
Symposium « Apprentissages, problématisations et savoirs »

Problématisation et construction de savoir en SVT : quelques questions théoriques et méthodologiques

Yann Lhoste*, Brigitte Peterfalvi et Christian Orange*****

** IUFM Basse-Normandie et CREN, EA 2661, université de Nantes
186, rue de la Délivrante F-14053 CAEN
yann.lhoste@caen.iufm.fr*

*** UMR STEF : ENS Cachan, INRP, Universud
ENS de Cachan
61, avenue du Président Wilson
F-94235 CACHAN*

*ptrfalvi@inrp.fr
*** IUFM des Pays-de-la-Loire et CREN, EA 2661, université de Nantes
4, chemin de Launay-violette
christian.orange@paysdelaloire.iufm.fr*

RÉSUMÉ. La présente contribution vise à discuter quelques questions théoriques concernant la mobilisation de la méthodologie de construction d'espaces de contraintes pour rendre compte de l'activité de problématisation des élèves pendant les débats scientifiques en classe. Un premier temps nous conduira, à partir de l'analyse d'un extrait de débat scientifique sur le thème de la nutrition des végétaux en classe de seconde, à préciser à quelles conditions certaines propositions d'élèves peuvent acquérir ou non un statut de contrainte et de nécessité. Les relations entre type de registre (registre empirique et registre du modèle [ou des modèles]) et statut de contrainte et de nécessité seront discutées. Dans un second temps, nous discuterons le statut du troisième registre impliqué dans la construction des espaces de contraintes et ce qu'il recouvre à partir des concepts de registre explicatif, de matrice cognitive et de cadre épistémique (concepts empruntés respectivement à Orange, Martinand et Piaget & Garcia).

MOTS-CLÉS : problématisation, débat scientifique en classe, didactique des SVT

1. Introduction

Les *espaces des contraintes en jeu*¹ sont une façon de rendre compte de la problématisation qui a lieu pendant certains débats scientifiques en classe, problématisation qui permet la construction des concepts scientifiques. La méthodologie d'analyse, décrite complètement dans Orange (2000), a été reprise depuis dans des recherches de troisième cycle universitaire menées au *Centre de recherches en éducation de Nantes* (Orange-Ravachol, 2003 ; Beorchia, 2003). Elle conduit à la construction d'*espaces de contraintes* en jeu dans le débat qui présentent ce que l'on retient dans l'activité des élèves comme relevant de la construction des *raisons*. Cette façon de présenter le produit de l'activité de construction des problèmes scientifiques divers (en biologie et en géologie) par les élèves de tout âge (du cycle 2 à des professeurs des écoles stagiaires) a conduit à la publication de nombreux articles et communications dans des colloques (Orange, 2001, 2003 ; Aster n° 40, 2005 ; Aster n° 42, 2006). Certains travaux plus récents ont conduit à la construction d'*espaces de contraintes* pour des problématisations historiques, comme l'« *espace des contraintes de la problématisation du milieu intérieur par Claude Bernard* » (Orange, 2000, 2003, 2005).

La diffusion de cette méthodologie, la discussion de certains cas limites (Lhoste & Beorchia, 2007) et la confrontation entre deux équipes de recherche², nous conduisent à proposer un point d'étape, tout à la fois théorique et méthodologique sur la signification des éléments présents dans ces espaces correspondant à l'activité de problématisation des élèves en classe de *science de la vie et de la Terre* (SVT) ou à celle de chercheurs. Ces discussions, pour lesquelles nous essaierons de rendre compte des positions des auteurs, s'appuieront sur des extraits d'un débat scientifique portant sur le thème de la nutrition des végétaux chlorophylliens en classe de seconde (élèves âgés de 15-16 ans)³.

Après avoir rapidement présenté le cadre théorique correspondant à cette perspective de la problématisation, nous souhaitons aborder deux questions dans cette communication. La première concerne le statut de *contrainte* et de *nécessité* attribué à certaines propositions des élèves dans l'analyse des débats scientifiques. La seconde concerne le statut et la fonction du troisième registre mobilisé par Orange (2000), *le registre explicatif*.

¹ Tous les termes en italique renvoient spécifiquement aux outils développés dans l'équipe du CREN.

² Brigitte Peterfalvi est membre de l'UMR STEF et participe régulièrement au Séminaire problématisation du CREN dirigé par Michel Fabre et Christian Orange dont Yann Lhoste fait partie.

³ Ces corpus est issu d'un mémoire professionnel de PLC2 SVT de l'IUFM de Basse-Normandie qui vont donner lieu à deux publications dans les actes de la recherche de l'IUFM de Basse-Normandie (Éhanno & Lhoste, 2007).

2. La problématisation dans le cadre des travaux de Christian Orange

Le cadre théorique de la problématisation pour la construction de savoirs scientifiques tel qu'il est développé dans l'équipe didactique des SVT du CREN repose sur une analyse épistémologique de l'activité scientifique ancrée dans une tradition rationaliste (Bachelard, 1949 ; Jacob, 1970 ; Popper, 1991). Selon cette orientation, l'activité scientifique vise principalement la construction d'explications et c'est dans la relation qu'ils entretiennent avec les problèmes qui les ont fondés que les savoirs scientifiques prennent tout leur sens. Cette relation entre savoir et problème conduit Canguilhem à mettre en avant la caractère *apodictique* du savoir scientifique, quand il affirme que : « *connaître, c'est moins buter sur le réel que valider un possible en le rendant nécessaire* » (1965/2003, p. 58). Ainsi lorsque « *les explications perdent tout caractère de nécessité* », ce ne sont plus des savoirs scientifiques, mais de « *simples réponses factuelles qui se succèdent au hasard* » (Fabre, 1999, p. 194).

La transposition didactique de cette conception de l'activité scientifique a conduit Orange (1998, 1999, 2000) à proposer que des élèves engagés dans des débats scientifiques en classe de SVT construisent, à partir de leurs idées, des *raisons* par une « *mise en tension critique* » du savoir qui consiste à articuler « *explicitement des contraintes empiriques repérées comme pertinentes, avec des conditions de possibilité des modèles explicatifs* » (Orange, 2000, p. 27). Cette articulation entre les éléments du registre empirique (identification de contraintes empiriques) et les éléments du registre du modèle (ou *nécessités*⁴ sur les modèles, dont nous discuterons justement le statut spécifique plus loin) provoque une « *ré-organisation du savoir* » qui permet la construction d'un savoir scientifique en permettant l'accès à « *des principes de nécessité* » (Bachelard, 1949/1998, p. 11). Les *espaces de contraintes* en jeu dans un débat scientifique représentent ces articulations entre le registre empirique, le registre des modèles à l'intérieur d'un registre explicatif qui organise les façons de mettre en relation les éléments du registre empirique, celui du modèle et le type d'explication avancé. Des *espaces de contraintes* en jeu dans des problématisation d'élèves en classe ou des problématisations historiques sont accessibles dans la littérature (Orange, 2003, 2005 ; Beorchia, 2005 ; Lhoste, 2005 ; Orange-Ravachol, 2005).

La discussion qui suit va porter sur le statut de ces différents éléments et la façon dont ils sont articulés dans le cadre de l'activité de problématisation.

⁴ Le terme de *nécessité* doit être entendu comme une condition de possibilité sur les modèles explicatifs. Un modèle explicatif possible doit respecter ces contraintes.

3. Regard critique sur une analyse d'un débat scientifique sur le thème de la nutrition des végétaux

Les discussions autour de plusieurs textes nous ont conduits à mettre sous observation critique la façon dont est attribué le statut de *contrainte* et de *nécessité* à certaines propositions des élèves, sachant que la plupart du temps le terme de *contrainte* est associé au registre empirique et celui de *nécessité* au registre du modèle. Il convient de comprendre d'une part, à quelle condition peut-on dire qu'un élément a le statut de *contrainte* ou de *nécessité* et, d'autre part, de discuter des liens entre les registres et les contraintes et nécessités. Cette discussion peut être conduite à deux niveaux : au niveau théorique (que signifient les termes de *contrainte* et de *nécessité* ? Quelle relation avec le registre empirique et le registre des modèles ?) et une dimension méthodologique (face à un énoncé d'élève, quel critère nous permet de lui attribuer un statut de contrainte, de nécessité, ou aucun de ces deux statuts ?).

3.1. La « mise en tension » entre contraintes et nécessités

Il convient tout d'abord de rappeler, qu'à l'origine (Orange 1998, 2000), ce travail cherchait à caractériser l'activité de problématisation des élèves pendant les débats scientifiques en classe. Cela a conduit Christian Orange, en s'appuyant sur la conception de l'activité scientifique que nous avons présentée à la section 2, à assimiler cette activité de problématisation à la construction de nécessités. Cette décision met ainsi au cœur des apprentissages de SVT la construction de problèmes explicatifs qui ne recouvrent pas la totalité des problèmes en sciences (pour une typologie des problèmes pris en charge par la science, voir Laudan, 1977). Cette position a permis de mobiliser les recherches sur l'apprentissage de la modélisation (Martinand, 1992, 1994 ; Orange, 1997) en rapprochant l'activité de problématisation de celle de modélisation. C'est cela qui amène à décrire l'activité de problématisation, à partir de la distinction entre le registre empirique et le registre des modèles, comme une « mise en tension » entre des éléments du registre empirique (les *contraintes* empiriques) et les éléments du registre des modèles (*contraintes* théoriques et *nécessités* sur le modèle). L'emploi de l'un ou l'autre de ces deux derniers termes sera aussi à discuter ici.

Du point de vue méthodologique, cela conduit les chercheurs mobilisant ce point de vue à référer, dans un premier temps, les interventions des élèves au registre empirique et au registre des modèles ou à une relation entre les deux et, dans un second temps à attribuer à ces interventions le statut de contrainte empirique ou de contraintes sur les modèles (ou nécessité sur les modèles). On verra comment cette procédure, si elle est systématique, peut poser certains problèmes aux chercheurs. Car cette attribution est souvent loin d'être évidente.

Voyons, comme support à la discussion, ce que produit cette méthodologie, mise en œuvre sans doute de façon un peu trop formaliste, dans une publication qui a suivi un travail de mémoire professionnel dans le cadre de la formation des *Professeurs des lycées et collèges*, deuxième année (Éhanno & Lhoste, 2007).

3.2. Présentation du corpus

Les deux extraits du corpus qui suit proviennent d'un débat mené en classe de seconde sur le thème de la nutrition des végétaux chlorophylliens. Ils traitent des relations entre l'eau et la croissance d'un végétal chlorophyllien.

Extrait 1 :

		<i>Intervention</i>	<i>Registre</i> ⁵	<i>Contrainte</i> ⁶
6	Prof	les sels minéraux et l'eau ça sert à quoi ?		
7	Florian	à la faire pousser, l'eau c'est ce qu'elle a besoin pour vivre.	RE-RM	CE-CM
8	Prof	comment ça fonctionne ?		
9	Florian	L'eau monte par les tiges.	RM	
10	Prof	et ensuite ?		
11	Florian	puis elle va dans les feuilles	RMd	
12	Prof	qu'est ce que cela veut dire la plante grandit ?		
13	Florian	Elle prend du volume, de la taille, elle se développe au niveau des fleurs.	RE	CE

Extrait 2 :

24	Prof	L'eau elle sert à quoi ?		
25	Nicolas	bah pareil.		
26	Prof	c'est-à-dire ?		
27	Nicolas	pour grandir.	RMd	
28	Prof	comment l'eau fait elle pour faire grandir la plante ?		
29	Pauline	ben si elle a pas d'eau c'est comme nous quoi, je veux dire, bah voila elle se dessèche.	RE- RM	CE- CM
30	Prof	Est ce que l'eau sert à faire pousser la plante ?		
31	Nicolas	Oui.		
32	Pauline	à faire grandir les racines qui eux font pousser la plante.	RMf	
33	Prof	donc est ce que l'eau permet à la plante de ne pas sécher ou est ce qu'elle permet à la plante de grandir ?		
34	Pauline	les deux.		
35	Prof	D'accord... autrement qu'est ce que ça veut dire la plante grandit ?		
36	Pauline	Elle se développe.	RE	CE
37	Prof	oui, ça veut dire qu'elle se développe...Nicolas tu n'avais pas dit autre chose tout à l'heure ?		
38	Nicolas	non.		

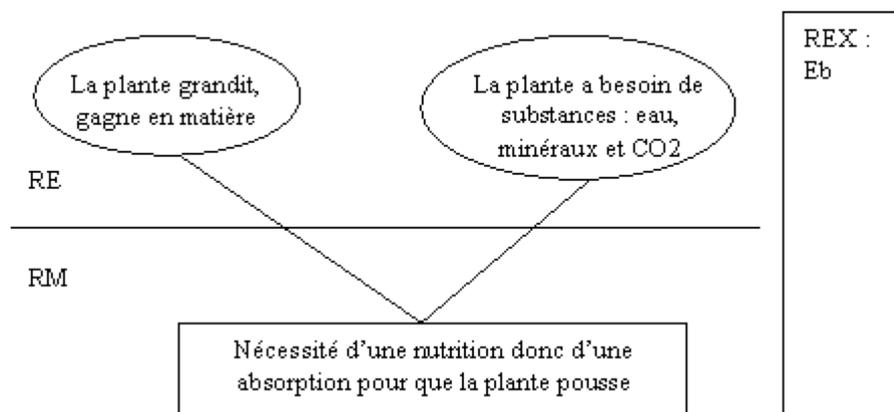
Ces deux extraits ont permis de proposer les interprétations suivantes : « Pour l'eau, plusieurs élèves avancent la fonction d'hydratation, pour ne pas que la plante se dessèche. Dans l'intervention de Pauline, le besoin d'eau correspond à une contrainte empirique. Elle pourrait être associée à la nécessité d'être hydratée

⁵ Registre empirique (RE) ou registre des modèles (RM).

⁶ Contraintes empiriques (CE) ou nécessités sur les modèles (CM). CM évoque « contrainte sur les modèles » et pas « nécessité sur les modèles ». Cela correspond à une phase du travail où on ne distingue pas encore entre nécessité et contrainte.

(CM) mais on ne peut pas savoir s'il s'agit d'une nécessité d'être hydratée pour grandir (ce qui correspondrait à notre problème) ou pour "être bien" » et de construire l'espace présenté sur la figure 1.

Figure 1. Espace de contraintes en jeu dans ces extraits du débat



Le REX Eb (Registre explicatif de type Eb) fait référence aux types d'explications produites par les élèves dans des questions de nutrition. Orange (1997, chapitre 6) précise dans ce type d'explication, « *le processus que la nutrition est censé permettre s'explique par l'entrée de substances qui, directement ou par transformation, procure un "principe" (vitamines, sels minéraux, énergie, chlorophylle, sève...) qui l'alimente* ».

3.3. Quelles catégorisations des propositions des élèves

Le premier point que nous souhaitons discuter concerne la façon dont on catégorise les interventions des élèves dans les différents registres. Deux questions animent nos discussions : la question de savoir pour qui ces catégories sont signifiantes (correspondent-elles ou non à des distinctions existantes dans l'esprit des élèves ?) et le risque de voir utiliser ces catégories de façon très formelle, indépendamment du sens du problème auquel s'attaquent les élèves et de la dynamique du débat scientifique.

Pour apporter des éléments de réponse à la première question, il convient de préciser que les productions langagières des élèves relèvent généralement d'un syncrétisme entre les éléments du RE et celui du RM. Comme le précisait Orange (2000), l'une des fonction du débat est de permettre un travail de désyncrétisation, ce qui ne veut pas dire, bien entendu, que cela conduit les élèves à une distinction explicite des registres.

Rappelons par ailleurs que la distinction RE/RM s'appuie sur les distinctions opérées par Martinand (1992) qui distingue le référent empirique du modèle dans les démarches de modélisation. Ce faisant Martinand dit reprendre et aménager « *la théorie du signe de Saussure ou des schémas de conceptualisation de Vergnaud. Si les modèles (en tant que signifiés, exprimés au moyen de systèmes signifiants) jouent des rôles analogues aux concepts et « théorèmes », ils réfèrent à un ordre de réalité que l'on appellera référent. Mais en sciences expérimentales, ce référent n'est pas constitué seulement d'objets et de phénomènes, ou d'actions sur des objets et d'interventions sur des phénomènes. Il y a « déjà-là » des descriptions, des règles d'action, des savoirs disponibles. Ils ont un statut « empirique », même s'ils sont l'aboutissement de processus antérieurs d'élaboration conceptuelle, théorique ou modélisante, en ce sens qu'ils sont inconsciemment projetés sur la réalité* » (Martinand, 1996). Cela signifie que le registre empirique peut accueillir des éléments très élaborés et déjà construits (comme l'entrée de dioxyde de carbone dans le végétal chlorophyllien dans la suite du débat). Pour ces deux raisons (le syncrétisme initial et l'interdépendance de construction des éléments des deux registres), la catégorisation des énoncés d'élèves dans l'un ou l'autre de ces registres s'avère souvent difficile. Il reste maintenant à voir les relations entre la catégorisation des énoncés dans l'un ou l'autre de ces registres, et le statut de contrainte ou nécessité qui leur est attribué.

3.4. La construction des contraintes et des nécessités

Orange avait déjà précisé que tous les éléments du registre du modèle n'avaient pas automatiquement un caractère de nécessité et proposait de ne conserver dans les *espaces de contraintes* que celles « *qui contiennent des éléments critiques de nature empirique ou conceptuelle* » (2000, p. 66). Mais cela ne lève pas le flou sur la distinction entre *contrainte* et *nécessité*, indépendamment du registre auquel réfère l'énoncé. Orange utilise le terme de « *mise en tension* » qui a été utile car il permettait de mettre l'accent sur le caractère construit, à la fois des nécessités sur le modèle et des contraintes empiriques. Cela permettait d'éviter un retour à une conception empiriste de la science puisque, selon Bachelard, c'est « *par l'enchaînement conçu rationnellement, que les faits hétéroclites reçoivent leur statut de faits scientifiques* » (1949/1998, p. 123). Mais aujourd'hui, ce terme nous paraît plutôt masquant et l'on cherche à déterminer ce qu'il recouvre. Avant de discuter les deux exemples, il convient de préciser un peu ce qui permet de distinguer un statut de contrainte d'un statut de nécessité : nous considérons comme contrainte un déjà-là convoqué dans un raisonnement actuel, alors qu'une nécessité serait un construit nouveau, sur la base d'un raisonnement.

Dans notre premier exemple, il faut bien qu'il y ait de l'eau pour que la plante vive. Les auteurs ont considéré que ces propositions des élèves étaient porteuses de *contraintes empiriques* (entrée d'eau dans la plante) et de *nécessité sur le modèle* (nécessité d'eau pour vivre). Nous pouvons postuler que cela repose sur des constats d'observation communs selon lesquels une plante que l'on n'arrose pas se dessèche. Est-ce que l'on peut cependant parler de *nécessité* d'un apport d'eau mis en relation avec un élément du registre empirique convoqué qui pourrait avoir statut de

contrainte ? Cela dépend du sens que l'on attribue au terme de nécessité : il peut s'agir ici d'une nécessité fonctionnelle, mais ce n'est pas une *nécessité* pour nous car elle relève de la modalité de *l'assertorique* (c'est une assertion, l'argumentation développée dans le débat ne lui sert pas de justification) et non de *l'apodictique*, au sens de « *il ne peut pas en être autrement* ». Ainsi, dans ce cas précis, puisque l'on reste dans l'ordre de la contingence (puisque qu'il n'y a pas de recherche de justification de cette explication comme valable, l'explication semble aller de soi, on passe du fait au fait, on n'arrose pas, la plante est sèche, la relation est de l'ordre d'une lapalissade⁷), on n'accède pas au registre de l'apodictique. Ce qui est dit ici vaut pour ce cas-là, mais n'a aucun caractère généralisant. Il nous semble que la nature du problème pris en charge par les élèves, impliqués ici dans une logique de facteurs (Orange, 1997), pourrait expliquer que les élèves se retrouvent cantonnés dans l'ordre de la contingence, même si une l'engagement dans un problème de facteurs peut bien aller dans le sens d'une généralisation, par contre, ce à quoi ce type de problème ne permet pas d'accéder, c'est à une explication (généralisante ou pas selon).

Dans le second exemple, les mêmes éléments et d'autres en plus sont présents. Ce qui change dans ce cas vient, d'une part, de la nature du problème construit par les élèves et, d'autre part, de la présence d'un raisonnement explicite. Avançons sur ce deuxième point. La « *mise en tension* » entre éléments du registre empirique et du registre du modèle correspond ici à une articulation explicite qui s'organise au sein d'un raisonnement, le résultat du raisonnement permet de fonder le statut de *contrainte* et de *nécessité* à certains éléments de la proposition. Le raisonnement explicite porte ici sur l'inverse de la contrainte qui reste donc implicite : « ben si elle a pas d'eau c'est comme nous quoi, je veux dire, bah voila elle se dessèche » Il s'agit d'un raisonnement par l'absurde, du type « *parce que... sinon il + proposition qu'on sait être fausse* ». La contrainte correspondante (« on sait que normalement une plante, si elle est vivante, ne se dessèche pas ») est implicite et représentée dans le raisonnement par son inverse, qui, lui est explicite (« elle se dessèche »). Si le statut de contrainte de cette idée est lié au raisonnement dans lequel elle est impliquée, elle ne résulte pas elle-même du raisonnement. Elle a un statut de prémisses du raisonnement. On sait (de toute date, ou en tous cas, avant de se livrer à ce raisonnement) que les plantes lorsqu'elles sont vivantes ne se dessèchent pas, ce qui permet d'intégrer ces idées au raisonnement, et en font des *contraintes* pour établir une nécessité sur l'explication (nécessité d'une entrée d'eau). De plus cette nécessité est reliée à un autre élément, le principe d'une conservation de la matière : l'eau qui entre dans la plante ne disparaît pas et provoque la turgescence du végétal qui, par là, pousse et grandit. Sans ce principe de conservation, la nécessité d'eau ne serait pas liée au fait de grandir. Si nous faisons maintenant référence au type de problème construit par ces élèves, il est différent de celui construit par le groupe 1. Dans ce cas, les élèves cherchent à expliquer pourquoi la plante grandit, ce qui oriente la problématisation vers la construction d'un modèle explicatif de la croissance, même si le modèle explicatif produit ne fait

⁷ Toutefois sèche est ici assimilé à morte, ce qui est l'amorce d'un raisonnement.

pas référence à une production de matière mais seulement à un mécanisme de turgescence : on fait rentrer de l'eau dans la plante et elle grossit (Orange, 1994 ; Goix, 1997).

La principale difficulté pour attribuer le statut de *contrainte* ou de *nécessité* à certaines propositions des élèves vient du fait que ces raisonnements ne sont pas toujours explicites et sont, la plupart du temps, co-construits par plusieurs élèves⁸. Cependant, nous pouvons avancer ici pour dire que les éléments que nous pouvons considérer comme contrainte et nécessité doivent être mis en relation à travers un raisonnement qui articule :

- un élément du registre empirique qui acquiert, par là, un statut de contrainte empirique (cela signifie qu'on en tient compte pour établir la *nécessité* correspondante) ;

- un élément du registre du modèle qui devient une *nécessité* sur le modèle ; (il faut que de l'eau entre pour que la plante grandisse ? parce qu'il faut ajouter de la matière ? pour remplir la plante et que sous cette poussée elle devienne plus grande ? = éléments explicatifs, mais je les suppose...)

- un principe explicatif qui pourrait correspondre à une instanciation dans le raisonnement actuel d'un élément du cadre épistémique (voir discussion registre explicatif/cadre épistémique à la section 4). Ce troisième élément peut être une nécessité construite précédemment dans le débat qui sert de point d'appui à la construction d'une nouvelle nécessité (par rapport à la nécessité en construction, celle qui sert de point d'appui à un statut de contrainte), ou à un présupposé non-interrogé.

Il convient de préciser ici quels sont les types de raisonnement qui permettent de conférer ces statuts. Dans l'état actuel de nos travaux (Orange, Lhoste & Orange-Ravachol, 2007), nous avons identifié plusieurs types de raisonnement (mais ce premier inventaire n'est certainement pas exhaustif) :

- des raisonnements qui permettent de justifier une thèse par une conséquence inacceptable de son contraire (comme dans le cas de l'extrait 2) ;

- des raisonnements construits à partir d'un fait admis ou constaté pour en tirer une conclusion ;

- des raisonnements par analogie.

Une autre difficulté est liée au fait que les raisonnements produits par les élèves s'inscrivent dans une dynamique qui, par une succession d'argumentations, change la configuration progressive des solutions possibles. C'est ainsi que l'on a pu mettre en évidence que des nécessités construites sur le modèle à un moment donné d'un débat scientifique peuvent prendre le statut de contrainte à un autre moment. Dans

⁸ C'est la raison pour laquelle certains de nos travaux (Fillon *et al.*, 2004 ; Lhoste, 2005 ; Orange, Lhoste & Orange-Ravachol, 2007 ; Peterfalvi & Fillon, 2007) mobilisent des méthodologies d'analyse de l'activité argumentative pour rendre compte de la dynamique de ces raisonnements.

certaines de nos travaux (Lhoste, 2006), nous avons montré comment ces nécessités construites pendant le débat scientifique venaient contrôler les autres solutions possibles ce qui permettait de distinguer des degrés différents⁹ de construction des nécessités dans un débat scientifique.

Enfin rappelons que les raisonnements des élèves ne s'inscrivent pas dans une logique propositionnelle, mais qu'ils sont à relier aux problèmes pris en charge par élèves, ce sont ces problèmes qui donnent un sens aux nécessités construites, et au cadre épistémique au sein duquel ces raisonnements sont conduits. C'est ce point que nous souhaitons aborder rapidement maintenant.

4. Cadre épistémique, registre explicatif et matrice cognitive

À plusieurs reprises, nous avons fait référence au *registre explicatif*. Voyons ce qu'il recouvre. Selon Orange, qui l'utilise pour la première fois dans sa thèse de doctorat (reprise dans Orange, 1997, chapitre 2), le registre explicatif « *contient les éléments, techniques, heuristiques et d'intelligibilité avec lesquels sont construits de nombreux modèles d'une tradition de science normale donnée* ». Cette façon de définir le registre explicatif est opératoire pour décrire ce qui se passe ici et maintenant dans une formulation ou un ensemble de formulation qui ont à voir avec la construction d'un modèle. C'est ainsi que on a vu dans l'analyse de l'extrait 2 s'instancier des éléments du *registre explicatif* dans le raisonnement de l'élève (le principe de la conservation de la matière) sous la forme de *contraintes théoriques*. Dans d'autres travaux, le registre explicatif peut aussi s'instancier via les types de raisonnement mobilisés par les élèves (dans ce qui fonde les lois de passage dans les raisonnements par exemple, voir Orange [2003], et la façon dont les élèves construisent la nécessité de tri en mobilisant un raisonnement logiquement acceptable mais construit sur des fondements non-scientifiques ; on trouve des exemples de même type dans Peterfalvi [2001]). Il nous semble que si l'objectif est de rendre compte des éléments qui permettent de comprendre les raisonnements conduits par les élèves ou les chercheurs pour accéder à l'apodictique, le terme de *registre explicatif* est pertinent. Mais ce terme nous semble statique par rapport à l'idée d'apprentissage, car il ne permet pas de concevoir une évolution et de rendre compte des modifications consubstantielles à la dynamique du débat. Ainsi, dans les deux extraits présentés, on peut dire que les élèves mobilisent des registres explicatifs différents et pourtant le débat a permis le passage de l'un à l'autre. Si l'on veut pouvoir rendre compte des modifications de ce dont l'élève dispose dans ses façons de penser, nous avons besoin d'un nouveau concept.

Nous pouvons examiner, pour parler de ce qui nous occupe, la pertinence du concept de « *matrice cognitive* » introduite par Martinand dans son schéma de la

⁹ Cela pourrait permettre des nécessités qui sont au travail dans le débat, de certaines nécessités qui seraient stabilisées et qui pourraient venir contrôler les autres solutions proposées, jouant ainsi le rôle de contrainte.

modélisation comme une réponse au registre explicatif d'Orange car, précise-t-il, « *cela dépasse d'ailleurs la question du pouvoir explicatif, et, personnellement, j'ai envie de parler de matrice cognitive* » (2000, p. 129). L'idée de matrice nous semble intéressante car elle permet de penser aussi les ressources potentiellement mobilisables par les élèves (les élèves savent intuitivement, quand ils s'adressent les uns aux autres, ce que les autres sont susceptibles de comprendre) et pas nécessairement déjà mobilisées dans la formulation présente. Emprunter le concept de matrice pourrait aussi permettre de prendre en compte les concepts avec lesquels ils pensent. Cela permet, de plus, de concevoir une évolution (l'apprentissage) et l'intégration de nouveaux concepts à la faveur du processus de problématisation. Cependant le terme *cognitif* pose problème, car l'instance que nous cherchons à caractériser doit prendre en compte, d'une part les processus intellectuels en tant qu'ils sont indépendants du sujet qui pense et, d'autre part, des contenus spécifiques. Dans ce sens, le troisième registre est plus épistémique que cognitif, le terme cognitif renvoyant trop au sujet alors que le savoir dépasse le sujet, même si ce qui nous intéresse ce sont les relations entre un savoir et des sujets en train de le construire.

Pour sortir de cette difficulté, nous sommes retournés au concept de « *cadre épistémique* » de Piaget et Garcia (1983, p. 275). Ce concept nous semble intéressant puisqu'il cherche à rendre compte la façon dont les règles de raisonnement de la communauté dans laquelle s'insère un sujet peuvent influencer « *sur le développement cognitif d'un individu* » (Piaget & Garcia, 1983, p. 279). L'intérêt de ce concept est qu'il conserve un fort ancrage épistémologique en tentant de rendre compte des potentialités constructives chez le sujet. Ainsi, comme l'activité de problématisation, il met au cœur de ce qu'il cherche à décrire une tension entre un sujet et un savoir. Nous voulions poser les bases d'une discussion qui s'amorce à travers ce travail.

5. Conclusion

Cette contribution visait à questionner, d'un point de vue théorique deux éléments de la méthodologie d'analyse des débats scientifiques en classe, à partir d'un retour critique sur un espace de contraintes en jeu construit pour rendre compte de l'activité de problématisation sur le thème de la nutrition des végétaux.

Cela nous a permis de discuter les conditions qui permettent le passage d'une catégorisation entre registre empirique et registre des modèles (après avoir rappelé les difficultés liées à cette première catégorisation) à l'attribution d'un statut de contrainte et de nécessité à certaines propositions des élèves. Ce passage initialement décrit comme une « *mise en tension* », est explicité dans cet article qui pose un cadre méthodologique plus contraignant sur l'analyse des propositions des élèves. Le caractère de nécessité d'une proposition d'élève est réservé à des propositions qui permettent l'accès, via un raisonnement (nous avons proposé un premier recensement des modes de raisonnements employés par les élèves), à une apodicticité. Cela exclut les nécessités fonctionnelles qui relèvent de l'assertorique.

De plus, cela conduira, dans la dynamique du débat, à distinguer des niveaux de construction de nécessité dans les débats scientifiques (nécessité au travail dans le débat mais non reprise, nécessités construites qui acquièrent le statut de contraintes dans d'autres raisonnements...). Cela nous a permis de rappeler que les raisonnements des élèves ne relèvent pas nécessairement d'une logique formelle, mais doivent être contextualisés au type de problème qu'ils prennent en charge.

Enfin, après avoir discuté des limites du concept de registre explicatif, nous avons discuté l'intérêt du concept de cadre épistémique pour rendre compte du troisième registre impliqué dans les espaces de contraintes en jeu dans un débat.

Cet article correspond à un premier point sur les discussions théoriques et méthodologiques qui animent le groupe de didactique des SVT du CREN. D'autres questions sont actuellement en discussion : comme les relations entre modélisation et problématisation ou les relations entre problématisation et obstacles (Peterfalvi, 2005, 2006) et donneront lieu à un prolongement de ce travail.

Bibliographie

- Aster (2005). N° 40 : « Problème et problématisation », coordonné par Christian Orange.
- Aster (2006). N° 42 : « Le corps humain dans l'éducation scientifique », coordonné par Patricia Marzin.
- Bachelard, G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Paris : PUF.
- Beorchia, F. (2003). *La communication nerveuse: conceptions des apprenants et problématisation. Importance des explications mécanistes et vitalistes*. Thèse de doctorat non publiée, université de Nantes, Nantes.
- Beorchia, F. (2005). Débat scientifique et engagement des élèves dans la problématisation. Cas d'un débat sur la commande nerveuse du mouvement en CM2. *Aster*, 40, p. 121-151.
- Beorchia, F., Lhoste, Y. (2007). *La procréation : quelles problématizations du CP au collège ?* Recherche en education, 3, p. 29-50. Disponible sur Internet : <http://www.crenantes.net/spip.php?article60> (consulté le 1er avril 2007).
- Canguilhem, G. (1965). *La connaissance de la vie*. Paris: Vrin.
- Éhanno, M. & Lhoste, Y. (2007, en préparation). Débat scientifique et problématisation en classe de seconde sur le thème de la nutrition des végétaux. Quelle problématisation ? Quels obstacles ? *Actes de la recherche à l'UFM de Basse-Normandie*.
- Fabre M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : PUF.
- Fillon, P., Orange, C., Peterfalvi, B., Rebière, M. & Schneeberger, P. (2004). Argumentation et construction de connaissances en sciences. In J. Douaire (coord.). *Argumentation et disciplines scolaires*. Paris : INRP, p. 203-247.
- Fillon, P. & Peterfalvi, B. (2007, en préparation). Argumentation, ambiguïtés et négociations des significations en classe de sciences. In C. Buty & C. Plantin. *L'argumentation en sciences*. Lyon : INRP.
- Goix, M. (1997). Grandir : oui, mais comment? *Aster*, 24, p. 141-170.

- Jacob, F. (1970). *La logique du vivant*. Paris : Gallimard.
- Laudan, L. (1977). *La dynamique de la science*. Bruxelles : Mardaga.
- Lhoste, Y. (2005). Argumentation sur les possibles et construction du problème dans le débat scientifique en classe de 3^{ème} sur le thème de la nutrition. *Aster*, n°40, p. 153-176.
- Lhoste, Y. (2006). La construction du concept de circulation sanguine en 3^e : Problématisation, argumentation et conceptualisation dans un débat scientifique. *Aster*, n°42, p. 79-108.
- Martinand, J.-L. (1992). Présentation. In J.-L., Martinand (coord.). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP, p. 7-22.
- Martinand, J.-L. (1994). Quels enseignements peut-on tirer des travaux sur la modélisation dans la perspective du développement de curriculum ? In J.-L. Martinand (coord). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences* Paris : INRP, p. 115-125.
- Martinand, J.-L. (1996). Introduction à la modélisation. In *Actes du séminaire de didactique des disciplines technologiques* (Cachan 1994-95), p. 126-138.
- Martinand, J.-L. (2000). Rapport au savoir et modélisation en sciences. In A. Chabchoub (dir.). *Rapports aux savoirs et apprentissage des sciences*, Actes du cinquième colloque international de didactique et d'épistémologie des sciences, tome 1, Tunis, p. 123-135.
- Orange, C. (1994). *Intérêt de la modélisation pour la définition de savoirs opérants en biologie-géologie; l'exemple de la modélisation compartimentale*. Thèse de doctorat de didactique des disciplines, université de Denis-Diderot-Paris 7, Paris.
- Orange, C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie*. Paris : PUF.
- Orange, C. (1998). Débats scientifiques dans la classe et espaces-problèmes. *Actes du deuxième colloque international Recherches et formation des enseignants*, Grenoble, février 98, IUFM de l'académie de Grenoble.
- Orange, C. (1999). Les fonctions didactiques du débat scientifique dans la classe : faire évoluer les représentations ou construire des raisons? *Actes des premières journées scientifiques de l'ARDIST*, Cachan, novembre 99, p. 88-93. Disponible sur Internet : <http://www.stef.ens-cachan.fr/docs/listdocs.htm> (consulté le 2 avril 2007).
- Orange, C. (2000). *Idées et raisons : Construction de problèmes, débats et apprentissages scientifiques en sciences de la vie et de la Terre*. Mémoire d'habilitation à diriger des recherches en sciences de l'Éducation non publié, université de Nantes, Nantes.
- Orange, C. (2001). Apprentissage scientifique et problématisation. *Les Sciences de l'Éducation - Pour l'Ère nouvelle*, n° 1.
- Orange, C. (2003). Un exemple de problématisation en biologie : Claude Bernard et le milieu intérieur. *Actes des troisièmes journées scientifiques de l'ARDIST*, Toulouse, octobre 2003 (communication en plénière), p. 231-237. Disponible sur Internet : <http://www.aix-mrs.iufm.fr/ardist/index.php?quoi=2003> (consulté le 2 avril 2007).
- Orange, C. (2003). Débat scientifique dans la classe, problématisation et argumentation : le cas d'un débat sur la nutrition au cours moyen. *Aster*, 33.
- Orange, C. (2005). Problématisation conceptualisation en sciences et dans les apprentissages scientifiques. *Les Sciences de l'Éducation - Pour l'Ère nouvelle*, n° 3, p. 69-93.

- Orange, C., Lhoste, Y. & Orange-Ravachol, D. (2007, en préparation). Argumentation, problématisation et construction de concepts en classe de sciences. In C. Buty & C. Plantin. *L'argumentation en sciences*. Lyon : INRP.
- Orange-Ravachol, D. (2003). *Utilisation du temps et explications en sciences de la Terre par les élèves de lycée : étude dans quelques problèmes géologiques*. Thèse de doctorat non publiée, université de Nantes, Nantes.
- Orange-Ravachol D. (2005). Problématisation fonctionnaliste et problématisation historique en sciences de la Terre chez les chercheurs et chez les lycéens. *Aster*, n° 40, p. 177-204.
- Peterfalvi, B. (2001). *Obstacles et situations didactiques en sciences : processus intellectuels et confrontations : l'exemple des transformations de la matière*. Thèse de doctorat en sciences de l'Éducation non publiée, université de Rouen, Rouen.
- Peterfalvi, B. (2005). *Travail sur les obstacles et problématisation, quels apports réciproques*. 73^e congrès de l'ACFAS, Chicoutimi, Québec, mai 2005.
- Peterfalvi, B. (2006). Problématisation et travail sur les obstacles en sciences. In Fabre, M., Vellas, E. (coord.). *Situations de formation et problématisation*. Bruxelles : De Boeck, p. 91-106.
- Piaget, J. & Garcia, R. (1983). *Psychogenèse et histoire des sciences*. Paris : Flammarion.
- Popper K. (1991). *La connaissance objective*. Paris : Aubier.