

# ÉCRIRE POUR APPRENDRE ? ÉCRIRE POUR COMPRENDRE ? ÉTAT DE LA QUESTION

Laurence Catel

*Cet article, adapté d'un mémoire de D.E.A. (1), fait un bilan des travaux de recherches en didactique effectués durant la dernière décennie concernant la production d'écrits par les élèves dans le cadre de l'enseignement scientifique. La prise en compte des travaux anglo-saxons ainsi que des recherches en didactique du Français apportent un éclairage nouveau sur la question. Durant cette période, c'est le cadre théorique qui sous-tend la gestion didactique de la production des écrits scientifiques à visée d'apprentissage qui a été la préoccupation dominante des chercheurs. Deux axes de recherche se dégagent ainsi : d'une part la pratique de l'écriture d'expression émergeant comme paradigme dominant et d'autre part des pratiques écrites dans un cadre socio-constructiviste se référant aux pratiques discursives de la communauté scientifique.*

Si les premiers travaux ayant pour objet les activités d'écriture à des fins d'apprentissage ont pour origine la prise en compte de problèmes spécifiques d'enseignement concernant l'écriture, le développement de ce domaine de recherche au cours de la dernière décennie est dû essentiellement à "un renouveau du courant constructiviste et à l'influence grandissante de l'approche socioculturelle dans les milieux pédagogiques et scientifiques" (Legros & Pudelko, 2000).

Le constat des difficultés croissantes des élèves à produire les écrits attendus par les enseignants, et par la prise de conscience que ces difficultés constituaient en elles-mêmes un obstacle aux apprentissages ont été à l'origine de nombreux travaux. Dans les pays anglo-saxons (en particulier aux U.S.A), les difficultés des élèves apparaissent durant leur cursus scolaire et le niveau des étudiants à leur entrée à l'université nécessite la mise en place des cours spécifiques de productions d'écrits intégrés ou non au cours d'enseignements scientifiques (Franz & Soven, 1996 ; Gaskins & Guthrie, 1994 ; Moore, 1994 b ; Rice, 1998). En réponse aux difficultés à produire des écrits, des mouvements pédagogiques se sont développés. Apparue en Grande Bretagne sous l'influence de Britton (1970), le mouvement "Writing to Learn", a connu un vif succès aux États Unis sous l'appellation de "W. A. C." ("Writing Across the Curriculum"). L'objectif principal de ce mouvement était de promouvoir la pratique

prendre en  
compte  
les difficultés  
des élèves

(1) D.E.A. "Enseignement et Diffusion des Sciences et des Techniques" option "Didactique des Sciences expérimentales" E.N.S. de Cachan L.I.R.E.S.T. (1999-2000)

régulière de l'écrit dans toutes les disciplines dans le but de clarifier le sens des apprentissages et de faciliter la mémorisation. Ce mouvement a permis l'initiation d'importants travaux de recherche.

Dans le champ de la didactique des sciences expérimentales plus particulièrement, la question n'était pas tant de savoir si l'écrit devait être utilisé en cours de sciences, que de savoir quand et comment il devait être utilisé par rapport aux autres activités didactiques (Holliday et al., 1994). Les questions initiales étaient donc de chercher à mieux connaître le rôle qu'ont les écrits dans les apprentissages scientifiques, en particulier dans l'appropriation des concepts scientifiques, de savoir quels types de textes, quels genres d'écrits favoriseraient ces apprentissages, de trouver des solutions didactiques aux difficultés des élèves (2). Il est apparu rapidement que la recherche dans ce domaine devait être plus large qu'un simple travail sur une aide didactique. La complexité du sujet d'étude a donc nécessité la prise en compte des travaux déjà effectués dans d'autres domaines (didactique des langues officielles d'enseignement (3), linguistique, anthropologie, sociologie, psychologie...). C'est l'articulation entre ces différentes disciplines et l'articulation entre celles-ci et la didactique qui ont permis une progression importante.

L'émergence des travaux en didactique de l'écriture a lieu au milieu des années quatre-vingt et vient en relais de travaux concernant la lecture. Les essais d'identification des processus mentaux du scripteur montrent l'influence de la psychologie cognitive. La diffusion des travaux d'origine américaine renouvelle les investigations en didactique du Français. Après l'établissement d'un consensus sur l'autonomisation de l'écrit (4), on observe à la fin des années quatre-vingt une évolution générale de la conceptualisation des pratiques scolaires d'écriture. Celle-ci est influencée essentiellement par la question du sens de ces pratiques (écrire pour qui ? Écrire pourquoi faire ?). *"L'écriture apparaît comme travail, nécessitant l'implication du scripteur et associée à différents usages sociaux et intellectuels"* (Barré-de Miniac, 1995). C'est donc une véritable remise en cause du modèle pédagogique traditionnel. Dans cette conception, l'écriture prend sa dimension instrumen-

émergence de  
la recherche...

- 
- (2) Dans cette recherche, j'ai limité volontairement la signification du mot "écriture" au processus de mise en mots, de mises en phrases, et la production de textes sans prendre en compte les recherches concernant la production de graphiques.
- (3) Ce terme désigne le Français dans les pays francophones, l'Anglais dans les pays anglophones et n'est pas synonyme de langue maternelle pour beaucoup d'élèves d'origine étrangère.
- (4) La prise ne compte de l'écriture comme objet de recherche didactique autonome et non pas systématiquement liée à la lecture date du début des années quatre-vingt-dix.

tales et devient un véritable outil d'apprentissage ; son enseignement n'est donc plus uniquement réservé au cours de Français.

En ce qui concerne plus particulièrement l'écriture en cours de sciences, les travaux montrent que les pratiques courantes d'écriture en classe de sciences concernent le plus fréquemment l'évaluation ; l'écrit est utilisé le plus souvent pour exposer les connaissances acquises et pour les communiquer ; l'écriture expositive est donc dominante, tandis que l'écriture d'expression ou d'argumentation est très rarement utilisée. Aux États Unis, sous l'influence du "W.A.C." des pratiques alternatives au compte-rendu scientifique ont été développées ; il s'agissait moins de développer la maîtrise de l'écriture formelle que de favoriser l'usage de l'écriture d'expression comme médiateur permettant à l'apprenant de construire ses propres idées. Dans les années quatre-vingt-dix, la conceptualisation initiale qui avait pour cadre la psychologie cognitive et piagétienne se modifie sous l'influence de la sociopsychologie (cadre vygotkien). Ainsi, selon certains didacticiens anglo-saxons (Mac Rowell, 1997), on est passé de la conception de l'écriture comme production de discours, au cours desquels le scripteur organise ses idées et développe sa propre identité, à celle de pratique sociale à l'intérieur d'une communauté, dont les socio-linguistes tels que Lemke (1990) ont été les porte-parole. Cette reconceptualisation soci-constructiviste des pratiques scolaires d'écriture a permis de développer des productions d'écrits en utilisant les formes et les conventions de la communauté scientifique. En France, c'est plus particulièrement en terme de compétences méthodologiques et de typologie de textes que se pose la question de l'écriture en cours de sciences expérimentales.

Dans cet article, je suivrai l'évolution de la recherche selon les deux axes qui se sont dégagés historiquement : d'une part la pratique de l'écriture d'expression et, d'autre part, des pratiques écrites dans un cadre socio-constructiviste se référant aux pratiques discursives de la communauté scientifique. Malgré la pluralité des cadres théoriques dans lesquels se situent ces recherches, il m'a semblé intéressant de dégager des résultats pouvant servir de points d'ancrage à une nouvelle étape de la recherche dans ce domaine. Un bilan des difficultés et des problèmes rencontrés tant dans la pratique didactique que dans la recherche permettra d'envisager de nouvelles voies en Didactique des Sciences pour ce sujet, en particulier en prenant en compte certains travaux produits en Didactique du Français Langue Maternelle.

et son évolution  
durant  
la décennie 80

## **1. L'ÉCRITURE D'EXPRESSION OU ÉCRITURE INFORMELLE, PARADIGME DOMINANT DE L'ÉCRITURE POUR COMPRENDRE**

L'écriture d'expression est une écriture d'investigation utilisée comme outil au service de la production d'explications ; elle permet à l'élève d'explorer sa pensée personnelle et de la clarifier en matérialisant "sur le papier" les relations entre ses connaissances. Les élèves sont engagés dans une écriture à la première personne, dans le sens où c'est leur propre pensée qui est en jeu et non des connaissances scientifiques qui existeraient ici comme extérieures à l'apprenant (Vérin, 1995, 1999). Cette forme d'écrit est informelle, car les élèves sont encouragés à utiliser leur propre langage (Prain & Hand, 1996 b ; Shawn & al., 1994). Contrairement à l'écriture expositive qui permet rarement aux élèves l'engagement mental nécessaire à la production de sens (Holliday & al., 1994), cette forme d'écrit leur permet de s'expliquer plus clairement les concepts scientifiques ; les idées comprises par les élèves prennent du sens et sont donc plus facilement mémorisables et applicables (Prain & Hand, 1996 b ; Shawn & al., 1994). L'écriture d'expression est donc une écriture pour comprendre et pour apprendre.

C'est pourquoi l'essentiel des travaux de didactique concernant les pratiques d'écriture en cours de sciences s'intéresse à l'écriture d'expression, laquelle s'impose à la fin de cette dernière décennie comme le paradigme dominant. La pratique de l'écriture d'expression repose sur la prise en compte des processus cognitifs du scripteur lors du processus rédactionnel qui a pu être modélisé.

### **1.1. Modélisation de l'écriture pour apprendre**

Les conceptions courantes de l'apprentissage par l'écriture restent encore embryonnaires et fragmentées. L'écrit constitue une "mémoire de papier", permettant un retour sur les traces antérieures (mémoire à long terme) et déchargeant la gestion mentale simultanée de plusieurs informations (mémoire de travail). Peu d'intérêt a été donné à l'étude des processus cognitifs intervenants dans l'amélioration de la compréhension accompagnant la production d'écrits (Astolfi et al. 1998 ; Prain & Hand, 1999).

Bien qu'ancienne, la modélisation de Bereiter et Scardamalia (1987) reste la pierre angulaire de nombreuses recherches des années quatre-vingt-dix (Holliday & al., 1994 ; Keys, 1999). Bereiter et Scardamalia ont proposé deux modèles du processus de composition : le modèle d'expression des connaissances et le modèle de transformation des connaissances.

L'expression des connaissances est la réponse habituelle pour générer du contenu dans un discours prenant la forme

modélisation  
de la rédaction  
comme  
une double  
résolution  
de problème

d'un texte écrit. Cette étape de base inclut la représentation mentale de la tâche à accomplir et la génération des thèmes d'écriture ; il y a appropriation des tâches quotidiennes d'écriture, mais pas génération de nouvelles connaissances. Seules les connexions déjà établies entre les éléments du contenu, et les connaissances discursives disponibles sont utilisées. Dans le second modèle, la production écrite permet l'acquisition de connaissances par une double résolution de problème. C'est en effet, dans une relation dynamique interactive entre l'espace de contenu (connaissances, représentations) et l'espace discursif que s'effectue l'élaboration de la connaissance. La sortie d'un espace de problème permet l'entrée dans l'autre. Les questions concernant la syntaxe et le langage donne une nouvelle signification au contenu, tandis que les efforts pour exprimer directement le contenu dirige la composition. Dans ce dernier modèle, les représentations initiales du scripteur, ses objectifs, ses intérêts interviennent ; il y a nécessairement recherche d'informations en mémoire à long terme, prise en compte du destinataire. Le premier modèle correspond à l'écriture expositive, le second à l'écriture interprétative plus souvent désignée sous le terme d'écriture d'expression. Ce deuxième modèle permet d'expliquer qu'en produisant un écrit qui lui sert à construire des interprétations (dimension herméneutique), un élève est capable de transformer ses connaissances. L'écriture peut ainsi permettre de construire du sens et favorise les changements conceptuels.

Pour Keys (1999), le modèle de transformation de connaissances de Bereiter & Scardamalia peut s'appliquer au contexte de l'investigation scientifique ; le travail de résolution de problème dans l'espace de contenu entraîne la réflexion sur la signification des données, tandis que le travail dans l'espace rhétorique consiste à communiquer ce qui fait sens pour le lectorat. L'engagement cognitif dans le problème de rhétorique stimule la reconsidération du sens de la donnée. Résultant de ce processus dynamique et itératif, une nouvelle connaissance est créée sous forme d'inférence de plus haut niveau à partir de la donnée.

écriture  
d'expression  
comme outil  
heuristique

L'écriture exploratoire occupe donc un rôle crucial dans l'apprentissage, car il permet la clarification de la pensée, l'activation des connaissances premières, et la mise en relation d'une nouvelle information avec une connaissance structurée dans la mémoire à long terme : c'est une "pensée de papier". Il contribue à l'apprentissage de nouveaux concepts, facilite l'organisation et la restructuration conceptuelle (Holliday & al., 1994 ; Keys, 1999 ; Prain & Hand, 1996 b). Ce mode d'écriture permet aux élèves de développer leur esprit critique et leur raisonnement concernant la signification des données de laboratoire (Keys, 1999). Cet outil heuristique d'apprentissage des sciences assure la compréhension, mais aussi la communication des connaissances (Holliday & al., 1994 ; Keys, 1999 ; Shawn & al., 1994).

## 1.2. Construction de sens et changement conceptuel

Pour Keys et ses collaborateurs (1999), apprendre la science consiste à étendre ses structures conceptuelles en générant des inférences plus significatives. Ils ont constaté que lors de leurs recherches au laboratoire, les élèves font des inférences spécifiques qui donnent une signification aux données. Ils ont pu ainsi repérer la mise en place d'une chaîne de raisonnement en comparant les compte-rendus intermédiaires et finaux. La construction de relations sémantiques logiques entre les événements est repérable dans les textes par la présence : d'élaboration (idées définies plus clairement), d'extension (mise en relation de deux idées distinctes) et d'amélioration (apport de précision concernant le temps, le lieu, la cause, et la condition).

une fenêtre  
sur la pensée  
pour repérer  
l'évolution  
conceptuelle  
des élèves

Dans le cadre de l'écriture d'expression, les productions des élèves constituent "une fenêtre sur leurs processus de pensée" qui permet aux chercheurs, aux enseignants et aux élèves eux-mêmes d'observer la construction de sens qui s'effectue lors du travail rédactionnel. Du fait de la constitution d'un produit matérialisé, l'écriture facilite une mise à plat des idées. Les écrits des différents élèves de la classe peuvent être confrontés (Vérin, 1995). À ce titre l'écrit favorise l'installation du conflit cognitif et un travail métacognitif indispensable à la consolidation du changement conceptuel (Holliday & al., 1994 ; Prain & Hand, 1996 b, Vérin, 1995). En donnant du sens au texte qu'il écrit, l'élève communique aussi les représentations mentales de ses idées "scientifiques" et surtout les relations qu'il établit entre elles (Shawn & al., 1994). L'analyse des écrits d'un même élève, produits à des moments différents, fournit des informations sur l'évolution de ses conceptions. Il ne s'agit pas d'évaluer les conceptions, mais plutôt de repérer dans quelle mesure, l'écriture peut favoriser le changement tout en gardant à l'esprit que ce processus est rare.

La pratique de l'écriture d'expression implique sortir de la logique de l'écriture expositive et demande un nouvel examen des pratiques didactiques.

## 1.3. Nécessité de modifier les pratiques didactiques

### • *Diversifier les écrits*

Développer cette nouvelle forme d'écriture implique une diversification des productions écrites en cours de sciences. Il est indispensable de ne plus se cantonner à des écrits expositifs terminaux aux caractéristiques normées (tel le traditionnel compte rendu) mais plutôt d'envisager des écrits exploratoires courts et non notés (Astolfi & Ducancel., 1995 ; Vérin, 1995). Ils concernent les représentations des élèves, les prévisions qui les engagent personnellement dans la construction du savoir, et les résultats qui permettent de stabiliser une nouvelle idée. Ce sont des "essais intelligents

partiels" (Vérin, 1995). L'écriture prédictive, en particulier, permet aux élèves d'explorer la validité des modèles présents dans leurs conceptions initiales et d'établir un cadre pour la comparaison de nouvelles observations.

Contrairement à ce qui se passe en France, dans les pays anglo-saxons la diversification est très importante : pièces de théâtre, scripts de slogan, recettes, récits, guides, poésies, cartes conceptuelles, posters, brochures, biographies, journaux, texte humoristique... (Audet & al., 1996 ; Burcke, 1995 ; Duran & al., 1998 ; Henderson & Wellington, 1998 ; Hildebrand, 1998 ; Prain & Hand, 1995, 1996, 1999 ; Sutton, 1992, 1995). Cette diversification pose le problème de la limite de scientificité des textes et de leur intégration aux pratiques didactiques.

**• Intégrer l'écriture d'expression aux autres activités d'apprentissage scientifiques et prendre en compte sa dimension sociale**

des pratiques  
d'écriture  
insérées  
fonctionnellement  
dans la démarche  
scientifique

L'apprentissage des compétences langagières est le plus souvent abordé dans un contexte où ces compétences ne sont pas fonctionnelles ; il est finalisé pour leur développement. Les pratiques d'écriture doivent être insérées fonctionnellement dans la démarche scientifique ; (Kelly & Chen, 1999 ; Vérin, 1993, 1999). En intégrant l'écriture à un enseignement scientifique mettant en jeu des activités de résolution de problème, on peut observer sur une année des gains significatifs pour les quatre processus suivants :

- examiner les composantes du problème ;
- sélectionner par la lecture les informations appropriées ;
- exprimer par écrit des conceptions scientifiques pertinentes ;
- appliquer ce qui a été appris (Gaskins & Guthrie, 1994).

Outre leur dimension cognitive, les écrits d'investigation ont une dimension sociale. Ce n'est pas une écriture individuelle qui est en jeu, car elle répond à une dynamique de construction collective dans un contexte constructiviste et collaboratif (Vérin, 1995).

Pour Kelly et Chen (1999), la production d'écrits est la conséquence d'actions sociales particulières et de procédés discursifs oraux. L'émergence des rôles sociaux est importante ; ainsi les leaders ou les groupes leaders dans le débat permettent la mise en forme de la construction des connaissances au travers de leur rôle médiateur et distributeur de parole.

Dans leur recherche ethnographique, Dillon & al. (1994) montrent que la nature de l'organisation sociale de la classe (curriculum caché) (5), est médiatisée par les pratiques

---

(5) Se réfère à l'expérience scolaire de l'élève en apprentissage, c'est-à-dire face aux contenus enseignés, mais intégrant également des voies d'influence multiples : idéologie dominante de l'institution scolaire, modalités disciplinaires dans la classe (émulation, répression), "effets-mâtres" qui souvent renforcent les processus différenciateurs faisant intervenir l'origine sociale, le sexe et la discrimination ethnique.

langagières (lecture, écriture, discours oral) qui sont donc plus qu'un outil d'apprentissage. Leur recherche se place dans le cadre de l'interactionnisme symbolique. Aucune partie ne crée de sens seule, car le sens se construit dans les interactions entre les professeurs et les élèves durant le cours de sciences. Le rôle de l'autorité du professeur à travers son discours oral est déterminant sur la construction du travail des élèves. Il apparaît qu'une mauvaise maîtrise du sujet par le professeur le conduit à un contrôle des conversations dans la classe qui privilégie l'exposition de faits plutôt que le traitement des concepts de manière interactive et dialogique (Carlsen & al., 1997). Ainsi les représentations et la personnalité des enseignants les conduisent à proposer aux élèves des pratiques langagières qui favorisent soit les interactions entre les élèves, soit les interactions professeur/élèves ; elles favorisent également selon les cas la dépendance ou au contraire l'indépendance entre les différents membres de la communauté (Dillon & al., 1994).

bénéfices  
de l'écriture  
collaborative

Il est aussi possible de proposer aux élèves une écriture plurielle. Dans leur recherche, Audet et ses collaborateurs (1996) constatent que l'écriture collaborative d'un journal de bord permet de repérer des stratégies d'apprentissage social qui peuvent être classées en trois types (l'entraînement par les pairs, l'apprentissage coopératif, la collaboration de pairs). La collaboration aide les apprenants à maîtriser des tâches cognitives d'un plus haut niveau que celles qu'ils pourraient aborder individuellement. Il faut également prendre en compte la dimension affective de ces écrits collaboratifs.

La dimension sociale de l'écriture peut également être prise en compte dans un cadre théorique socio-constructiviste où les productions d'écrits se réfèrent aux pratiques discursives de la communauté scientifique. Une bonne connaissance de ces pratiques est donc indispensable. C'est pourquoi de nombreuses recherches portent donc sur une représentation du discours scientifique qui pourra servir de référence aux pratiques de classe.

## **2. DISCOURS SCIENTIFIQUE : RÉFÉRENCE POUR LES PRATIQUES ÉCRITES EN COURS DE SCIENCES**

Prain et Hand (1996 a) explorent les tensions entre deux positions antagonistes concernant la production d'écrits en classe de science se référant au discours scientifique : celle qui considère qu'il est indispensable d'initier les élèves aux pratiques normatives de ce discours et celle qui considère qu'en se plaçant dans des perspectives constructivistes, les élèves doivent construire leur propre discours scientifique par une pratique personnelle d'écriture s'inscrivant dans les

pratiques sociales de la classe. Les caractéristiques des écrits produits par les scientifiques, mais aussi leur contexte de production et les interactions sociales intervenant dans ce processus de production constituent ainsi des objets de recherche pour le sujet étudié ici.

## 2.1. Caractérisation du discours scientifique

Le discours scientifique met en jeu *“la communication scientifique définie comme un ensemble de pratiques, orales ou écrites pluricodiques dont le but est la construction et/ou la diffusion des connaissances et des concepts appartenant aux champs scientifiques”* (Ducancel & al., 1995). Des informations provenant de différentes sources peuvent permettre la construction d'une représentation du discours scientifique.

### • Informations apportées par les scientifiques

Les chercheurs ont donné peu d'informations concernant leurs productions écrites, c'est pourquoi le témoignage de deux chercheurs en biologie, J.-C. Boulain et F. Ducancel (6), semble intéressant. Ils dissocient leurs pratiques écrites, dans le temps et en fonction de leurs objectifs (écrits permettant le passage de la conception à l'expérimentation, écrits à visée de communication) ; il ressort que, pour la première catégorie, il existe une alternance permanente entre la communication écrite et la communication orale au sein du laboratoire. Ces écrits préparent les réunions et les séminaires, et concrétisent le plus souvent les décisions prises lors de réunions précédentes ce qui met en évidence l'importance du travail d'équipe. Cette dimension de communication à l'intérieur du laboratoire demeure fortement présente lors de la production d'écrits qui accompagnent l'expérimentation. Les cahiers de manipulations constituent une mémoire du travail effectué (précision, chronologie). La transcription est jalonnée de preuves matérielles (photos, tableaux de valeurs, courbes...) et de commentaires... Ces carnets *“assurent la véracité des faits et doivent à tout moment permettre de reproduire les résultats obtenus”* ; l'objectif de diffusion des faits en constitue *“le fil rouge”*. La diffusion des travaux à l'extérieur du laboratoire indispensable pour la valorisation et la reconnaissance par les pairs, se fait en langue anglaise pour une audience plus large. Elle résulte de décisions prises en séminaires internes, selon des critères précis (originalité du travail, importance économique et/ou scientifique, choix de la revue), et au cours desquels, la confrontation avec la communauté scientifique est simulée.

des écrits au sein  
du laboratoire  
et des écrits  
de diffusion

---

(6) Laboratoire d'Ingénierie des protéines, D.I.E.P. C.E.A. Saclay.

En ce qui concerne la production de textes de vulgarisation, différents niveaux sont évoqués en fonction du lectorat, ce qui correspond à des publications dans des revues différentes : ensemble des biologistes (exemple : *Biofutur*), ensemble de la communauté scientifique (exemple : *Nature* ou *Science*), public "éclairé" (exemple : *La Recherche* ou *Pour la Science*)

Ces textes de vulgarisation sont d'une grande importance pour les chercheurs et leur laboratoire, car ils permettent leurs évaluations, ainsi qu'une ouverture commerciale.

#### • Informations apportées par la sociologie

Ce témoignage de chercheurs corrobore les observations faites par Latour & Woolgar (1988, 1996) qui, bien que datant d'une vingtaine d'années, constituent encore la seule référence dans ce domaine (Ducancel, G. & F., Boulain, J.C., 1995 ; Kelly & Chen, 1999). Latour souligne l'importance des "*inscriptions littéraires*" dans le travail du chercheur, le fait que les échanges informels aient pour objet la substance même de la communication formelle, ainsi que le dialogisme fondamental qui permet les prévisions des objections et anticipations des réponses. Les discussions entre les chercheurs permettent la transformation des énoncés dans un continuum (Latour & Woolgar, 1988, 1996). Il n'existe pas de ruptures, mais une continuité dans les procédures d'exposition qui sont sous-tendues par des tendances contradictoires : objectiver, cristalliser des concepts et les diffuser, critiquer des savoirs "anciens", imposer une lecture du réel, convaincre et rechercher le prestige (Sutton, 1995).

Si on prend en compte les destinataires, on peut distinguer les productions écrites relatives à la communication égale (entre pairs, c'est-à-dire entre chercheurs du même domaine) de celles relatives à la communication inégale (communication entre scientifiques de domaines différents jusqu'à celle effectuée avec des profanes) (Ducancel & al., 1995).

Pour Latour (1988, 1996) la transformation des énoncés au sein du laboratoire s'accompagne de l'augmentation du degré de facticité et donc de la diminution de la subjectivité. L'axe essentiel, bien qu'implicite, de cette transformation est donc la "*construction de faits*". Il identifie le but principal de la production de texte comme la génération d'un résultat de plus haute inférence plutôt que la synthèse de résultats particuliers. Les scientifiques cherchent à établir des faits à partir de constructs. Le laboratoire est vu comme "*une usine à produire des faits*". Dans son étude, il note l'importance du forum agonistique : les articles publiés font l'objet de controverses dont le point nodal est la solidité de l'argumentation. Lorsqu'un énoncé a été stabilisé dans le champ agonistique, il est réifié et s'intègre aux savoirs tacites. La réification a pour conséquence l'augmentation considérable du "coût" des objections qui pourraient être soulevées.

qui s'inscrivent  
dans  
un continuum...

et qui permettent  
la construction  
de faits...

• **Informations apportées par l'histoire des sciences**

lesquels  
deviennent  
des découvertes

Sutton (1996) qui effectue une étude historique des textes produits par les scientifiques, fait une analyse comparable affirmant que la science est une entreprise sociale semi-coopérative de production de connaissances. Il y reconnaît également la très grande importance de l'écriture. Le passage successif dans les différents genres de publication permet d'occulter progressivement l'agencement humain (objectivation) et de transformer la persuasion en information (le fait apparaît comme une vérité). Ainsi son statut de connaissance publique lui donne celui de découverte. La dualité entre la science établie se présentant sous une forme compressée, formalisée, abstraite et la science en construction c'est-à-dire se créant avec ses contingences sociales, expérimentales et épistémologiques apparaît bien dans les différentes productions écrites des chercheurs scientifiques.

Le traitement du discours scientifique comme une notion unifiée est donc potentiellement problématique car les processus discursifs servent de multiples objectifs et ont leurs origines dans différents systèmes d'activités (Kelly & Chen 1999).

**2.2. Caractéristiques discursives et rhétorique des écrits scientifiques**

Le(s) discours scientifique(s) constitue(nt) un ensemble flou dans lequel il est prudent, selon Jacobi (1993) de distinguer trois pôles : celui des discours scientifiques primaires (écrits de chercheurs pour d'autres chercheurs), celui des discours à vocation didactique (textes de manuels d'enseignement scientifique) et celui de l'éducation scientifique informelle (textes de vulgarisation, documents de culture scientifique).

Les textes primaires présentant des résultats de recherche à d'autres spécialistes ont des caractéristiques très stables. Le compte rendu d'expériences, modèle canonique du texte primaire, immuablement structuré en quatre parties (introduction, méthodes et matériels, résultats, conclusion et/ou discussion) se caractérise également par sa prudence, la justification des méthodes, la qualité des résultats, l'absence de généralisation. Le plus souvent, les observations, l'exploration des incertitudes ont disparu du texte (Jacobi, 1993 ; Sutton, 1992). Le respect de la forme est impérativement contrôlé par la communauté. La structure du texte semble immuable. Même Peter Medawar (1963), lauréat du Nobel (7) qui voulait placer "la discussion" en première partie de son papier, n'a pu changer la structure de son article (Hildebrand, 1998 ; Mac Rowell, 1997 ; Moore, 1994 a).

---

(7) Peter Medawar et Franck Burnet ont reçu conjointement le prix Nobel de médecine en 1960 pour leurs travaux sur la tolérance immunologique acquise.

des écrits  
normés et  
des auteurs  
cachés

Un aspect particulier de l'écriture en sciences est qu'elle semble se cacher elle-même ; pour de nombreux scientifiques reconnus "*écrire la science, ce n'est pas écrire du tout, c'est simplement enregistrer des faits*" (Mac Rowell, 1997). L'article scientifique de diffusion prend la forme d'un discours décontextualisé, formalisé qui assure donc une "ontologisation" des faits (Ducancel & al., 1995). Il concentre les procédures utilisées, les résultats obtenus ainsi que quelques investigations. Des détails matériels sont donnés pour permettre la répétition possible des expériences et l'obtention des mêmes résultats. L'article n'a pas pour but de récapituler l'enchaînement des étapes du raisonnement (qui apparaît dans le rapport initial) ni le détail des raisons qui ont permis le choix d'une voie plutôt que d'une autre ; il n'y a pas là la place pour l'émergence des idées et leur mise à l'épreuve : les scientifiques ont d'autres moyens pour faire cela (congrès, séminaires). Les chercheurs n'apparaissent pas dans leur texte ; la science semble alors se parler seule (Grize, 1992 ; Jacobi, 1993). La dépersonnalisation de la prose scientifique est devenue le mode standard d'écriture au cours du xx<sup>e</sup> siècle et a pour objectif de stigmatiser cette distanciation (Hildebrand, 1998 ; Sutton, 1992).

convaincre  
et créer

Cependant, certains auteurs (Grize, 1992 ; Sutton, 1996) montrent que tout texte d'information scientifique présente nécessairement un aspect argumentatif ; l'auteur doit mobiliser le lecteur et faire en sorte que les questions qu'il se pose soient aussi celles de celui auquel il s'adresse. La voix du scientifique a donc toujours une action d'interprétation, elle est personnelle et spéculative. Son langage lui permet la constitution d'une théorie, pas d'un simple reportage.

La maîtrise de la rhétorique joue également un rôle capital car elle intervient dans la réification. Moore (1994 a) prenant comme exemple l'article scientifique ayant eu un grand impact sur la communauté scientifique écrit par Watson et Crick concernant leur modélisation en double hélice de la molécule d'A.D.N., montre l'important travail de rhétorique utilisé par les auteurs pour convaincre leur lectorat. Ils mettent en évidence l'aspect dynamique de la découverte scientifique et son aspect révolutionnaire. Ayant compris que la "vérité scientifique" dépend de la force de l'argumentation, ils font reposer celle-ci sur trois points (l'élégance du modèle, une explication théorique précise, compatibilité avec les données disponibles). L'esthétique, l'utilisation de métaphores et même le style narratif peuvent jouer un rôle médiateur (Martin & Brouwer, 1991). L'usage de figures de style (métaphores, analogies, comparaisons) est par ailleurs fréquent dans les articles scientifiques. Elles constituent des outils mentaux qui permettent une réinterprétation des phénomènes étudiés ; elles sont à l'origine de la conception de modèles à partir desquels des prédictions peuvent être testées (Sutton, 1993). Les métaphores peuvent être appréhendées comme des synthèses des maillons cachés du

raisonnement du scientifique mis en image par l'auteur en utilisant le langage courant ; elles témoignent de la créativité du chercheur (Schaible & Rhodes, 1992)

L'adoption d'une stratégie argumentative présentant le travail comme révolutionnaire ne débouche pas toujours sur le succès en particulier lorsque la médiatisation est importante. Il est souvent nécessaire de mesurer l'écart entre le discours démonstratif et le discours argumentatif qui sont le plus souvent intriqués et qui joue un rôle important dans les controverses (8). Ainsi, les arguments de l'un des protagonistes peuvent être repris par l'autre pour échafauder une nouvelle argumentation, le contexte politique, économique et social ayant une grande influence. La force de l'argumentation pouvant s'estomper dans le texte consensuel clôturant la controverse (Hubat & Gaudilière, 1992).

populariser  
la science

Écrire un texte scientifique dans une perspective de sociodiffusion à destination d'un plus grand nombre de lecteurs non spécialistes implique se situer dans un nouveau contexte, celui du secteur de l'édition de vulgarisation ou de popularisation pour employer le terme de Jacobi (1993). Lors de la rédaction d'un article de vulgarisation, l'auteur doit adopter des stratégies expositives et argumentatives originales, en partie réglées par le style éditorial de la revue et nécessitant une sélection et une reformulation des contenus scientifiques eux-mêmes. Des prescriptions éditoriales très explicites contraignent parfois l'auteur à des modifications discursives importantes (stratégie narrative, plus grande efficacité argumentative, simplification du discours) et le travail de réécriture s'effectue en interaction avec la rédaction (Ducancel & al., 1995). Mais surtout l'écriture d'un article de vulgarisation pose au scripteur le problème de l'emploi de termes spécifiques. Tous les textes scientifiques sont caractérisés par une terminologie spécifique. Les termes scientifiques sont monosémiques ou monoréférentiels et internationaux (l'anglais ayant remplacé le latin). Ils présentent une stabilité diachronique, mais il existe cependant une évolution de cette terminologie en particulier grâce au processus de conversion d'un mot d'une classe à une autre (verbe en nom, nom en adjectif) et aussi de préfixation et suffixation. Cette évolution reflète une augmentation de la technicité et de l'abstraction. Ces caractéristiques du langage scientifique témoignent des formes variées du travail cognitif et sémiotique. Pour écrire la science, il est donc difficile de ne pas utiliser des termes scientifiques, mais ceux-ci peuvent constituer un ensemble de néologismes pour le lecteur. Pour rendre son texte compréhensible, le vulgarisateur dispose alors de deux solutions : la reformulation ou la définition. La reformulation peut être faite

---

(8) Controverse de la mémoire de l'eau (texte de J. Benveniste publié en juin 1988 dans la revue *Nature*) et la découverte du virus du S.I.D.A. (textes de J. Montagnier et textes de R. Gallo).

en expansion (nombreux retours sur un terme inconnu pour aider le lecteur à s'en approprier le sens) ou en substitution (utilisation de comparaisons, d'analogies, de métaphores). Le vulgarisateur n'est donc en aucun cas un traducteur de langage scientifique car il existe une véritable rhétorique de vulgarisation (Gross, 1990 ; Jacobi, 1993).

Pour Sutton (1993, 1995, 1996), la séquence des publications successives (article de revue, travaux de synthèse sur la question, traité ou manuel) s'accompagne d'une modification du registre de langage correspondant à deux systèmes discursifs : système interprétatif et système d'étiquetage. Il distingue ainsi le langage figuratif, du langage littéral. Le langage figuratif permet d'émettre des idées et d'interpréter des situations, le langage littéral permet de nommer les faits établis. Les changements de types de textes s'accompagnent donc de transformations discursives.

### **2.3. L'écriture des chercheurs comme pratique sociale de référence**

Les discours scientifiques servent de référence aux pratiques sociales d'écriture en cours de sciences expérimentales. Pour quelques recherches (Ducancel & al., 1995 ; Kelly & Chen, 1999), ce sont les pratiques discursives de la recherche scientifique qui constituent les pratiques sociales de référence des pratiques de production d'écrits en classe de sciences. Dans ces cas il s'agit bien de se référer à une pratique concernant l'ensemble d'un secteur social (celle de la production d'écrits par les chercheurs en sciences expérimentales) pour des activités didactiques n'impliquant pas l'identité mais la comparaison sur les points suivant :

- le fonctionnement de la communauté (laboratoire/cours de sciences expérimentales) ;
- les interactions sociales (décision du protocole expérimental et interprétation des inscriptions) ;
- les pratiques culturelles (présentation des résultats expérimentaux, écriture dans les normes, applications) qui constituent le ciment qui unit la communauté scientifique.

Pour Kelly et Chen (1999), il s'agit d'aborder en cours, la science non pas sous sa forme établie, mais dans sa dynamique de construction ce qui permettrait de la rendre plus accessible aux élèves. Pour que les élèves comprennent que la science se construit, c'est-à-dire se crée avec ses contingences expérimentales, épistémologiques et sociales, il est indispensable de placer les élèves dans des contextes scientifiques authentiques, leur permettant de créer une véritable argumentation scientifique avec des données qu'ils ont obtenues eux-mêmes avec leurs propres méthodes expérimentales.

Ces chercheurs ont fait l'analyse de pratiques innovantes en cours de physique. Le travail s'effectue en petits groupes et

ouvrir le champ  
des écrits  
des élèves en  
se référant  
à la production  
écrite  
des chercheurs

les productions écrites extrêmement variées peuvent être classées en quatre groupes :

- écriture relative aux tâches effectuées en classe (carnet de labo, prise de notes, dossier) ;
- écriture créative (récit de science fiction) ;
- présentation des concepts scientifiques à travers des projets thématiques de classe (poster, papier technique écrit suivant les normes d'un article scientifique) ;
- essai concernant le cours de physique.

Cette variété est à mettre en relation avec la pluralité et la diversité des objectifs de la communication scientifique (Ducancel & al., 1995).

L'analyse des assertions justifiées présentes dans le papier technique produit par les élèves, permet de construire une taxonomie des affirmations et leurs justifications mettant ainsi en évidence, respectivement un gradient d'induction et un gradient d'abstraction correspondant à l'augmentation du degré de facticité décrit par Latour. Kelly et Chen notent une progression, des affirmations de faible induction concernant les observations aux affirmations qui mettent en relation les inscriptions aux concepts de physique.

#### **2.4. Références partielles aux pratiques discursives des chercheurs**

Certaines recherches montrent qu'il est possible d'utiliser des pratiques de la communauté scientifique sans inclure nécessairement la totalité du travail dans ce cadre.

interactions  
sociales  
au sein de  
la communauté

Des exemples de pratiques d'écrits scientifiques en classe se référant à un domaine parcellaire du travail de production écrite des chercheurs donnent des résultats satisfaisants. Ainsi Koprowski (1997) propose à des étudiants du cours d'écologie d'effectuer une revue de pairs : il s'agit ici d'une analyse critique en double aveugle des travaux de comptes rendus de laboratoire écrits dans les normes par les étudiants, concernant des recherches effectuées intégralement par eux. Une nette progression des compétences des étudiants dans leurs productions écrites et une économie de temps ont été constatées. Cette pratique est fréquente dans les pays anglo-saxons (Keys 1994 ; Prain & Hand, 1999).

authenticité  
des recherches

Il est aussi profitable d'immerger les étudiants dans le processus de recherche réelle. Le compte-rendu d'expériences, représentation symbolique de la méthode scientifique, est le type d'écrit le plus souvent enseigné dans le secondaire mais dans un contexte d'activités de laboratoire qui servent à exemplifier des faits bien connus et des concepts. Au lieu de travaux pratiques classiques à l'issue desquels les élèves obtiennent tous le même résultat et où leur seul travail consiste à paraphraser la conclusion désirée

développement  
du langage  
interprétatif,  
de la créativité  
et de l'esprit  
critique

par le professeur, il est préférable de faire produire aux élèves des écrits concernant des recherches dans lesquelles, les élèves mettent en place la totalité de la méthodologie ou des recherches dans lesquelles les étudiants doivent recueillir des données qui peuvent varier authentiquement (Kelly & Chen, 1999 ; Keys, 1999 ; Koprowsky, 1997).

Le travail de l'écrit doit être perçu par les élèves comme une médiation d'interprétation. Il faut donc les aider à se construire d'autres représentations du langage. Pour cela, les enseignants devraient présenter le langage scientifique comme une production humaine en utilisant l'histoire des sciences pour aborder les concepts. Le défi du professeur sera de donner de petites tâches d'écriture qui captivent l'imagination de l'apprenant, mais lui permettent d'avoir suffisamment d'objectivité pour clarifier ses idées (Martin & Brouwer, 1991 ; Sutton, 1995, 1996). L'usage du langage interprétatif permet aussi le développement de la personnalité du scripteur (Henderson & Wellington 1998 ; Sutton, 1993). La part de création dans l'activité d'apprentissage scientifique et corrélativement dans l'écriture en sciences est importante ; *"il faut donc donner sa place à une écriture créative qui accompagne l'invention d'explications, de modalités d'expérimentation, de mise en relations"* (Vérin, 1999). L'enseignant peut favoriser le développement de cette écriture créative en aidant les élèves à produire des "images mentales" par l'utilisation d'analogies et de métaphores. Des prescriptions aidant les élèves à générer des analogies rendent leur utilisation spontanée beaucoup plus fréquente et facilitent la compréhension et la mémorisation (Glynn & Shawn, 1996 ; Kirkland, 1997 ; Sutton, 1993). On peut aussi demander aux élèves de se placer dans des situations fictionnelles (écrire l'autobiographie d'un élément chimique, le carnet de voyage d'un globule rouge, un article dans un journal scientifique, une réponse à une lettre imaginaire) ce qui peut les aider en adoptant un mode le plus souvent narratif, à formuler des explications claires et concises à propos de concepts scientifiques qu'ils ont précédemment étudiés. Ce travail permet ainsi de rendre moins abstraits les concepts scientifiques en les humanisant et en les incarnant (Burke, 1995 ; Prain & Hand, 1996 b ; Sutton, 1993).

La prise en compte de l'écriture des chercheurs comme pratique sociale de référence (au singulier ou au pluriel) permet, on le voit de justifier la modification des pratiques d'écriture en classe de sciences (diversification des écrits, développement de la créativité, intégration fonctionnelle et prise en compte des interactions sociales) proposé dans le paradigme de l'écriture d'expression et ouvre par ailleurs le champ de la recherche. Cependant il ne faut pas négliger les difficultés posées par ce type de pratiques.

### **3. DE LA PRATIQUE AU PRODUIT : OBSTACLES ET DES DIFFICULTÉS**

Du processus de production aux textes achevés, bien des difficultés interviennent et réduisent l'efficacité des pratiques d'écriture en classe de sciences. Des obstacles rendent parfois problématique la mise en place de nouvelles pratiques d'écriture. Il est aussi nécessaire de tenir compte de la complexité du processus rédactionnel. Enfin, il n'y a pas encore de consensus sur les caractéristiques attendues des textes produits par les élèves.

#### **3.1. Émergence d'obstacles aux nouvelles pratiques d'écriture**

Enseignants et élèves ont des représentations erronées de la science et de l'écriture qui peuvent témoigner de la présence d'obstacles à l'apprentissage des sciences par l'écriture et à son enseignement. Il ne s'agit pas ici d'analyser ces obstacles mais plutôt de les cerner.

##### **• Représentations de la science et de l'enseignement scientifique**

Les élèves ont des conceptions variées et contradictoires concernant la nature de la connaissance scientifique, aussi bien que des procédures utilisées en classe pour accéder à ces connaissances. La science est vue par les élèves comme une masse d'informations difficiles à comprendre parce qu'abstraites (Kirkland, 1997). Pour les élèves, la vérité préexiste à sa découverte. Une vue de la science comme une accumulation de découvertes constitue un système de pensée dans lequel les mots ne peuvent avoir qu'une fonction de description des observations et non de constitution d'une théorie (Sutton, 1996). Les élèves savent que les scientifiques travaillent en groupes et que ce travail leur permet d'échanger des points de vue ; ils ont une connaissance élaborée du rôle du débat scientifique. Mais ils ont une représentation naïve de "preuve" scientifique et de la construction d'une théorie, et une idée vague des caractéristiques du travail des scientifiques (Keys & al., 1999). Pour eux, le cours de science se caractérise par des manipulations, des recherches. Les leçons sont vues comme des formes passives d'apprentissage et l'écriture comme un moyen d'enregistrer des connaissances établies, pour l'évaluation (Prain & Hand, 1999).

Les enseignants voient également la science comme un corps de connaissances constituées (Gaskins & Guthrie, 1994). Ils présentent aussi la science comme une méthode logique pour trouver des solutions plutôt que comme un processus d'essais/erreurs, d'incertitudes, de justifications et de conclusions acceptées socialement. Les enseignants ont une connaissance inégale des différentes formes de la communication scientifique et se réfèrent avant tout à la représenta-

la science  
comme  
une accumulation  
de découvertes

tion qu'ils ont de la communication des chercheurs (Ducancel & al., 1995). En raison de cette présentation caricaturale, les élèves ne peuvent comprendre que : la science procède par ajustements et sauts, que l'ouverture d'esprit et la recherche sont inhérents à la science, que les idées fondées sur des justifications sont encore réfutables, que les idées scientifiques sont améliorées par un processus de contribution, de débat et de construction d'un consensus et que la recherche permanente est l'attitude fondamentale de l'entreprise scientifique (Larkin & Wellington, 1994).

Les enseignants voient l'enseignement de leur discipline en terme de réussite de cours. Leurs représentations de l'apprentissage des sciences ne se situent le plus souvent ni dans un cadre constructiviste, ni dans un cadre socio-constructiviste et leurs pratiques ne sont pas orientées vers la construction, et l'appropriation des concepts. Pour rendre plus efficace l'enseignement de "l'écriture pour apprendre", ils doivent nécessairement conceptualiser l'enseignement des sciences à l'école comme une forme d'apprentissage de la recherche plutôt que comme un corps de connaissances essentielles. Les conceptions persistantes des professeurs à propos de l'écriture reposent sur leurs propres apprentissages, la supposition tacite qu'entraîner les élèves à mémoriser la science est la part la plus importante du travail, le statut supérieur accordé au compte rendu et une préférence générale pour les styles objectifs qui ont affecté toute la littérature académique du xx<sup>e</sup> siècle. Cette représentation influe sur l'organisation de l'apprentissage, le cadrage des leçons et la structuration des pratiques langagières. Un changement fondamental dans la manière de penser la discipline est donc nécessaire (Prain & Hand, 1996 b ; Sutton, 1992).

**• Représentations de l'écriture en général,  
de l'écriture scientifique en particulier**

Le plus souvent, les élèves voient l'écriture comme un processus de codage de la pensée et comme un don (Barré-de Miniac, 2000). Ils recherchent cependant la bonne façon d'écrire ; ils pensent qu'ils doivent être "inspirés" et que les "mots justes" doivent sortir comme par magie. Dans l'écriture, ce qui compte pour eux, c'est le produit fini non le processus de production. L'écriture est vue comme une fin, pas comme un moyen d'apprentissage. Ils associent l'apprentissage de l'écriture à l'apprentissage des langues en particulier, celui de la langue maternelle et ne voient donc pas sa fonction en cours de sciences (Moore, 1994b). Pour eux, les textes scientifiques sont écrits avec des mots compliqués, une présentation spéciale avec un code particulier, l'exactitude et la précision, le rapport au réel (Astolfi & Ducancel, 1995).

Les élèves pensent que l'écriture exploratoire a un aspect positif sur leur apprentissage en sciences en les obligeant à avoir une réflexion approfondie (métacognition) ; ils trouvent

l'écriture  
comme un don

pour exposer ses  
connaissances

surtout ce mode de travail écrit beaucoup plus intéressant que l'écriture expositive. Cependant, ils sont incapables de percevoir que l'écriture est un moyen de développer leurs propres connaissances en sciences. La fréquence de l'écriture expositive dans l'ensemble du système scolaire permet de comprendre pourquoi ils ne perçoivent pas l'écriture comme un outil épistémologique. Les élèves sont concentrés sur les attentes du professeur, ou sur ce qu'ils pensent être les attentes du professeur et ne dépassent pas le niveau superficiel de la compréhension de l'écriture comme une stratégie qui leur permet de penser plus clairement (Prain & Hand, 1995, 1999).

L'analyse des travaux d'élèves montre que les aspects référentiels et explicatifs se trouvent à parts égales dans les paragraphes "observations" et "interprétations". Ceci est aussi perceptible dans un certain nombre de textes de chercheurs. Observations et interprétations nécessitent des preuves et ne sont pas directement lisibles à partir des données, or ce résultat se heurte aux conceptions des enseignants qui demandent à leurs élèves d'effectuer des interprétations à partir des données (Kelly & Chen, 1999).

#### • *Des obstacles sociologiques et culturels*

les limites de  
ces pratiques  
innovantes

La mise en place de pratiques sociales d'écriture se référant en intégralité à celle de la recherche scientifique se heurte aussi à des obstacles. Les résultats obtenus sont très différenciés. Un temps de pratique plus long semble nécessaire. L'appropriation incomplète du processus argumentatif peut s'expliquer par une expérimentation incomplète des pratiques socioculturelles de la communauté scientifique ; en effet la pratique du forum agonistique dans les normes des communautés scientifiques peut être inacceptable parce que potentiellement discriminatoire. L'absence de responsabilité de la communauté, et de "culture de communauté/classe" constitue l'obstacle le plus important (Kelly & Chen, 1999).

### **3.2. Complexité de la production d'écrit**

une conception  
générale  
de la production  
écrite

Dès les années soixante-dix, les didacticiens des langues officielles d'enseignement ont tenté de décrypter les processus cognitifs intervenant dans la production écrite ; ils se sont intéressés non plus aux produits de l'écriture, mais au processus de production de textes selon l'axe de la psychologie cognitive et celui psycholinguistique textuelle. L'observation des scribes, l'étude de la genèse du texte et l'analyse des brouillons a fourni des informations qui peuvent nous renseigner sur certaines difficultés rencontrées par les élèves en classe de sciences.

Le processus rédactionnel met en jeu plusieurs composantes (la planification, la mise en texte et la révision) qui ne suivent pas de façon linéaire et interviennent tout au long du processus rédactionnel. Ces trois composantes ne peuvent

fonctionner de manière autonome ; une gestion procédurale est donc nécessaire afin d'éviter, d'une part, la surcharge cognitive et d'autre part, la compétition entre les processus. La coordination de ces trois composantes est encore mal connue (Fayol, 1991, 1996).

S'il existe un consensus en ce qui concerne les composantes du processus rédactionnel, une divergence essentielle apparaît entre les chercheurs travaillant dans le cadre de la psychologie développementale (cadre piagétien) et ceux qui s'intéressent à la sociopsychologie et à la sociolinguistique (cadre vygostkien) pour lesquels le contexte de production joue un rôle essentiel. Pour Schneuwly et Dolz (1997), le modèle de Bereiter & Scardamalia élaboré à partir de la production du récit est trop généraliste et ne prend pas en compte les contextes d'écriture, le produit, les moyens à la disposition du sujet pour résoudre les problèmes d'écriture. Pour ces auteurs, la forme et l'inter-relation entre les différentes opérations est spécifique de chaque type d'action langagière. Il y aurait ainsi une relation étroite entre les types de contextes et les types de textes ou genres. Les genres peuvent être définis comme une réponse à des configurations stéréotypées, socialement stabilisées, des paramètres du contexte présentes dans un discours donné. La planification met donc en œuvre des activités de représentations du lieu social, du destinataire, du but poursuivi, du texte à produire et de son contenu référentiel. Elle assure la gestion discursive. Pour les interactionnistes, le rôle du contexte dans l'activité de l'élève est capital car il détermine le processus de sémiose ; la prise en compte du contexte au sens strict (environnement social immédiat) et au sens large (communauté discursive) est nécessaire pour que l'élève puisse effectuer une fictionalisation (représentation de la situation d'interaction sociale). L'entrée dans l'écrit a une dimension cognitive et culturelle. Le développement cognitif de l'élève passe par l'intériorisation et l'autonomisation des genres discursifs qui lui permettront d'utiliser les genres seconds (Bernié, 1998)

Dans les situations scolaires, la contextualisation se réduit le plus souvent au travail de représentation du référent sous la forme de propositions ; la prise en compte du destinataire, la visée du texte, les circonstances de productions sont le plus souvent neutralisés et codifiées par l'institution (Plane, 1994).

Pour les cognitivistes qui s'appuient sur la théorie de l'expertise et de l'acquisition, certains résultats peuvent éclairer la réflexion sur l'écrit. La capacité de traitement dépend étroitement du niveau de connaissances déclaratives et procédurales mais la disponibilité des connaissances déclaratives n'assure pas automatiquement la maîtrise des procédures nécessaires à la réalisation d'une production organisée. Compte tenu du nombre élevé de tâches à accomplir, il existe un risque permanent de dispersion de l'attention. Un contrôle métacognitif permanent est nécessaire (Fayol, 1991). L'expert

en écriture est celui qui sait être un lecteur critique et procède à des révisions approfondies de son texte. Selon Brassard (1990), il existe corrélation positive entre la lecture et l'écriture pour les cas extrêmes (très bons ou très mauvais lecteurs) qui s'expliquent par le fait que rédacteurs et lecteurs doivent régler des problèmes symétriques de linéarisation/délinéarisation entre cadres conceptuels non linéaires et séquences linguistiques linéaires. Il a été noté chez des élèves en difficulté une représentation de l'écriture qui confond produit et production, une impossibilité de se distancier du produit ce qui nuit au travail de révision (Plane, 1994).

Les sociolinguistes pensent que les critères de réécriture dépendent du statut des écrits à produire (Séguy, 1994, 1996). Dans le contexte scolaire, l'élève oscille entre deux stratégies : dire ce qu'il croit ou dire ce qu'il sait. Des énoncés de consignes floues le conduisent par ailleurs à gérer l'indétermination quant au statut de l'énonciateur et à quant celui du destinataire (Brossard & al, 1996). Pour les interactionnistes, les difficultés des élèves seraient dues au problème de fictionalisation.

Des problèmes d'acculturation à l'écrit et de rapport à l'écriture doivent également être pris en compte (Barré-de Miniac, 1993, 2000 ; Bautier, 1998 ; Bautier & Bucheton, 1995 ; Dabène, 1996 ; Lahire, 1993). Lahire émet l'hypothèse que l'échec scolaire provient de la non maîtrise des formes de relations sociales scripturales et par conséquent du type de rapport au monde et au langage qui les caractérisent. Bautier et Bucheton voient l'acquisition de la maîtrise de l'écriture comme une acculturation et un changement de soi comme sujet écrivain ; une modification du rapport à l'écrit induirait ainsi un changement de posture qui permettrait par exemple de passer d'une écriture narrative à une écriture des savoirs.

Il ne peut donc être fait abstraction en cours de sciences des problèmes de textualisation, d'autant que les écrits attendus par les enseignants revêtent ici une spécificité disciplinaire caractérisée par la scientificité, l'emploi de genre et de vocabulaire appropriés.

### **3.3. Deux problèmes à résoudre**

#### **• *Le problème de l'enseignement des genres scientifiques traditionnels***

Selon l'hypothèse de Britton, (1970), le discours joue un rôle dans l'apprentissage des jeunes enfants, car chaque nouveau domaine d'intérêt est d'abord organisé, exploré et investi par la parole. Les premiers écrits informels restent bien souvent du domaine de l'oral dans la mesure où ils ne présentent pas les caractéristiques structurelles de l'écrit, en particulier la cohérence textuelle. Ils se transforment avec le temps et en formes plus objectivées (écriture transactionnelle ou écriture poétique) qui permettent une certaine distanciation (Keys,

1999). Dans leur écriture d'investigation, les élèves utilisent le plus souvent le genre narratif parce qu'il est pour eux le plus familier et le plus facile à produire (Prain & Hand, 1996 b). Celui-ci peut être vu comme l'ingrédient essentiel de la cognition humaine (Martin & Brouwer, 1991).

revitaliser  
l'enseignement  
des genres

L'utilisation massive de l'écriture d'expression a provoqué aux U.S.A., un courant d'opposition au W.A.C. qui s'appuie sur le fait qu'à leur arrivée dans les universités, les étudiants ne maîtrisent pas les genres conventionnels d'écriture en sciences (descriptif, explicatif, argumentatif, injonctif...) nécessaires à leur réussite. Pour les modernistes (Holliday, Martin), l'écriture informelle est donc inefficace et donne au discours scientifique, une représentation d'inaccessibilité ; l'enseignement des genres est donc indispensable et doit être associé aux pratiques de l'argumentation scientifique. Pour les post-modernistes (Hildebrand, Lemke, Sutton), l'objectif de l'enseignement scientifique est de critiquer le *statu quo* de la science : il est donc nécessaire de développer l'apprentissage de genres multiples et alternatifs prenant en compte les dimensions émotionnelle, intuitive, subjective en non plus seulement la rationalité, la logique, l'objectivité et l'abstraction. L'apprentissage des genres concerne l'exercice du pouvoir dans la mesure où pour les modernistes, il est important de donner à tous les enfants la possibilité d'accéder au pouvoir discursif, alors que pour les post-modernistes, il faut au contraire contester l'aspect hégémonique d'un modèle unique d'écriture prôné par l'élite scientifique (Hildebrand, 1998 ; Keys & al, 1999). Les post-modernistes proposent donc de revitaliser l'enseignement des genres en connectant la production de connaissances avec l'usage de la langue. Pour cela, il faut mettre les apprenants dès leur plus jeune âge en présence d'une authentique production de connaissance. Les genres d'écriture doivent être compris par les élèves, mais pas comme des systèmes obligatoires et figés pour toujours (Keys, 1999 ; Sutton, 1995).

Au delà de la polémique de l'enseignement des genres, comme le montre G. Ducancel, il semble important que les élèves soient capables de distinguer ce qui est de l'ordre du discours quotidien et de l'ordre du discours scientifique (Astolfi & al, 1991).

#### **• Le problème de la nécessité de l'utilisation du vocabulaire scientifique**

donner du sens  
à l'utilisation  
du vocabulaire  
scientifique

La nature ésotérique du vocabulaire scientifique fait qu'il peut apparaître comme un bloc continu et inaccessible. Pour de nombreux élèves, il est à l'origine d'un blocage de l'apprentissage scientifique. Les enseignants divergent sur l'exigence de l'utilisation correcte de la terminologie scientifique (choix de la prise en compte du concept sous-jacent ou du concept émergeant exprimé en termes corrects). Certains enseignants pensent qu'une dénomination exacte est nécessaire

dés le début de l'étude du sujet pour permettre aux élèves d'écrire librement à propos des concepts clés (Prain & Hand, 1996 b). Pour les chercheurs post-modernistes, il n'est pas indispensable d'utiliser la terminologie scientifique qui constitue une prise de pouvoir : les élèves sont contraints d'accepter la supériorité de ceux qui maîtrisent cette terminologie (Hildebrand, 1998). Pour les autres, la connaissance sémantique du vocabulaire scientifique est nécessaire.

De nombreux mots scientifiques sont des signifiants (étiquette de concept), et peuvent être appréhendés à des niveaux de compréhension variés. L'enseignant doit connaître le sens qu'un élève attribue à un mot scientifique et l'usage qu'il en fait. La question de savoir s'il est nécessaire d'enseigner le vocabulaire scientifique revient à savoir s'il est utile que l'élève utilise ce vocabulaire. Cela dépend en effet de l'expérience qu'il a du phénomène que recouvre le mot, de sa capacité à intégrer ce nouveau concept, et de sa capacité à établir des liens avec d'autres concepts. L'apprentissage du vocabulaire scientifique n'a d'intérêt que s'il facilite la compréhension, c'est-à-dire le développement conceptuel. Une compréhension approfondie d'un mot transcende la reconnaissance dans la situation contextuelle dans laquelle il est utilisé. Meyerson montre qu'il existe une tendance développementale à améliorer la capacité à associer signifiant et signifié. Dans certains cas cette association déclenche des conflits cognitifs. Enseigner le vocabulaire au moment opportun facilite de plus l'appropriation des capacités langagières (Meyerson & al., 1991 ; Wilson, 1998).

Il est souhaitable de faire construire des aides (banques de mots, glossaires) aux élèves pour lesquels le vocabulaire scientifique provoque un blocage. Ce sont le plus souvent de mauvais lecteurs (Henderson & Wellington, 1998)

### **3.4. Critères de scientificité : critères d'évaluation des écrits des élèves**

Si l'on veut évaluer les écrits terminaux, il faut sortir du modèle du compte rendu expérimental et aborder des genres d'écriture différents, ce qui ne veut pas dire accepter un niveau insuffisant. Selon les post-modernistes, les élèves peuvent élaborer leur compréhension des concepts scientifiques en utilisant leur propre langage, mais dans une formulation scientifiquement acceptable. La scientificité des écrits d'expression des élèves ne repose pas obligatoirement sur l'utilisation de genres spécifiques ou de vocabulaire technique. S'ils utilisent le style narratif, les élèves doivent montrer que tous les détails de l'histoire (ses composantes, son fil conducteur, les caractères des personnages et les situations), concrétisent leur compréhension des concepts clés concernant le sujet étudié (Prain & Hand, 1996 b ; Sutton, 1993, 1995). Les représentations initiales sont à la base du raisonnement scientifique intervenant en particulier lors de l'écriture de prédictions et d'explications ; on constate

donc que la qualité de l'écriture varie avec la qualité des représentations initiales. L'élucidation des conceptions initiales fournit un cadre à l'élève qu'il utilise pour évaluer ses observations (Keys, 1994). Il faut aussi admettre que des conceptions erronées, mais plausibles, puissent être expliquées et mémorisées (Shawn & al., 1994).

repérer  
la production  
d'inférences  
spécifiques

En fait, la scientificité des textes des élèves peut être évaluée au cours des travaux successifs de réécriture qui permettent aux élèves d'améliorer leurs productions écrites. Celle-ci est repérable par la production d'inférences spécifiques qui expliquent la signification des données, et des justifications ("preuves"). Les étudiants ne s'engagent pas tous de la même manière dans l'écriture scientifique ni avec la même force argumentative ; mais dans tous les cas l'appropriation du processus argumentatif reste partiel (Kelly & Chen, 1999 ; Keys, & al., 1999). La maîtrise de l'écriture du genre argumentatif plus tardive que celle du genre narratif ne semble pas signifier que la maîtrise de ce genre est plus difficile, mais est plutôt dû à un enseignement plus restreint de ce genre (Brassard, 1990).

aider les élèves  
à progresser  
dans la maîtrise  
du processus  
argumentatif

Il est possible d'aider les élèves à mieux maîtriser le processus argumentatif en les initiant aux pratiques du discours scientifique. On peut par exemple leur faire étudier des articles qui serviront de référence ; ainsi Moore (1994 a) propose de faire découvrir aux étudiants l'importance de la production d'arguments, par la lecture d'un article de vulgarisation et l'analyse des procédés discursifs présents dans celui-ci. L'étude comparative de deux articles (9) concernant le même champ de recherches (rôle et structure de l'A.D.N.) et chronologiquement proches mais ayant eu des retentissements différents au sein de la communauté scientifique permet de montrer le rôle qu'a la rhétorique sur l'impact d'une publication scientifique. L'étude des métaphores contenues dans les articles de vulgarisation doit aider les élèves à prendre conscience du processus de persuasion présent dans le discours scientifique (Hubat & Gaudillière, 1992 ; Schaible & Rhodes, 1992 ; Sutton 1993, 1995).

Il est aussi intéressant de faire percevoir l'évolution des textes produits lors d'une controverse scientifique pour montrer la diversité des démarches interprétatives ; une analyse précise permet de faire prendre conscience que le récit simplifié est toujours une reconstruction *a posteriori* qui élimine tout ou parties des problèmes rencontrés au cours du travail de laboratoire. Il est nécessaire de faire acquérir aux élèves une méthode de lecture non linéaire de ces textes, de développer l'aptitude à les questionner (Hubat & Gaudillière, 1992). L'appropriation de la rhétorique de l'article scientifique peut

---

(9) L'un produit par Avery (1944) et l'autre par Watson et Crick (1953).

permettre d'évaluer la compréhension qu'ont les élèves des pratiques argumentatives utilisées en cours de sciences (O'Neill, 1997). Le passage nécessaire des écrits d'investigation aux écrits formalisés permet le saut décisif vers l'abstraction (Keys, 1994 ; Vérin, 1999).

Un tel travail de l'écrit est long, et n'est pas toujours compatible avec les horaires restreints, dévolus aux activités scientifiques. Beaucoup d'enseignants renoncent donc au travail de réécriture qui pour eux est trop consommateur d'un temps qu'ils voudraient réserver à l'apprentissage "strict" des contenus (cette remarque montre la persistance d'une conception classique de l'enseignement de type transmissif) (Garcia-Debanc, 1995 ; Kelly & Chen, 1999 ; Prain & Hand, 1996b). On voit ici l'intérêt que pourrait avoir un enseignement interdisciplinaire des pratiques langagières, en particulier avec l'enseignement de la langue maternelle (Astolfi & al., 1995 ; Prain & Hand, 1996 ; Hubat & Gaudillière, 1992 ; Schaible & Rhodes, 1992)

## CONCLUSION

Durant les années quatre-vingt-dix, la recherche s'est développée suivant trois dimensions :

- La référence au discours scientifique associée à une prise en compte de la "vraie" nature de la science et reconceptualisation de ses productions écrites (le compte rendu n'en est plus le représentant archétypique).
- La diversification des écrits produits en classe avec le développement et l'exploration de l'écriture interprétative.
- La prise en compte du contexte et des effets des interactions sociales.

Ces trois dimensions correspondent à trois conceptions de l'écrit (épistémologique, cognitive, et sociologique).

À la fin de cette décennie, le rôle des pratiques d'écriture dans l'apprentissage des sciences n'est toujours pas entièrement établi ; certains résultats permettent de dire qu'il y a facilitation de la compréhension des concepts scientifiques par les élèves, mais il n'y a toujours aucune "preuve" quant à l'établissement d'un rapport causal entre écriture et apprentissage. S'il est indéniable que l'écriture intervient dans de nombreux processus cognitifs et sans aucunement renier l'apport de Vygotsky (1997) et de Goody (1994), il semble cependant nécessaire de justifier, au plan de la didactique, l'investissement temporel nécessaire aux pratiques d'écriture en classe de sciences.

Si la réécriture facilite la métacognition, son influence sur le changement conceptuel semble beaucoup moins évidente. De même, le passage de l'écriture interprétative à un mode d'écriture plus formel, n'est pas vraiment exploré. Le débat

quelques  
remarques  
prescriptibles  
pour  
la recherche...

des "genres" a occulté cet objet de recherche, modernistes et postmodernistes étant restés, si l'on peut dire, les uns et les autres sur leur position. Il serait en effet intéressant de sortir réellement de la querelle qui oppose l'orthodoxie du compte rendu normé, mais souvent dépourvu de sens, aux écrits d'expression mal cadrés et ayant souvent peu de valeur scientifique. L'étude de la diversification des écrits doit donc se poursuivre, me semble-t-il, par l'étude des transformations au sein du *continuum* scriptural des productions des élèves. C'est donc comme le préconise Keys, par une revitalisation de l'enseignement des genres et guidé par la recherche de la scientificité qu'il faut poursuivre dans cette voie. C'est l'étude des processus de transformation des écrits en particulier lors de la réécriture qui doit être prise en compte dans la recherche à venir. Les études engagées dans ce domaine ont été envisagées dans leur ensemble à partir du pôle "production", celles envisagées à partir du pôle "élève" concernaient essentiellement les représentations. À partir du pôle "production", il serait intéressant de se distancier du modèle élaboré par Beireter et Scardamalia, pour rechercher s'il existe une corrélation entre contexte et processus de transformation des énoncés. À partir du pôle "élève", c'est sa position de "sujet écrivain" dans un contexte scolaire et en particulier en classe de sciences qui nécessite un questionnement plus approfondi ainsi que l'éventuelle influence de la modification de son rapport à l'écrit sur la scientificité de ses écrits.

Actuellement un décalage important entre les pratiques d'enseignement d'ordre transmissif et le cadre de travail constructiviste des chercheurs nuit à l'obtention de résultats pertinents. La prégnance des conceptions transmissives et d'une "pédagogie du modèle" font obstacle à la mise en place et au développement des pratiques de communications scientifiques en classe (Ducancel & al., 1995). C'est pour Keys (1999), la principale cause de l'échec de l'utilisation de l'écriture informelle.

et pour  
l'enseignement

Il semble donc indispensable de faire évoluer les représentations des enseignants sur la science et son apprentissage et sur les fonctions de l'écrit en cours de sciences. Il faut donc non seulement soutenir les utilisations constructivistes de l'écriture en science, mais surtout développer un cadre conceptuel qui aide les enseignants à développer des pratiques écrites d'apprentissage des sciences. Des mesures incitatives ne sauraient suffire. C'est un véritable environnement didactique qu'il faut mettre en place, en tenant compte de la construction sociale des connaissances. Il pourrait permettre l'épanouissement de stratégies de changement conceptuel, un contexte de recherche authentique et le développement de pratiques langagières et discursives d'apprentissage (Keys, 1994). Cet environnement devrait permettre aux élèves de construire leurs propres modèles et de les tester, de constituer une collection d'explications alternatives, et aux ensei-

gnants de mieux maîtriser leur action sur la gestion du discours et leur position dans la communauté. L'enseignant devrait être capable d'accepter qu'un élève fournisse des réponses provisoires, dont la validation ou la réfutation devrait être effectuée par l'apprenant ou par ses pairs. Dans cet environnement, l'enseignant serait une personne ressource, en particulier pour la recherche des informations (Carle & Krest, 1998), pour aider les élèves à modéliser l'écriture scientifique (Moore, 1994 b).

Laurence CATEL  
Collège Pasteur (Longjumeau)

## BIBLIOGRAPHIE

- ASTOLFI, J.P. & DUCANCEL, G. (1995). Apprentissages langagiers, apprentissages scientifiques : Problématiques didactiques. *Repères*, 15, 5-20.
- ASTOLFI, J.P., PETERFALVI B. & VERIN A. (1991). *Compétences méthodologiques en sciences expérimentales*. Paris : I.N.R.P.
- ASTOLFI, J.P., PETERFALVI, B. & VERIN, A. (1998). Écriture et graphismes en sciences. In, *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz.
- AUDET, R., HICKMAN, P. & DOBRYNINA, G. (1996). Learning logs : a classroom practice for enhancing scientific sense making. *Journal of Research in Science Teaching*, 33 (2), 205-222.
- AVERY, O.T. & al.(1944). Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types. *Journal of Experimental Medicine* 79, 137-158.
- BARRE DE MINIAC, C. (1995). La didactique de l'écriture : nouveaux éclairages pluridisciplinaires et état de la recherche. *Revue Française de Pédagogie*, 113, 93-133.
- BARRE DE MINIAC, C. (2000). La notion de rapport à l'écriture et son usage en didactique. Document distribué lors du séminaire I.N.R.P.
- BARRE DE MINIAC, C. (1993). Le rapport à l'écriture : un enjeu pour la réussite scolaire. In C., Barré-De Miniac, A., Bon, B., Lété, M., Proux, M., Rémond, & H., Romian (Éds.), *Lire et écrire à l'école primaire. État des recherches à l'I.N.R.P.* (pp. 39- 46). Paris : I.N.R.P.
- BAUTIER, E. & BUCHETON, D. (1995). L'écriture : qu'est-ce qui s'enseigne, qu'est-ce qui s'apprend, qu'est-ce qui est déjà là ? *Le Français Aujourd'hui*, 111, 7-11.
- BAUTIER, E. (1998). Je ou Moi : apprentissage ou expression. *Les Cahiers pédagogiques*, 363, 12-14.

BEREITER, C. & SCARDAMALIA, M. (1987). *The psychology of written composition*. Hillsdale, NJ : Erlbaum.

BERNIE, J.P. (1998). Éléments théoriques pour une didactique interactionniste de la langue maternelle. In M., Brosard, et J., Fijalkow, (Éds.), *Apprendre à l'école : perspectives piagétienne et vygotkiennes*. Bordeaux : P.U.B.

BOULAIN, J.-C. & DUCANCEL, F. (1993). De nouveaux anticorps pour les analyses médicales. *La Recherche*, 24.

BRASSARD, D. (1990). Le développement des capacités discursives chez l'enfant de 8 à 12 ans ; Le discours argumentatif écrit (étude didactique). *Revue Française de Pédagogie*, 90, 31-41.

BRITTON, J. (1970). *Langage and Learning*. New York : Penguin Books.

BROSSARD, M., LABROLLE, M., LAMBELIN, E., NANCY, B. & RONGAUD-SABBATH, D. (1996). Rôle du contexte dans les écrits scolaires. Recherches sur les productions écrites d'élèves d'un lycée professionnel. In C., Barré-De Miniac (Éd.), *Vers une didactique de l'écriture. Pour une approche pluridisciplinaire*. Paris-Bruxelles : I.N.R.P.-De Boeck.

BURKE, B. (1995). Writing in beginning chemistry courses. *Journal of College Science Teaching*, 24 (5), 341-345.

CARLE, D. & KREST, M. (1998). Facilitating research between the library and the science writing classroom. *Journal of Collège Science Teaching*, 27 (5), 339-342.

CARLSEN, W.S. (1997). Never ask a question if you don't know the answer : the tension in teaching between modeling scientific argument and maintaining law and order. *Journal of Classroom Interaction*, 32, 14-23.

DABENE, M. (1996). Aspects socio-didactiques de l'acculturation au scriptural. In C., Barré-De Miniac (Éd.), *Vers une didactique de l'écriture. Pour une approche pluridisciplinaire*. Paris-Bruxelles : I.N.R.P.-De Boeck.

DILLON, D., O'BRIEN, D. & MOJE, E. (1994). Literacy learning in secondary school science classrooms : a cross-case analysis of three qualitative studies. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (4), 345-362.

DUCANCEL, G., BOULAIN J.-C. & DUCANCEL, F. (1995). Les pratiques de communication scientifique : une référence pour les formateurs de maîtres ? *Repères*, 15, 53-77.

DURAN, B., DUGAN, T. & WEEFFER, R. (1998). Langage minority students in high school : the role of langage in learning biology concepts. *Science Éducation*, 82 (3), 310-341.

FAYOL, M. (1991). *L'approche cognitive de la production écrite. Actes de colloque "La production d'écrits : de la maternelle au collège"*, Dijon, décembre 1990. Dijon : C.R.D.P.

FAYOL, M. (1996). Apprendre à produire des textes. Tentative d'intégration des apports de la psychologie cognitive et de la psycholinguistique textuelle : la production

- de récit. In : C., Barré - De Miniac (Éd.), *Vers une didactique de l'écriture. Pour une approche pluridisciplinaire*. Paris-Bruxelles : I.N.R.P.-De Boeck.
- FRANZ, C. & SOVEN, M. (1996). Writing in Biology ; the senior project. *Journal of College Science Teaching*, 26 (2), 111-114.
- GARCIA-DEBANC, C. (1995). Interactions et construction des apprentissages dans le cadre d'une démarche scientifique. *Repères*, 15, 79-103.
- GASKINS, I. & GUTHRIE, J. (1994). Integrating instruction of science, reading, and writing : goals, teacher development, and assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (9), 1039-1056.
- GLYNN, M. & SHAWN, M. (1996). *Effects of instruction to generate analogies on student's recall of science text*. National Reading Research Center.
- GOODY, J. (1994). Mémoire et apprentissage dans les sociétés avec et sans écriture. In, *Entre l'oralité et l'écriture*. Paris : P.U.F.
- GRIZE, J.B. (1992). Sur la nature du discours d'information scientifique. *Aster*, 14, 42-52.
- GROSS, A.G. (1990). *The rhetoric of science*. Harvard University Press.
- HENDERSON, J. & WELLINGTON, J. (1998). Lowering the language barrier in learning and teaching science. *School Science Review*, 79 (288), 35-46.
- HILDEBRAND, G. M. (1998). Disrupting hegemonic writing practices in school science : contesting the right way to write. *Journal of Research in Science Teaching*, 35, 345-362.
- HOLLIDAY, W., YORE, L. & ALVERMAN, D. (1994). The reading-science learning-writing connection: breakthroughs, barriers, and promises. *Journal of Research in Science Teaching*, 31, 877-893.
- HUBAT, A.M. & GAUDILIERE, J.P. (1992). Argumenter et démontrer : rhétorique et enjeux sociaux dans les discours scientifiques. *Aster*, 14, 21-39.
- JACOBI, D. (1993). Les terminologies et leur devenir dans les textes de vulgarisation scientifique. *Didaskalia*, 1, 69-83.
- KELLY, G. & CHEN, C. (1999). The sound of music : constructing science as socio-cultural practices through oral and written discourse. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 883-915.
- KEYS, C. (1999). Revitalizing instruction in scientific genres : connecting knowledge production with writing to learn in science. *Science Éducation*, 83 (2), 116-130.
- KEYS, C., HAND, B., PRAIN, V. & COLLINS, S. (1999). Using the science writing heuristic as a tool for learning from laboratory investigations in secondary science. *Journal of Research in Science Teaching*, 36, 1065-1084.
- KIRKLAND, W. (1997). Teaching Biology through creative writing. Integrating abstract biological concepts into narrative contexts makes science come alive for apprehensive nonmajors. *Journal of Collège Science Teaching*, 26 (4), 277-279.

- KOPROWSKI, J. (1997). Sharpening the craft of scientific writing. A peer-review strategy to improve student writing. *Journal of College Science Teaching*, 27 (2), 133-135.
- LAHIRE, B. (1993). *Culture écrite et inégalités scolaires. Sociologie de "l'échec scolaire" à l'école primaire*. Lyon : Presses Universitaires de Lyon.
- LARKIN, S. & WELLINGTON, J. (1994). Who will teach the "nature of science" ? Teachers' views of science and their implications for science education. *International Journal of Science Education*, 16 , 175-190.
- LATOURE, B. & WOOLGAR, S. (1988,1996). *La vie de laboratoire. La production de faits scientifiques*. Paris : La Découverte.
- LEGROS, D. & PUDELKO, B. (2000). J'écris, donc j'apprends ? *Les Cahiers Pédagogiques*, 388-389, 12-15.
- LEMKE, J.L. (1990). *Talking Science : langage, learning and values*. Norwood, NJ : Ablex.
- MAC ROWELL, P. (1997). Learning in school science : the promises and practices of writing. *Studies in Science Education*, 30, 19-56.
- MARTIN, B. & BROUWER, W. (1991). The sharing of personal science and the narrative element in science education. *Science Éducation*, 75 (6), 707-722.
- MEDAWAR, P. (1963). Is the scientific paper a fraud ? *The listener BBC Publications*, 377-378.
- MEYERSON, M., JONES, P. & WARD, M.A. (1991). Science vocabulary knowledge of thirth and fifth grade students. *Science Education*, 75 (4), 419-428.
- MOORE, R. (1994 a). Using the literature to teach students about science. *Journal of College Science Teaching*, 24 (2), 114-121.
- MOORE, R. (1994 b). Writing to learn Biology. Let's stop neglecting the tool that works best. *Journal of Collège Science Teaching*, 23 (5), 289-295.
- PLANE, S. (1994). Fonctionnement et difficultés de l'écriture. In *Écrire au collège. Didactique et pratiques d'écriture*. Paris : Nathan.
- PRAIN, V. & HAND, B. (1995). Using writing to help improve student's understanding of science knowledge. *School Science Review*, 77 (278), 112-117.
- PRAIN, V. & HAND, B. (1996 a). Writing for learning in secondary science : rethinking practices. *Teaching and Teacher Education*, 12, 609-626.
- PRAIN, V. & HAND, B. (1996 b). Writing for learning in the junior secondary science classroom : issues arising from case study. *International Journal of Science Education*, 18, 117-128.
- PRAIN, V. & HAND, B. (1999). Students perceptions of writing for learning secondary school science. *Science Éducation*, 83 (2), 151-162.
- RICE, R. (1998). "Scientific writing". A course to improve the writing of science students. *Journal of College Science Teaching*, 27 (4), 267-272.

- SCHAIBLE, R. & RHODES, G. (1992). Metaphor in science and literature : creating an environnement for active interdisciplinary learning. *Journal of College Science Teaching*, 22 (2), 100-105.
- SCHNEUWLY, B. & DOLZ, J. (1997). Les genres scolaires des pratiques langagières aux objets d'enseignement. *Repères*, 15, 27-40.
- SEGUY, A. (1994). Écrire et réécrire en classe pour quoi faire ? Finalisation des écrits et critères de réécriture. *Repères*, 10, 13-32.
- SEGUY, A. (1996). Réécrire à l'école : la variable "statuts des écrits". *Les Sciences de l'éducation*, 29 (5), 13-25.
- SHAWN, M., GLYNN, S & MUTH, D. (1994). Reading and writing to learn science : achieving scientific literacy. *Journal of Research in Science Teaching*, 31 (9), 1057-1073.
- SUTTON, C. (1992). *Words, science and learning*. Buckingham : Open University Press.
- SUTTON, C. (1993). Figuring out a scientific understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 30 (10), 1215-1227.
- SUTTON, C. (1995). Quelques questions sur l'écriture et la science : une vue personnelle d'outre-Manche. *Repères*, 15, 37-52.
- SUTTON, C. (1996). Beliefs about science and beliefs about language. *International Journal of Science Education*, 18 (1), 1-18.
- VERIN, A. (1993). Didactique des sciences et apprentissages méthodologiques : une recherche conduite à l'Institut National de Recherche Pédagogique. *Cahiers de Baulieu*, 16, 25-38.
- VERIN, A. (1995). Mettre par écrit ses idées pour les faire évoluer en sciences. *Repères*, 15, 21-36.
- VERIN, A. (1999). Écriture et apprentissages scientifiques. Document distribué lors du séminaire Didactique des sciences. I.N.R.P.
- VYGOTSKY, L. (1997). *Pensée et langage*. Paris : La Dispute.
- WATSON, J.D. & CRICK, F.H.C. (1953). Molecular structure of nucleic acide. *Nature*, 171, 737-738.
- WILSON, M. (1998). Identifying and teaching esential science vocabulary. *School Science Review*, 80, 63-66.