



HAL
open science

ECRITS DE TRAVAIL, DÉBATS SCIENTIFIQUES ET PROBLÉMATISATION À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE

Christian Orange, Jean-Claude Fourneau, Jean-Paul Bourbigot

► **To cite this version:**

Christian Orange, Jean-Claude Fourneau, Jean-Paul Bourbigot. ECRITS DE TRAVAIL, DÉBATS SCIENTIFIQUES ET PROBLÉMATISATION À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE. Aster, 2001, pp.111-133. halshs-02454811

HAL Id: halshs-02454811

<https://shs.hal.science/halshs-02454811>

Submitted on 1 Feb 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

ÉCRITS DE TRAVAIL, DÉBATS SCIENTIFIQUES ET PROBLÉMATISATION À L'ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE

Christian Orange
Jean-Claude Fourneau
Jean-Paul Bourbigot

L'importance, lors du travail scientifique, de la production d'écrits et de leur soumission à la critique des pairs est souvent négligée dans l'enseignement, qui survalorise la pratique expérimentale. Nous tentons ici d'analyser les relations entre écrits de travail et débats scientifiques dans la classe, à partir de cas concernant l'école élémentaire (cycle 3).

Le point de vue adopté est celui de la construction des problèmes qui voit dans les écrits de travail et les débats un moyen non pas de trouver la solution, mais d'explorer et d'organiser le champ des possibles. Dans ce cadre, les fonctions des textes et des schémas sont étudiées aussi bien pour des problèmes explicatifs que pour des problèmes empiriques.

Dans tous les cas il apparaît que les schémas ont une grande importance dans le déroulement des débats, grâce en particulier à leurs propriétés spatiales. Mais l'incapacité des élèves à produire des schémas dynamiques, rendant compte du temps et des processus, limite certainement leur rôle dans la problématisation.

les sciences
ne se limitent
pas aux
expériences

L'importance généralement donnée, dans l'enseignement des sciences, aux confrontations empiriques directes (observations et expériences) fait souvent oublier d'autres aspects du travail scientifique. La production d'écrits (1) et leur soumission à la critique des pairs sont pourtant tout aussi essentielles dans les activités des chercheurs que l'expérimentation (Latour et Woolgar, 1988) ; mais elles servent encore rarement de référence au travail de la classe.

quelles relations
entre écrits
et débats
scientifiques
à l'école ?

La didactique des sciences se doit donc de mieux comprendre les enjeux des relations entre productions écrites et échanges oraux dans les situations d'apprentissage. Il s'agit là d'un champ de travail important qui mérite d'être développé (voir par exemple Durand, 1998 ; Schneeberger, 2000 ; Jaubert & Rebière, 2000). Notre contribution se limitera ici à l'étude de quelques cas portant sur les relations entre écrits et débats scientifiques à l'école élémentaire, et selon un point de vue particulier : celui de la construction des problèmes. Elle est issue d'une recherche associant l'IUFM des Pays de la Loire, le CREN (Université de Nantes) et l'INRP (2).

-
- (1) Dans cet article nous considérons comme écrits, les textes mais aussi les schémas et les graphiques.
 - (2) Recherche INRP "Pratiques d'écriture en sciences expérimentales", coordonnée nationalement par A. Vérin et B. Peterfalvi. Équipe de Nantes "premier degré" composée de : Claude Billard, Jean-Paul Bourbigot, Paul Burban, Marylène Cochet, Jean-Claude Fourneau, Jacky Garnier, Christian Orange.

Après avoir présenté notre cadre théorique, nous étudierons sur deux cas les relations entre écrits et débats dans la construction de problèmes explicatifs ; puis nous tenterons une première généralisation de ces analyses à différents types de "débats scientifiques" en classe.

1. CADRE THÉORIQUE ET PROBLÉMATIQUE

1.1. Écrits de travail et apprentissages des sciences

écrits
d'exposition et
écrits
d'investigation

L'écrit a une place importante dans l'enseignement des sciences. Mais, le plus souvent, les écrits produits par les élèves sont des écrits d'exposition (Vérin, 1988 ; Astolfi & al., 1991), rédigés au terme d'un travail et répondant à des normes précises : comptes rendus d'expériences, réponse à des questions, résumés...

dans la
recherche...

Si l'on s'intéresse aux pratiques des chercheurs, on y rencontre également de tels écrits expositifs : affiches, articles... Mais d'autres formes d'écriture ont un rôle fondamental. Ce sont les écrits d'investigation ou écrits de travail, élaborés dans les moments où le savoir se construit : notes, schémas provisoires, brouillons d'articles, qui vont être relus, échangés, discutés au sein d'une équipe. À l'école, ces écrits de travail sont encore rares. Pourtant leur production permet la mobilisation de la pensée des élèves et ils peuvent servir de support au débat dans la classe (Vérin, 1995).

et à l'école

La distinction entre écrits expositifs et écrits d'investigation vaut donc aussi bien pour le travail du chercheur que pour les situations d'enseignement ; elle est cependant encore plus marquée dans le second cas : un article publié, malgré sa forme définitive, reste à la disposition critique des pairs ; un compte rendu, une synthèse de cours ou des réponses à des questions posées par l'enseignant sont proprement terminaux : qu'ils servent à l'institutionnalisation des savoirs ou à l'évaluation, ils ne sont généralement corrigés que par le maître et sortent ainsi du champ de la critique de la communauté classe. La différence entre ces deux types d'écrits - expositifs et de travail - tient donc à leurs formes langagières et à leurs fonctions didactiques ; mais, avant tout, c'est leur statut épistémologique qui les oppose.

écrire le vrai et
le faux...

Les écrits expositifs sont dans l'ordre épistémologique du "vrai et du faux". Ils sont généralement corrigés par le maître en fonction de leur écart à des normes de formes et de savoirs culturellement validées.

ou explorer
le possible,
l'impossible et
le nécessaire ?

Les écrits de travail sont soumis à la critique de pairs et/ou de leur(s) auteur(s). Ils sont dans l'ordre épistémologique du "problématique", où la question du vrai et du faux est, momentanément, suspendue (Fabre & Orange, 1997 ; Fabre, 1999) pour celle du possible et de l'impossible, donc du

contingent et du nécessaire (3). Ainsi, dans un débat autour de l'affiche d'un groupe qui explique ce que deviennent les aliments dans notre corps (4), la question ne peut pas être d'emblée "*est-ce que c'est vrai ?*", c'est-à-dire "*est-ce bien ce que dit le livre, ou ce que sait le maître ou le savant ?*" Mais : "*Est-ce que cela peut fonctionner ainsi ? Qu'est-ce qui est possible, étant donné ce que l'on sait et l'état de notre réflexion, et qu'est-ce qui est impossible ?*"

On voit en quoi la présence, trop rare, de véritables écrits de travail est révélatrice d'un enseignement des sciences qui donne toute sa place à la construction des problèmes.

1.2. Débats scientifiques dans la classe et apprentissages

L'idée de l'importance des échanges et des discussions entre les élèves pour aider à construire des savoirs n'est pas neuve (Giordan, dir., 1983) ; cependant, le terme de "débat scientifique", proposé par S. Johsua et J.-J. Dupin (1989), introduit une référence explicite au travail du chercheur qui donne un éclairage particulier :

le débat,
condition de
possibilité
des savoirs
scientifiques

- on insiste ainsi sur l'importance des discussions dans le fonctionnement de l'activité scientifique en classe : ce n'est pas uniquement un moyen de mieux comprendre et de mieux apprendre, c'est une condition nécessaire pour faire des sciences.
- l'importance donnée au débat contrecarre donc la tendance forte des enseignants à réduire le sens de l'activité scientifique au travail expérimental (Newton et Driver, 1999).
- cela permet de ne pas réduire le débat à une confrontation entre conceptions différentes, mais d'envisager un travail sur la durée et de promouvoir, même si cela est difficile (Johsua et Dupin, 1989, p122), une coopération vers la solution.

Bien sûr, tout échange oral dans la classe n'est pas débat. Celui-ci, au cours duquel les élèves développent leurs idées et s'engagent intellectuellement, ne peut pas être confondu avec les pratiques de cours dialogué qui voient le maître se contenter de susciter des réactions multiples parmi lesquelles il choisira celles qui font le mieux "avancer son cours". Dans ce dernier cas on reste dans une épistémologie du vrai et du faux, sans entrer dans le problématique, pour reprendre une distinction proposée plus haut.

Débattre, c'est-à-dire examiner contradictoirement (Le nouveau petit Robert), peut se faire de différentes façons. En se référant encore une fois à l'activité des chercheurs, et sans volonté

(3) Est en effet nécessaire ce dont le contraire est impossible et contingent ce dont le contraire est possible.

(4) Pour une description plus précise de la situation, voir la partie 2.

aucune d'exhaustivité, il apparaît que le débat scientifique peut prendre plusieurs formes.

- Ce peut être l'opposition de deux idées défendues par deux individus ou deux groupes qui argumentent.
- Dans d'autres cas, c'est la discussion de l'idée d'un individu ou d'un groupe qu'un autre tente de rejeter (critique "négative"), sans nécessairement avoir un autre point de vue à proposer.
- Parfois, l'idée d'une personne est critiquée par une autre pour la faire avancer (critique "constructive") ; un bel exemple nous est donné par les échanges entre François Jacob et Jacques Monod au sujet de l'idée de Jacob sur le fonctionnement de "l'opéron lactose" : *"Plus m'importait maintenant l'intérêt croissant que prenait Jacques à ce dialogue. De toute évidence, il réagissait. Il était accroché. Il cherchait des arguments, autant dans un sens que dans l'autre."* (Jacob F., 1987, p337).
- Enfin, deux personnes (ou plus) peuvent discuter ensemble pour faire avancer des idées communes (débat heuristique) : *"Chaque jour nous avons de longues discussions. Chacun y essayait sur l'autre des idées nouvelles"* (*ibidem*, p338).

Ces différents cas de figure peuvent très bien exister dans la classe. Les deux premiers, plus radicaux, sont peut-être à la fois les plus courants et les plus simples ; mais la variété est importante à prendre en compte pour éviter de penser uniquement le débat scientifique comme une opposition. Celui-ci renvoie en fait à toutes les situations où des élèves peuvent développer des idées et s'engager intellectuellement, sous le contrôle critique des pairs, en référence ou non à des observations ou des expériences.

Notons que la référence didactique à l'activité du chercheur pour introduire l'idée de débat dans la classe peut faire question. Comme le signalent Johsua et Dupin (1989, p. 97), les chercheurs produisent de nouvelles connaissances, quand les élèves s'approprient des savoirs culturellement établis. Cela demande, selon nous, de donner une grande attention, dans les situations d'apprentissage, au processus de problématisation. C'est lui en effet qui va faire la différence entre l'accès à un savoir scientifique ou le maintien des élèves dans une connaissance commune non problématisée, même si elle est scolairement modifiée (Orange C., 1997, 1999).

1.3. La problématisation comme exploration et délimitation du champ des possibles

Essayons de préciser davantage ce à quoi correspond l'étude du "problématique" (ou problématisation) et les liens qu'elle entretient avec le débat et l'écriture.

Dans les travaux didactiques, le débat, avec ses controverses et ses argumentations, est généralement décrit comme un moment de travail sur les représentations des élèves. La question est alors de savoir quelles sont les finalités de ce travail.

le débat
scientifique
comme moyen
d'accéder
aux raisons

Du point de vue de la problématisation, cela ne peut pas se limiter au passage des élèves d'une conception à une autre. D'une certaine façon, il est même nécessaire de suspendre provisoirement ce but qui ne sera qu'une conséquence d'un processus plus fondamental : l'accession aux raisons (Orange, 2000). Lors de chacune des controverses, des idées s'affrontent, qui sont justifiées et contestées, ce qui va permettre à la classe d'identifier un certain nombre de contraintes et de borner, d'organiser ainsi le champ des possibles. Ainsi, par exemple, dans la séquence sur la nutrition en cycle 3 étudiée plus loin, la confrontation des différentes propositions explicatives des élèves fait apparaître les selles comme faisant partie du problème, alors que rien n'avait été dit à ce sujet dans les questions initiales ; leur prise en compte associée à la nécessité, déjà repérée, d'une distribution à tout le corps d'une partie des aliments, conduit à envisager que la transformation des aliments est indispensable, puisque la distribution d'aliments non transformés semble impossible (5). On voit alors que l'objet du débat n'est pas de savoir quel est le bon schéma parmi ceux proposés par les groupes, mais de prendre conscience que tout modèle de la nutrition que l'on pourra imaginer devra répondre à des contraintes et des nécessités ; ce que nous appelons, globalement, des raisons.

écrits de travail,
débat scientifique
et étude du
"problématique"

Il y a donc un lien fort entre les écrits de travail et les débats scientifiques dans la classe. Les uns et les autres relèvent du travail du "problématique" et sont nécessaires pour que le champ des possibles soit exploré, c'est-à-dire parcouru et balisé. Cette étude du "problématique" est une condition d'accès à des savoirs proprement scientifiques, si on suit Bachelard sur l'importance du sens du problème (1938). Savoir en sciences n'est pas simplement savoir que, mais savoir que cela ne peut pas être autrement (Reboul, 1992, p. 17). *"Il n'y a culture dans la proportion où s'élimine la contingence du savoir"* (Bachelard, 1949, p14).

C'est dans ce cadre que nous voulons tenter une première analyse des relations qui peuvent exister entre les écrits de travail produits par des élèves, avant ou pendant un débat, et le débat lui-même. Notre but est d'identifier les fonctions des écrits dans le débat. Nous le ferons d'abord par l'étude de deux cas de problèmes explicatifs. Puis nous continuerons par une approche plus extensive qui nous permettra d'explorer la variété des écrits et des débats d'un point de vue épistémologique.

(5) Nous ne pouvons détailler ici l'analyse de ce débat comme développement de raisons. Voir (Orange, 2000) ou, pour un autre débat sur la nutrition, (Orange, 1999).

2. ÉCRITS DE TRAVAIL ET DÉBATS DANS LA CONSTRUCTION DE PROBLÈMES EXPLICATIFS

Dans cette partie, nous souhaitons nous intéresser plus particulièrement aux rôles des écrits dans des débats portant sur des problèmes explicatifs. En reprenant les distinctions introduites par Martinand (1992) pour la modélisation, nous appelons problème explicatif un problème qui met en jeu deux registres : d'une part un registre empirique, qui concerne le monde réel, les actions directes que l'on fait sur lui, les descriptions qui s'y rapportent ; d'autre part un registre des modèles sur lequel sont élaborées des constructions explicatives pour rendre raison de certains éléments du premier registre.

deux cas de
débat explicatif
au cycle 3

Nous proposons ici l'étude en parallèle de deux cas de débat scientifique au cycle 3 de l'école élémentaire : l'un porte sur le fonctionnement des volcans et l'autre sur la nutrition humaine. Ces deux débats sont collectifs. Ils ont donné lieu à un enregistrement vidéo et à une transcription (6).

2.1. Présentation des deux cas

Les deux débats étudiés ici s'inscrivent dans des séquences ayant globalement la même structure, avec quatre grandes phases.

1 - Une situation de départ qui conduit les élèves à produire par groupes un écrit explicatif sous forme d'affiche, comportant texte et schéma.

2 - Un débat collectif autour des affiches produites par les différents groupes.

3 - À partir des points problématiques qui se sont dégagés du débat, un travail sur des documents.

4 - Une mise en forme des résultats de la recherche documentaire.

Chacune de ces phases ne correspond pas nécessairement à une séance. Ce sont sur les écrits des groupes (phase 1) et sur les débats collectifs (phase 2) que portera notre analyse.

Dans le travail sur le fonctionnement des volcans, la séquence commence par une rapide discussion collective sur les phénomènes volcaniques ; puis les élèves travaillent par groupes de 4 et produisent une affiche sur les questions suivantes :

- *Qu'est-ce qu'un volcan ?*
- *Comment se forme-t-il ?*
- *Que produit-il et comment ?*
- *Où trouve-t-on des volcans ?*

(6) Transcriptions disponibles dans (Orange C., dir., 2000) et dans (Orange C., 2000).

Le débat collectif (phase 2) se fait sur une demi-classe (7) et implique trois groupes.

La phase 1 de la séquence sur la nutrition (8) commence par une réflexion individuelle puis collective sur "à quoi ça sert de manger ?" À partir de là on s'intéresse à la question : "comment ce que j'ai mangé peut-il me donner des forces ?" Cela donne lieu à un travail écrit individuel puis par groupes de trois ou quatre.

Le débat collectif qui suit (phase 2) implique cinq groupes.

2.2. Caractérisation des écrits de travail explicatifs produits par les groupes (phase 1)

les écrits de
travail produits

Dans les deux cas les affiches des groupes comprennent du texte et un (ou des) schéma(s). Suivant en cela la consigne, ces écrits sont explicatifs : ils mettent globalement en relation un registre des modèles avec un registre empirique.

De façon à caractériser épistémologiquement les informations données par les textes et les schémas des affiches, nous avons été amenés à définir trois grandes catégories, illustrées uniquement ici par des extraits de texte, mais valant également pour les schémas.

A) Informations impliquant le registre des modèles et décrivant un processus (fonctionnement du modèle) : "*Les pierres tombent dans le cœur et cela provoque une éruption*" (volcans) ; "*L'estomac trie la mauvaise nourriture et la bonne nourriture*" (nutrition).

B) Informations impliquant le registre des modèles, mais se limitant à des descriptions statiques de ces modèles : "*Ils ont un cœur de lave*" (volcans).

C) Informations concernant le registre empirique : "*Ils projettent de la lave*" (volcans) ; "*La nourriture va dans la bouche*" (nutrition).

Le tableau suivant repère la présence de ces trois catégories dans les textes (T) et les schémas (S) des trois affiches sur les volcans et des cinq affiches sur la nutrition.

(7) Le fonctionnement par demi-classe est uniquement lié aux contraintes d'une action de formation.

(8) Travail conduit par Jean-Paul Bourbigot dans sa classe de CM1-CM2 (Indret, Loire-Atlantique).

	Implique le registre des modèles		C Registre empirique
	A Processus	B Description statique	
V1	T	T & S	T & S
V2	T	S	T
V3	T	S	T
N1	T	S	T & S
N2	T	S	T
N3	T	S	T & S
N4	T	S	T & S
N5	T	S	T

Document 1. Analyse du contenu des écrits
Textes (T) et schémas (S), des affiches des trois groupes
sur les volcans (V1, V2, V3) et des cinq groupes sur la nutrition (N1 à N5)

On voit que les informations apportées par les schémas et par les textes d'une affiche se complètent :

- les schémas décrivent statiquement les modèles explicatifs des groupes ; ils précisent en particulier les relations spatiales de leurs différentes parties,
- les textes donnent des indications sur le fonctionnement des modèles, ce que ne représentent pas les schémas,
- les éléments du registre empirique dont rendent compte les modèles proposés sont surtout signalés par les textes.

Il faut noter une autre différence entre textes et schémas, importante du point de vue de la problématisation : quelques textes, surtout dans le travail sur les volcans, présentent des modalisations ("*hypothèse*" ; "*on croit que*" ; "*peut-être*"...) et des questions. Cela, bien entendu, n'apparaît pas dans les schémas.

2.3. Les références aux écrits lors des débats

Nous voulons maintenant étudier les relations qu'entretiennent ces écrits explicatifs (textes et schémas) avec le débat.

Dans les deux cas étudiés, la phase de débat se présente comme une alternance de moments de présentation d'une affiche par le groupe qui l'a produite et de discussion collective à partir de l'affiche et de sa présentation. Lors des présentations d'affiche, il est tout naturellement fait référence à la fois au texte, qui est à chaque fois lu à voix haute par un ou plusieurs membres du groupe, et au schéma qui sert de support lors de la lecture du texte ou fait l'objet d'une présentation spécifique.

Pour chaque période de discussion collective (DV1 à DV3, périodes de discussion après la présentation de chacune des trois affiches sur les volcans ; DN1 à DN5, périodes de discussion pour la classe travaillant sur la nutrition humaine), le nombre d'interventions d'élèves faisant référence au schéma ou au texte d'une affiche est le suivant (9) :

	Périodes de cette séance	Références à un texte	Références à un schéma	Aucune référence à un écrit
DV1	Discussion collective	1	10	16
DV2	Discussion collective	5	11	35
DV3	Discussion collective	4	18	20
		10	39	71

Document 2. Débat sur le fonctionnement des volcans.

Références aux écrits (textes ou schémas) dans les périodes de discussion collective

	Périodes de cette séance	Références à un texte	Références à un schéma	Aucune référence à un écrit
DN1	Discussion collective	1	7	16
DN2	Discussion collective	2	10	29
DN3	Discussion collective	2	47	20
DN4	Discussion collective	1	16	4
DN5	Discussion collective	2	2	10
		8	82	79

Document 3. Débat sur la nutrition.

Références aux écrits (textes ou schémas) dans les périodes de discussion collective

les schémas interviennent plus souvent dans le débat scientifique que les textes

Dans les deux débats il y a donc une réelle utilisation des écrits (textes et schémas) comme supports des discussions. Pour toutes les périodes de discussion (sauf DN5, très pauvre en références aux écrits), la référence à un schéma est beaucoup plus fréquente que la référence à un texte. Les schémas auraient donc une plus grande capacité que les textes à être invoqués dans les discussions collectives. Tout se passe comme s'ils avaient, dans le débat, une fonction spécifique qu'il va nous falloir cerner.

(9) Les références aux écrits sont repérées par des indicateurs non verbaux (pointage de l'affiche du doigt...) et verbaux ("vous avez écrit...", "vous avez dessiné...")

2.4. Références aux écrits, registres impliqués et raisons évoquées

Dans les problèmes explicatifs, la problématisation consiste en une mise en tension du registre empirique, sur lequel doivent être identifiées des contraintes pertinentes, et du registre des modèles, où on doit repérer l'organisation du champ des possibles (Orange C., 2000).

Pour comprendre le rôle des écrits dans le débat et la problématisation, nous avons étudié les relations entre les références aux écrits lors des débats et les registres impliqués. Nous distinguerons pour cela trois types d'interventions des élèves (les exemples sont tirés du débat sur la nutrition) :

RE : intervention portant sur le registre empirique : *“On ne mange pas que des hamburgers et des frites”*

RE-RM : intervention qui met en relation le registre empirique et le registre des modèles : *“Quand on mange, elle n'est pas tout à fait broyée notre nourriture. C'est un truc qui la broie”*.

RM : intervention portant sur le registre des modèles : *“Là, ça va dans les muscles”*

	Aucune référence à un écrit	Référence à un texte	Référence à un schéma	Total
RE	9	3	2	14
RE-RM	35	3	11	49
RM	27	4	26	57
Total	71	10	39	120

Document 4. Débat sur le fonctionnement des volcans.

Interventions des élèves selon les références aux écrits et les registres en jeu

	Aucune référence à un écrit	Référence à un texte	Référence à un schéma	Total
RE	10	0	1	11
RE-RM	12	2	7	21
RM	57	6	74	137
Total	79	8	82	170

Document 5. Débat sur la nutrition.

Interventions des élèves selon les références aux écrits et les registres en jeu

Globalement, dans chacun de ces débats, les interventions portant uniquement sur le registre empirique sont assez faibles. Mais on remarque que celles se référant à un schéma

ont encore moins tendance que les autres à ne concerner que ce registre ; en revanche elles impliquent davantage le registre des modèles.

Ce constat est en cohérence avec les contenus de ces schémas analysés précédemment (partie 2.2). Mais il faut remarquer que plus des trois quarts des interventions qui se réfèrent à un schéma portent sur le fonctionnement des modèles alors que les schémas des affiches présentent surtout une description statique de ces modèles. Il n'y a donc pas identité entre le contenu de l'affiche auquel on se réfère et ce qui est discuté en s'y référant. L'oral vient, en quelque sorte, s'appuyer sur l'écrit et le compléter.

On comprend alors le rôle que jouent les schémas dans ces débats. Pour les domaines scientifiques travaillés ici, l'explication repose, au moins en partie, sur l'espace. Le schéma sert alors de fond spatial à la discussion des différentes idées explicatives proposées : les élèves expliquent et débattent en pointant du doigt telle ou telle partie du schéma.

Les échanges oraux, qui portent sur les différents registres, permettent d'explorer le champ des modèles possibles. Ils ne sont cependant pas tous porteurs de raisons, c'est-à-dire d'arguments permettant d'organiser ce champ. Ainsi l'affirmation "*Là, ça va dans les muscles*" est importante car elle précise un modèle et le soumet à la critique ; mais, en soit, elle n'apporte aucun élément restreignant les possibles. Par contre, les interventions comme "*Quand on mange, elle n'est pas tout à fait broyée notre nourriture*" ou "*Dans les jambes aussi on a des forces*" imposent de prendre en compte, l'une le fait (empirique) qu'une partie de notre nourriture est solide, et l'autre la nécessité d'envisager une distribution à toutes les parties du corps.

Les interventions se référant aux écrits – essentiellement aux schémas – se répartissent de manière sensiblement équitable entre les interventions porteuses de raisons et les autres. Lors des débats, les schémas servent donc d'appui à la fois pour l'exploration des possibles et l'émergence des raisons.

2.5. Conclusions

Si nous résumons les informations apportées par cette étude des fonctions de l'écrit (texte ou schéma) dans des débats scientifiques explicatifs, nous pouvons retenir les points suivants.

- Les écrits ont un rôle certain dans ces débats qui dépasse la simple fonction de mémoire pour chaque groupe : tout au long des discussions collectives, on se réfère à des écrits de manière assez importante (1/3 des interventions pour le débat sur les volcans, 1/2 pour celui sur la nutrition).
- Si les textes servent avant tout lors de la présentation des affiches, les schémas sont de réels appuis pour des parties importantes de la discussion, en particulier celles qui portent sur le registre des modèles ; on peut faire l'hypothèse que cela

les schémas,
supports des
modèles
explicatifs

vient de certaines de leurs caractéristiques que les interventions orales ne peuvent pas remplacer simplement : leur pérennité et leur capacité à représenter spatialement.

– D’ailleurs, les schémas produits avant ou pendant le débat sont essentiellement des schémas de modèles explicatifs ; mais ils restent le plus souvent statiques. Leur invocation dans la discussion sert de support spatial à des interventions orales (et gestuelles) faisant fonctionner ces modèles.

3. VARIÉTÉ DES ÉCRITS DE TRAVAIL ET DES DÉBATS SCIENTIFIQUES DU POINT DE VUE DE LA PROBLÉMATISATION

Les deux cas que nous venons d’étudier relèvent de ce que nous avons appelé des problèmes explicatifs. Pour centraux qu’ils sont, selon notre cadre théorique, dans le travail scientifique, ce ne sont pas les seuls problèmes que traitent les chercheurs. De même ils ne représentent pas l’ensemble des problèmes auxquels les élèves s’affrontent dans leurs écrits de travail et leurs débats.

variété
épistémologique
des débats
scientifiques
dans la classe

Nous allons maintenant, à partir de cas rencontrés dans cette recherche (10), donc sans aucune prétention à l’exhaustivité, pointer la variété de ces problèmes, en essayant rapidement de caractériser les écrits produits, les échanges lors des débats et les difficultés que rencontrent les élèves. Nos repères principaux seront les registres épistémologiques définis pour les problèmes explicatifs : registre empirique et registre des modèles. Le but est de voir en quoi les éléments d’analyse tirés des cas précédents peuvent valoir pour des écrits de travail et des débats de nature différente.

Nous avons retenu quatre catégories de débats scientifiques : débats explicatifs, débats empiriques, débats méthodologiques, débats sur les formes d’explication. Pour la plupart de ces catégories, notre cadre théorique est encore en chantier ; ces analyses ne peuvent donc être que limitées.

3.1. Écrits et débats explicatifs

débat explicatif

Dans les problèmes explicatifs, aussi bien les écrits de travail que les échanges oraux mettent en jeu le registre empirique et le registre des modèles. Cette catégorie correspond aux cas que nous avons étudiés dans la partie 2. Nous prenons ici un autre exemple, en technologie. Il s’agit d’un travail en CM1 sur le fonctionnement d’une porte d’écluse.

(10) Les cas de physique et de technologie présentés dans cette partie ont été recueillis, décrits et étudiés par Jean-Claude Fourneau.

• **Présentation rapide du cas**

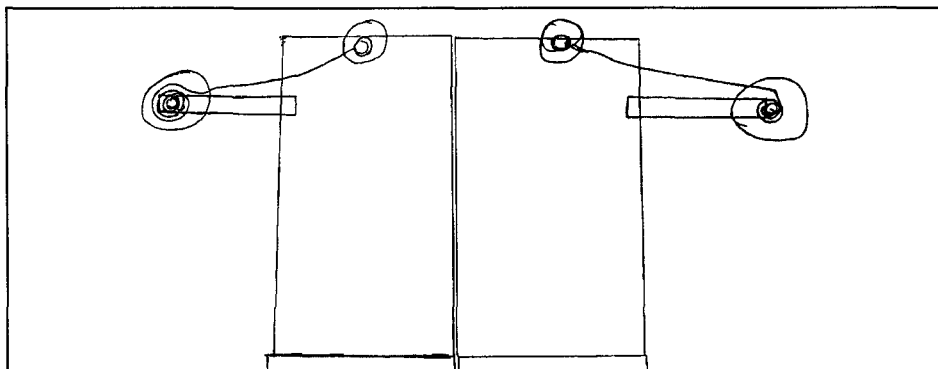
Des photos d'écluse prises lors d'une visite sont affichées au tableau. Une séquence vidéo de deux minutes montrant le fonctionnement d'une porte d'écluse est visionnée. Les élèves, répartis en six groupes de quatre, doivent faire les schémas de fonctionnement d'une telle porte et recenser le matériel qui sera nécessaire à la construction d'une maquette. Par la suite, à partir de schémas sélectionnés, les élèves devront tenter de réaliser la maquette et proposer un nouveau schéma de fonctionnement amélioré.

• **Caractérisation des écrits produits**

Les écrits de travail produits sont uniquement des schémas. Ils ne décrivent pas un mécanisme observé, mais un mécanisme imaginé pour faire fonctionner la maquette : ils relèvent donc essentiellement du registre des modèles qu'ils mettent en relation avec quelques éléments du registre empirique, telles que les portes de l'écluse. Mais, comme dans les cas étudiés en Sciences de la vie et de la Terre (S.V.T.) dans la partie précédente, ils sont simplement statiques : ils ne représentent pas le modèle en fonctionnement. La dynamique du modèle n'apparaît qu'au moment de la présentation et du débat.

• **Caractérisation du débat**

Le débat porte en grande partie sur la cohérence entre le fonctionnement décrit (à partir des schémas statiques) et le résultat attendu (ouverture/fermeture des portes). Par exemple sur le schéma reproduit ci-dessous :



E12 : Moi je dis que ça peut pas s'ouvrir.

E4 : Parce que quand on tourne, là ça va faire tourner aussi. Ca va pas rester bloqué.

E12 : Oui, mais si tu veux que ça ouvre en faisant tourner, ça va toujours tourner donc ça va pas ouvrir la porte.

E4 : Si ! La ficelle elle sera complètement tendue. Alors ça va tirer la porte.

D'autres moments de la discussion concernent plutôt, même si cela ne peut pas totalement se distinguer du fonctionnement, la difficulté à représenter sur la feuille un mécanisme en trois dimensions.

En dépit de ces difficultés de représentation, le champ des possibles exploré dans le débat l'est en référence aux schémas et concerne le registre des modèles. Les raisons en jeu sont des contraintes empiriques (la porte doit s'ouvrir) en relation avec des contraintes du registre des modèles, correspondant au fonctionnement des mécanismes proposés ; un exemple caractéristique est fourni par la deuxième intervention de E12, ci-dessus. Notons que le risque de rabattre le débat sur le "vrai et le faux" est moins net que dans les débats de S.V.T. étudiés ci-dessus, puisqu'il ne s'agit pas ici de réfléchir sur le fonctionnement exact de l'écluse, mais sur la construction d'une maquette ayant la même fonction.

3.2. Écrits et débats empiriques

débat
empirique

Le cas pris comme exemple concerne une classe de CE2 travaillant sur les relations entre source lumineuse et ombre portée.

• *Présentation rapide du cas*

Le maître demande aux élèves, avant toute observation, de se dessiner, debout au soleil, avec leur ombre. Six dessins choisis par l'enseignant sont affichés au tableau. Les élèves doivent désigner ceux qui sont les plus proches, selon eux, de la réalité. Après ce premier débat, le maître demande comment on pourrait se mettre d'accord. Deux propositions sont faites :

- aller dehors et dessiner son ombre au soleil,
- utiliser une lampe et dessiner l'ombre d'une gomme ou d'un personnage Lego.

Les élèves vont dehors et, par groupes, dessinent leur ombre. On retourne en classe où on devra dessiner de nouveau sa position, son ombre et la position du soleil.

Six nouveaux dessins sont affichés et un débat a lieu sur ceux qui représentent le mieux la réalité, d'après leurs observations (11).

• *Caractérisation des écrits produits*

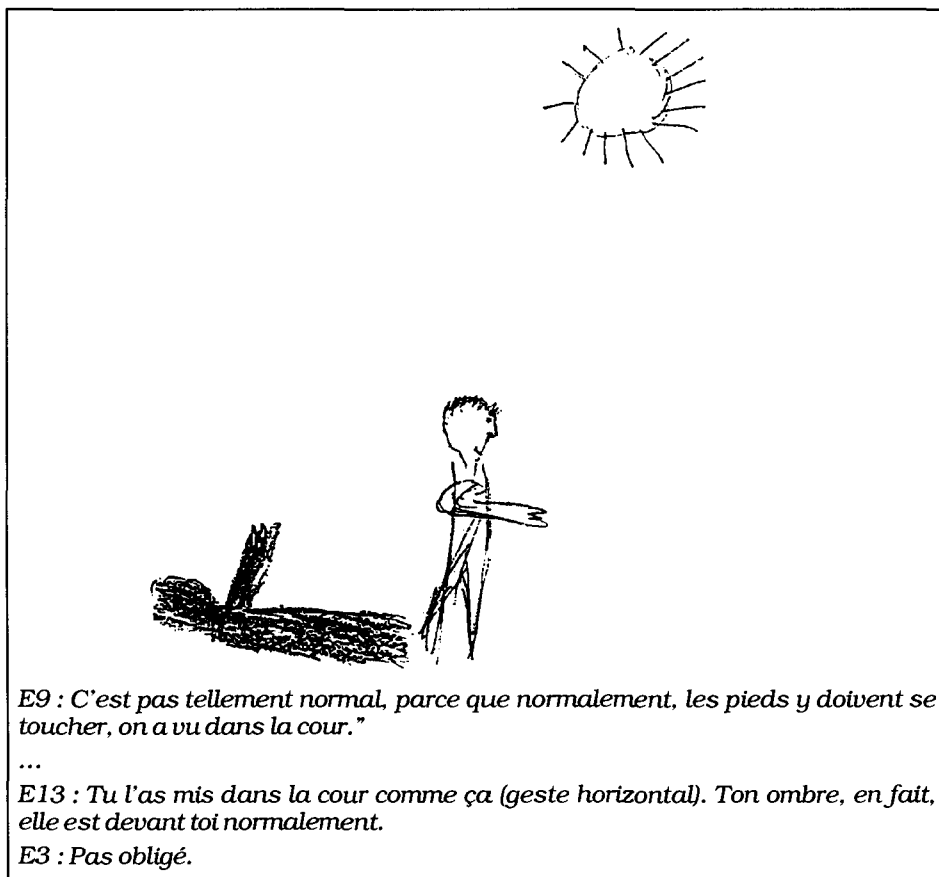
Ce sont des dessins dont le but est de représenter *a priori* ou *a posteriori* le résultat d'une observation. Ils concernent donc uniquement le registre empirique, puisqu'ils ne sont pas explicatifs.

(11) L'expérience avec la lampe a été travaillée lors de la séance suivante.

• **Caractérisation des débats**

Ils portent sur des problèmes de représentation de faits empiriques (caractéristiques de l'ombre, situation par rapport au soleil...) et aucunement sur des problèmes explicatifs (12).

Le champ des possibles exploré est celui des représentations du système "Soleil, personne, ombre". Au sujet du dessin après observation reproduit ci-dessous :



Le débat met en jeu des contraintes empiriques (lois empiriques de constitution des ombres) par l'identification de représentations impossibles (pieds de l'ombre ne touchant pas les pieds de la personne, par exemple) ou le repérage d'éléments pertinents (importance de la position du soleil).

(12) Dans ce domaine, le problème ne deviendrait en effet explicatif qu'à partir du moment où se poserait la question du pourquoi des caractéristiques de l'ombre et où on se référerait à la question de la lumière et de sa propagation.

Au delà des désaccords sur des constats empiriques, il faut également noter qu'apparaissent, lors de la discussion, des difficultés liées à la représentation plane de phénomènes en trois dimensions. Que veut dire, par exemple, au sujet d'un dessin : *"le dessin 2, le soleil il est au dessus d'elle"* ?

3.3. Écrits et débats portant sur des méthodes empiriques

débat
méthodologique

Cet exemple correspond à une classe de CE2 travaillant sur la comparaison de l'eau de mer et de l'eau du robinet. Dans une discussion précédente, l'idée qu'il pourrait y avoir une différence de poids a été émise.

• *Présentation rapide du cas*

Est-ce que le fait qu'il y a du sel dans l'eau de mer fait qu'elle est plus "lourde" ? Les avis de la classe sont partagés. Les élèves, doivent trouver, par groupes de quatre, un moyen de le savoir. En fait, le travail de groupe ne fonctionne pas bien et chaque élève produit individuellement un écrit.

Le maître choisit un élève par groupe pour présenter sa proposition au tableau. La feuille est affichée et commentée par l'élève.

• *Caractérisation des écrits produits*

Les écrits produits comportent à la fois un texte et un schéma. Les schémas ne présentent le plus souvent qu'une balance qui peut être soit une balance à fléau, soit une balance à aiguille. Le texte explique le déroulement de l'expérience à faire : *"On met la bouteille d'eau de mer dans la balance. Et on met la bouteille d'eau du robinet et on va voir ce qui va ce passé"* ; ou bien donne le résultat prévu : *"L'eau douce est plus visible parce que l'eau de mer a plus de déchets et donc l'eau de mer est plus lourde"* (13). Dans ce dernier énoncé, on voit apparaître des éléments explicatifs.

Ces écrits portent donc essentiellement sur le registre empirique. Mais, à l'intérieur de celui-ci, ils mettent en relation un résultat que l'on veut obtenir et une méthode.

• *Caractérisation du débat*

Le débat porte sur différents points de la méthode pour obtenir le résultat. Sur le type de balance à utiliser, par exemple : *"Avec aiguille, c'est plus précis"*. Mais aussi sur les paramètres à maîtriser : *"Si on met plus d'eau de mer et moins d'eau douce, c'est sûr que l'eau de mer sera plus lourde"...* *"On peut remplir deux bouteilles à ras bord..."*

(13) Orthographe conservée.

Le champ des possibles exploré à partir des écrits est celui des méthodes. Mais ce champ est contraint par un autre champ, celui des résultats recherchés, qui n'est d'ailleurs pas complètement déterminé au départ (que veut dire plus lourd ou moins lourd ?). On reste dans le seul registre empirique, mais en mettant en quelque sorte en tension ces deux champs.

3.4. Écrits explicatifs et débats portant sur les formes d'explication

• *Présentation rapide du cas*

L'exemple que nous prenons pour cette catégorie est une petite partie du débat portant sur la nutrition humaine (voir partie 2.). Le problème apparaît en marge du problème principal. Il porte sur la présence du cœur dans les schémas explicatifs. Mais il ne s'agit pas d'un problème explicatif ordinaire, car la discussion ne concerne pas l'intervention du cœur dans le devenir des aliments, mais la nécessité de le représenter pour que l'écrit explicatif soit acceptable : *"Je suis d'accord avec toi qu'on n'a pas besoin de cœur, mais, quand tu dessines quelque chose, même si ça ne passe pas dans le cœur, tu dessines tous les petits objets qui vont autour"*.

• *Caractérisation de l'écrit*

L'écrit de travail correspondant au cas est un écrit explicatif. Il n'a pas été conçu pour travailler le problème discuté, mais il lui sert de déclencheur.

• *Caractérisation du débat*

Il ne porte pas sur le fonctionnement proposé par tel ou tel écrit de groupe mais, plus généralement, sur ce que doit comporter un schéma expliquant le fonctionnement de l'organisme. Le champ des possibles exploré par les différentes propositions (écrites et orales) est celui des schémas explicatifs. Il est contraint non pas par des faits empiriques, mais par des convictions sur ce que doit être un schéma expliquant le fonctionnement du corps humain. Pour certains, on ne peut pas envisager un schéma explicatif qui fonctionne sans cœur, car on ne peut pas vivre sans cœur : *"Où, mais on ne peut pas vivre sans cœur, même si la nourriture ne passe pas par là"*. Pour d'autres, on doit se limiter, sur le schéma, à ce qui intervient directement.

Donc cette partie de débat porte sur les caractéristiques d'un schéma explicatif satisfaisant : elle concerne ce que nous appelons le registre explicatif des élèves (Orange, 1997, 2000).

3.5. Conclusion

Par cette variété de cas, nous avons voulu montrer que les problèmes qui se développent dans les débats scientifiques

portant sur des écrits de travail sont de plusieurs types qui se distinguent par leur nature épistémologique. En particulier, ils ne mettent pas en jeu les mêmes registres, parmi ceux que nous distinguons dans le processus de modélisation : registre empirique, registre des modèles et registre explicatif.

Derrière ces différences, un point commun existe. À chaque fois la problématisation se fait par mise en tension de deux champs. Ceux-ci peuvent correspondre à deux des registres de la modélisation : registre empirique et registre des modèles ; registre des modèles et registre explicatif. Mais ils peuvent également être internes au registre empirique, par exemple : champ des observations et champ de leur représentation graphique ; champ des méthodes et champ des données recherchées. Dans tous les cas un des champs est celui sur lequel se développe la problématisation : c'est le champ des possibles, celui que l'on parcourt et pour lequel on cherche les limites et l'organisation, c'est-à-dire les conditions de possibilité des solutions. Le second champ est celui où sont identifiées les contraintes fondamentales du problème qui pèsent sur le champ des possibles.

Dans les cas présentés ici, l'écrit, qu'il s'agisse d'un schéma ou d'un texte, a le plus souvent fonction de proposition (idée) sur le champ des possibles. C'est de la confrontation et de la discussion critique de ces idées que peuvent naître les raisons (restrictions liées à des contraintes) qui organisent ce champ et font avancer la problématisation.

4. DISCUSSION

Les différentes situations d'interaction entre écrits de travail et débats dans la classe étudiées ici ne représentent, par le côté partiel des analyses et des cas, qu'une première approche des fonctions de l'écrit dans la construction des problèmes. Avant d'envisager des prolongements nécessaires à ce premier travail, nous allons en discuter quelques résultats.

4.1. L'écrit comme aide à la mise en tension problématisante

L'existence d'écrits de travail est une condition ni nécessaire ni suffisante de l'existence d'un "débat problématisant", puisque des débats scientifiques peuvent, dans certains cas, avoir lieu sans recours à l'écrit et, qu'inversement, écrire ne garantit pas, bien entendu, de l'intérêt des idées proposées ni du caractère scientifique de la discussion. Mais écrire permet d'éviter certaines dérives qui, à coup sûr, empêcheraient l'engagement dans le travail scientifique, et ce aussi bien pour des débats concernant uniquement le registre empirique que pour des débats explicatifs.

l'écrit de travail
aide à
la problématisation

Dans les débats empiriques, l'écrit oblige à anticiper ou à représenter, ce qui évite un fonctionnement uniquement par tâtonnement, dans une logique de la réussite (Astolfi, 1992), de bricolage ; il aide à explorer le champ des possibles, pour peu que la méthode à utiliser ou le repérage des données empiriques signifiantes n'aille pas de soi.

Dans les débats explicatifs, les écrits, textes et schémas, fixent provisoirement les idées, ce qui permet de les discuter, et évitent ainsi, au moins en partie, certaines dérives de la discussion et des jeux purement rhétoriques. Les schémas donnent "à voir", pour reprendre une expression de S. Bachelard (1979) concernant les modèles, ce qui favorise et précise les interventions critiques.

Ainsi les écrits de travail apportent-ils au moins deux formes d'aide à la problématisation.

– De par ce que leur écriture représente de temps de réflexion, ils permettent une plus grande richesse des idées en présence et une plus grande implication de tous dans le débat qui ne se limite pas ainsi à ceux qui parlent le plus vite. Ces écrits conduisent donc à un matériau plus important et plus varié pour l'exploration des possibles.

– Du fait qu'ils fixent les idées des élèves, ils les préservent et les offrent à la critique (Goody, 1979), moyen essentiel pour travailler le "problématique". Le plus souvent, l'écrit se focalise sur un des champs concernés par la problématisation, le champ des possibles. C'est le débat qui permettra la mise en tension "problématisante" avec les contraintes de l'autre champ.

4.2. Schémas et textes dans les écrits de travail

Dans les différents cas étudiés, on trouve, pour les écrits intervenant dans les débats, une nette prépondérance des schémas sur les textes.

Une explication à ce constat réside dans le choix ou l'habitude des enseignants de privilégier le schéma dans les activités scientifiques : dans une partie des séquences analysées, le schéma est le seul type d'écrit demandé aux élèves.

Mais l'étude des débats explicatifs en S.V.T. montre que, lorsque les deux existent, le schéma est beaucoup plus souvent que le texte mis en jeu au cours des discussions. On peut attribuer cela au fait qu'une bonne partie des explications des élèves s'appuie sur l'espace et le temps. Les schémas sont donc des supports efficaces de la pensée explicative ; d'autant qu'ils sont plus facilement modifiables en cours de débat collectif que les textes. Notons cependant que le temps est mal pris en compte dans les représentations schématiques des élèves qui sont essentiellement statiques ; mais il apparaît dans leurs présentations orales et parfois dans les textes.

Le fait que les schémas soient convoqués beaucoup plus souvent que les textes dans les débats ne conduit pas à

conclure à l'inutilité des seconds. Quand ils existent dans les productions des élèves, les textes portent des informations qui servent de mémoire au groupe et qui permettent de préciser des éléments de fonctionnement qu'on n'a pas pu rendre avec les schémas. Le double support paraît donc le plus souvent nécessaire, en particulier pour préparer les débats explicatifs.

4.3. Complémentarité entre texte, schéma et oral lors des débats

les potentialités des différents langages...

Cette complémentarité est liée aux caractéristiques respectives de ces formes d'expression ; liée également aux compétences des élèves dans chacune d'elles. Le tableau suivant tente de repérer les potentialités de ces différents langages qui nous semblent importantes pour le travail du "problématique". Nous avons ajouté les gestes qui jouent un rôle dans de nombreux débats.

	Pérennité (mémoire)	Plasticité (modifiable au cours du débat)	Support de modalités (possible, impossible, nécessaire...)	Spatialité	Dynamisme (représentation du fonctionnement)
Texte	X		X		X
Schéma	X	X		X	X
Oral		X	X		X
Gestes		X		X	X

X : potentialité *a priori* de ce mode d'expression

utilisées par les élèves

Par comparaison, voici le tableau des caractéristiques utilisées, d'après nos observations, par les élèves au cours des débats étudiés.

	Pérennité (mémoire)	Plasticité (modifiable au cours du débat)	Support de modalités	Spatialité	Dynamisme (représentation du fonctionnement)
Texte	oui		peu		oui
Schéma	oui	assez peu		oui*	non
Oral		oui	oui		oui
Gestes		oui		oui	oui

* L'utilisation des schémas pour représenter un espace à 3 dimensions se fait avec difficulté

Si le travail limité des schémas (plasticité) au cours de ces débats est peut-être dû à des facteurs pédagogiques (manque

d'incitation en particulier), l'absence de dynamisme de ces schémas et le peu de modalisations présentes dans les textes sont certainement dus à des causes plus profondes.

D'autres études de cette recherche, que nous ne pouvons présenter ici (14), ont montré que les élèves, même plus âgés, avaient des difficultés à construire des schémas dynamiques. En fait, les schémas explicatifs des élèves n'ont pratiquement aucune "autonomie" : ils ne sont pas compréhensibles par eux-mêmes mais doivent toujours être commentés et "mis en mouvement" oralement par leurs auteurs. Cela a certainement des conséquences sur le déroulement des débats et sur la problématisation.

Au début de cet article, nous opposions, à la suite en particulier d'Anne Vérin, écrits expositifs et écrits de travail. On pourrait penser que la forme est moins contrainte pour ces derniers et, d'une certaine façon, c'est vrai ; il suffit, pour s'en convaincre, d'étudier les notes de travail de Pasteur ou de Bernard. Mais les formes langagières dont disposent les élèves pour les écrits de travail sont vraisemblablement en lien fort avec les pensées qu'ils peuvent y développer et les raisons discutées dans les débats.

On peut alors se demander s'il ne faudrait pas considérer le travail sur des problèmes scientifiques comme devant être également, dès l'école élémentaire, un moment d'apprentissage des modes de schématisations. On pourrait dire la même chose de l'utilisation des modalisations dans les textes (15).

apprendre à
schématiser

Christian ORANGE
IUFM des Pays de la Loire (Nantes)
CREN, Université de Nantes

Jean-Claude FOURNEAU
IUFM des Pays de la Loire (Nantes)

Jean-Paul BOURBIGOT
Maître formateur (Loire-Atlantique)

(14) Travail sur la production d'écrits explicatifs en S.V.T. en collège (classe de troisième) par Marie-Christine Garnier et Armelle Robert.

(15) Mais ces modalisations sont certainement plus importantes pour les écrits faisant la synthèse des débats que pour les "écrits d'idées", supports des débats, étudiés ici.

BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI J.-P. (1992). *L'école pour apprendre*. Paris : ESF.
- ASTOLFI J.-P., PETERFALVI B. & VÉRIN A. (1991). *Compétences méthodologiques en science expérimentales*. Paris : INRP.
- BACHELARD G. (1938). *La formation de l'esprit scientifique*. Paris : Vrin.
- BACHELARD G. (1949). *Le rationalisme appliqué*. Paris : P.U.F.
- BACHELARD S. (1979). Quelques aspects historiques des notions de modèle et de justification des modèles in DELATTRE P. & THELLIER M. (éd.). *Élaboration et justification des modèles*. Paris : Maloine.
- DURAND J.-M. (1998). La construction de la formulation dans la tâche à visée explicative. *Repères*, 17, 197-220.
- FABRE M. & ORANGE C. (1997). Construction des problèmes et franchissements d'obstacles. *Aster*, 24, 28-38.
- FABRE M. (1999). *Situations-problèmes et savoir scolaire*. Paris : P.U.F.
- GIL-PEREZ D. (1993). Apprendre les sciences par une démarche de recherche scientifique. *Aster*, 17, 41-64.
- GIORDAN A., dir. (1983). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*. Berne : Peter Lang.
- GOODY J. (1979). *La raison graphique*. Paris : Les éditions de minuit.
- JACOB F. (1987). *La statue intérieure*. Paris : Odile Jacob.
- JAUBERT M. & REBIÈRE M. (2000). Observer l'activité langagière des élèves en sciences. *Aster*, 31.
- JOHNSA S. & DUPIN J.-J. (1989). *Représentations et modélisations : le "débat scientifique" dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.
- LATOURET B. & WOOLGAR S. (1988). *La vie de laboratoire*. Paris : La découverte.
- MARTINAND J.-L., ASTOLFI J.-P., CHOMAT A., DROUIN A.-M., GENZLING J.-C., LARCHER C., LEMEIGNAN G., MEHEUT M., RUMELHARD G., WEIL-BARAIS A. (1992). *Enseignement et apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- MARTINAND J.-L., GENZLING J.-C. & PIERRARD M.-A., LARCHER C., ORANGE C., RUMELHARD G., WEIL-BARAIS & LEMEIGNAN G. (1994). *Nouveaux regards sur l'enseignement et l'apprentissage de la modélisation en sciences*. Paris : INRP.
- NEWTON P. & DRIVER R. (1999). The place of argumentation in the pedagogy of school science. *International Journal of Science Education*, 21/5, 553-576.
- ORANGE C. (1997). *Problèmes et modélisation en biologie ; quels apprentissages pour le lycée ?* Paris : P.U.F. coll. l'Éducateur.
- ORANGE C. (1999) Les fonctions didactiques du débat scientifique dans la classe : faire évoluer les représentations ou construire des raisons ? in *Actes des Premières journées scientifiques de l'ARDIST*, Cachan, novembre 99.
- ORANGE C. (2000). *Idées et raisons*. Mémoire de recherche, HDR, Université de Nantes.

ORANGE C., dir. (2000). *Écrits, débats scientifiques et problématisation*. Rapport de la recherche associative INRP-IUFM des Pays de la Loire, CREN "Pratiques d'écriture dans l'enseignement des sciences".

POPPER K. (1991). *La connaissance objective*. Paris : Aubier (éd. originale, 1972).

REBOUL O. (1992). *Les valeurs de l'éducation*. Paris : P.U.F.

SCHNEEBERGER P., dir. (2000). *Rapport de la recherche associative INRP-IUFM d'Aquitaine "Pratiques d'écriture dans l'enseignement des sciences"*.

VÉRIN A. (1988). Apprendre à écrire pour apprendre les sciences. *Aster*, 6.

VÉRIN A. (1995). Mettre par écrit ses idées pour les faire évoluer en sciences. *Repères*, 12, 21-36.