des « faits » : ce serait un fait – que le lecteur ne peut certes pas garantir ! – que « le secteur de l'informatique représente 2 % des émissions de CO₂ dans le monde », et un autre fait que c'est là aussi la part prise par « le transport aérien », etc. Mais qu'est-ce qu'un fait ? Il y a là une petite subtilité sémantique que je voudrais souligner au passage. Le *Trésor de la langue française informatisé* indique par exemple qu'on désigne par *fait* « ce qui est arrivé, ce qui existe », « effectivement ». En anglais, d'où vient l'insistance des grands médias sur les faits (*facts*), le mot a pris une acception beaucoup plus large. Dans l'encyclopédie *Wikipedia*, l'article "Fact" commence par ces mots : "The term fact can refer to, depending on context, a detail concerning circumstances past or present, a claim corresponding to objective reality, a provably true concept, or a synonym for reality." Cette variété d'« états du monde » supposés ouvre énormément la catégorie des faits – ou plutôt des *facts* – et donne lieu à la publication de recueils de *facts* qui alignent à l'infini des assertions sans en donner de preuve, ainsi qu'il en va dans ce qui suit (je me fournis en l'espèce auprès d'un site intitulé *FactPark*) :

- The blue whale is the largest animal in the world. The largest blue whale caught was a 110-foot female.
- Minus 40 degrees Celsius is exactly the same as minus 40 degrees Fahrenheit.
- Every drop of seawater contains approximately 1 billion gold atoms.
- The sun shrinks five feet every hour.
- Norway is 27 times smaller than the United States, but it has longer coastline than the U.S.
- A shark can detect one part of blood in 100 million parts of water.
- A shark can grow and use over 20,000 teeth in its lifetime.

d) Voici alors un très court fragment de ce que j'appelle le catéchisme du développement durable. Je l'emprunte en l'espèce – mais je n'ai que l'embarras du choix – à une plaquette intitulée *Plans Climat-Énergie territoriaux*, publiée par le Cédis (avec le concours du Réseau Action Climat-France) en 2009 aux éditions Le passager clandestin.

Un phénomène naturel et bénéfique : l'effet de serre

L'atmosphère terrestre contient des gaz dits gaz à effet de serre, tels que le dioxyde de carbone (CO₂) ou le méthane (CH₄). Ces gaz permettent de retenir une partie de la chaleur apportée par le rayonnement solaire. Sans cet « effet de serre naturel », la température à la surface de notre planète serait en moyenne de -18 °C contre +15 °C actuellement. L'effet de serre naturel est donc un phénomène indispensable à la vie sur Terre.

Le fragile équilibre du système climatique menacé par les activités humaines

À partir du milieu du XIX^e siècle, le recours aux énergies fossiles (gaz naturel, pétrole, charbon) dans l'industrie, les transports et le résidentiel-tertiaire s'est accru. Or l'utilisation de ces combustibles fossiles entraîne l'émission de gaz à effet de serre (GES) qui s'accumulent durablement dans l'atmosphère. Entre 1970 et 2004, les émissions mondiales de GES ont augmenté de 70 % !

Finalement, les GES supplémentaires émis depuis deux siècles dans l'atmosphère par les activités humaines intensifient le phénomène naturel d'effet de serre. C'est ce qu'on appelle « l'effet de serre additionnel ». C'est ce phénomène qui menace les équilibres climatiques planétaires.

Dire qu'il s'agit d'un catéchisme ne signifie pas que ce qui y est avancé soit faux (en général, le lecteur profane n'a aucunement le moyen de le savoir), mais seulement que ces assertions y sont présentées dogmatiquement.

e) J'ouvre maintenant un petit ouvrage récemment paru (en 2009, chez Elytis) sous le titre *Le joli petit monde d'Hubert Reeves*. L'ouvrage est fait de courts, voire de très courts chapitres traitant chacun d'une question. L'un d'eux a trait à la question suivante : « Comment le dérèglement des climats sur terre se traduit-il aujourd'hui ? » Voici le début de l'exposé correspondant (p. 25) :

La présence de gaz carbonique dans l'atmosphère est une condition essentielle pour, qu'à la surface de la Terre, il y ait de l'eau liquide. Aujourd'hui, par l'industrie, les voitures ou encore le chauffage de l'habitat, nous augmentons considérablement cette quantité de gaz carbonique. Nous sommes passés de 270 parties par million à 350 et ce taux continue de monter. Nous pourrions très vite doubler, voire tripler cette quantité de gaz carbonique dans l'air.

La conséquence a été une augmentation de la température d'à peu près 1 °C durant le XX^e siècle ; 2 °C à 5 °C sont prévus pour le XXI^e siècle. La détermination exacte de ce chiffre dépendra de la réaction des humains.

L'affirmation posée d'emblée d'un lien entre présence de CO₂ dans l'atmosphère et présence d'eau liquide sur la Terre n'est sans doute pas transparente au lecteur peu instruit en ces matières : à dire vrai, cette affirmation est violente tant elle est elliptique. Le lot habituel de *facts* présentés dogmatiquement suit : croissance de la température – laquelle ? – d'environ 1 °C au cours du XX^e siècle, croissance prévue de 2 °C à 5 °C au XXI^e siècle... On dira : mais cela n'est qu'introductif ; il ne s'agit pas d'un traité, etc. Le problème est bien que le public auquel cette introduction s'adresse ne verra jamais défiler que de tels exposés liminaires – il en verra défiler encore et encore, tant que le sujet est à la mode du jour, et restera indéfiniment à la lisière d'un exposé « complet », qui reste introuvable.

f) Un chapitre ultérieur du même ouvrage s'intitule *Qu'est-ce que l'effet de serre ?* Je reproduis cette fois l'intégralité de la réponse proposée :

Il faut se rappeler que lorsque le jardinier veut des primeurs au printemps, il met sur ses semis une plaque de verre. Cette plaque a pour effet de piéger la chaleur du Soleil dans la serre. La température augmente et vous avez vos tomates plus vite que vos voisins. C'est ce qu'on appelle l'effet de serre.

Quel rapport avec la situation présente ? Le gaz carbonique, ce gaz que nous trouvons dans le champagne, nos boissons gazeuses, n'est pas du tout toxique. Il est inodore, incolore et a cette propriété de faire exactement ce que fait la plaque de verre, c'est-à-dire de laisser passer la lumière du Soleil et de retenir sa chaleur. Résultat : la Terre se réchauffe à mesure que le gaz carbonique augmente. Mais il n'y a pas que le gaz carbonique qui a cette propriété, le méthane, les C.F.S. et d'autres gaz produisent ce même effet.

L'effet de serre est un élément important sur la Terre, un élément bénéfique avant d'être un élément néfaste. Si la Terre n'avait pas une certaine quantité de gaz carbonique dans son atmosphère, la température moyenne de la Terre serait de -15 °C. Elle est relativement éloignée du Soleil, la chaleur du Soleil ne serait pas suffisante pour réchauffer le sol au-dessus de -15 °C.

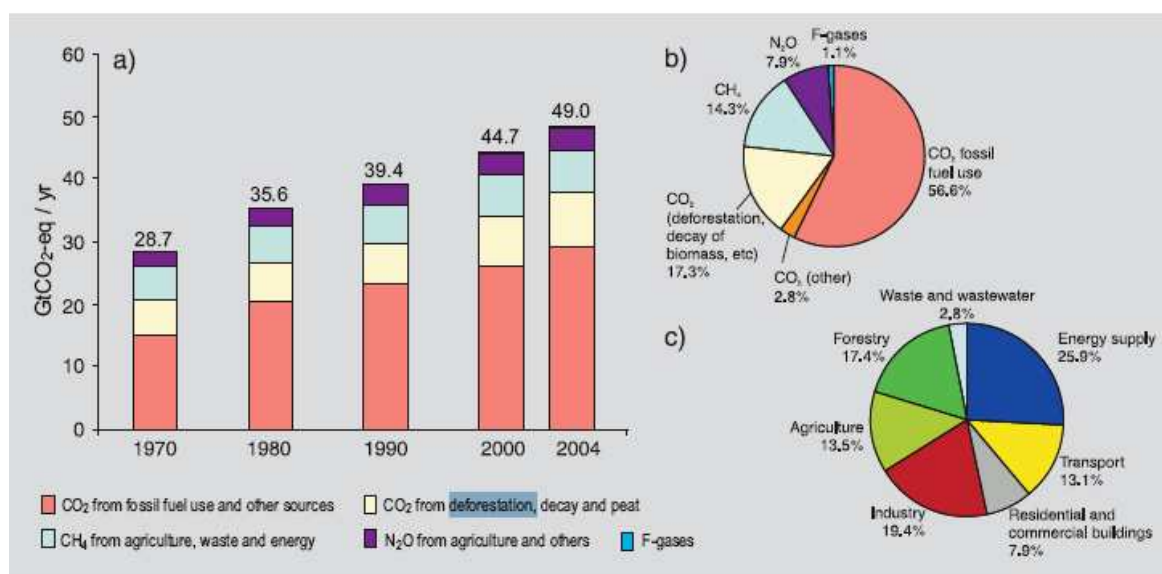
Donc, une partie du gaz carbonique nous permet d'atteindre un niveau de chaleur où l'eau peut être liquide. Mais ce qui se passe aujourd'hui est que nous encourageons la réalisation de cet effet, au-delà de ce qui est nécessaire : nous augmentons la quantité de gaz carbonique et donc inévitablement la température de la Terre.

On aura remarqué que l'on trouve là affirmé le lien qui manquait dans le chapitre précédemment cité : « Donc, une partie du gaz carbonique nous permet d'atteindre un niveau de chaleur où l'eau peut être liquide. » On aura noté aussi que, là où un ouvrage précédemment visité mentionnait, en l'absence supposée d'effet de serre, une température de -18 °C, l'auteur

parle ici -15°C , comme si les températures (qui sont les plus fréquemment citées dans les textes catéchétiques) de $+15^{\circ}\text{C}$ pour l'état actuel (*avec* effet de serre) et de -18°C en l'absence d'effet de serre avaient été réunies en ce seul -15°C .

3. Quels savoirs savants ?

a) Ce que nous avons vu jusqu'ici paraît tout simplement *indigne* de ce qu'un citoyen, être doué de raison, est en droit d'exiger de connaître et de ce qu'on est en droit d'exiger qu'un citoyen puisse savoir. Il s'agit là, on l'aura compris aussi, d'un régime épistémologique qui n'est pas propre au domaine du développement durable mais qui tend à s'insinuer partout dans la société. Dans une véritable *éducation*, il n'est pas acceptable de s'arrêter à des assertions sans justification, du style « la déforestation est responsable de près de 20 % des émissions de gaz à effet de serre en 2004 ». Dans l'ouvrage d'où j'ai extrait cette affirmation, un appel de note renvoie à cette référence : « GIEC, 2007 ». Si l'on connaît un tant soit peu le petit monde du développement durable, on aura compris que cela renvoie au rapport 2007 du GIEC, le groupe intergouvernemental d'experts sur l'évolution du climat, ou, en anglais, l'IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Ce rapport – en anglais, *the Fourth Assessment Report (AR4)* – est intitulé *Climate Change 2007*. Il en existe un « résumé pour les décideurs » (*summary for policymakers*) qui contient, semble-t-il, la donnée utilisée par l'auteur – on l'aperçoit dans le diagramme circulaire en haut à gauche, ci-après.



Cet ensemble de diagrammes est intitulé *Global anthropogenic GHG emissions* (l'acronyme GHG se développe en *greenhouse gaz*, « gaz à effet de serre »). La légende de ce tableau est la suivante :

Figure SPM.3. (a) Global annual emissions of anthropogenic GHGs from 1970 to 2004. (b) Share of different anthropogenic GHGs in total emissions in 2004 in terms of carbon dioxide equivalents (CO₂-eq). (c) Share of different sectors in total anthropogenic GHG emissions in 2004 in terms of CO₂-eq. (Forestry includes deforestation.) {Figure 2.1}

On voit ainsi que les 20 % ne sont que 17,3 % et que, à la déforestation, s'ajoute la dégradation (*decay*) de la biomasse et d'autres choses encore. En fait, une légende située ailleurs dans le tableau indique qu'il s'agit du "CO₂ from deforestation, decay and peat" (où *peat* désigne la tourbe).

b) Bien entendu, on n'a fait là que le premier pas dans une enquête qui devrait ensuite rechercher d'où vient le résultat numérique affiché : 17,3 %. Mais notons alors ceci : la partie de la légende relative au diagramme à barres ci-dessus comporte une note dont voici la version française (extraite du « résumé pour les décideurs »).

Seuls sont inclus CO₂, CH₄, N₂O, les HFC, les PFC et les SF₆ dont les émissions sont couvertes par la CCNUCC. Ces émissions sont pondérées par leur potentiel de réchauffement global sur 100 ans, en utilisant des facteurs cohérents avec ceux des rapports faits dans le cadre de la CCNUCC.

Le sigle CCNUCC, en anglais UNFCCC – pour *United Nations Framework Convention on Climate Change* –, désigne la « Convention cadre des Nations unies sur le changement climatique ». Cette note seule suffit à suggérer que la « fabrication » du pourcentage annoncé n'est pas chose simple... Une deuxième étape de l'enquête, donc, conduirait à examiner le rapport du GIEC lui-même et ses diverses publications, ce que je ne ferai pas ici.

c) Le ressort de l'enquête ainsi amorcée tient à un principe universel : une assertion chiffrée étant faite, on recherchera *d'où viennent les chiffres qu'elle contient et comment ils ont été fabriqués*. J'illustrerai d'abord l'ignorance de ce principe par un épisode récent qui illustre à quel point l'absence d'enquêtes adéquates peut conduire à errer. Le 20 janvier paraît dans *Le Monde* un papier de Stéphane Foucart intitulé *Les experts du climat épinglés sur les glaciers de l'Himalaya* ; je le reproduis in extenso ici.

Après l'échec de la conférence de Copenhague, fin décembre 2009, le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) est épinglé pour une erreur commise dans son dernier rapport (2007). Le groupe de chercheurs, chargés par les Nations unies de synthétiser les connaissances sur le changement climatique, y annonçait que les glaciers himalayens,

châteaux d'eau de l'Asie, pourraient avoir presque complètement disparu en 2035. Or cette estimation, fausse, ne repose pas sur des travaux scientifiques dûment publiés.

Révélee dimanche 17 janvier par *The Sunday Times*, l'affaire alimente depuis la chronique – principalement dans la presse anglo-saxonne. Et a contraint le GIEC à déclencher une enquête sur l'origine de la bourde.

Celle-ci tient en une phrase, à la 493^e des 976 pages que compte le deuxième volet (« Impacts, adaptation et vulnérabilités ») du rapport du GIEC : « Dans l'Himalaya, les glaciers se retirent plus vite que dans toute autre partie du monde et, si les taux de retrait se maintiennent, la probabilité est très élevée de les voir disparaître en 2035 et peut-être plus tôt, si la Terre continue à se réchauffer au rythme actuel. » Mais, « dans cette phrase, prévient Christian Vincent, du Laboratoire de glaciologie et géophysique de l'environnement, à Grenoble, tout est faux ».

Sa provenance est indiquée dans le texte : le GIEC renvoie à un rapport de 2005 du WWF (Fonds mondial pour la nature), la célèbre ONG de protection de la nature. Or, dit le climatologue Hervé Le Treut (Institut Pierre-Simon-Laplace), l'un des auteurs du GIEC, « si un chiffre se retrouve dans un rapport du GIEC sans avoir été publié et soumis au processus de “peer review” (expertise préalable à une publication dans une revue à comité de lecture), c'est une erreur ».

Trois siècles ou une coquille

Non seulement le chiffre cité ne provient pas d'une étude scientifique, mais le rapport de l'ONG sur lequel s'appuie le GIEC ne se fonde pas non plus sur des travaux sérieux. En lieu et place d'une étude menée dans les formes, le WWF citait ainsi un article de presse de 1999, publié dans l'hebdomadaire américain *New Scientist*. Article dans lequel un chercheur interrogé par le journaliste mentionnait la date de 2035 comme une bonne estimation de la disparition des glaciers himalayens.

La date de 2035 n'a sans doute pas été complètement inventée. Christian Vincent mentionne ainsi l'existence d'un rapport, publié en 1996, à la demande de l'Unesco, par le glaciologue russe Vladimir Kotlyakov. Dans ce texte, l'auteur estimait qu'en 2350, la surface des glaciers aux latitudes moyennes se serait dramatiquement réduite, leur couverture passant de 500 000 km² aujourd'hui à quelque 100 000 km². Une telle réduction scellant la quasi-disparition des glaciers asiatiques. De 2035 à 2350, il y a, au choix, un peu plus de trois siècles ou une petite coquille...

« Cette erreur doit être ramenée à sa juste mesure, tempère M. Le Treut. D'abord, elle ne change rien au fond du problème. Et il s'agit d'une erreur, sur plusieurs centaines de pages ! » Pages dont la prose est, de plus, d'une extrême densité. De plus, le *Résumé à l'intention des décideurs* – document de

quelques feuillets résumant le rapport et qui est remis aux décideurs politiques – ne citait pas la date de 2035. Preuve, s'il en fallait, que l'erreur relève de la simple négligence, non de la volonté de tromper. En outre, dit Jean Jouzel, membre du GIEC, elle a été commise par les auteurs du deuxième volet du rapport (qui évalue les risques locaux), « qui sont spécialistes d'enjeux régionaux, et pas des aspects purement scientifiques » – les sciences climatiques stricto sensu relevant des auteurs du premier volet.

Quant aux glaciers himalayens, explique M. Vincent, qui travaille sur le sujet, « on dispose de très peu d'informations sur eux ». « On sait qu'ils sont en retrait continu depuis le milieu du XIX^e siècle, mais nous avons très peu de longues séries de mesures suffisamment précises pour avoir une vision nette et globale de leur avenir à l'échelle de quelques décennies. »

Un second papier de Stéphane Foucart paru dans le quotidien *Le Monde* daté 6 février 2010 complète le précédent ; j'en extrais ce passage :

Ce procès en catastrophisme n'est pas nouveau. Ceux qui l'instruisent capitalisent sur la récente découverte d'une grossière erreur dans le rapport 2007 du groupe d'experts. A la 493^e des 976 pages du volet consacré aux impacts du changement climatique (« Impact, adaptation, vulnérabilités »), il est en effet écrit que la quasi-totalité des glaciers de l'Himalaya auront disparu en 2035 si le réchauffement se poursuit au rythme actuel. Une estimation erronée et alarmante, le débit de plusieurs grands fleuves asiatiques dépendant partiellement de ces glaciers...

Il y a deux manières d'apprécier cette erreur – dont le GIEC a d'ailleurs admis la réalité. Elle peut être vue comme une coquille bénigne, une erreur commise sans intention de tromper : elle n'est pas reprise dans le résumé du rapport rédigé à l'intention des décideurs. Mais elle peut être vue autrement. Depuis trois ans que le rapport du GIEC a été rendu public, cette fausse estimation a été largement citée dans la presse grand public sous la caution du GIEC. Entre 2007 et 2009, une quarantaine d'articles de recherche, publiés dans des revues savantes, ont également cité l'estimation fautive...

La principale faute des experts du climat n'est donc pas tant dans l'erreur elle-même mais dans le fait qu'elle ait pu autant se propager, pendant près de trois ans, sans avoir soulevé de rectificatif ou d'interrogation de la part des scientifiques impliqués dans le processus du GIEC.

Comme si ces derniers s'étaient finalement bien accommodés des inquiétudes – excessives – qu'elle était à même de soulever. Sur ce soupçon légitime, un grand nombre de nouvelles mises en cause infondées du GIEC se sont accumulées. La plupart de ces accusations sont largement outrancières, voire grotesques. Le GIEC n'en reconnaît d'ailleurs aucune comme fondée.

Il en est ainsi de celle, formulée par un tabloïd britannique et fondée sur un entretien (présumé) avec Murari Lal, l'un des auteurs du dernier rapport du GIEC. Le chercheur indien, présenté comme glaciologue et cité par le journal, admettait avoir été au courant de l'erreur sur la disparition des glaciers himalayens et avouait, de surprenante manière, que celle-ci avait été commise à dessein afin d'attirer l'attention des responsables politiques sur la région !

Les citations de M. Lal sont reprises sur des milliers de sites internet et viennent accréditer l'idée que le GIEC est surtout animé par un projet politique et non par celui de synthétiser les connaissances scientifiques sur le changement climatique. Contacté par *Le Monde*, M. Lal tombe des nues. *« Cette histoire est complètement absurde, affirme-t-il. D'abord je ne suis pas glaciologue (comme le dit le tabloïd) mais physicien de l'atmosphère et spécialiste de modélisation du climat. Ensuite, je n'ai jamais tenu ces propos, à aucun moment, et je condamne fermement celui qui me les a attribués. »*

M. Lal ajoute que seuls trois journalistes ont cherché à le joindre pour valider les propos qui lui étaient prêtés... Signe que, s'agissant du climat, le fossé est immense entre la solidité d'une information et sa capacité à toucher le grand public.

Que nous le voulions ou non, c'est au contact avec ce monde-là que l'éducation doit préparer les futurs citoyens – avec ce monde-là, ou plutôt avec ces mondes-là : mondes savants, mondes médiatiques, mondes militants.

d) Je m'arrêterai ici brièvement sur une enquête connue : elle concerne les températures « catéchétiques » de +15 °C et de -18 °C avancées, la première comme température « moyenne » actuelle à la surface de la Terre, la seconde comme température « moyenne » correspondant à l'absence d'effet de serre. Pour la première, on peut penser qu'il s'agit du résultat d'un calcul exploitant des relevés de températures faits tout autour du globe terrestre ; c'est ce que confirme ce passage d'un ouvrage pour le grand public cultivé écrit par Hervé Le Treut et Jean-Marc Jancovici, *L'effet de serre. Allons-nous changer le climat ?* (Flammarion, 2004).

La mesure des températures moyennes au sol est certes difficile, mais s'est affinée au fil des années. La mise en place d'un réseau de mesures météorologiques systématiques sur les continents date d'à peine plus d'un siècle. Les équipes scientifiques qui ont entrepris d'analyser ces données ont dû rapidement travailler à l'élimination de plusieurs sources d'erreurs, dues notamment à l'interaction de facteurs non strictement climatiques. Les stations situées au centre d'agglomérations en plein développement sont affectées par l'effet « îlot de chaleur » d'une concentration urbaine, qui provient à la fois du chauffage, de la circulation automobile et de l'inertie thermique

des bâtiments. Certaines ont néanmoins pu être placées à proximité des aéroports. Pendant la même période, les mesures systématiques de la température de l'eau de mer par les bateaux se sont généralisées. Là aussi, l'analyse de ces données a réclamé un travail difficile et soigneux : les équipes scientifiques qui ont effectué ces études ont recensé les méthodes en usage dans chaque marine, civile ou militaire, pour en corriger les biais : la température varie selon qu'on utilise un seau en bois plutôt qu'un seau en fer pour recueillir l'eau ; de même, la température mesurée sur le bateau à la prise d'eau des machines est différente de celle mesurée par un thermomètre directement plongé dans l'eau. Ces scientifiques ont également recoupé les données marines et terrestres en utilisant les stations météorologiques sur les îles, afin de réduire leur marge d'erreur. Autre obstacle à une mesure précise : les points de mesure ne sont pas distribués de manière égale à la surface du globe, et des méthodes statistiques sophistiquées ont été nécessaires pour pondérer les moyennes en fonction de la représentativité de chaque mesure. Nous avons désormais une base beaucoup plus solide pour valider ces calculs : depuis deux décennies, des satellites effectuent des mesures de la température de surface, mesures régulièrement distribuées sur la planète, et permettent d'établir des moyennes en bonne continuité avec les estimations antérieures. (pp. 79-80)

On aura noté que cette température moyenne est le fruit d'une procédure complexe comportant une forte composante mathématique : en d'autres termes, l'enquête devrait sur ce point seul être poursuivie. Mais je passe maintenant au cas des $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$. L'article "Greenhouse effect" de *Wikipedia* offre un lien vers l'article "Idealized greenhouse model", qui propose lui-même un lien vers un texte qui est le chapitre 2, intitulé "The global energy balance" (le bilan énergétique de la Terre) d'un traité universitaire américain classique : l'ouvrage *Global Physical Climatology* de Dennis Hartmann publié en 1994 (dont le chapitre 1 s'intitule "Introduction to the climate system"). Nous sommes ici *sur le seuil* des « savoirs savants ». Je renvoie en ce point au compte rendu d'enquête déjà présenté dans le séminaire 2008-2009, qui montre comment on arrive à la formule suivante :

$$T_e = \left[\frac{S_0(1 - \alpha)}{4\sigma} \right]^{1/4}.$$

où S_0 est la *constante solaire*, soit le flux d'énergie reçu du Soleil par seconde et par mètre carré (exprimé en *joules par seconde et par mètre carré*), qu'on prendra égal à $1367\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$; où α est l'*albédo planétaire*, que l'on prend égal à 0,3 (= 30 %) ; et où σ est la constante de Stefan, qui vaut à peu près $5.67 \times 10^{-8}\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-4}$. En utilisant les données numériques adoptées par Hartmann, il vient :

$$T_e = \left[\frac{1367 \times 0,7}{4 \times 5.67 \times 10^{-8}} \text{ K}^4 \right]^{1/4} \approx 254,86 \text{ K} \approx -18 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Dans l'article « Effet de serre » de l'encyclopédie *Wikipédia*, on lit ceci :

Sans ce phénomène, la température moyenne sur Terre chuterait d'abord à – 18 °C. Puis, la glace s'étendant sur le globe, l'albédo terrestre augmenterait et la température se stabiliserait vraisemblablement à –100 °C.

Si, dans la formule

$$T_e = \left[\frac{S_0(1 - \alpha)}{4\sigma} \right]^{1/4} = \left[\frac{1367 \times (1 - \alpha)}{4 \times 5.67 \times 10^{-8}} \text{ K}^4 \right]^{1/4}$$

on prend $\alpha = 0,85$, on obtient cette fois

$$T_e = \left[\frac{1367 \times 0,15}{4 \times 5.67 \times 10^{-8}} \text{ K}^4 \right]^{1/4} \approx 173,40 \text{ K} = -99,75 \text{ }^\circ\text{C}.$$

On peut imaginer qu'on tient là l'origine de la température de – 100 °C, qui circule elle aussi.

4. Des points d'équilibre ?

a) L'exemple précédemment développé illustre un double phénomène typique de la *pédagogie de l'enquête* :

- tout d'abord, les savoirs à utiliser *émergent dans le parcours d'étude et de recherche* en lequel l'enquête se concrétise : dans le cas précédent, on peut citer ainsi, parmi d'autres, la notion de *corps noir* et la *loi de Stefan-Boltzmann*, qui toutes deux relèvent de la physique du XIX^e siècle ;
- ensuite, lorsqu'un savoir émerge comme utile à une enquête (voire à *tout un type d'enquêtes*), ce savoir doit être étudié *de façon finalisée* par l'enquête dans laquelle il doit intervenir.

b) Je voudrais illustrer ces considérations à l'aide d'un exemple que fournit un livre récent signé de David Blake et Robert Robson et intitulé *Physical Principles of Meteorology and Environmental Physics. Global, Synoptic and Micro Scales* (World Scientific, 2008). Voici d'abord le début du chapitre 1, intitulé “The Big Picture”.

This book is about the application of the concepts and principles of physics, firstly in meteorology, the study of the behaviour [of] the lowest part of the Earth's atmosphere (the troposphere), and secondly in environmental physics, the study of the interaction of living things with their surroundings. The aim is

to provide a fundamental understanding of a selected range of topics relating to naturally occurring processes, through both theory and experiment, and the means to solve the problems which emerge. This is by no means an exhaustive study of the field of meteorology – the Bibliography lists further reading for that purpose. Rather, we stress the significance of the selected combination of topics, and hope that the whole will prove to be greater than the sum of its separate parts.

The concepts and laws of physics relevant to this study range from Newtonian mechanics, describing motion of the atmosphere, the first and second laws of thermodynamics governing energy conservation and transformations, empirical laws of non-equilibrium thermodynamics governing irreversible phenomena, Einstein's famous mass-energy relation $E = mc^2$ and, when dealing with radiation transfer, the concepts of quantum mechanics. Of course, since these laws of physics are universal, we could, if desired, also apply many of the results to other planets in the Solar System and the Universe, with appropriate changes to the values of numerical constants, e.g., the rate of planetary rotation, the solar constant and so on. In what follows, we focus on the Earth itself, but it is important to see beyond the strict confines of the material and applications discussed here. (p. 3)

On voit bien, ici, à la fois la diversité « non académique » des savoirs utiles (provenant d'une seule discipline, la physique) et la dialectique entre leur emploi finalisé et d'autres emplois de même type, à d'autres propos. Voici maintenant un extrait de la préface du même ouvrage.

Meteorology is generally regarded as a discipline in its own right and is normally taught at universities (if at all) separately from mainstream physics. In general the research literature is divided along similar lines, with some outstanding exceptions to this rule, e.g., Lorenz's 1963 paper in the *Journal of the Atmospheric Sciences*, which has provided a springboard for the burgeoning field of chaos and nonlinear dynamics. One of the goals of our book is to bring the two fields a little closer, for there has never been a better time to do so.

At the time of writing, the public debate over the global climate has reached a frenzied pitch with the release of the 4th Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (<http://www.ipcc.ch/>). Moreover, a widespread perception is that water, rather than oil or even terrorism, will be the other main global political issue of the century. Never has it been more important for the scientific community to provide the decision makers with objective and accurate information. Unfortunately the global climate models upon which the IPCC, economists, politicians and others rely to make their decisions, are by their very nature complex and opaque to all but the specialist few. This provides fertile ground for the global warming skeptics, and there is by no

means general acceptance of anthropogenic warming, even among meteorologists and climatologists.

This book provides both theoretical and practical grounding in meteorology, with an emphasis on phenomena in the boundary layer, and aims at furnishing either a stand alone course or a firm platform for the reader to proceed with further study in one of the specialist areas, including global climate modeling.

On retrouve là une des raisons *fortes* de développer et de promouvoir une *pédagogie de l'enquête* : permettre aux citoyens une meilleure compréhension des débats clés qui agitent sociétés et civilisations.

c) Le style des *facts* n'est pas acceptable, on l'a dit, si l'on veut faire œuvre d'éducation : il faut tout à la fois chercher à justifier et à rendre intelligible ce que l'assertion rencontrée prétend énoncer. Il n'est guère acceptable non plus de tenter de faire accréditer des explications qui n'en sont pas. Ainsi, contrairement au rapprochement que nous avons vu Hubert Reeves opérer, les mécanismes complexes de « l'effet de serre » ne sont-ils pas identifiables à ceux d'une serre de jardinier (on se reportera là-dessus à l'article "Greenhouse Effect" de *Wikipedia* déjà cité).

d) La pédagogie de l'enquête que j'ai évoquée en pointillé jusqu'ici rencontre plusieurs obstacles dans l'école telle qu'elle existe aujourd'hui. Pour le voir mieux, je recourrai aux schémas herbartiens réduit, semi-développé classiques en TAD, que je rappelle simplement ici :

- Schéma réduit : $S(X; Y; Q) \Rightarrow R^\forall$.
- Schéma semi-développé : $[S(X; Y; Q) \Rightarrow M] \Rightarrow R^\forall$.
- Schéma développé : $[S(X; Y; Q) \Rightarrow \{ R_1^\diamond, R_2^\diamond, \dots, R_n^\diamond, O_{n+1}, \dots, O_m \}] \Rightarrow R^\forall$.

Une classe $[X; Y]$ étudie une question Q : elle forme dès lors un système didactique $S(X; Y; Q)$. L'objet de ce système didactique est d'étudier la question Q (ou d'enquêter sur Q) pour lui apporter une réponse $R^\forall$ qui satisfasse certaines conditions à préciser. Ce qui importe ici, ce sont les entités notées respectivement $R_1^\diamond, R_2^\diamond$, etc., et O_{n+1}, O_{n+2} , etc. Les premières sont des réponses à la question Q existant dans quelque institution de la société – ou, comme on dit dans le jargon des chercheurs, « dans la littérature ». Je prends un exemple (qui n'a pas trait au développement durable). Soit la question Q que voici, rencontrée sur le site *FactPark* : "Why does chopping an onion make you cry?" Voici maintenant la réponse $R^\diamond$ apportée sur ce même site par un certain Brian Kelly (<http://www.factpark.com/Why-does-chopping-an-onion-make-you-cry.htm>).

Onions produce the chemical irritant known as syn-propanethial-S-oxide. It stimulates the eyes' lachrymal glands so they release tears. Scientists used to blame the enzyme allinase for the instability of substances in a cut onion. Recent studies from Japan, however, proved that lachrymatory-factor synthase, (a previously undiscovered enzyme) is the culprit (Imani et al, 2002).

The process goes as follows:

1. Lachrymatory-factor synthase is released into the air when we cut an onion.
2. The synthase enzyme converts the sulfoxides (amino acids) of the onion into sulfenic acid.
3. The unstable sulfenic acid rearranges itself into syn-ropanethial-S-oxide.
4. Syn-propanethial-S-oxide gets into the air and comes in contact with our eyes. The lachrymal glands become irritated and produces the tears!

Il s'agit là d'une réponse à analyser, pour décider si l'on pourra en tirer parti pour construire une réponse $R^\heartsuit$. Bien entendu, pour ce faire, il convient de s'aider d'outils O qui ne sont pas des réponses en eux-mêmes mais aident à analyser et à évaluer les réponses $R^\diamond$ rencontrées et à élaborer la réponse $R^\heartsuit$ recherchée. Dans le cas évoqué plus haut (D'où provient donc la température de -18°C alléguée dans les « rudiments » du développement durable ?), on a vu par exemple que les outils à mobiliser appartenaient à la physique, *telle que la sollicite la climatologie*. La question des oignons qui font pleurer, ou plutôt la réponse recueillie ci-dessus, rappelle surtout que l'enquête sur une question Q suppose la mise en œuvre de savoirs didactiques marginalisés dans la culture scolaire courante : ici, il s'agira notamment de se prévaloir de la *dialectique des boîtes noires et des boîtes claires*, qui permet de recevoir cette réponse sans être (encore) fort avancé en matière de chimie de l'oignon, si je puis dire. On nous y indique que, lorsqu'on coupe un oignon, une enzyme A récemment découverte par une équipe japonaise (2002), est libérée et transforme certaines substances B contenues dans l'oignon en un acide C ; instable, celui-ci se transforme en un produit D qui, se diffusant dans l'air, va entrer en contact avec nos yeux, qu'il irrite, provoquant ainsi des larmes. Il s'agit là d'une réponse $R^\diamond$; avant de formuler $R^\heartsuit$, beaucoup de travail sera encore nécessaire, dont nous ne savons pas a priori s'il conduira en particulier à étudier la structure de ce qu'on nomme en anglais "Syn-propanethial-S-oxide"...

e) Notons que c'est dans la quête de réponses $R^\diamond$ et d'outils O et, bien sûr, dans la fabrication de $R^\heartsuit$ que l'on enrichit ses connaissances, que l'on devient « savants ». C'est ainsi que l'étude de l'effet de serre fera découvrir en

passant comment fonctionne (ou plutôt, en l'espèce et d'abord, comme *ne fonctionne pas*) une serre de jardinier, même si cela n'était nullement le but visé, lequel reste de *répondre à la question étudiée*. Le *choix des questions* est à cet égard une *variable de commande* essentielle dans la formation des élèves, même si une question donnée ne détermine pas absolument les rencontres qui auront lieu et seront approfondies, celles qui ne seront que de furtives confrontations, celles qui seront évitées, celles qui n'auront qu'une chance négligeable de se produire. Considérons ainsi ces extraits d'un papier paru récemment dans l'hebdomadaire *Marianne* (n° 670, du 20 au 26 février 2010, p. 8.) sous la plume de Jean-Claude Jaillette, auteur de *Sauvez les OGM*, ouvrage paru en 2009 avec une préface d'Axel Kahn :

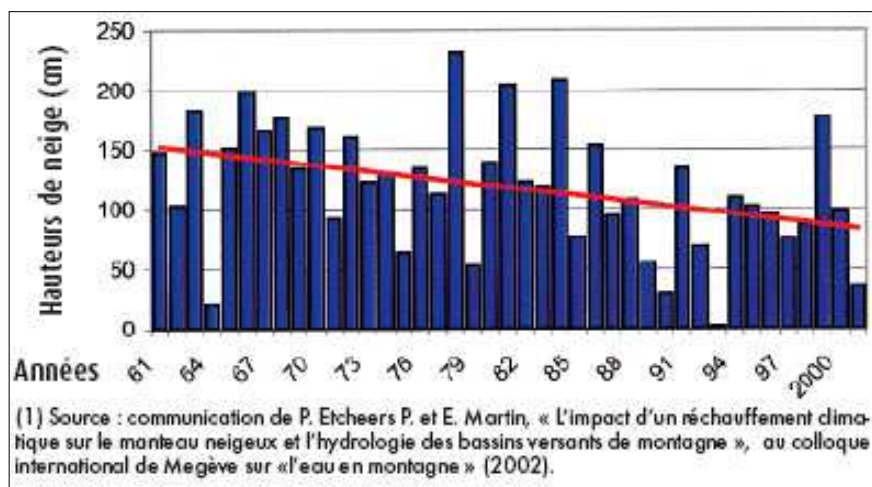
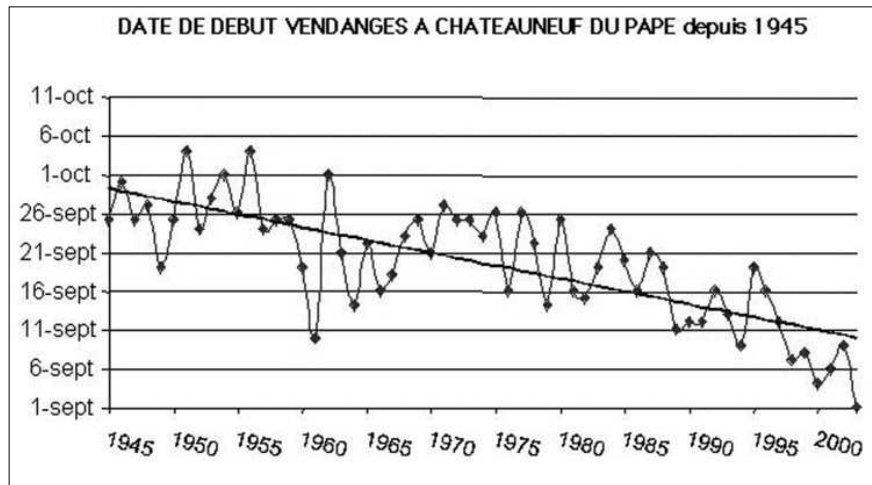
Le climat se réchauffe ? Ah bon ?

L'hiver n'en finit pas. L'Europe grelotte, l'Amérique du Nord essuie des tempêtes de neige en rafales. En France, pour la deuxième année consécutive, les températures sont inférieures aux normales saisonnières. Depuis 1987, jamais un mois de janvier n'avait été aussi froid.

.....

Et si, à l'inverse de la catastrophe annoncée, le climat se refroidissait ? Les spécialistes de Météo France se récrient et avancent l'augmentation des températures moyennes du globe depuis dix ans. Ils admettent néanmoins qu'une moyenne ne veut pas dire grand-chose et que la tendance n'est pas la même selon les régions. L'Atlantique Nord, notamment, connaît un ralentissement du réchauffement. Et dire qu'on est allé inventer jusqu'à un impôt nouveau, la taxe carbone, pour lutter contre le réchauffement climatique !

La prolifération de commentaires de cette espèce peut ainsi conduire par exemple à s'arrêter sur la question suivante : « S'il est vrai que la température moyenne de la Terre augmente, est-il possible qu'on observe pourtant des épisodes de grand froid là où l'on s'attendrait à des températures plus clémentes ? » Notons ici qu'une question vraie est toujours une question *naïve*, puisqu'on ne l'a pas encore étudiée – elle n'est pas naïve par rapport à ce que l'on sait déjà, mais elle apparaîtra naïve par rapport à ce qu'on saura demain, grâce à son étude même. Cela dit, l'enquête sur la question que je viens de formuler fera sans doute rencontrer des *séries chronologiques* telles celles représentées ci-après, où l'on voit clairement le phénomène des fluctuations à court terme, qui n'empêche pas, comme disent les économistes, un *trend*, une tendance marquée.



e) J'ai parlé jusqu'ici de « savoirs savants ». Je n'ai pas parlé des disciplines enseignées, qui sont autre chose. Dans le schéma herbartien, il faut mobiliser des « œuvres » scientifiques et culturelles diverses : on pense alors en termes de *flux* praxéologiques répondant aux besoins estimés. On ne s'y préoccupe pas de ce que les disciplines scolaires *ont en stock*, si l'on peut dire. On a là sans doute une difficulté réelle, qui exprime l'hétérogénéité des deux paradigmes de l'étude scolaire : le paradigme ancien et encore dominant *de la visite des savoirs*, le paradigme encore dans les limbes *du questionnement du monde* dont relève le schéma herbartien. Ce dernier heurte ainsi frontalement l'habitus des professeurs « disciplinaires » qui se vivent comme ayant un monopole sur certains domaines de connaissance. En lieu et place d'un corporatisme disciplinaire jaloux et méfiant tout à la fois des autres corporations disciplinaires et des forains non corporés, le schéma herbartien pousse à construire un monde de *codisciplinarité* ouverte et confiante, répondant aux besoins des enquêtes menées. Sans cela, les questions proposées à l'étude deviennent des questions potiches, dont le seul mérite est de fournir une occasion d'exhiber ce que l'on a en stock – par

exemple, ici, sur les séries temporelles. Les « professeurs de... » ont donc à apprendre de nouveaux « rôles épistémologiques ». Bien entendu, ils doivent renoncer à *imposer* des réponses toutes faites, comme il en va dans le schéma herbartien *dégénéré*, qui s'écrit $[S(X; Y; Q) \Rightarrow \{R_y^\diamond\}] \Rightarrow R_y^\diamond$, où $R_y^\diamond$ est la réponse apportée et imposée par le professeur y . En vérité, si l'on désigne par $\tilde{D}$ une certaine discipline, il est possible que, dans une enquête sur une question Q , *on ne puisse se passer de $\tilde{D}$* – de biologie, de chimie, d'histoire, etc. –, mais qu'on doive se passer *de professeur de $\tilde{D}$* , soit qu'un tel professeur ne soit pas disponible, soit qu'il se révèle inhibiteur, voire interdicteur, faisant payer bien trop cher ce qu'il pourrait « fournir » en matière de $\tilde{D}$ et l'aide qu'il pourrait apporter dans le bon usage de $\tilde{D}$. Comment définir alors le rôle que peut un jouer un « professeur de $\tilde{D}$ » dans une enquête qu'il ne dirige pas ? Je ne connais actuellement de mot plus juste que celui de « médiateur de $\tilde{D}$ » : on pourrait parler aussi bien d'« intercesseur » ou d'« entremetteur », mais le premier terme a une connotation religieuse et le second une connotation galante. Quoiqu'il en soit, la fonction de médiation disciplinaire désigne ici une fonction de guidage spécifique : dans l'ensemble Y des aides à l'étude d'un système didactique du type $S(X; Y; Q)$, celui ou celle qui assume cette fonction n'est pas le *directeur d'étude y* (qui doit se garder d'entrer dans ce rôle), mais un personnage *sui generis*, $\tilde{y}$, qui se décline en différents intervenants $\tilde{y}_{\tilde{D}}$. Notons que, dans un cadre scolaire adéquat, on peut imaginer un « pool » de médiateurs de $\tilde{D}$, chaque professeur (au sens actuel) pouvant assumer la fonction de directeur d'étude (ou d'enquête) en certains systèmes didactiques et des fonctions de médiateur disciplinaire pour *d'autres*.

f) On sait que l'année 2010 a été déclarée par l'ONU « année mondiale de la biodiversité ». Dans les collèges et lycées tels qu'ils sont aujourd'hui structurés au plan épistémologique, le risque est fort de voir les professeurs de SVT faire valoir ce qu'ils croient être leur droit de propriété sur un thème qui doit tout au contraire devenir le souci *de tous et de chacun*. À eux donc les beaux premiers de se faire les médiateurs de la connaissance du vivant, en s'affranchissant d'un habitus monopolistique qui, pour être une tradition, n'est pas pour autant un destin obligé.

That's all, folks!