

# Les représentations sociales de l'enseignement et de l'apprentissage de la science et de la technologie d'élèves et d'enseignants du secondaire

**Diane Gauthier**

Département des sciences de l'éducation et de psychologie, Université du Québec à Chicoutimi

**Catherine Garnier**

Directrice du GEIRSO et du programme de  
recherche concertée « Chaîne des médicaments »  
Université du Québec à Montréal

**Lynn Marinacci**

Université du Québec à Montréal

## Résumé

La désaffection des jeunes par rapport aux sciences et à la technologie est un phénomène qui prend de l'ampleur et a des répercussions sur l'ensemble de la société. Deux recherches subventionnées (FCAR, CRSH), dirigées par Garnier (2000-2004) de l'UQAM, et conduites sur une période de trois ans ont permis d'identifier les représentations d'élèves et de différents acteurs sociaux sur l'importance des sciences et de la technologie dans le choix de carrière. Le présent article effectue une analyse qualitative de l'exploration des réponses produites par les enseignants et les élèves à deux items similaires de leur questionnaire respectif. Il s'agit dans un premier temps de « ce que les enseignants devraient privilégier dans leur enseignement des sciences et des technologies » et dans un deuxième temps de la « matière scientifique la plus difficile ». Le croisement des réponses fournies par les élèves et les enseignants permet de dégager des pistes à considérer pour l'amélioration de la participation des élèves et la portée des apprentissages dans les cours de sciences au niveau secondaire.

## Mots clés

Désaffection des jeunes envers les sciences ; enseignement et apprentissage des sciences ; représentations des sciences et de la technologie ; didactique des sciences ; enseignants du secondaire ; élèves du secondaire.

## Introduction

Cet article traite des représentations d'élèves et d'enseignants des cinq niveaux du secondaire à propos de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences et des technologies. Il fait état d'une partie des résultats de deux recherches dirigées par Garnier (2000-2004) de l'UQAM. Une première subventionnée par les Fonds FCAR « Actions concertées sur la relève scientifique et technologique » et une deuxième obtenue dans le cadre du programme d'initiative du développement de la recherche du CRSH. Conduites sur une période de trois ans chacune, ces recherches ont porté sur la problématique relative à la désaffection des jeunes par rapport aux sciences et aux technologies (Garnier et coll, 2000).

De nombreuses explications surgissent lors de l'interprétation des données au sujet de la désaffection des jeunes par rapport aux

sciences et aux technologies. Selon le domaine d'appartenance des acteurs sociaux impliqués (politique, économique, scientifique ou éducatif) les explications peuvent devenir contradictoires, ce qui produit des ambivalences qui masquent la connaissance de la véritable situation de la désaffection. Par exemple, il y a des comparaisons effectuées aussi bien à partir du taux d'inscriptions que du taux de diplômation des étudiants en science.

Une étude antérieure menée par Garnier et al, (2000) montre que de 1972 à 1997 au Québec, au niveau universitaire, il y a une augmentation du nombre de diplômés en sciences. Pour ce même domaine, au niveau collégial depuis 1996, il y a cependant une diminution du taux de diplômation. Au cours de cette même étude, les entrevues collectives et individuelles réalisées sur un échantillon de 263 élèves de la quatrième et de la cinquième secondaire révèlent que la désaffection serait en progression tout au long

du secondaire pour diminuer au niveau de la cinquième secondaire.

Les performances scolaires des élèves du secondaire (Fortier, 1994) ont aussi un effet incitatif ou dissuasif sur le choix d'une carrière en sciences. Pour plusieurs élèves, quitter les orientations scientifiques au secondaire leur permettrait d'avoir accès à un meilleur choix de carrière. Un grand nombre d'élèves croit que les sciences sont réservées à une élite. Aikenhead, Fleming et Ryan (1987), Désautels et Larochelle (1989, 1992) Fleener (1996), Jegede et Okebukola (1991) et Garnier et al (2000) s'entendent tous pour souligner la vision désuète et enfantine des élèves du secondaire à propos de l'homme de sciences. Le scientifique, à leurs yeux, est un être surdoué qui effectuerait un travail en solitaire. Ces représentations contribueraient à éloigner certains élèves des carrières scientifiques et ce, même parmi les plus forts.

Une confusion conceptuelle perdue entre la désaffectation et le manque d'intérêt. Garnier et al (2000), soutiennent que les jeunes ont des préjugés défavorables envers les cours de sciences et ce même avant d'avoir suivi un premier cours. Les pratiques éducatives rattachées aux sciences entrent également en ligne de compte sur l'opinion et le choix des élèves.

Le Conseil de la science et de la technologie (1998) fait ressortir que les enseignements reliés aux disciplines scientifiques sont plutôt magistraux et dogmatiques sans liens avec la vie quotidienne. Black et Atkins, (1996); Savoie-Zajc, (1993a) soulignent l'importance d'impliquer les enseignants dans le processus de changement et de remise en question des contenus disciplinaires. Cela leur permettrait de comprendre la problématique de l'enseignement dans son ensemble et ainsi de mieux adapter leur pratique aux besoins des élèves qui leur sont confiés. Les relations éducatives établies par les enseignants au cours de leurs pratiques sont décrites par Boyer et Thibergien (1989) comme instables. Plusieurs facteurs interviennent à l'établissement de ces conditions : l'expérience de l'enseignant, le climat professionnel et la situation socio-économique de l'école, ce qui engendre de nombreuses interrogations concernant le problème du rapport à la science et son enseignement considérant que les pratiques s'effectuent dans un contexte scolaire mais aussi dans un large champ représentationnel (Roth

1997, Aikenhead 1996, Larochelle et Desautel 1992).

Roth et McGinn (1997) montrent l'importance du rapport de l'élève à son environnement dans l'appropriation des savoirs en science et technologie. Le développement pédagogique (Aikenhead, 1996), lorsque considéré comme une démarche globale de programmation, génère son efficacité sur un modèle circulaire en science et technologie qui tient compte des « sous cultures » élèves. Ces recherches conduisent à l'obligation d'adopter de nouveaux modes d'intervention en salle de classe qui devront être basés sur les contextes et les conceptions propres aux élèves.

Ces constats ont fait émerger le questionnement suivant : Comment rendre les élèves plus motivés envers les cours de sciences et de technologie? Quelles pratiques éducatives déployées par les enseignants de sciences et technologie plaisent aux élèves du secondaire et sont susceptibles de les motiver à prolonger leur formation en sciences et en technologie? Comment ces pratiques peuvent-elles être adaptées et reprises au niveau des autres matières scientifiques du secondaire? Pour répondre à ces questions, l'étude des représentations des enseignants et des élèves à propos de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences et de la technologie est apparue comme un choix intéressant. La comparaison des représentations exprimées par les deux groupes consultés (enseignants, élèves) permettra de dégager les éléments constitutifs de la pratique enseignante en sciences et technologie, de retenir ceux qui génèrent des apprentissages et procurent un climat de classe positif pour les élèves et les enseignants.

## **1. Le cadre théorique**

### **1.1 Les représentations**

Selon Abric (1994), les représentations sociales sont des ensembles sociocognitifs formés d'images, de symboles et de concepts construits par des groupes lors d'interactions sociales portant sur un objet. Elles se définissent alors comme des unités d'intégration des savoirs. Elles sont dotées d'une double fonction : une fonction d'ordre reliée à l'orientation et au contrôle d'un milieu physique donné par les membres d'une communauté et une fonction de communication entre les membres de cette même communauté.

L'action de l'enseignant est construite à partir de sa façon de voir et de faire qui lui procurent des réponses adéquates face aux attentes et aux besoins de son milieu de pratique. Il possède des représentations à propos de sa pratique professionnelle. L'expression de ses représentations servira à identifier son modèle d'action (Bourassa et al. 1999), les habitudes conditionnées par ses représentations de l'enseignement, les intentions éducatives et les stratégies pédagogiques récurrentes qu'il a élaborées au fil du temps pour développer le mieux possible l'adaptation et l'apprentissage. L'enseignant a également sa propre conception des contenus scientifiques qu'il doit enseigner. Au cours de ses années de pratique, il a identifié les difficultés intrinsèques à la construction d'un concept donné et les obstacles à dépasser. Il possède alors son point de vue sur la possibilité qu'ont ses élèves de comprendre une notion ayant un degré de complexité ou d'abstraction (Astolfi et al, 2001). Il peut ainsi déduire, des propos de ses élèves, des éléments dans lesquels il reconnaît ses représentations. Ceci se manifeste souvent par l'emploi d'un langage métaphorique ou d'exemples en relation avec le quotidien. Le recours à cette pratique favorise la formation de liens entre les sciences et le domaine de vie de l'élève.

De nombreuses études sur l'apprentissage de la science et de la technologie (Astolfi et al, 2001, 1998; Thouin, 1997; Viennot, 1996), exposent les représentations ou conceptions des élèves, à propos de phénomènes scientifiques. Ce sont des choix explicatifs, des alternatives aux contenus notionnels des programmes que se sont donnés les élèves avant leur enseignement. Ces conceptions ont des origines multiples. Elles ont majoritairement comme assises (Thouin, 1997) le sens commun et les apparences immédiatement perceptibles. Plusieurs sont reliées au développement général de l'intelligence, d'autres proviennent de l'environnement social de l'élève, de sa personnalité et finalement, certaines conceptions sont liées à l'histoire. Elles sont très résistantes aux efforts d'enseignement et peuvent perdurer au-delà de toute la scolarité. Elles sont le témoignage superficiel d'obstacles à l'apprentissage. L'émergence de réflexions entre les élèves sur les conceptions (représentations) procure à l'enseignant une meilleure connaissance de l'apprenant et de ses structures cognitives.

La particularité de l'apprentissage des sciences et des mathématiques repose sur la nature des activités cognitives qui y sont développées. Ces activités font appel à des systèmes d'expressions et de représentations autres que le langage naturel ou les images. Elles font usage d'équations chimiques, algébriques, de l'écriture symbolique, de graphiques, ce qu'on appelle des systèmes de représentations sémiotiques (Duval, 1995, Granger, 1979). Au même titre que les images mentales sont une intériorisation des perceptions, le développement des représentations mentales se réalise par une intériorisation des représentations sémiotiques (Duval, 1995, Vygotsky, 1985, Piaget 1968a).

La langue naturelle et les langues symboliques ne peuvent pas être considérés comme appartenant à un seul et même registre. Les équations chimiques, algébriques, le plan cartésien sont aussi des systèmes de représentations très différents entre eux qui génèrent des questions d'apprentissage spécifiques. L'analyse des problèmes d'apprentissage des sciences et des mathématiques révèle un principe fondamental du fonctionnement de la pensée soit le recours à un certain nombre de systèmes sémiotiques dont l'élève doit assimiler la coordination. Pour que l'élève puisse effectuer cette coordination, les systèmes sémiotiques doivent lui permettre d'accomplir trois activités cognitives (Duval, 1995) i) former des représentations dans un système donné ii) transformer ou traiter les représentations en suivant les règles propres au système pour obtenir d'autres représentations constituant ainsi un apport de connaissances par rapport aux représentations initiales iii) convertir les représentations appartenant à un système en représentations d'un autre système où ces dernières apporteront d'autres significations concernant un même objet représenté. Ce ne sont pas tous les systèmes sémiotiques qui permettent ces trois activités cognitives fondamentales. La langue naturelle, les langues symboliques, les graphes, le permettent d'où l'appellation de registres de représentation sémiotique. Les registres forment alors le degré de liberté essentiel à un élève pour s'objectiver face à un nouvel apprentissage, pour exploiter des informations véhiculées en classe qui font appel aux différents systèmes de représentations ou pour communiquer avec ses pairs et l'enseignant.

## 1.2 Les pratiques

Les pratiques sont définies comme les actions identifiées par des partenaires pour développer des compétences dans une discipline donnée. Abric (1994) soutient que les représentations et les pratiques ne peuvent être isolées l'une de l'autre, ce qui mène à la description de la relation entre les représentations construites par les enseignants au sujet de la science et de la technologie et les pratiques éducatives mises de l'avant dans les différentes écoles secondaires consultées. Ainsi différents éléments contextuels doivent être pris en considération : le degré d'autonomie des enseignants, les éléments de contenus des programmes, les différentes clientèles d'élèves, les conditions physiques dans les salles de classe et les laboratoires. L'enseignement et l'apprentissage de la sciences et de la technologie (Thouin, 1997, Champagne, 1992; Duit, 1991) doivent reposer sur les modèles explicatifs des élèves pour favoriser une réflexion et une évolution sur ces conceptions. L'enseignant est alors tenu de laisser la parole à ses élèves afin qu'ils verbalisent leurs conceptions à propos de certains phénomènes. Cependant, cela peut aussi provoquer des effets négatifs car ces images créées dans la tête de l'élève sont susceptibles d'être associées à des ensembles de connaissances éloignées de ce que l'enseignant veut faire acquérir. À ce sujet Bernstein (1975) mentionne que dans les situations d'enseignement qui font appel à de la pédagogie dialoguée, il est nécessaire dès le départ que l'enseignant mentionne les finalités de la séquence pour ainsi procurer plus de cohérence aux échanges que le sujet suscite. Les différentes conceptions verbalisées à propos d'un phénomène scientifique donné peuvent conduire à une confrontation entre les élèves. Cette confrontation des conceptions des élèves doit être amenée d'une façon suffisamment pertinente (Strikes, Posner, 1982) aux yeux des élèves pour que ceux-ci en viennent à rejeter leurs conceptions habituelles pour adopter de nouvelles conceptions qui leur semblent plus crédibles.

## 1.3 Les stratégies éducatives

Les données réunies à propos des représentations et des pratiques servent à comprendre la situation de l'apprentissage des sciences mais aussi à élaborer des stratégies didactiques susceptibles de transformer le rapport au savoir aussi bien au niveau individuel que social. Garnier (1999), Roth (1997), Aikenhead (1996), soutiennent

qu'il est pertinent de tenir compte du rapport de l'élève à son environnement, à sa culture mais en plus il est essentiel de connaître les conditions dans lesquelles l'élève a construit ses conceptions efficaces. L'appropriation d'une information scolaire nouvelle (Astolfi et al. 1998; Giordan, 1983) implique que la structure cognitive de l'élève soit organisée de façon à présenter un site actif pour la recevoir. Il est par ailleurs fréquent de constater que les sites actifs disponibles pour l'apprentissage n'ont pas la configuration voulue. L'apprentissage d'un élément considéré comme factuel par l'enseignant peut nécessiter une réorganisation cognitive plus profonde qu'il ne le croit. Les représentations sociales permettent la manifestation des obstacles à l'apprentissage, ce qui a conduit plusieurs chercheurs (Astolfi 2001, Doise et Mugny, 1981, Gilly, 1989) à soutenir la notion de conflit sociocognitif pour surmonter ces obstacles à l'apprentissage. Ils ont montré que des élèves confrontés à un problème à résoudre peuvent manifester un progrès intellectuel significatif, même lorsque aucun d'entre eux ne dispose de la « bonne réponse ». Il suffit de les placer en situation de conflit face aux réponses opposées qu'ils suggèrent et également en situation de coopération pour s'ajuster et produire une réponse commune. Les différents points de vue sont soutenus par des sujets coprésents et interagissants, ceci oblige chaque élève à considérer l'opinion de ses collègues et à élaborer une réponse qui intègre les contradictions. Le progrès intellectuel émerge alors du processus d'interaction. La présence d'un conflit sociocognitif dans un groupe ranime les possibilités qu'il puisse être repris en mode intrapersonnel et qu'un processus intellectuel de résolution soit engagé.

## 2. Les objectifs

Considérant les constats théoriques au niveau des représentations, des pratiques et des stratégies éducatives en enseignement-apprentissage des sciences et des technologies et le problème du désintéressement des jeunes envers ces disciplines, les objectifs du présent article sont les suivants.

1. Identifier les représentations sociales des élèves et des enseignants des cinq niveaux du secondaire concernant l'enseignement des sciences et de technologie et les matières scientifiques.

2. Explorer et comparer les pratiques éducatives déclarées par des enseignants et des élèves du secondaire en sciences et en technologie afin de parvenir à dégager des distinctions et des similitudes en fonction de la position et des contextes disciplinaires.

### 3. Méthodologie

La consultation des élèves et des enseignants s'est effectuée dans dix écoles dont huit sont situées dans la région du Grand Montréal (Île de Montréal et Montérégie) et deux sont situées dans la région du Saguenay-Lac-St-Jean. Parmi ces écoles, deux sont privées, une école est à vocation artistique, une est internationale et les six autres sont publiques. La sélection des écoles s'est effectuée selon certains critères tels le milieu socio-économique, la taille de l'école, les services dont elle dispose, la multiethnicité, la proximité de complexe industriel ou économique, le caractère plus ou moins urbain des deux régions très distinctes et l'importance allouée par l'école aux disciplines scientifiques. Ces écoles servent de plaque tournante pour la durée de la recherche afin de comprendre la dynamique sociale qui y prévaut. La population d'élèves interrogés est formée d'un nombre variable d'élèves de chacun des cinq niveaux scolaires du secondaire pour chacune des deux régions à l'étude, Montréal et le Saguenay, pour un total de 1566 élèves. Ils proviennent majoritairement des premiers niveaux du secondaire réguliers jusqu'à la troisième secondaire (87,3%). Près de la moitié est unilingue francophone. Il y a 5% de plus de filles que de garçons.

Un questionnaire a été élaboré à partir des différents thèmes de la recherche. Ces thèmes sont retenus en fonction des résultats d'une étude de Garnier et al. (2000) et des différents travaux de Desautels, Larochelle (1989) et Aikenhead (1989). Il s'agit de la science, la technologie, le travail, le loisir, l'enseignement, les rapports au monde du travail, la carrière et les pratiques éducatives. Le questionnaire est adapté pour chaque niveau scolaire. Le but est de mettre en évidence les représentations des élèves selon leur choix de carrière et leur rapport au savoir scientifique et technologique. Au total 43 questions ont été posées aux élèves des différents niveaux du secondaire. De plus cinq dimensions démographiques ont été prises en considération : la région, le sexe, le niveau scolaire, le groupe

(régulier ou enrichi), le nombre de langues parlées à la maison.

Les 24 enseignants qui ont participé à la recherche, sont responsables de l'enseignement d'une discipline scientifique auprès d'un groupe ou plus d'élèves qui ont été questionnés. Le nombre d'années d'expérience dans l'enseignement des sciences et des mathématiques, chez les enseignants consultés, varie entre trois et trente-deux ans. Quatorze entrevues, d'environ 60 à 120 minutes ont été conduites auprès de 24 enseignants. Les enseignants avaient le choix entre une entrevue collective ou individuelle. Il y a eu 8 entrevues individuelles auprès d'enseignants provenant autant du secteur public que du secteur privé et ce, dans cinq écoles différentes. De plus, 6 entrevues collectives ont été réalisées dans six écoles publiques différentes auprès de seize enseignants. Lors des entrevues, les enseignants ont eu à répondre à 24 questions réparties en cinq thèmes : la situation de la science et de la technologie, les pratiques éducatives, la vision de la science, les carrières en science et en technologie, les liens avec les autres systèmes sociaux.

Le présent article effectue une analyse qualitative de l'exploration des réponses produites par les enseignants et les élèves à deux items similaires sur lesquels ils ont été questionnés. Il s'agit dans un premier temps de « ce que les enseignants devraient privilégier dans leur enseignement des sciences et des technologies » et dans un deuxième temps de la « matière scientifique la plus difficile ». Pour les élèves, il y a eu compilation des réponses exprimées à ces deux questions incluses dans le questionnaire à choix multiples. Cette compilation est effectuée en fonction de la fréquence d'apparition d'un choix proposé dans le questionnaire et regroupée selon les cinq paramètres ci haut mentionnés: la région, le sexe, le niveau scolaire, le groupe (régulier ou enrichi), le nombre de langues parlées à la maison. Voir les tableaux no. 1 et no. 2 ci-dessous.

Le tableau no. 1 représente une compilation des choix de réponses des élèves de tous les niveaux du secondaire à la question : Quel enseignement est à privilégier par les professeurs de science. Au total 1556 élèves ont répondu à cette question. Ce tableau est constitué en tenant compte du niveau de classement des élèves.

Tableau 1

<i>Enseignement à privilégier par les professeurs de science</i>								
			Sec.					Total
			Secondaire 1	Secondaire 2	Secondaire 3	Secondaire 4	Secondaire 5	
Question 23	Éléments utiles toutes la vie	Effectif	60,00	72,00	70,00	11,00	11,00	224,00
		% dans sec	13,48	15,29	15,80	9,17	14,29	14,40
	<b>Plus de laboratoires</b>	<b>Effectif</b>	<b>148,00</b>	<b>137,00</b>	<b>129,00</b>	<b>23,00</b>	<b>2,00</b>	<b>439,00</b>
		<b>% dans sec</b>	<b>33,26</b>	<b>29,09</b>	<b>29,12</b>	<b>19,17</b>	<b>2,60</b>	<b>28,21</b>
	Utiliser l'humour en classe	Effectif	73,00	69,00	73,00	21,00	12,00	248,00
		% dans sec	16,40	14,65	16,48	17,50	15,58	15,94
	Faire le lien avec l'industrie	Effectif	19,00	28,00	22,00	3,00	5,00	77,00
		% dans sec	4,27	5,94	4,97	2,50	6,49	4,95
	Expliquer à quoi ça sert	Effectif	39,00	51,00	65,00	20,00	22,00	197,00
		% dans sec	8,76	10,83	14,67	16,67	28,57	12,66
	Organiser des sortie	Effectif	75,00	78,00	57,00	30,00	16,00	256,00
		% dans sec	16,85	16,56	12,87	25,00	20,78	16,45
	Autre	Effectif	6,00	8,00	5,00	7,00	3,00	29,00
		% dans sec	1,35	1,70	1,13	5,83	3,90	1,86
	Sans réponse	Effectif	25,00	28,00	22,00	5,00	6,00	86,00
		% dans sec	5,62	5,94	4,97	4,17	7,79	5,53
Total		Effectif	445,00	471,00	443,00	120,00	77,00	1556,00

Les résultats exprimés au tableau no. 1 indique les différents pourcentages des choix de réponses à la question « enseignement à privilégier par les professeurs de science ». Il est à remarquer que le pourcentage le plus élevé (28,21% des élèves consultés) provient de l'expression du choix de réponse « la présence de plus de laboratoires ». Ce choix est suivi en ordre décroissant des pourcentages exprimés par les choix de réponse

« organiser des sorties » (16,45%) et éléments utiles toute la vie (14,40%).

Le tableau no. 2 représente une compilation des résultats exprimés par les élèves de chacun des niveaux du secondaire concernant la matière scientifique qu'ils jugent la plus difficile.

**Tableau 2**  
**Matière scientifique la plus difficile**

			Sec.					Total
			Secondaire 1	Secondaire 2	Secondaire 3	Secondaire 4	Secondaire 5	
Question 30	<b>Math</b>	<b>Effectif</b>	<b>119,00</b>	<b>134,00</b>	<b>146,00</b>	<b>49,00</b>	<b>24,00</b>	<b>472,00</b>
		<b>% dans sec</b>	<b>26,74</b>	<b>28,45</b>	<b>32,96</b>	<b>40,83</b>	<b>31,17</b>	<b>30,33</b>
	Physique	Effectif	109,00	80,00	85,00	19,00	17,00	310,00
		% dans sec	24,49	16,99	19,19	15,83	22,08	19,92
	<b>Chimie</b>	<b>Effectif</b>	<b>93,00</b>	<b>135,00</b>	<b>134,00</b>	<b>30,00</b>	<b>17,00</b>	<b>409,00</b>
		<b>% dans sec</b>	<b>20,90</b>	<b>28,66</b>	<b>30,25</b>	<b>25,00</b>	<b>22,08</b>	<b>26,29</b>
	Biologie	Effectif	63,00	82,00	43,00	13,00	11,00	212,00
		% dans sec	14,16	17,41	9,71	10,83	14,29	13,62
	Autre	Effectif	5,00	11,00	12,00	3,00		31,00
		% dans sec	1,12	2,34	2,71	2,50		1,99
	Sans réponse	Effectif	56,00	29,00	23,00	6,00	8,00	122,00
		% dans sec	12,58	6,16	5,19	5,00	10,39	7,84
<b>Total</b>		<b>Effectif</b>	<b>445,00</b>	<b>471,00</b>	<b>443,00</b>	<b>120,00</b>	<b>77,00</b>	<b>1556,00</b>
		<b>% dans sec</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>	<b>100,00</b>

La mathématique représente la matière jugée la plus difficile pour une moyenne de 30,33% des élèves de tous les niveaux du secondaire qui ont répondu à ce questionnaire. L'expression de ce choix de réponse est encore plus importante pour les élèves de la quatrième secondaire (40,83%). La mathématique est cependant dépassée de peu par la chimie en deuxième secondaire où 28,66% des élèves répondants ont mis en évidence la chimie comme la matière la plus difficile contre 28,45% pour la mathématique.

La deuxième matière considérée la plus difficile est la chimie par 26,29% de tous les élèves répondants. Le total des pourcentages de réponses recueillies à ces deux matières scientifiques du secondaire : la mathématique et la chimie correspond à 56,62% des élèves qui ont participé à ce questionnaire.

Les réponses fournies par les enseignants lors des entrevues réalisées collectivement ou individuellement ont fait l'objet d'analyse de

contenu. Les positions énoncées par les enseignants ont permis de dégager quelques commentaires analytiques au regard des significations et des logiques, qui dépassent les positions énoncées à l'intérieur des thèmes retenus. Il s'agit du caractère médiateur de l'activité didactico-pédagogique, le rapport au savoir instauré, le rapport aux élèves, le type de professionnalité.

#### 4. Présentation des résultats

Pour chacun des deux items retenus pour le présent article, seront cités les choix de réponses exprimées par les élèves auxquels s'ajouteront les propos des enseignants. Il est à noter que les enseignants, de par la nature du questionnaire auquel ils ont participé, ont des réponses beaucoup plus élaborées que les élèves. Suivra au niveau de l'interprétation, une comparaison par item entre les réponses produites par les élèves et les enseignants. Cette comparaison servira à dégager les éléments fonctionnels dans

l'enseignement et l'apprentissage des sciences et la technologie et procurera des pistes à considérer pour contrer le problème de la désaffectation en sciences et technologie.

En réponse à la question, ce que les enseignants devraient privilégier dans leur enseignement, pour tous les niveaux du secondaire confondus, la plus grande proportion des élèves a choisi l'énoncé selon lequel les professeurs de science devraient faire plus de laboratoires. Ensuite, en réponse à la question aux élèves concernant une activité qui favoriserait la compréhension de la science et de la technologie, l'option « laboratoires » a également obtenu la priorité. Il faut cependant souligner qu'il existe une différence entre les réponses émises par les élèves du secondaire 1 à 3 et ceux de la quatrième et de la cinquième secondaire. Chez ces derniers très peu ont répondu par ce choix (2,6%) soit faire plus de laboratoires. Il est à remarquer que l'énoncé selon lequel les professeurs de sciences devraient expliquer à quoi ça sert ce qu'on apprend est en croissance en fonction des niveaux de scolarité. Pour les élèves de la cinquième secondaire, cette réponse obtient le pourcentage le plus élevé. Le second énoncé le plus choisi par les élèves de tous les niveaux de scolarité confondus est celui qui indique que les professeurs devraient organiser des sorties pour participer à des loisirs scientifiques. Si on fait une comparaison entre les choix exprimés par les filles et ceux des garçons, les filles demandent aux enseignants du secondaire d'être énergiques et motivants et de démontrer qu'ils aiment bien leur matière. Les garçons en ce qui les concerne, voudraient faire davantage des exposés en classe. La région d'appartenance des élèves ne semble pas influencer le choix de réponse.

Les entrevues des enseignants révèlent qu'à leurs yeux la meilleure façon d'enseigner les sciences implique un travail sur les processus de pensée des élèves et le recours à diverses stratégies d'apprentissage. Plusieurs enseignants suggèrent alors qu'il est essentiel d'inculquer une méthode de travail systématique aux élèves pour les amener à effectuer un questionnement et une réflexion structurée. Pour soutenir le développement des habiletés et la participation chez leurs élèves, les enseignants affirment accentuer la sollicitation des explications verbales ou écrites. Les comptes rendus de recherche ou les justifications exigées en lien avec les problèmes qui leur sont soumis à la suite des laboratoires prennent également une

importance accrue. Ils soutiennent favoriser les manipulations et les expérimentations lors des laboratoires. En majorité, les enseignants insistent pour que les laboratoires soient consistants du point de vue des défis à proposer aux élèves, ce qui suppose de rehausser la valeur didactique et d'approfondir davantage le travail effectué lors des activités pratiques. Plusieurs enseignants dénoncent cependant que les laboratoires deviennent difficiles à réaliser selon cette perspective étant donné le modèle prescriptif souvent mis de l'avant dans les manuels scolaires et le peu de disponibilité de la part des techniciens et des appariteurs.

En général, pour ces enseignants, les cours de sciences doivent amener les élèves à raisonner et à se questionner par rapport à ce qu'ils font, ce qui suppose aussi l'acceptation de l'erreur chez les élèves. Un bon nombre d'enseignants mentionnent également la nécessité d'employer une démarche systématique d'action-réflexion-théorisation qui permettrait aux élèves d'expérimenter, de réfléchir sur les résultats obtenus, de dégager les concepts, voire même d'explorer et de créer via différentes types d'expériences.

Pour tous les niveaux du secondaire, les élèves mentionnent que la matière la plus difficile au secondaire est la mathématique. L'expression des choix de réponses à cette question ne démontre pas de différence en fonction des régions ou du sexe des répondants, nous prenons en compte tous les élèves sans faire de distinction au niveau de la scolarité. La chimie est alors perçue comme étant la seconde matière la plus difficile. Lorsque les choix de réponses sont traités en tenant compte des différents niveaux du secondaire nous obtenons des disparités ainsi, les élèves de la deuxième secondaire considèrent la chimie comme la matière la plus difficile, en troisième secondaire, il y a égalité entre la mathématique et la chimie. La biologie est cependant unanimement perçue comme la matière la moins difficile.

En ce qui concerne le point de vue des enseignants, la matière la plus difficile à enseigner est la physique de la cinquième secondaire. Elle pose un défi de taille à certains enseignants sur le plan de la compréhension des concepts, supposant ainsi que son enseignement requiert une aisance que certains n'ont pas. Les sciences physiques de la quatrième secondaire qui conjuguent la chimie et la physique sont considérées plus difficiles en raison de leur



nature abstraite (l'électricité, le calcul des concentrations) et de la faible capacité d'utilisation de connaissances mathématiques dans les cours de sciences. Certaines difficultés seraient atténuées par les activités de manipulation qui aident à la compréhension d'où l'importance de conserver les laboratoires. Par ailleurs les enseignants soulignent qu'au deuxième cycle du secondaire les élèves sont plus sérieux.

Pour d'autres raisons, l'écologie de la première secondaire semble difficile à enseigner. Les notions traitées ainsi que le vocabulaire utilisé sont peu familiers aux élèves. Les enseignants mentionnent que les élèves de la première secondaire qui suivent ce cours sont souvent influencés par les opinions des autres et réfléchissent moins par eux-mêmes. Ils sont également très peu disciplinés, ce qui manifestement contribue à rendre cette discipline plus difficile à enseigner.

Plusieurs enseignants déplorent les attitudes et les performances des élèves pour expliquer les difficultés rencontrées sur le plan de l'enseignement. Ce qui leur apparaît le plus difficile, c'est de devoir mettre de l'énergie pour convaincre les élèves de la pertinence de la matière. Les enseignants mentionnent que les modifications qu'ils ont apportées à leurs pratiques sont déterminées par l'attitude des élèves. La population d'élèves s'est passablement transformée, et ce dans le sens d'une déperdition du point de vue de leur engagement scolaire. Les comportements reliés au manque d'effort dans l'étude et les travaux et le faible niveau d'attention en classe sont déplorés. Même si les élèves sont plus curieux dans l'ensemble, ils endossent souvent de fausses croyances à propos de la vie ou les phénomènes scientifiques qui s'y passent. Lorsqu'un enseignant présente un travail à effectuer, ils ont tendance à négocier et à calculer les efforts à faire en fonction des notes obtenues et des exigences à remplir pour passer. Ces représentations font quasi l'unanimité chez les enseignants interrogés.

Ces caractéristiques d'élèves ont conduit des enseignants, à devoir réaménager leurs pratiques éducatives, leurs cours de manière à ce que ceux-ci soient plus dynamiques et ne comportent pas de temps d'écoute trop long. Il favorise davantage la présence de dialogues avec les élèves dans le but de les amener à réagir et agir, à mieux équilibrer et choisir les activités à

l'intérieur d'un cours (exposé, écoute, participation).

## 5. Interprétation des résultats

Les réponses fournies par les élèves et les propos exprimés par les enseignants se rejoignent de par le contenu. Les élèves veulent effectuer plus de laboratoires, plus de sorties éducatives et pouvoir relier ce qu'ils apprennent en classe de sciences à du concret dans la vie de tous les jours. Les enseignants sont conscients des attentes de leurs élèves. Ils veulent travailler sur leur mode de pensée, avoir recours à diverses stratégies d'apprentissage, les rendre plus actifs dans leur apprentissage, favoriser les échanges entre élèves et présenter via les laboratoires ou autres, des situations signifiantes.

En accord avec les remarques des élèves et des enseignants sur l'importance d'augmenter les laboratoires dans les cours de sciences, certains chercheurs se questionnent cependant sur les buts à atteindre lors des séances de laboratoires. Astolfi et al. (2001) affirme que le recours à l'expérience a souvent le statut d'un argument d'autorité. L'élève doit démontrer qu'il a obtenu les résultats attendus. Certains élèves vont même jusqu'à falsifier leurs résultats (Monchamp, 1993) pour prouver à leur enseignant qu'ils étaient dans la bonne direction. Dans les manuels scolaires, les manipulations de laboratoire sont très souvent prescrites et organisées de façon à provoquer l'acquiescement. La conclusion est fréquemment présente dans le texte qui sert d'introduction au laboratoire afin de justifier la démarche proposée. La présence d'objets de laboratoire nouveaux, combinée à une mise en scène préalablement vérifiée sur tous les aspects, font émerger un niveau attractif et persuasif assez grand chez les élèves qui éviterait tout questionnement sur les résultats à produire. Mais peut-on prétendre ainsi développer l'esprit scientifique chez les élèves? Il faut souligner que de plus en plus d'enseignants laissent à leurs élèves une possibilité de tâtonnement et le droit à l'erreur au cours des manipulations. Ils veulent ainsi les sensibiliser au fait qu'une expérimentation ce n'est pas parfait comme dans les livres. L'important est de permettre à l'élève d'identifier des raisons qui expliquent ses écarts de résultats face aux résultats attendus.

Selon Giordan (1983, 1987) la méthode scientifique (observation, hypothèse, expérimentation, interprétation et conclusion) ne permet pas toujours à l'élève de produire des

déductions logiques dans le fonctionnement des séances de laboratoire. Ce schéma de fonctionnement qu'est la méthode scientifique (Astolfi et al. 2001) peut être pertinent lors de l'écriture d'un compte rendu, mais perd grandement de son efficacité quand l'élève doit mener une expérience et produire une explication.

Les enseignants mentionnent également qu'il est essentiel de travailler le mode de pensée des élèves et d'avoir recours à diverses stratégies d'apprentissage. Pour se faire, il est nécessaire de laisser les élèves s'exprimer sur leurs conceptions scientifiques ou leurs représentations de la science. Ces représentations constituent des obstacles à l'apprentissage (Viennot, 1996, Joshua et Dupin, 1989). Plusieurs didacticiens insistent sur l'importance d'explorer pour chaque concept à enseigner les conceptions prégnantes et récurrentes qui se rencontrent chez les élèves car elles sont résistantes aux efforts d'enseignement. Cette résistance est le résultat de la présence d'un petit nombre d'obstacles d'ordre épistémologique et/ou imaginaire munis de structures fortement ancrées et fonctionnelles chez l'élève. Astolfi (2001) qualifie cette résistance de rationnelle puisqu'elle est la manifestation d'économies de pensées, d'une bonne forme de perception stable à laquelle l'esprit de l'élève fait continuellement référence. Les obstacles constituent alors le noyau dur des représentations, ils leur procurent un sens ce qui permet d'en dégager une interprétation.

Les recherches en didactique des sciences ont permis d'identifier les conceptions des élèves pour chaque domaine notionnel (la digestion, les forces, l'électricité, etc.). Ceci a produit l'émergence d'un certain nombre de constantes dans les productions des élèves. Les chercheurs et les enseignants sont devenus plus confiants car les formulations peuvent varier d'un élève à l'autre mais les régularités sont toujours présentes. Plusieurs enseignants ignorent toujours les résultats de ces études qui fournissent à ceux qui les acquièrent des grilles inestimables pour comprendre et interpréter les conceptions scientifiques de leurs élèves.

L'évolution des connaissances en didactique des sciences concernant les représentations et les obstacles a également favorisé la considération du conflit cognitif. Ce conflit a été défini par Piaget (1975) comme la possibilité qu'un même sujet dispose de systèmes différents selon les

domaines et les situations. D'autres chercheurs (Joshua, Dupin, 1981, Gilly, 1989) ont repris ces travaux pour leur attribuer une dimension plus sociale d'où l'expression conflit sociocognitif. Dans le but d'améliorer la qualité des apprentissages dans les cours de sciences au secondaire, les séances de laboratoire faisant appel à la présence d'un conflit sociocognitif devraient être construites et validées de façon à entraîner les élèves vers des interactions apportant une résolution cognitive du problème. Ainsi, plus de temps de classe pourrait être consacré à la discussion suivant les séances de laboratoire où les idées des pairs ne seraient pas acceptées uniquement sur la base de la conformité ou de la complaisance mais pour leur pertinence.

Les échanges entre élèves et leur écoute mutuelle sont d'importants moyens d'apprentissage à considérer. Plusieurs élèves croient que leurs collègues de classe pensent comme eux à propos de l'explication d'un phénomène scientifique. Le travail didactique sur les représentations peut conduire à la décentration, à la sortie de l'égo-centrisme (Piaget, 1975) qui semble encore présents chez des élèves au début du secondaire. Accepter que son point de vue ne soit pas porteur de l'explication scientifique considérée, constater où se situe son explication parmi toutes celles qui ont été exprimées, conduit au développement intellectuel (Astolfi et al. 1998). La résolution d'un problème scientifique mène à une élévation intellectuelle comparativement à l'état des conceptions initiales de la classe. Dans ce processus, le rôle de l'enseignant doit passer par l'adaptation au groupe, l'écoute de chacun, l'ouverture à l'imprévu et un questionnement motivant qui relance la recherche de solution.

Pour les élèves se sont les mathématiques et la chimie qui leur causent le plus de difficultés. L'apprentissage des mathématiques et de la chimie nécessite l'utilisation de systèmes d'expression et de représentation autres que le langage naturel ou des images. Les graphiques, le plan cartésien, les équations algébriques et chimiques deviennent alors des langues parallèles au langage naturel (Duval, 1995). Ces langages parallèles forment les représentations sémiotiques. Un même objet mathématique est souvent repris dans un autre cours de sciences du secondaire en utilisant des représentations et des variables différentes. Il peut devenir difficile pour l'élève d'effectuer un lien entre les différentes représentations sémiotiques que lui soumettent les enseignants. Si l'élève ne dissocie

pas un objet de sa représentation, il ne peut y avoir compréhension. Ce qui se manifeste par un non rappel des connaissances hors de leur contexte d'apprentissage.

Il y a cependant un cloisonnement entre les représentations qui ne relèvent pas du même système sémiotique. Ce qui peut générer des difficultés d'apprentissage chez l'élève. Car la compréhension de concepts mathématiques, l'interprétation des résultats de laboratoire, la maîtrise de différentes formes de raisonnement et la résolution de problèmes sont dépendantes de la capacité de l'élève à articuler plusieurs registres de représentations sémiotiques à la fois. L'articulation des différents registres constitue une activité cognitive primordiale qui permettra d'effectuer la conversion des représentations (Duval, 1995). Toute démarche intellectuelle implique que les représentations soient converties pour pouvoir être traitées.

La coordination entre des représentations relevant de systèmes sémiotiques différents n'est pas spontanée. Il est par ailleurs possible pour l'enseignant d'effectuer en salle de classe, un travail d'apprentissage particulièrement orienté (Lemoyne, Gauthier, 1996; Duval, 1995) vers la diversité des systèmes de représentations, sur l'utilisation de leurs possibilités respectives, sur leur comparaison et leur mise en correspondance conduisant ainsi à leur traduction réciproque et à leur utilisation adéquate. Les recherches conduites à ce sujet montrent que les élèves en arrivent à modifier grandement leurs démarches, qu'ils ont une rapidité et une qualité d'exécution accrues et développent de l'intérêt pour le sujet.

Pour les enseignants, la physique de la cinquième secondaire est la matière la plus difficile à enseigner. *L'enseignement de la physique pose un défi de taille à certains enseignants sur le plan de la compréhension des concepts, supposant ainsi que son enseignement requiert une aisance que certains n'ont pas.* Cette situation s'explique par la formation universitaire qu'ont reçue les enseignants de sciences interrogés, la majorité des enseignants interrogés était formée dans une discipline autre que la physique. Cela dépeint du moins en partie le lourd travail d'appropriation de contenus notionnels de certains enseignants de sciences lorsque que l'enseignement de la physique de la cinquième secondaire leur est confié.

## Conclusion

L'analyse des représentations exprimées par les enseignants et les élèves aux items i) Ce que les enseignants devraient privilégier dans l'enseignement des sciences et de technologie, ii) La matière scientifique la plus difficile, nous révèle des pistes d'amélioration potentiellement réalisables dans le milieu scolaire, pour accroître la motivation envers les cours de sciences et ainsi favoriser le choix de carrières scientifiques auprès des jeunes. De par la nature des réponses qu'ils nous ont présentées, nous sommes en mesure de constater que les enseignants sont conscients de l'importance du changement qui doit se manifester dans les cours de sciences. Faire travailler les élèves sur leur processus de pensée implique le développement d'activités en classe qui susciteront la motivation chez les élèves et une des façons de le faire est de rapprocher les sciences du quotidien des élèves. Le matériel didactique proposé aux enseignants doit tenir compte de ces aspects et être adapté à l'évolution et aux préoccupations des élèves du secondaire. Pour des raisons différentes, les séances de laboratoire plaisent aux élèves et aux enseignants. Ils devraient par ailleurs être conçus de manière à favoriser le questionnement et l'exploration. Un temps d'échanges entre les élèves devrait précéder et/ou suivre chaque séance de laboratoire. L'attention devrait davantage être accordée aux explications des écarts entre les résultats attendus et ceux obtenus. La taille des groupes classes pourrait être réduite du moins lors de ces séances de laboratoires afin de permettre aux enseignants de porter attention à chacune des équipes de travail et ainsi questionner les élèves en cours de démarches.

Il est également essentiel de sensibiliser l'enseignant de sciences à l'importance des conceptions scientifiques des élèves et à leur rôle d'obstacles à l'apprentissage. Les cours de sciences qui tiennent compte des conceptions des élèves se produisent dans un contexte d'échanges et de partages où l'enseignant devient un médiateur dans l'expression des différentes conceptions de ses élèves. Il sait utiliser les affirmations les plus pertinentes de ses élèves pour orienter la discussion du groupe. Les représentations sémiotiques, ces langages parallèles véhiculant des notions scientifiques et mathématiques sont aussi des obstacles à l'apprentissage. Plusieurs élèves éprouvent de la difficulté à les réutiliser hors de leur contexte d'apprentissage. Les recherches (Lemoyne,

Gauthier, 1996; Duval, 1995) ont démontré qu'il est cependant possible par des exercices appropriés d'aider les élèves à établir de la coordination entre les différents systèmes de représentations sémiotiques et ainsi d'élargir le sens des apprentissages. La formation continue des enseignants pourrait avoir comme but de laisser les enseignants s'exprimer sur leurs représentations de l'enseignement de la science et de la technologie. Ces représentations sont les éléments constitutifs de leur modèle d'action, de leurs gestes quotidiens acquis au fil de leur pratique (Bourassa, 1999). Ils sont très rarement verbalisés. La comparaison, entre enseignants volontaires, de leurs différents modèles d'action conduirait possiblement à l'émergence de constats qui favoriseraient la conscientisation et la modification de certaines pratiques éducatives. Ces éléments de solution n'ont pas la prétention de régler tout le problème de la désaffectation des sciences par les jeunes. Ils constituent cependant des pistes qui considérées sur une base quotidienne, modifieront les représentations des jeunes face aux sciences et à la technologie.

## Bibliographie

- Abric, J.C. (1994). *Pratiques sociales et représentations*. Paris : Presses universitaires de France.
- Aikenhead, G. S. (1989). An analysis of four ways of assessing student beliefs about STS topics. *Journal of Research in Science Teaching*, 25(8), 607-629.
- Aikenhead, G.S. (1996). Science education: Border crossing into the subculture of science. *Studies in Science Education*, 27, 1-52.
- Aikenhead, G. S., R.W.Fleming et A.G., Ryan (1987). High school graduates' beliefs about Science-Technology-Society: III- Characteristics and limitations of scientific knowledge. *Science Education*, 71 (4), 459-487
- Astolfi, J.P., B. Peterfalvi et A. Vérin (2001). *Comment les enfants apprennent les sciences*. Paris : Retz
- Astolfi, J.P., E.Darot, Y. Ginsburger-Vogel et J. Toussaint (1997, 2001). *Pratiques de formation en didactique des sciences*. Bruxelles : De Boeck.
- Astolfi, J.P., E. Darot, Y. Ginsburger-Vogel et J. Toussaint (1997, 1998). *Mots-clés de la didactique des sciences. Repères, définitions, bibliographies*. Bruxelles : De Boeck.
- Bernstein, B. (1975). *Classe et pédagogie : visibles et invisibles*. Paris : OCDE.
- Black, P., J. M. Atkin, (eds) (1996) *Changing the subject*. London, New York: Routledge /OECD.
- Bourassa, B., F. Serre et D. Ross (1999). *Apprendre de son expérience*. Ste Foy : PUQ.
- Boyer, R. et A. Tiberghien (1989). Goals in physics and chemistry education as seen by teachers and high school students. *International Journal of Science Education*.11 (3) 297- 308.
- Champagne, A.B. (1992). Cognitive research on Thinking in Academic Science and Mathematics: Implications for Practice and Policy, dans D.F. Halpern (dir.), *Enhancing Thinking Skills in the Science and Mathematics*, Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates, 117-135.
- Conseil de la science et de la technologie (1998). *Rapport annuel 1998-1999*. Ste Foy : Les publications du Québec.
- Désautels, J., et M. Larochelle (1989). *Qu'est-ce que le savoir scientifique? Points de vue d'adolescents et d'adolescentes*. Québec: Presses de l'Université Laval.
- Doise, W. et G. Mugny (1981). *Le développement social de l'intelligence*. Paris : Inter Éditions.
- Duit, R. (1989). Students' Conceptual Frameworks. Consequences for Learning Science, dans .M. Glynn, R.H. Yeany et B.K. Britton (dir) *The psychology of Learning Science*, Hillsdale (NJ): Lawrence Erlbaum Associates.
- Duval, R. (1995). *Sémiosis et pensée humaine. Registres sémiotiques et apprentissages intellectuels*. Berne : Peter Lang
- Fleener, M, J. (1996). Scientific world building on the edge of chaos: High school student's beliefs about mathematics and science. *School science and mathematics*. Octobre (on line)
- Fortier, Michelle S. (1994). Une analyse motivationnelle de la poursuite d'études en sciences / thèse présentée comme exigence partielle du doctorat en psychologie par Michelle S. Fortier, Montréal : Université du Québec à Montréal, 176 p.
- Garnier, C. & coll. (1999) *Évaluation de projets de la société de téléformation interactive STÉFI*. CIRADE. Université du Québec à Montréal.

- Garnier, C., Vincent, S., Marinacci, L., Grandtner, A.M., Gigling, M. Lambert, I. (2000). *Systèmes de représentations sociales d'élèves du secondaire, de leurs parents et de leurs enseignants en science et technologie*. Rapport de recherche produit dans le cadre de la demande de subvention Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science, de la Technologie (Programme de l'amélioration des compétences en science et en technologie AR-98-006. Réalisation des portraits statistiques : Foisy, M., Gingras, Y., Sévigny, J., Séguin, S.
- Gilly, M. (1989). À propos de la théorie du conflit socio-cognitif et des mécanismes psychosociaux des constructions cognitives : perspectives actuelles et modèles explicatifs. In Bednarz, N. et C. Garnier, C. (Ed.): *Construction des savoirs. Obstacles et conflits*. Pp. 162-182. Ottawa : Agence d'Arc.
- Giordan, A. (1983,1987). *L'élève et/ou les connaissances scientifiques*. Berne: Peter Lang.
- Granger, G. (1979). *Langages et épistémologie*. Paris: Klinkseck.
- Jegede, O. (1995). Collateral learning and the eco-cultural paradigm in science and mathematics education in Africa. *Studies in Science Education*, 25, 97-137.
- Jegede, O.J. et PA, Okebukola (1991). The effect of instruction on socio-cultural belief hindering the learning of science. *Journal of Research in science teaching* 28, 275-285.
- Johnsua, S., et J.J. Dupin (1989). *Représentations et modélisations : le « débat » scientifique dans la classe et l'apprentissage de la physique*. Berne : Peter Lang.
- Larochelle, M. et J. Désautels (1992). *Autour de l'idée de science, itinéraires cognitifs d'étudiants*. Bruxelles, Québec: De Boeck/Presses de l'Université Laval.
- Lemoine, G., et D.Gauthier, (1996). Les rapports d'élèves du secondaire à des écritures mathématiques, Dans A. Antibi (DEs.) Actes de la Commission internationale pour l'enseignement des mathématiques, pp. 85-93, Toulouse: Université Paul Sabatier.
- Monchamp, A. (1993). « Biologie », *Les enseignements en Troisième et en Seconde, ruptures et continuités*. Paris : INRP.
- Piaget, J. (1975). *L'Équilibration des structures cognitives, problème central du développement*. Paris : PUF.
- Piaget, J. (1968a). *La naissance de l'intelligence chez l'enfant*. Neuchatel: Delachaux et Niestlé.
- Roth, W.-M., et K. Lucas, (1997). From "truth" to "invented" reality: A discourse analysis of high school physics students' talk about scientific knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(1), 145-179.
- Roth, W.-M., et M. K. McGinn (1997). Toward a new perspective on problem solving. *Canadian Journal of Education*, 22, 18-32.
- Savoie-Zajc, L. (1993a). Évaluation du projet d'une classe de secondaire général utilisant les modules Tardivel à l'école secondaire Sieur de Coulonge. Rapport d'évaluation. Document inédit.
- Strikes, K.A. et G.J. Posner (1982). Conceptual Change and Science Teaching. *European Journal of Science Education*, 4 (3), 231-240.
- Thouin, M. (1997). *La didactique des sciences de la nature au primaire*. Sainte-Foy : Éditions MultiMondes.
- Viennot, L. (1996). *Raisonnement en physique, la part du sens commun*. Bruxelles : de Boeck.
- Vygotsky, L. S. (1985). *Pensée et langage*. Paris : Messidor (éd. Orig. 1934).