

PROBLÉMATISATION ET CONCEPTUALISATION EN SCIENCES ET DANS LES APPRENTISSAGES SCIENTIFIQUES

Christian Orange

CERSE - Université de Caen | « *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle* »

2005/3 Vol. 38 | pages 69 à 94

ISSN 0755-9593

ISBN 9782950687946

Article disponible en ligne à l'adresse :

<http://www.cairn.info/revue-les-sciences-de-l-education-pour-l-ere-nouvelle-2005-3-page-69.htm>

Pour citer cet article :

Christian Orange, « Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques », *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle* 2005/3 (Vol. 38), p. 69-94.

DOI 10.3917/lsdle.383.0069

Distribution électronique Cairn.info pour CERSE - Université de Caen.

© CERSE - Université de Caen. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

Problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques

Christian ORANGE*

Résumé

La problématisation est à la mode : elle est invoquée un peu partout. Mais désigne-t-elle toujours le même processus ? Cet article tente d'expliquer, en référence à Bachelard, Canguilhem et Popper, ce qu'est la problématisation

scientifique, en étudiant les relations entre problématisation et conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. Pour cela, il retrace quelques étapes de recherches menées depuis plusieurs années sur ces questions au sein du CREN (Université de Nantes).

Mots-clés

Problématisation
Apprentissages scientifiques
Conceptualisation
Didactique

* IUFM des Pays de la Loire, CREN, Université de Nantes.

Les relations entre problèmes et apprentissages ont été, sous diverses formes, travaillées dans plusieurs champs scientifiques : psychologie, sciences de l'éducation et didactiques, etc. Cette question a pris assez récemment un tour nouveau avec le développement de l'idée de problématisation. Si on ne veut pas limiter ce mot à un slogan, il importe d'en faire un concept opératoire, pouvant donc avoir une véritable fonction critique. C'est ce que nous tentons depuis plusieurs années dans le domaine de la didactique des sciences, en cherchant à mieux comprendre les relations entre apprentissages scientifiques et problématisation (ORANGE, 1993, 2002; FABRE & ORANGE, 1997). Nos recherches s'appuient d'une part sur les aspects généraux de la problématisation développés au sein du CREN (FABRE, 1999) et approfondissent en même temps les spécificités d'une problématisation scientifique, tant du point de vue des chercheurs que de celui des élèves.

Cette contribution a pour but de faire un point sur ces questions, en reprenant des éléments de discussion qui ont été développés ces dernières années dans le « séminaire problématisation » du CREN et les résultats de recherches menées dans l'équipe. Pour ce faire, nous avons choisi l'angle privilégié des liens entre la construction des problèmes scientifiques et la conceptualisation.

La présentation se fera en trois temps. D'abord nous décrirons la problématisation comme une façon de penser les relations entre problème et solution. Ce point de vue, qui a été celui développé au début de nos recherches, donne un aperçu général de ce processus mais ne permet pas de comprendre complètement les particularités de la problématisation scientifique et de ses rapports avec la conceptualisation. Celles-ci apparaîtront plus clairement lorsque cette problématisation sera, dans un deuxième temps, définie comme la construction explicite d'un champ des possibles, en lien avec deux caractéristiques essentielles du travail scientifique : la relation dynamique entre savoirs et problèmes, et l'apodicticité (le caractère de nécessité) des savoirs produits. Le troisième temps sera consacré à l'importance du travail langagier dans les problématisations et les conceptualisations scientifiques. D'un point de vue didactique, il s'agit de penser les liens entre pensée et langage lors du passage de concepts communs aux concepts scientifiques ; ce que nous étudierons sur un cas.

1. La problématisation : entre problème perçu et solution

(CHAMPAGNOL, 1974; FABRE, 1993). Les premiers travaux de notre équipe sur cette question nous ont conduits à la nécessité d'introduire le processus de problématisation, entre problème, solution et connaissances. Nous allons expliquer pourquoi.

Les travaux de psychologie cognitive et de sciences de l'éducation développent différents points de vue sur les relations entre apprentissages et résolution de problèmes

1.1. Une relation circulaire entre connaissances, problèmes et solutions

Bachelard note que « pour un esprit scientifique, toute connaissance est une réponse à une question » (1938) ; Popper affirme que la science commence par des problèmes (1991 p. 287 ; 1985 pp. 230, 329).

Cependant, les relations entre connaissances, problèmes et solutions ne sont pas simples et en sens unique. En première approximation, il y a une circularité qui peut se décrire de la façon suivante :

- la résolution d'un problème entraîne de nouvelles connaissances qui permettent à leur tour de résoudre d'autres problèmes ;
- les connaissances d'une personne peuvent se révéler insuffisantes dans telle situation (échec ou énigme) ou mener à des solutions qui s'opposent à celles proposées par d'autres (controverses) ; de là naissent des problèmes dont la résolution modifie les connaissances.

Mais, à ce niveau de généralité, ces relations ne sont pas propres à l'activité et aux connaissances scientifiques ; elles peuvent tout-à-fait se retrouver pour des problèmes et connaissances pratiques ou quotidiens.

Il vient alors deux questions :

- Comment passe-t-on du problème perçu (échec, énigme, controverse) à une solution ?
- Quels liens existe-t-il entre les solutions des problèmes et les nouvelles connaissances construites ? Peut-on identifier les unes aux autres comme une interprétation rapide des propos de Bachelard rappelés ci-dessus pourrait le laisser penser ?

Nous allons, dans un premier temps, nous attacher à la première de ces questions, ce qui nous permettra d'avancer sur la seconde. Nous le ferons en nous appuyant sur plusieurs exemples, nous servant d'expériences de pensée.

1.2. Trois exemples pour penser le traitement d'un problème

a) Le premier cas correspond à un problème pratique. Une voiture qui démarre mal, et qui tombe même en panne parfois : on voit bien ce qu'est ici le problème perçu. Le propriétaire de la voiture tente de résoudre le problème. Il

repère des indices sur les cas de panne qui le conduisent à penser qu'il s'agit d'un problème de batterie. L'achat d'une nouvelle batterie semble effectivement, pour un temps seulement hélas, régler la question. Un mécanicien, confronté au problème, diagnostique un alternateur défaillant. Notons que cette solution de l'alternateur avait été envisagée par le propriétaire mais repoussée aux raisons que la panne pouvait parfois se régler en poussant la voiture.

On ne peut pas simplement résumer ce cas en disant : le garagiste a trouvé la bonne solution et le propriétaire ne l'a pas trouvée. En effet, ces deux personnes ont construit une intelligence de la situation, entre le problème perçu et la solution proposée, grâce à une enquête (DEWEY, 1993) : des indices ont été relevés ou recherchés, en relation avec des connaissances sur le fonctionnement d'une automobile et des savoirs pratiques différents. On n'a pas seulement deux réponses, mais deux constructions différentes du problème. Et si le propriétaire de la voiture a appris quelque chose en mécanique auto, cela ne se réduit pas à la bonne solution du garagiste, encore moins à sa mauvaise solution, mais correspond à une articulation critique des possibles envisagés et des symptômes repérés.

b) Le second cas est celui d'une classe de cycle 3 de l'école élémentaire (niveaux 4 et 5 de l'école obligatoire) qui tente d'expliquer les relations entre la nutrition et la «force» des différentes parties du corps (ORANGE, 2003b). Les élèves produisent pour cela, en groupes, une affiche avec texte et schéma. Il y a une certaine variété dans les solutions proposées, mais il apparaît, dans la discussion qui suit, que toutes ces solutions s'appuient sur une même distinction entre les «bons» aliments et les «mauvais» aliments. Elles prennent également toutes en compte l'existence d'excréments. Ces éléments, les uns pertinents pour un biologiste (la prise en compte des excréments) et les autres moins (les «bons» et les «mauvais» aliments), ne sont nullement inscrits dans la question de départ. Ils ont été développés à partir du cadre de pensée mobilisé par les élèves et de leurs connaissances. Et les élèves, avec leurs solutions différentes, ont inventé ou convoqué dans cette résolution des idées proches, comme celle de tri des aliments, ou de transformation¹. Limiter ce qui se construit dans cette activité aux solutions proposées, c'est passer à côté d'une activité très importante des élèves au regard des savoirs à construire. Car si toutes ces solutions sont «fausses», les idées développées pour y arriver les engagent vers les savoirs scientifiques (voir partie 3).

c) Si l'on prend enfin l'exemple, classique en psychologie de la résolution de problème, du jeu de la Tour de Hanoï (voir RICHARD, 1990, pp. 332 sq., 381 sq.), il y a plusieurs façons de le résoudre. On peut arriver au bout rapidement, par hasard ou tâtonnement, sans trop savoir comment; ou bien en identifiant qu'il est plus efficace de commencer par tel déplacement; ou encore en retenant un algorithme qui permet de résoudre systématiquement le problème dans le cas d'un jeu à 5 disques; ou enfin en construisant l'espace de la tâche tel qu'il est présenté dans les ouvrages de psychologie (*Ibid.*, p. 382). Devant la même tâche, qui leur fait problème, c'est-à-dire

1. Ces mots (tri, transformation) ne sont pas nécessairement ceux utilisés par les élèves; ils tentent uniquement de traduire les idées que ceux-ci développent.

pour laquelle elles n'ont pas de réponse immédiate, deux personnes pourront ainsi avoir construit le problème de façon différente. Cette construction, liée aux projets qu'elles se donnent et aux connaissances qu'elles ont déjà, les conduira à l'élaboration d'une connaissance qui ne sera pas du tout la même ; alors que pour un observateur leurs solutions peuvent paraître proches.

1.3. L'importance de la construction du problème (ou problématisation)

Ces cas éclairent, chacun à sa façon, ce qui se passe entre le problème perçu et une solution :

- si deux personnes arrivent à deux solutions différentes (cas de la panne et de la nutrition)

ce peut être à cause de connaissances différentes. Mais ces connaissances ne sont pas, la plupart du temps, ce qui donne directement la solution : elles permettent de mener l'enquête, de sélectionner des indices, qui deviendront des données, d'envisager des solutions possibles différentes, d'en rejeter certaines etc.

- Des solutions différentes peuvent mobiliser des repères communs (cas des élèves débattant sur la nutrition).
- Des solutions en apparence semblables (parties de Tour de Hanoï) peuvent résulter d'un travail d'investigation différent.

Il y a donc une activité intellectuelle importante entre le problème perçu et la solution. Elle met en jeu les connaissances de la personne, mais aussi des aspects plus larges qui font partie de ce que l'on peut appeler, à la suite de Piaget (1983), son cadre épistémique : dans le cas de la nutrition au cycle 3, la catégorisation en « bon et mauvais aliments » ; mais aussi la croyance que les forces des muscles doivent être expliquées par un apport nutritif directement à ces muscles, ou, au contraire, qu'il suffit que le corps ait engrangé la nourriture quelque part, dans l'estomac par exemple. L'une ou l'autre de ces croyances conduit à une problématisation différente.

Si maintenant on prend la question des savoirs construits dans le traitement de ces problèmes, il vient que ce n'est pas nécessairement celui qui a trouvé la solution qui a appris le plus (cas de la panne) ; qu'un même savoir (l'idée puis le concept de tri, pour la nutrition : voir 3^e partie) peut être construit alors que les solutions apportées sont différentes ; que des savoirs différents sont parfois construits alors que la solution produite semble la même (Tour de Hanoï).

Tout cela plaide donc encore pour donner une grande importance à ce qui se passe entre problème perçu et solution, et pour ne pas le réduire à une simple représentation du problème comme cela est fait parfois : c'est bien d'une construction dont il s'agit, celle du problème, ou problématisation. On voit aussi les liens qui doivent exister entre cette problématisation et les savoirs construits, qui ne peuvent aucunement se limiter à la solution du problème.

1.4. Existe-t-il une particularité des problèmes et de la problématisation scientifiques ?

Ce que nous venons de présenter quant à la nécessité de penser en termes de problématisation pour comprendre les relations entre problèmes, solutions et connaissances, vaut aussi bien pour les problèmes et les savoirs scientifiques que pour les problèmes et connaissances pratiques ou quotidiens². Si on peut parler dans tous ces cas de conceptualisation, il faut l'entendre de manière générale, dans une théorie tentant d'unifier la question des connaissances et de leurs apprentissages, comme le fait Vergnaud (1994, 1995) avec le concept de schème.

Mais on peut aussi avancer, et c'est le choix que nous pousserons ici, que toutes les connaissances construites dans les cas présentés ci-dessus ne sont pas du même ordre. Ainsi, pour la Tour de Hanoï, il n'y a de savoirs scientifiques³ construits que si le joueur développe tout ou partie de l'espace des tâches de manière explicite ; sinon, il n'accède qu'à des savoirs d'action, fortement contextualisés. Il y a donc lieu de s'interroger sur ce qui pourrait faire la particularité des problèmes et de la conceptualisation scientifiques.

La question n'est pas simple et a reçu des réponses différentes.

Dewey minimise les spécificités des problèmes scientifiques. Pour lui, « l'objet et les procédés scientifiques naissent des problèmes et des méthodes directs du sens commun » (1993, p. 127). Il propose cependant que le caractère abstrait de l'enquête scientifique tient au fait qu'elle est libérée de la référence directe aux occupations d'un groupe limité (*Ibid.*, pp. 180 sq.) ; elle s'intéresse alors davantage aux relations qu'aux qualités des éléments.

Pour d'autres auteurs, Popper et Toulmin (1973) notamment, les sciences se caractérisent par une centration sur des problèmes explicatifs : « le but de la science » dit Popper, « c'est de découvrir des explications satisfaisantes de tout ce qui nous étonne et paraît nécessiter une explication » (1991, p. 297) et les problèmes scientifiques sont « des problèmes liés à la découverte d'explications » (1985, p. 329). C'est ainsi que l'on peut assimiler les problèmes scientifiques fondamentaux à des problèmes de construction de modèles, où il s'agit d'articuler deux registres, l'un et l'autre construits : le registre des modèles expli-

2. Dans ce texte, nous utiliserons le terme « connaissances » de manière générale, qu'elles soient « communes » ou non. Nous réservons « savoirs » aux savoirs scientifiques (sciences étant pris ici au sens large, non limité aux sciences de la nature). Ne relèvent pas de cette distinction des expressions utilisées habituellement et désignant des connaissances liées aux actions : savoirs pratiques ou savoirs d'action.

3. Nous rappelons que nous ne limitons pas les savoirs scientifiques aux sciences de la nature, mais que nous y incluons les constructions à visées théoriques.

catifs et le registre empirique (MARTINAND, 1992; ORANGE, 2002). Mais la production d'explications n'est pas propre aux sciences : elle est également présente dans les mythes (POPPER, 1985, p. 191 ; voir aussi JACOB, 1981 pp. 29-30).

Il nous faut donc compléter cette caractérisation des problèmes et des problématisations scientifiques. Nous le ferons en nous référant, une fois de plus, à Popper et Bachelard.

2. La problématisation comme construction explicite du champ des possibles

dans ces épistémologies, les savoirs scientifiques sont d'une nature fondamentalement différente des connaissances communes. Cette différence se traduit par deux caractéristiques qui marquent les relations entre problèmes et savoirs, et donc entre problématisation et conceptualisation : le dynamisme de ces relations et la nécessité des concepts.

2.1. La relation dynamique entre savoirs et problèmes

les problèmes sont perçus négativement ; ils sont, d'une certaine manière, subis. Au contraire, dans le travail scientifique, les problèmes sont vus comme des défis intellectuels, même s'ils mettent parfois à dure épreuve les nerfs des chercheurs : non seulement ils ne sont pas évités, mais ils sont recherchés par la communauté scientifique.

Ainsi, avant d'être une activité de résolution de problèmes, la science est une activité de production de problèmes. Kuhn note qu'une des qualités importantes des paradigmes est qu'ils ouvrent « des perspectives suffisamment vastes pour fournir... toutes sortes de problèmes à résoudre » (1983, p. 30). Et Popper, pour qui, nous l'avons vu, la science commence par des problèmes, précise : « Les savants se proposent toujours de manière explicite de résoudre les problèmes en élaborant des théories qui permettront de leur apporter des solutions : en expliquant, par exemple, des observations inattendues qui demeuraient inexplicquées. Mais toute théorie inédite qui présente un intérêt réel donne naissance à des problèmes nouveaux... Et sa fécondité tient essentiellement aux problèmes nouveaux qu'elle suscite » (1985, p. 329).

Le second point de vue sur la problématisation dans les activités et les apprentissages scientifiques que nous voulons exposer ici part donc d'un présupposé que nous empruntons aux épistémologies de la démarcation (Popper) ou de la rupture (Bachelard et Canguilhem) :

On parle de problème en sciences comme dans la vie courante, et, dans les deux cas, ces problèmes permettent souvent de progresser dans la connaissance. Mais, dans la vie courante,

Autrement dit, un savoir scientifique n'est pas seulement un savoir qui permet de résoudre des problèmes ; c'est aussi un savoir qui permet d'en formuler de nouveaux dont le travail va faire progresser en retour les savoirs. Cette caractéristique peut être rapprochée de l'idée de connaissance questionnante et questionnée de Bachelard (voir par exemple, 1972, p. 27). Cette dynamique conduit Popper « à une représentation de la science comme processus ayant pour point de départ et pour terme la formulation de problèmes toujours plus fondamentaux et dont la fécondité ne cesse de s'accroître, en donnant le jour à d'autres problèmes encore inédits » (1985, pp 329-330).

Cette relation dynamique entre savoirs et problèmes n'est certainement pas l'apanage des sciences de la nature. Elle est valable pour tout projet de construction de savoirs théoriques⁴. Mais elle n'existe pas pour les connaissances communes ni, le plus souvent, pour les savoirs pratiques. C'est ce que pointe Malglaive lorsqu'il dit que les savoirs pratiques sont sur une logique de la réussite, alors que les savoirs théoriques sont sur une logique de l'échec, du cheveu coupé en quatre (MALGLAIVE & WEBER, 1982 ; ASTOLFI, 1992, p. 38). Nous avons là une caractéristique essentielle de l'activité scientifique, qu'il nous faut préciser davantage pour comprendre comment se fait cette génération des problèmes scientifiques. Interviennent ici différents processus, qui peuvent globalement se décrire en disant que les solutions proposées sont systématiquement soumises à la critique (POPPER, 1985, p. 191 ; JACOB, 1981, p. 30).

Cette critique qui, selon Popper (1985), distingue seule la science des mythes, n'est pas seulement, ni même avant tout, une critique empirique, par observation ou expérience ; elle ne fonctionne pas dans un cadre réfutationniste simple, comme pouvaient le laisser entendre les premières positions de Popper (1984). Cette tradition critique a pour moteur la volonté de rechercher en permanence des explications autres et de les discuter ; elle est ainsi responsable du « caractère exploratoire de la science » (*Ibid.*, p. 194).

Prenons le cas de l'étude de la digestion au XVIII^e et XIX^e siècles (pour des repères historiques, voir par exemple CANGUILHEM, 1969). La transformation des aliments dans le tube digestif est évidente : cela se voit. Mais ce n'est pas suffisant pour en faire un savoir scientifique : ce pourrait être un épiphénomène, une conséquence sans signification biologique du changement de milieu de cette nourriture ingérée. Ce constat d'une transformation renvoie alors à deux questions critiques : comment cette transformation est-elle possible ? Et surtout : pourrait-il en être autrement ? Cette seconde question a reçu depuis longtemps (au moins depuis Galien, II^e siècle) une

4. Et certainement aussi pour l'art. En fait, pour tout ce que Popper (1991) place dans le « troisième monde ».

réponse : pour que la nourriture puisse passer dans le système sanguin, elle doit être transformée, ce qui donne une fonction à cette transformation. La première question peut alors être pensée dans les cadres théoriques de l'époque : iatromécaniciens *vs* iatror-chimistes (XVIII^e siècle) ; chimie au XIX^e siècle. Les expériences de Réaumur et de Spallanzani⁵ (XVIII^e siècle) montrent alors que les transformations physiques (la trituration) ne sont pas les seules à intervenir. Cependant, les transformations chimiques prennent leur totale signification non pas dans cette évidence empirique, mais dans la nécessité, pour que l'assimilation soit possible, de former les mêmes nutriments à partir d'aliments variés; cette nécessité n'est vraiment construite qu'au XIX^e siècle.

Comme on le voit sur cette évolution de la science de la digestion, rapidement esquissée, la dynamique des problèmes ne se fait pas simplement par conjectures et réfutations ; il y a développement et transformation de problématiques, par la mise en jeu des deux types de questions pointées plus haut (comment est-ce possible ? Pourrait-il en être autrement ?), dans un cadre théorique qui bouge. C'est ce travail de la pensée scientifique (toujours au sens large) qui confère des caractéristiques spécifiques aux problématisations développées : il ne s'agit pas simplement de construire un problème pour produire une solution, mais d'explorer et de « cartographier » le champ des possibles.

Cette exploration a pour résultat un caractère essentiel des savoirs scientifiques : leur « nécessité » (apodicticité).

2.2. Problématisation et apodicticité : les concepts scientifiques

Le caractère apodictique des savoirs scientifiques, mis en avant par Bachelard (1949) et Canguilhem (1988), est pour nous fondamental, car il permet de comprendre ce qui se joue dans une problématisation scientifique et ses liens avec la conceptualisation. Et ce aussi bien dans le travail du chercheur que dans les apprentissages des élèves.

Si on reprend l'exemple de la digestion exposé ci-dessus, les différentes problématiques conduisent à la nécessité de la transformation des aliments dans le tube digestif (pour permettre le passage dans le sang), puis à la nécessité de leur transformation chimique (pour rendre possible l'assimilation). Ces nécessités, qui ne viennent pas simplement de constats empiriques mais de la construction critique de modèles explicatifs dans un cadre donné, donnent aux savoirs sur la digestion et la nutrition leur véritable valeur scientifique et institue ainsi, en plusieurs étapes, le concept de la digestion.

5. Il s'agit en particulier d'expériences consistant à faire avaler à des animaux (ou à l'homme), puis à récupérer un tube métallique perforé contenant différents aliments.

De cette façon, les savoirs scientifiques échappent à la contingence des connaissances factuelles, assertoriques, et prennent un caractère apodictique : « Il y a culture dans la proportion où s'élimine la contingence des savoirs » (BACHELARD, 1949). En sciences, savoir n'est pas simplement « savoir que », mais savoir que cela ne peut pas être autrement (REBOUL, 1992). Avec ce caractère de nécessité, on est au cœur de la conceptualisation scientifique : celle-ci ne se réduit pas à la construction de concepts catégoriels⁶ ou bien de concepts en actes, mais à des constructions théoriques explicites dont la nécessité s'impose⁷.

Nous avons étudié ce processus de conceptualisation scientifique dans le cas de la construction du concept de « milieu intérieur » par Claude Bernard au XIX^e siècle (ORANGE, 2003a). Ce cas est intéressant par sa durée (plus de 25 ans) et la variété des écrits de Bernard s'y rapportant (GRMEK, 1997). Au début des années 1850, Bernard pose le problème ainsi : la vie résulte du contact de l'organisme avec le milieu ; or, chez les gros animaux, toutes les parties de l'organisme ne peuvent pas être en contact avec le milieu extérieur ; « il faut donc, pour qu'elles soient en rapport avec le milieu, un artifice... Cet artifice est la circulation, le sang est le milieu » (cité par GRMEK, 1997, p. 129). Ainsi, dès la première forme du concept de milieu intérieur, celui-ci correspond à une nécessité construite par tension entre des considérations théoriques et des éléments empiriques, dans un cadre épistémique (PIAGET, 1983) que Bernard lui-même nomme « vitalisme physique ». Un peu plus tard (fin des années 1850), Bernard introduit la question de l'indépendance apparente des êtres vivants par rapport aux conditions du milieu. Or cela semble en contradiction avec les relations nécessaires que doivent avoir ces êtres vivants avec le milieu ; ce qui conduit Bernard à la nécessité d'un milieu intérieur protecteur. Le concept de milieu intérieur enrichit ainsi son caractère apodictique en même temps qu'il permet d'unifier deux problèmes biologiques importants : le rapport indispensable du vivant avec le milieu, et sa relative indépendance. La figure 1, représentant ce que nous appelons un « espace des contraintes », tente de rendre compte de cette problématisation comme mise en tension du registre empirique et du registre des modèles.

6. Pour une discussion de la distinction entre concepts catégoriels et concepts scientifiques empruntée à Cassirer, voir aussi Lemeignan & Weil-Barais (1993).

7. Une telle conceptualisation n'a rien à voir avec la détermination d'attributs qui, si elle peut éventuellement décrire la construction des concepts catégoriels, ne vaut pas pour les concepts scientifiques, « apodictiques ».

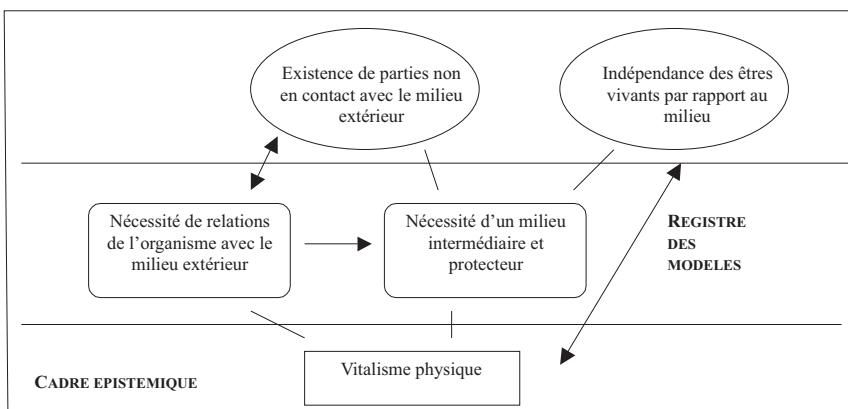


Fig. 1 : Espace des contraintes de la problématisation du milieu intérieur par Claude Bernard vers 1857

Si maintenant on considère que le caractère apodictique des savoirs scientifiques doit se retrouver dans les savoirs scientifiques scolaires, il vient quelques implications didactiques.

Reprendons l'exemple de la classe de cycle 3 (cas 1.3, b ci-dessus) ou d'élèves de collèges (LHOSTE, 2004) qui travaillent sur la nutrition. À quelles conditions peut-on dire qu'ils accèdent à un savoir scientifique dans ce domaine ? Il ne suffit pas qu'ils constatent les transformations digestives : on serait sur une simple juxtaposition de faits. Ni qu'ils établissent le trajet des aliments jusqu'au passage des nutriments dans le sang : quelle signification biologique cela aurait-il ? Leurs savoirs ne seront scientifiques qu'à condition qu'ils construisent certaines nécessités essentielles par mise en tension du registre empirique et du registre des modèles : la nécessité de la transformation des aliments (peut-il y avoir nutrition sans transformation ?), mais aussi celle de la séparation (tri) entre ce qui passe dans le sang et ce qui est rejeté dans les excréments. À ces nécessités correspondent autant de concepts scientifiques qui s'articulent dans le concept plus large de nutrition. Cette construction de nécessités ne peut se faire que si on permet aux élèves de prendre conscience de ce qui est possible et de ce qui ne l'est pas, par exemple en confrontant leurs idées sur la question dans un débat. La figure 2 correspond à l'espace des contraintes travaillées dans un tel débat. Cette exploration et cette organisation du champ des possibles, autrement dit cette problématisation scientifique, est une condition d'accès à de véritables savoirs scientifiques, par construction de raisons.

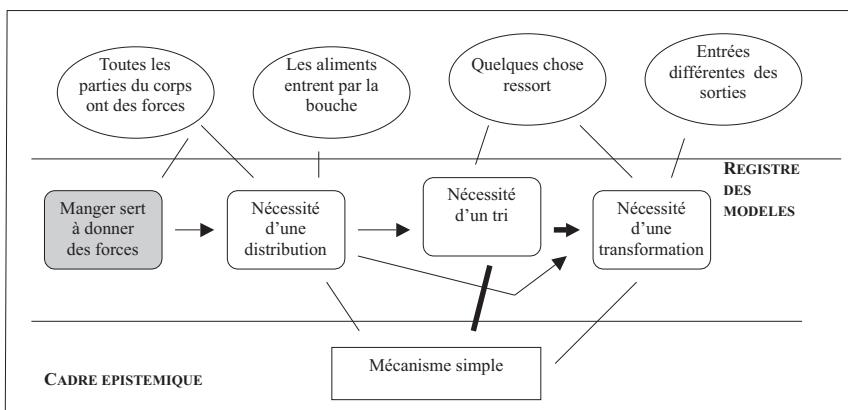


Fig. 2 : Espaces des contraintes en jeu lors d'un débat sur la nutrition en CM1-CM2

2.3. Conclusion

2.3. Conclusion

Lorsque l'on prend en compte la dynamique des problèmes scientifiques et la construction des nécessités, les relations entre conceptualisation et problématisation scientifiques apparaissent pleinement. D'une certaine manière, la dynamique critique de la science pousse au bout, grâce à la verbalisation et à l'argumentation, ce qui apparaissait déjà pour tout problème (voir première partie) : les savoirs construits ne se réduisent jamais à la solution. Cette dynamique critique, qui rend la problématisation explicite et les savoirs apodictiques, ne peut exister que par la production de textes (oraux ou écrits) qui constituent ces savoirs. Mais la production essentielle d'un problème scientifique n'est pas tant le texte de sa solution que l'explicitation de sa problématisation.

Cela est tout-à-fait en accord avec l'idée de la pensée redoublée de Bachelard. On y retrouve également les caractéristiques des savoirs scientifiques de Popper qui font partie de ce qu'il nomme le troisième monde⁸ (POPPER, 1991) et dont les habitants les plus importants sont «ce qu'on peut appeler l'état d'une discussion ou l'état d'un échange d'arguments critiques» (POPPER, 1991, pp. 182-183).

Cette description de la problématisation scientifique, qui produit du texte mêlant solution et raisons (explicitation des nécessités et des contraintes), a plusieurs conséquences théoriques :

⁸ Le premier monde de Popper correspond aux objets et aux états physiques, le second aux états de conscience et le troisième aux contenus objectifs de la pensée (POPPER, 1991, p. 81).

– la formation de la problématisation ne peut pas être simplement considérée comme une traduction d'une problématisation qui existerait déjà, sous forme implicite, dans la « tête » du chercheur. Le prouve tout le travail de pensée lié à la verbalisation, attesté aussi bien par ce qu'en disent les chercheurs eux-mêmes que par les psycholinguistes de la tradition vygotskienne. La problématisation scientifique est donc nécessairement liée à un travail langagier ; celui-ci n'en est pas qu'un épiphénomène.

– La problématisation scientifique, inextricablement liée à la verbalisation, ne peut pas être considérée comme un intermédiaire nécessaire entre le problème perçu et la solution. D'abord parce que tout problème perçu qui aboutit à une solution ne donne pas lieu, même dans l'activité scientifique, à une telle verbalisation⁹ ; et parce que, dans le travail scientifique, celui du chercheur ou celui de l'élève, cette problématisation explicite se construit souvent après coup, à partir des solutions proposées. Autrement dit, et contrairement au premier point de vue sur la problématisation que nous avons développé (voir paragraphe 1.), on ne peut pas penser le travail des problèmes scientifiques (ou plus largement des problèmes théoriques, conduisant à des concepts scientifiques au sens large) de manière linéaire : problème perçu, problématisation, solution. Il faut voir dans la problématisation scientifique une seconde dimension par rapport à celle du couple problème solution (figure 3).

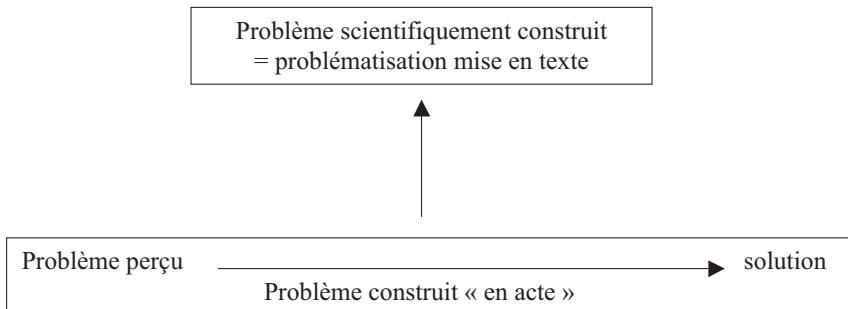


Fig. 3 : Les deux dimensions du travail des problèmes scientifiques

9. Ces problèmes ne sont pas alors scientifiquement construits ; ce peuvent être des problèmes techniques, dont seule importe la solution, ou des problèmes explicatifs qui seront explicitement construits *a posteriori*.

10. Nous utilisons le terme de notions au sens de Culoli (2002) pour désigner « un faisceau de propriétés,

L'importance que nous donnons au langage dans l'activité scientifique pourrait être perçue comme le risque d'une dérive vers le « tout langagier », elle-même conduisant à un certain relativisme. C'est, de notre point de vue, tout à fait le contraire. Mettre en avant le rôle des langages dans les sciences ne veut pas dire négliger celui des investigations empiriques dans la construction des problèmes scientifiques (voir ORANGE C., 2003c), mais insister sur le travail critique, qui concerne aussi bien les aspects empiriques que théoriques. Et ce travail critique, responsable de la problématisation scientifique et donc de l'accès aux raisons, n'est possible que par l'argumentation, donc la mise en texte. Nous pouvons, une fois de plus, nous appuyer sur Popper (1991, p. 200) :

« Sans le développement d'un langage descriptif exosomatique, d'un langage qui, comme un outil, se développe à l'extérieur du corps, il ne saurait exister aucun objet pour notre discussion critique. Mais, avec le développement d'un langage descriptif (et, plus tard, d'un langage écrit), un troisième monde linguistique peut émerger; et c'est uniquement par ce moyen, et uniquement dans ce troisième monde, que les problèmes et les normes de la critique rationnelle peuvent se développer.

C'est à ce développement des fonctions supérieures du langage que nous devons notre humanité, notre raison. Car nos pouvoirs de raisonner ne sont rien d'autre que les pouvoirs de l'argumentation critique ».

Le lien entre problématisation, conceptualisation scientifiques et activités langagières que nous venons de préciser donne toute son importance didactique aux débats scientifiques dans la classe. Car, s'il est théoriquement envisageable qu'une problématisation scientifique puisse être « monogérée », en pratique, même chez les chercheurs experts, les échanges argumentés sont une aide précieuse. C'est à ces aspects langagiers de la problématisation et de la conceptualisation que nous allons consacrer la troisième partie.

3. Travail langagier, problématisation et conceptualisation

Nous voulons maintenant présenter un troisième aspect, le plus récent, des travaux de notre équipe : celui qui porte sur les relations entre activités langagières, problématisation et conceptualisation scientifiques.

Contrairement aux parties précédentes, celle-ci sera essentiellement consacrée à l'étude d'un cas didactique. Il y a pour cela deux raisons :

- Les activités langagières de problématisation des chercheurs sont beaucoup moins accessibles que celles des élèves. Certes, on trouve dans les écrits scientifiques des traces de cette problématisation, mais c'est un travail le plus souvent reconstruit, mis aux normes. On peut parfois avoir accès à des écrits plus « bruts », comme les carnets de notes, mais pratiquement jamais à des échanges oraux « problématisants » entre chercheurs.
- Cette étude, correspondant aux travaux que nous menons actuellement, demande, plus que les aspects précédents, déjà publiés, une certaine explicitation.

3.1. Activités langagières, problématisation et conceptualisation dans un débat scientifique en classe

une classe de cycle 3 de l'école élémentaire (classe de J.-P. Bourbigot ; voir ORANGE, 2003b).

Dans notre cadre théorique, l'enjeu de ce débat est de faire construire aux élèves des nécessités constitutives du savoir scientifique sur la nutrition : ce sont, entre autres, les nécessités de transformation et de tri. Ces nécessités, qui correspondent à des concepts scientifiques au sens où nous les avons définis, ne doivent pas être confondues avec les idées correspondantes : évoquer que les aliments sont broyés, qu'ils sont séparés entre « bons et mauvais » aliments, etc., est bien différent d'énoncer la nécessité de ces processus. D'une certaine façon on peut dire que ce débat a comme fonction didactique de faire passer les élèves des idées aux nécessités, ou encore des solutions qu'ils ont construites à la problématisation explicite.

Afin de pouvoir suivre assez précisément le travail langagier qui permet ce passage, nous nous limiterons à une partie du débat, celle qui correspond à la discussion de la troisième affiche (voir annexe 1) ; et aux épisodes concernant uniquement la question du tri, c'est-à-dire la séparation entre une partie du contenu du tube digestif qui est distribuée à tout le corps et une autre qui est rejetée dans les excréments (ORANGE, 2004).

L'idée de tri est présente dans certaines affiches et apparaît vite dans la discussion, sans que les mots tri et trier ne soient d'ailleurs utilisés. Voilà, par exemple, un extrait de l'affiche n° 3 : « Après, certaines nourritures descendent dans le tuyau des excréments. Les autres partiront dans (des) tuyaux vers les muscles ».

La nécessité du tri, quant à elle, ne se construit que dans le débat critique, et essentiellement autour de l'affiche n° 3. On repère, sur les extraits proposés en annexe

Nous voulons préciser les liens entre l'activité langagière, la problématisation et la conceptualisation scientifiques à partir d'un cas de débat scientifique dans la classe. Ce cas a déjà été évoqué à deux reprises dans les précédentes parties : il s'agit du débat sur la nutrition dans

(annexe 2), des traces de la construction de cette nécessité (voir, par exemple, les interventions 196, 199, 203, 238, 325), qui se développe en plusieurs épisodes et se termine par un énoncé explicite sous forme d'une critique de l'affiche discutée : « Elles ont oublié de dire que ça trie parce que sinon il y a de la mauvaise nourriture qui va dans les muscles » (Quentin, 333).

Dans ce travail qui mène de l'idée à la nécessité, on peut distinguer un double mouvement langagier qui marque deux formes d'abstraction et correspond à un certain nombre de dénivellations linguistiques :

– Il y a un mouvement qui se traduit par la mobilisation progressive de notions¹⁰. On part de la critique précise d'Auberi (196, 199, 203), qui s'appuie sur le schéma du groupe 3 et sur une argumentation très gestuelle : « c'est un peu bizarre parce qu'on croirait qu'ici ça va dans les muscles (montre le tuyau vers le bas) et là... dans le muscle aussi (montre les tuyaux sur le côté) ». Puis apparaissent¹¹ les notions de « bon » et de « pas bon » (Jennifer 240, Marion 246, Juliette 247) et de vitamines (Steven1 303, Steven2 314, Juliette 315 et 317...) qui permettent de désigner les distinctions intervenant dans le tri et de les rendre ainsi plus générales. Enfin arrivent des mots qui désignent des processus liés au tri : ça se trie (Steven1 318), ça se mélange (Clément 319), etc. Exemple : « Oui mais il faut déjà que ça se trie » (Steven, 318).

Si l'intervention d'Auberi, au début de la discussion sur l'affiche 3, est très pertinente et heuristiquement efficace, elle ne vaut que pour le schéma et l'affiche discutés ; elle n'est immédiatement transposable ni dans l'espace ni dans le temps à une autre production. Dès que l'on parle de « bon », de « pas bon », de « mélanger », de « trier », il devient possible de transférer les questions à d'autres cas, donc de généraliser. C'est bien un mouvement d'abstraction que signale l'apparition dans le débat de ces notions, notions que l'on peut certainement identifier à des concepts quotidiens, au sens de Vygotski (1985).

– Il y a un autre mouvement langagier qui concerne la nature des énoncés au sujet du tri. Il est plus hésitant et présente des avancées et des reculs sur une échelle qui va de la simple idée de tri (« Je disais que dans les frites peut-être il y a quelque chose qui est bon alors ça va dans le muscle et puis les autres ça va descendre », Marion 246), à la marque d'un désaccord (« ils ne disent pas que c'est une partie des aliments qu'on mange qui... qui partent dans les muscles », Steven1 233) et au développement d'arguments visant à montrer que ce que présente l'affiche ne peut pas fonctionner (« Je trouve

physico-culturelles ». Nous voulons ainsi les distinguer des concepts scientifiques, liés à une nécessité.

11. Réapparaissent en fait, car ces notions sont déjà présentes dans certaines affiches et dans les discussions autour des deux premières affiches.

12. D'autres études sont actuellement en cours, concernant toujours Claude Bernard.

que c'est vrai ce que dit Steven, y a pas de tri ni rien. C'est comme si tout partait n'importe comment. Y avait des vitamines qui partaient avec des excréments», Clément, 324), jusqu'à la désignation explicite, par un nom ou un verbe, d'une nécessité («Oui mais il faut déjà dire que ça trie» Steven1, 318) ou d'une impossibilité («Elles ont oublié de dire que ça trie parce que sinon il y a de la mauvaise nourriture qui va dans les muscles», Quentin, 333)

Ce second mouvement langagier, qui s'appuie en partie sur les notions apportées par le premier, participe également au travail d'abstraction : la nécessité ou l'impossibilité désignée vaut au-delà de la solution discutée ici. Il permet ainsi la construction du concept scientifique de tri (ORANGE, 2004), c'est-à-dire d'un tri établi dans sa nécessité.

Tout cela se développe en fait sur trois épisodes de cette partie de débat, séparés par des épisodes portant sur d'autres nécessités, comme celle d'une transformation. Le tableau de l'annexe 3 tente de rendre compte de la dynamique de ces deux mouvements associés, aux cours de ces trois épisodes. Au total, le travail du débat permet à la classe de passer d'une idée de tri (non désignée) à une nécessité explicitée et désignée : «il faut que ça trie».

Globalement cela se traduit par une mise en texte de plus en plus élaborée du savoir. Mais, à côté de cela, des points restent dans l'implicite, comme ce qu'il y a précisément derrière la distinction «bons et mauvais aliments», ou le pourquoi de l'impossibilité que les mauvais aliments aillent partout dans le corps; ces non-dits partagés sont même une condition pour que la problématisation progresse dans le débat : toute tentative, à la demande du maître ou d'un élève, d'expliciter ces points, a toutes les chances d'arrêter les mouvements que nous venons de décrire. Cette articulation dynamique entre verbalisé et non verbalisé est, de notre point de vue, un processus didactique majeur. De son contrôle, consciemment ou non, par le maître et les élèves, dépend l'avancée de la problématisation, donc des savoirs.

3.2. Comparaison avec le travail langagier d'un chercheur

Dans le cas de Claude Bernard et de la construction du milieu intérieur, par exemple, les recherches de Grmek (1997) nous livrent, en plus des écrits officiels, des notes de travail et des notes de cours qui nous permettent de faire une rapide comparaison avec ce que nous avons décrit chez les élèves¹², même si nous avons d'un côté des échanges oraux et de l'autre des écrits.

Nous l'avons dit, nous n'avons que peu d'éléments pour étudier l'activité langagière «problématisante» des chercheurs. Seuls quelques cas sont indirectement accessibles.

13. Bien sûr, cela ne veut pas dire que ces élèves soient capables de problématiser par écrit.

– Dans les notes de Bernard on trouve, tout comme dans le discours des élèves, aussi bien des idées que le développement de nécessités. Dans la première de ces catégories, on peut donner l'exemple suivant (note sur une feuille volante, vers 1857) : « Tous les tissus vivent dans les liquides : végétaux – sèves ; animaux – sang. La sécheresse éteint la vie complètement ou passagèrement » (cité par GRMEK, 1997, p. 132). Et voilà un cas de développement de nécessités : « L'animal doit se mettre en rapport avec le monde externe. La vie résulte du contact de l'organisme avec le milieu. Or, dans une cellule ce contact est possible directement, mais dans un animal gros, il faut des moyens indirects localisés ; ce sont les appareils etc. (...) Mais il faut ensuite que ces aliments soient portés dans l'organisme, dans toutes les cellules organiques ; il y a le sang-circulation. » (cahier de notes, 1851, cité par GRMEK, 1997, p. 125)

– Dans le cas d'établissement d'une nécessité, comme dans le dernier extrait ci-dessus, on trouve le plus souvent l'organisation suivante : une nécessité déjà établie est rappelée (ici la nécessité des rapports avec le milieu), puis des possibilités et/ou des impossibilités sont explorées, qui débouchent sur une nouvelle nécessité (ici, celle des appareils et du sang). L'organisation est beaucoup moins nette dans le discours des élèves : la nécessité de départ y reste très généralement implicite, et les constructions argumentatives plus fractionnées. Cela est certainement accentué par la forme orale¹⁴.

– Nous avons vu l'importance de la désignation de catégories ou de processus pour l'avancée de la problématisation des élèves. On retrouve des fonctionnements semblables chez le chercheur, mais ils sont totalement maîtrisés jusqu'à une véritable thématisation qui intervient dans la construction de nécessités. Par exemple, dans une leçon de 1857 : « Dans les corps vivants (...) il y a une évolution organique spontanée qui, bien qu'elle ait besoin du milieu pour se manifester, en est cependant indépendante dans sa marche (...). Cette sorte d'indépendance vient de ce que (...) » et plus loin : « Cette indépendance devient d'ailleurs d'autant plus grande... ». Cette notion d'indépendance va venir renforcer, dans le discours de Bernard, la nécessité d'un milieu intérieur.

Tout cela mériterait d'être davantage analysé. Mais on peut repérer ainsi, chez les chercheurs, des fonctionnements langagiers impliqués dans la problématisation scientifique et, chez les élèves, des traces de fonctionnement semblables quand ils progressent dans l'établissement des nécessités. Il s'agit là de processus plus développés et mieux maîtrisés par les professionnels ; mais, dans le cadre théorique qui est le nôtre, ils ne doivent pas être considérés comme extérieurs au processus de problématisation : ils en font complètement partie.

14. Ou de triplés orientés : problème perçu, problématisation implicite, solution.

4. Conclusion

Nous avons tenté de présenter différentes étapes des travaux menés depuis plusieurs années sur la problématisation scientifique et qui se poursuivent actuellement. Ces travaux présentent un enjeu théorique, dans la mesure où ils participent aux recherches sur les processus de problématisation menées plus généralement au sein du CREN. Nous avons en effet opté pour une réticence méthodologique à poser *a priori* que la construction des problèmes fonctionne de la même façon dans tous les domaines.

S'il faut retenir une spécificité de la problématisation scientifique, c'est son fonctionnement en deux dimensions, quand la construction des problèmes communs se réduit au seul trajet linéaire, éventuellement plusieurs fois parcouru : problème perçu, problème construit, solution. Grâce à la tradition critique de la science, la problématisation n'est plus au service de la résolution du problème ; la relation s'inverse : les solutions possibles servent la problématisation. Celle-ci se déploie en une seconde dimension, celle d'une problématisation explicite et mise en texte, qui n'existe que par le jeu renouvelé et mis sous surveillance du couple problème-solution¹⁴. Dit métaphoriquement, en sciences, les trajets problèmes-solutions permettent de construire la carte de la problématisation, celle du champ des possibles et des nécessités qui l'organisent. Et c'est ce qui institue les concepts scientifiques. Certes, les domaines scientifiques utilisent des concepts catégoriels (LEMEIGNAN & WEIL-BARAIS, 1993), qu'ils explicitent au mieux, mais leurs concepts fondamentaux (nutrition, milieu intérieur, nutriments etc.) sont organisés par des nécessités.

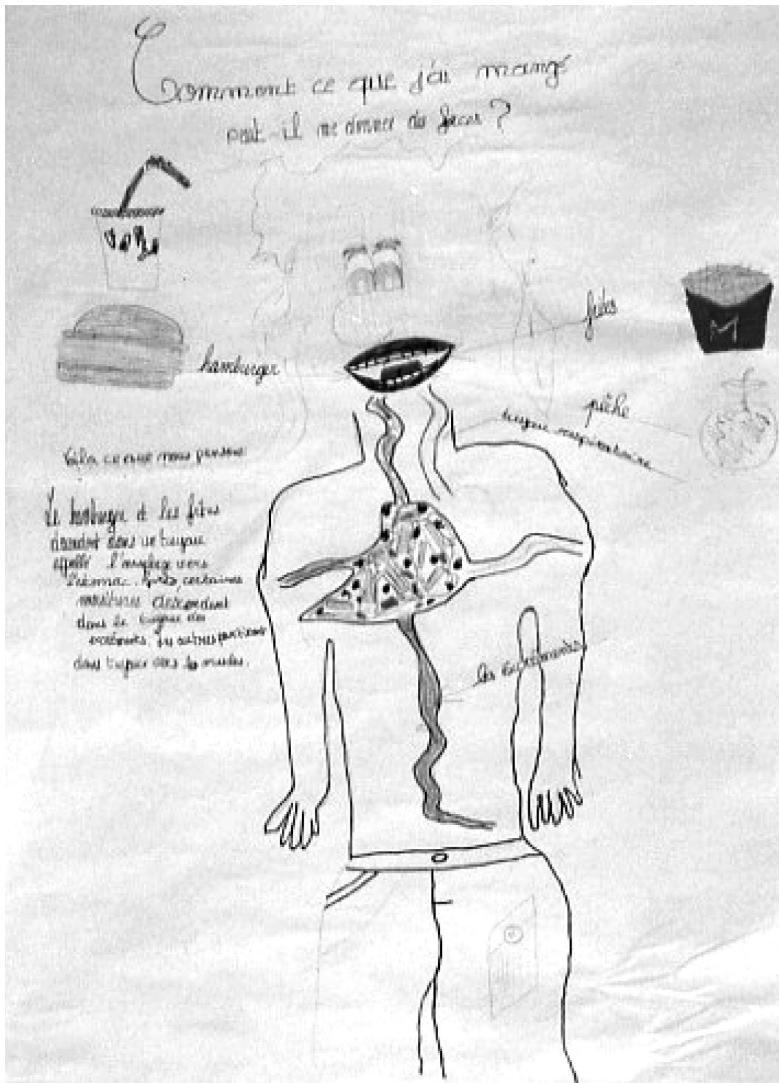
Nos recherches ont également des visées plus pratiques, liées à la formation des enseignants. En caractérisant la problématisation scientifique par la construction de nécessités et en menant des recherches empiriques qui déterminent, pour un domaine donné, les nécessités accessibles aux différents niveaux de la scolarité, nous pouvons fournir aux enseignants des repères pour conduire la problématisation des élèves ; ce que l'on peut appeler des « cartes de la problématisation possible », prenant la forme « d'espaces de contraintes » (voir plus haut). D'autre part les analyses des activités langagières nous montrent des déplacements – désignation des notions servant d'appui, désignations des nécessités construites, par exemple – qui favorisent la problématisation et qui sont également des indications pour les enseignants ; à condition de ne pas prendre les productions langagières correspondantes comme des buts, mais comme une activité faisant partie du processus de problématisation.

Bibliographie

- ASTOLFI J.-P. *L'école pour apprendre*. Paris : ESF, 1992.
- BACHELARD G. *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin, 1986 (1^{re} édition 1938).
- BACHELARD G. *Le rationalisme appliqué*. Paris : PUF, 1949.
- BACHELARD G. *L'engagement rationaliste*. Paris : PUF, 1972.
- CANGUILHEM G. Le XVIII^e siècle, Physiologie animale. In : Taton R. (dir.). *La science moderne*. Paris : PUF, 1969.
- CANGUILHEM G. *Idéologie et rationalité dans l'histoire des sciences de la vie*. Paris : Vrin, 1988.
- CHAMPAGNOL R. Aperçus sur la pédagogie de l'apprentissage par résolution de problèmes. *Revue Française de Pédagogie*, 1974, n° 28.
- CULIOLI A. *Variations sur la linguistique*. Paris : Klincksiek, 2002.
- DEWEY J. *Logique, la théorie de l'enquête*. Paris : PUF, 1993 (1^{re} édition 1938).
- FABRE M. De la résolution de problème à la problématisation. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 1993, n° 4-5, pp. 71-101.
- FABRE M. & ORANGE C. Construction des problèmes et franchissement d'obstacles. *ASTER*, 1997, n° 24, 37-57.
- FABRE M. *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF, 1999.
- GRMEK M. D. *Le legs de Claude Bernard*. Paris : Fayard, 1997.
- JACOB F. *Le jeu des possibles*. Paris : Fayard, 1981.
- KUHN Th. *La structure des révolutions scientifiques*. Paris : Flammarion, 1983 (1^{re} édition 1962).
- LEMEIGNAN G. et WEIL-BARAIS A. *Construire des concepts en physique ; l'enseignement de la mécanique*. Paris : Hachette, 1993.
- LHOSTE Y. *Problématisation et pratiques langagières lors d'un débat scientifique en SVT sur le thème de la nutrition au collège*. Mémoire de DEA de Sciences de l'éducation. Nantes : Université de Nantes, 2004.

- MALGLAIVE G. & Weber A. Théorie et pratique, approche critique de l'alternance en pédagogie. *Revue française de pédagogie*, 1982, n° 61.
- MARTINAND J.-L. Présentation. In : *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP, 1992.
- ORANGE C. Repères épistémologiques pour une didactique du problème. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 1993, n° 4-5, pp. 33-49.
- ORANGE C. Apprentissages scientifiques et problématisation. *Les Sciences de l'éducation - Pour l'Ère nouvelle*, 2002, vol.35, n° 1, pp. 25-42.
- ORANGE C. Un exemple de problématisation en biologie : Claude Bernard et le milieu intérieur. *Actes des troisièmes journées scientifiques de l'ARDIST*, Toulouse, octobre 2003a.
- ORANGE C. Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *ASTER*, 2003b, n° 37, pp. 83-107.
- ORANGE C. Investigations empiriques, constructions de problèmes et savoirs scientifiques. In : Larcher (coord.). *La pratique expérimentale dans la classe*. Paris : INRP, 2003c.
- ORANGE C. Analyse des savoirs en jeu lors d'interactions verbales : de la connaissance commune aux savoirs scientifiques dans un "débat scientifique" au cycle 3. *Actes du colloque «faut-il parler pour apprendre?»*. Arras les 24, 25, 26 mars 2004.
- PIAGET J. & GARCIA R. *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion, 1983.
- POPPER K. *La logique de la découverte scientifique*. Paris : Payot, 1984 (1^{re} édition 1959).
- POPPER K. *Conjectures et réfutations*. Paris : Payot, 1985 (1^{re} édition, 1963).
- POPPER K. *La connaissance objective*. Paris : Aubier, 1991 (1^{re} édition, 1972).
- REBOUL O. *Les valeurs de l'éducation*. Paris : PUF, 1992.
- RICHARD J.-F. *Les activités mentales*. Paris : Colin, 1990.
- TOUMIN S. E. *L'explication scientifique*. Paris : Colin, 1973 (1^{re} édition, 1961).
- VERGNAUD G. (dir.). *Apprentissage et didactiques, où en est-on?* Paris : Hachette, 1994.
- VERGNAUD G. Quelle théorie pour comprendre les relations entre savoir-faire et savoir? In : *Les entretiens Nathan, actes V*. Paris : Nathan, 1995.
- YGOTSKI L. S. *Pensée et langage*. Paris : Messidor, 1985 (1^{re} édition, 1934).

Annexe 1 : Affiche du groupe n° 3 (CM1-CM2, nutrition)



Annexe 2 : Extraits du script du débat

(NB : le travail autour de l'affiche 3 commence en 186 par la présentation de l'affiche par le groupe; l'intervention de Auberi débute pratiquement la discussion sur cette affiche)

M est le maître, xxx : inaudible

187 Juliette : (elle lit l'affiche) Voilà ce que nous pensons. Le hamburger et les frites descendant dans un tuyau appelé l'oesophage vers l'estomac. Après, certaines nourritures descendant dans le tuyau des excréments. Les autres... les autres partiront dans des tuyaux vers les muscles.

196 Auberi : Dans votre dessin, il y a quelque chose de bizarre parce que tu vois il y a un tuyau de l'oesophage et puis xxx Et puis il y a un truc qui va par là et l'autre par là. Mais on ne sait pas qu'est-ce qui va xxx exactement. On dirait que tout va d'un côté et xxx va de l'autre. C'est comme ça, ça fait bizarre. (Elle va au tableau près de l'affiche)

199 Auberi : (elle explique en montrant l'affiche) Vous avez tout dessiné mais c'est un peu bizarre parce qu'on croirait qu'ici ça va dans les muscles (montre le tuyau vers le bas) et là... dans le muscle aussi (montre les tuyaux sur le côté).

203 Auberi : (en retournant à sa place) On pourrait croire que dans les muscles que ça va partout.

233 Steven1 : Déjà c'est dans l'estomac déjà ça se broie. Et ils ne disent pas que c'est une partie des aliments qu'on mange qui... qui partent dans les muscles.

234 Jennifer : Oui, ils disent qu'il y en a que partout (montre tuyaux latéraux) et puis il y a d'autres nourritures qui repartent ici (montre le tuyau du bas).

235 Clément : Mais c'est pour les jambes!

236 Auberi : Non c'est les excréments!

237 Marion : c'est les excréments.

238 Auberi : On pourrait penser que c'est un peu n'importe comment xxx

240 Jennifer : Il y a quelque chose qui est bon et quelque chose qui est pas bon dedans

242 Jennifer : J'étais en train de dire qu'il y a de la nourriture qui va là, de la nourriture qui va là et de la nourriture qui va là (montre les 3 tuyaux).

243 Juliette : Mais oui, mais la nourriture qui va là xxx (montre le tuyau du bas).

244 Marion : oui si ça se trouve il y a de la nourriture qui va là (tuyau de gauche)...

246 Marion : Je disais que dans les frites peut-être il y a quelque chose qui est bon alors ça va dans le muscle et puis les autres ça va descendre (montre sur l'affiche).

247 Juliette : C'est comme si c'était une machine à laver. Ca tourne et puis après y a des côtés qui passent par là et ceux qui ne sont pas bons, y restent, y vont... (montre le bas du dessin).

- 303 Steven1 : Ca prouve quand même que c'est l'estomac aussi qui broie tout. Après l'estomac il broie tout... Toutes les vitamines elles partent dans les muscles et puis après, ben, tout ce qui est mauvais xxx dans l'estomac.
- 314 Steven2 : (montre le schéma) Ils disent que ce n'est pas les vitamines qui vont dans le muscle, ils disent que c'est tout l'aliment.
- 315 Juliette : Peut-être que dans les aliments il y a des vitamines.
- 317 Juliette : Dans les aliments il y a des vitamines et y a des aliments et ça descend (montre sur l'affiche)...
- 318 Steven1 : Oui mais il faut déjà que ça se trie.
- 319 Clément : Les excréments là (montre de loin le schéma) ça tombe n'importe comment. Il y a des vitamines qui tombent dedans... Non mais là, ça se mélange et puis ça xxx partout xxx excréments.
- 320 M : Qu'est-ce que vous pensez de cette idée de tri dont parle Steven ? Marion ?
- 324 Clément : Je trouve que c'est vrai ce que dit Steven, y a pas de tri ni rien. C'est comme si tout partait n'importe comment. Y avait des vitamines qui partaient avec des excréments xxx.
- 325 Jennifer : En fait il y a les excréments et la nourriture qui va dans les excréments. Et puis il y a de la nourriture qui se sépare comme ça, mais c'est que de la nourriture. Alors si tu fais ça à chaque fois comme ça, à la fin tu vas plus rien avoir... dans l'estomac. Il n'y aura plus rien dedans parce que si ça fait toujours ça, la bonne nourriture elle doit aussi se transformer en excréments, à la fin, tu vas plus rien avoir dans l'estomac.
- 332 M : Qu'est-ce que vous pensez de ce que dit Steven ? Au sujet du tri. Qu'est-ce que vous en pensez ?
- 333 Quentin : Elles ont oublié de dire que ça trie parce que sinon il y a de la mauvaise nourriture qui va dans les muscles.

Annexe 3

Nutrition, CM1-CM2, débat sur la troisième affiche :
Dynamique des « mouvements langagiers d'abstraction »
au cours des trois épisodes portant sur le tri

Discussion des nécessités	Enoncé d'une différence ou d'une séparation	Désignation des catégories	Désignation du processus (trier, mélanger)
		2	
Aucun	<i>Juliette 187, 201</i> <i>Jennifer 242</i> <i>Juliette 243</i> <i>Marion 244</i> 1	Jennifer 240 Marion 246 Juliette 247 Steven1 303 Juliette 317	
Affirmation d'un désaccord	Steven1, 233 Jennifer 234	Steven2 314	3
Argumentation sur l'impossibilité d'un cas	<i>Auberi 196, 199, 203</i> <i>Auberi 238</i>	Jennifer 325	Clément 319 Clément 324
Nécessité ou impossibilité désignée			Steven1 318 Quentin 333

Les trois ellipses délimitent les interventions les plus significatives, concernant le tri, des trois épisodes de la discussion de l'affiche n°3 consacrés à cette question.

- épisode 1 (187-203)
- épisode 2 (233-247)
- épisode 3 (303-333)

Problematisation and conceptualisation in science and scientific learning

Summary: Problematisation is fashionable, and is a widely used concept. However, does this concept always describe the same process? This article seeks to make explicit, through reference to the work of Bachelard, Canguilhem and Popper, what is involved in scientific problematisation. A study is also undertaken of the relationships between problematisation and conceptualisation in science and in scientific learning. This is achieved by retracing several steps in the research on these questions undertaken over several years by CREN (University of Nantes).

Key Words : Problematisation, scientific learning, conceptualisation, didactics.

Problematización y conceptualización en ciencias y en los aprendizajes científicos

Resumen : La problematización está de moda : se hace alusión a ella por todas partes.¿ Pero designa siempre el mismo proceso ? Este artículo intenta explicar, refiriéndose a Bachelard, Canguilhem y Popper lo que es la problematización científica estudiando las relaciones entre problematización y conceptualización en las ciencias y en los apredizajes científicos. Para ello traza algunas etapas de las investigaciones llevadas a cabo desde hace varios años sobre estas cuestiones en el CREN (Universidad de Nantes).

Palabras claves : Problematización, Aprendizajes científicos, Conceptualización, Didáctica.