

Université de Montréal

Impact des services d'animation pédagogique de la Biosphère
sur certaines conceptions d'élèves du deuxième cycle du primaire

par

Caroline Lanoue

Département de didactique

Faculté des sciences de l'éducation

Mémoire présenté à la Faculté des études supérieures et postdoctorales
en vue de l'obtention du grade de Maître ès Arts (M.A.)
en sciences de l'éducation, option didactique

Janvier 2011

© Caroline Lanoue, 2011

Université de Montréal
Faculté des études supérieures et postdoctorales

Ce mémoire intitulé :
Impact des services d'animation pédagogique de la Biosphère
sur certaines conceptions d'élèves du deuxième cycle du primaire

présenté par
Caroline Lanoue

a été évalué par un jury composé des personnes suivantes :

Marcel Thouin
directeur de recherche

Myriam Lemonchois
présidente du jury

Louise Poirier
membre du jury

RÉSUMÉ

L'enseignement des sciences est capital dès l'école primaire, mais est souvent délaissé. Les musées scientifiques peuvent palier à cette lacune en offrant des ressources éducatives concrètes, dont les programmes éducatifs. Cette recherche détermine l'impact d'une animation pédagogique de la Biosphère sur certaines conceptions d'élèves du deuxième cycle du primaire. La chercheuse a opté pour une recherche qualitative et la méthode choisie est l'étude de cas, de type exploratoire. Des élèves d'une classe ont participé à l'étude. Ils ont assisté à une visite muséale, insérée au sein d'une séquence didactique. À l'aide de plusieurs outils de collecte de données (questionnaires, entrevues et observations), la chercheuse a été en mesure d'identifier quatre niveaux de modification des conceptions d'élèves (évolution notable, une certaine évolution, stabilité des conceptions, confusion des conceptions). Enfin, elle suggère quelques pistes d'amélioration à la Biosphère afin de maximiser l'impact de la visite sur l'apprentissage des élèves.

MOTS CLÉS : didactique des sciences, enseignement primaire, changement conceptuel, culture scientifique, musées, éducation muséale, services éducatifs muséaux, apprentissage dans les musées scientifiques.

ABSTRACT

Science education is essential in elementary school, but it is often neglected. Science museums can overcome this gap by providing practical educational resources, including educational programs. This research determines the impact of a Biosphere's educational animation of certain conceptions of students from elementary school. The researcher chose a qualitative research and the chosen method is an exploratory case study. Students from a class have participated to this study. They attended a museum visit, insert in a didactic sequence. Using several data collection tools (questionnaires, interviews and observations), the researcher has been able to identify four levels of modified conceptions of students (significant evolution, a certain evolution, stable conceptions, confusion conceptions). Finally, she suggests some ways of improving the Biosphere's animation to maximize the impact of the visit on student learning.

KEY WORDS: science didactic, elementary education, conceptual change, scientific culture, museums, museum education, museum education services, learning in science museums.

TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ	iii
ABSTRACT	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	ix
LISTE DES FIGURES	x
LISTE DES SIGLES ET DES ABRÉVIATIONS	xi
REMERCIEMENTS.....	1
INTRODUCTION.....	2
1. PROBLÉMATIQUE.....	4
1.1 Importance de la formation scientifique.....	4
1.2 Culture scientifique et technique	5
1.2.1 Définition de la culture scientifique	6
1.2.2 Culture scientifique et technique individuelle	8
1.2.3 Société et culture scientifique et technique	8
1.2.4 École et culture scientifique et technique	10
1.2.5 Programme de formation au primaire et culture	10
1.2.5.1 Mission et axes de l'école québécoise	11
1.2.5.2 Orientations de l'école québécoise	12
1.2.5.3 Compétences du domaine de la science et de la technologie.....	12
1.2.5.4 Savoirs essentiels.....	13
1.2.5.5 Repères culturels	14
1.3 Situation précaire de l'enseignement des sciences	15
1.4 Contexte d'apprentissage	19
1.5 Musées.....	20
1.5.1 Fondements.....	21
1.5.2 Définition du musée	24
1.5.3 Rôles	25
1.5.4 Fonction éducative	26
1.5.5 Lien musée-école.....	27
1.5.6 Public	28
1.5.7 Expositions.....	29
1.6 Musées scientifiques	31
1.7 Objet et pertinence de la recherche	38

2. CADRE THÉORIQUE	40
2.1 Deux courants théoriques : le constructivisme et le socioconstructivisme	40
2.1.1 Constructivisme.....	41
2.1.2 Socioconstructivisme.....	43
2.2 Enseignement et apprentissage des sciences à l'école selon la didactique	46
2.3 Représentations, conceptions et changement conceptuel.....	53
2.3.1 Modèles de changement conceptuel.....	57
2.4 Triangle didactique : situation pédagogique en éducation	61
2.4.1 Pôles du triangle didactique.....	62
2.4.1.1 Savoirs, contenu d'enseignement et objet.....	62
2.4.1.2 Élève, apprenant et sujet	63
2.4.1.3 Enseignant et agent.....	64
2.5 Éducation muséale	65
2.5.1 Modèle théorique de la pédagogie muséale.....	68
2.5.1.1 Milieu.....	69
2.5.1.2 Sujet	70
2.5.1.3 Objet	70
2.5.1.4 Agent.....	76
2.5.2 Services et programmes éducatifs des musées scientifiques élaborés à l'intention des groupes scolaires.....	78
2.5.3 Visite scolaire et apprentissage dans les musées scientifiques	81
2.5.4 Évaluation de l'apprentissage dans les musées scientifiques	87
3. MÉTHODOLOGIE	89
3.1 Type de recherche et approche méthodologique	89
3.2 Objectif.....	89
3.3 Déroulement de la recherche	90
3.3.1 Portrait de la Biosphère	90
3.4 Échantillon.....	93
3.4.1 Portrait des élèves.....	93
3.4.2 Portrait de l'enseignante	94
3.5 Analyse de la séquence didactique proposée par la Biosphère en fonction du contenu scientifique présenté	96
3.6 Outils de collecte de données	100
3.6.1 Les questionnaires : prétest et post-test.....	101
3.6.2 Entrevues	103

3.6.3 Observations	104
3.6.4 Validation des outils de collecte de données	104
3.7 Stratégies d'analyse des données	104
3.8 Considérations concernant la valeur de la recherche	109
3.8.1 Contrôle de qualité de la recherche	109
3.8.1.1 Fidélité	110
3.8.1.2 Validité interne	111
3.8.1.3 Validité externe	111
3.8.1.4 Objectivité	112
3.8.2 Précautions déontologiques	112
4. ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES	114
4.1 Portrait des transformations des conceptions des sujets en fonction de certains concepts scientifiques	114
4.1.1 Concept de temps (au sens météorologique)	115
4.1.1.1 Exigences conceptuelles de la chercheuse : quelques précisions.....	115
4.1.1.2 Prévisions météorologiques	116
4.1.1.3 Précipitations	117
4.1.1.4 Observation du temps (au sens météorologique)	118
4.1.2 Concept de l'air	119
4.1.2.1 Exigences conceptuelles de la chercheuse : quelques précisions.....	119
4.1.2.2 Composition de l'air	120
4.1.3 Concept des saisons.....	121
4.1.3.1 Biais : quelques précisions.....	121
4.1.3.2 Identification des saisons	122
4.1.3.3 Cause des saisons	122
4.1.3.4 Changements	123
4.1.4 Concept du cycle de l'eau	124
4.1.4.1 Exigences conceptuelles de la chercheuse : quelques précisions.....	124
4.1.4.2 Étapes du cycle de l'eau.....	124
4.1.4.3 Composition des nuages	127
4.1.4.4 Identification des nuages.....	127
4.1.4.5 Caractéristiques des nuages.....	128
4.1.5 Concept des instruments météorologiques	129
4.1.5.1 Identification des instruments météorologiques.....	129
4.1.5.2 Fonction des instruments météorologiques.....	131

4.1.6 Phénomènes météorologiques extrêmes	133
4.1.6.1 Exigences conceptuelles de la chercheuse : quelques précisions.....	133
4.1.6.2 Identification des phénomènes météorologiques extrêmes.....	133
4.1.6.3 Explications des phénomènes météorologiques extrêmes	135
4.1.7 Concept des changements climatiques	138
4.1.7.1 Définition des gaz à effet de serre	138
4.1.7.2 Cause de l'augmentation des gaz à effet de serre.....	139
4.1.7.3 Conséquences des changements climatiques	139
4.1.7.4 Gestes pour réduire l'émission des gaz à effet de serre.....	140
4.2 Discussion relative aux résultats de la recherche.....	140
4.2.1 Évolution notable des conceptions.....	141
4.2.2 Certaine évolution des conceptions.....	142
4.2.3 Stabilité des conceptions	144
4.2.4 Confusion des conceptions	147
4.3 Apports et retombées de l'étude	148
4.4 Recommandations concrètes à la Biosphère	150
4.5 Forces et limites de la recherche.....	152
CONCLUSION	155
BIBLIOGRAPHIE.....	162

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Compilation annuelle du nombre de visiteurs dans les musées du Québec (2003 à 2008)	35
Tableau II : Résumé des étapes réalisées pendant la séquence didactique	97
Tableau III : Concepts scientifiques et savoirs essentiels proposés lors de la séquence didactique.....	98
Tableau IV : Durée allouée aux concepts scientifiques pendant la séquence didactique	99
Tableau V : Concepts scientifiques traités dans les questionnaires	102
Tableau VI : Sujets traités lors des entretiens avec les élèves	102
Tableau VII : Création de codes en fonction des conceptions et des concepts scientifiques	107
Tableau VIII : Aperçu des codes conçus pour l'analyse des données	109
Tableau IX : Conceptions des élèves relatives au temps (au sens météorologique) ..	LXXI
Tableau X : Conceptions des élèves relatives à l'air	LXXII
Tableau XI : Conceptions des élèves relatives aux saisons	LXXIII
Tableau XII : Conceptions des élèves relatives au cycle de l'eau.....	LXXIV
Tableau XIII : Conceptions des élèves relatives aux instruments météorologiques	LXXV
Tableau XIV : Conceptions des élèves relatives aux phénomènes météorologiques extrêmes.....	LXXVI
Tableau XV : Conceptions des élèves relatives aux changements climatiques	LXXVII

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Évolution du nombre d'entrées selon le type d'institutions muséales, Québec, de 2004 à 2008	36
Figure 2 : Le triangle didactique en éducation selon Chevallard (1991).....	61
Figure 3 : Le système didactique en éducation selon Reuter (2007).....	61
Figure 4 : La situation pédagogique selon Legendre (2005).....	62
Figure 5 : Situation pédagogique au musée engendrée par un programme éducatif muséal (Allard et Boucher, 1998)	69
Figure 6 : La situation pédagogique au musée engendrée par un programme éducatif muséal (Allard, 2003).....	77

LISTE DES SIGLES ET DES ABRÉVIATIONS

CI	Conception initiale
CP	Conception intermédiaire
CF	Conception finale
CST	Conseil de la science et de la technologie
GES	Gaz à effet de serre
GISEM	Groupe d'intérêt spécialisé en éducation muséale
GREM	Groupe de recherche sur l'éducation et les musées
ICOM	Conseil international des musées (International Council of Museums)
MELS	Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport
MEQ	Ministère de l'Éducation du Québec
OCCQ	Observatoire de la culture et des communications du Québec
SMQ	Société des musées québécois
UNESCO	Organisation des Nations Unis pour l'éducation, la science et la culture

REMERCIEMENTS

La réalisation de cette recherche a été possible grâce à de nombreuses personnes et je tiens à les remercier personnellement. Tout d'abord, j'exprime ma reconnaissance à mon directeur de recherche Marcel Thouin, professeur titulaire en didactique des sciences à l'Université de Montréal. Son soutien, ses conseils, ses encouragements, sa disponibilité, sa générosité et son amour pour les sciences ont grandement été appréciés tout au long de mon parcours. Merci de m'avoir fait confiance et de m'avoir offert plusieurs expériences professionnelles en tant que chargée de cours, co-constructrice d'un cours à distance et consultante.

Pour leurs commentaires constructifs qui ont permis d'améliorer mon mémoire, je remercie également Mme Louise Poirier, doyenne à la Faculté des sciences de l'éducation et professeure titulaire à l'Université de Montréal ainsi que Mme Myriam Lemonchois, professeure adjointe à l'Université de Montréal. Pour effectuer correctement l'analyse de mes données, je n'aurais pas pu me passer des conseils de Mme Roseline Garon, professeure agrégée à l'Université de Montréal et de son assistant M. Normand Roy. Merci à Mme Nicole Gaboury qui a toujours su répondre à mes questions. Sa bonne humeur est contagieuse. Je tiens à souligner que j'ai grandement apprécié le soutien financier de la Faculté des sciences de l'éducation et de la Faculté des études supérieures et postdoctorales.

La participation des élèves et de l'enseignante a été essentielle pour mener à terme ce projet. Je désire remercier spécialement l'enseignante qui m'a accordé plusieurs heures de son précieux temps et qui m'a accueillie chaleureusement dans sa classe. Son ouverture d'esprit et sa générosité ont été très appréciées. Merci à tous les élèves et à leurs parents qui ont accepté de me faire confiance pour ce projet. Je remercie également les deux enseignantes et les trois élèves qui ont validé mes outils de collecte de données. L'accueil des responsables éducatifs des différents musées scientifiques de la région métropolitaine m'a également permis de connaître la variété des ressources éducatives muséales. Merci à Mme Dacres, à M. Vachon et à toute l'équipe équipe de la Biosphère, sans qui la réalisation de ce projet n'aurait pas pu devenir réalité.

Enfin, je remercie très sincèrement mon conjoint, ma famille et mes amis. Merci à Marc-Olivier pour son appui dans mes études, son écoute, son soutien constant, son réconfort ainsi que son sens de l'humour. Merci à Francine et à Jean-Pierre, mes parents, pour leurs encouragements continuels, leur soutien, leur écoute et leur désir de toujours se dépasser. Ils représentent une source d'inspiration. Merci à Philippe pour ses conseils pertinents en recherche. Merci à Marc-Alexandre pour son regard critique envers mon travail. Enfin, un merci tout spécial à ma complice Catherine qui m'a accompagnée tout au long de ma démarche. Pour ses judicieux conseils, pour ses encouragements, son écoute et le plaisir de travailler avec elle, je lui dis merci.

INTRODUCTION

L'apprentissage des sciences et des technologies au primaire est important, notamment parce qu'il contribue au développement cognitif des élèves, rehausse leur culture générale, les prépare aux ordres d'enseignement supérieur et augmente leur intérêt pour les carrières scientifiques. Malgré la reconnaissance de l'importance de cette formation et de la culture qui lui est associée, l'enseignement des sciences occupe une situation précaire et est souvent délaissé à l'école primaire. La visite du musée, insérée au sein d'une démarche didactique conçue en fonction du programme d'études, devient un outil pédagogique pertinent.

Le *premier chapitre* a pour but de présenter l'importance de la formation et de la culture scientifique. La situation précaire de l'enseignement des sciences suscite certaines questions dont la suivante : est-ce que les titulaires de classe du primaire peuvent recourir à des ressources présentes dans la communauté, c'est-à-dire les musées, pour améliorer l'apprentissage des élèves en sciences et en technologies ? La chercheuse compare ces deux contextes d'apprentissage, puis dresse un portrait des caractéristiques des musées et conclut en présentant les musées scientifiques.

Dans le *deuxième chapitre*, la chercheuse rappelle les notions propres au constructivisme et au socioconstructivisme afin de mieux comprendre les courants de pensée en éducation. Elle expose ensuite les concepts importants liés à l'enseignement et à l'apprentissage en didactique des sciences. Les conceptions et le changement conceptuel sont au cœur de cette étude et figurent également dans ce chapitre. La présentation du triangle didactique permet de rejoindre celle du modèle théorique de la pédagogie muséale, ce qui crée des liens concrets entre l'école et le musée. Enfin, les concepts importants de l'éducation muséale, tels que les programmes éducatifs offerts dans ces institutions, la visite scolaire, l'apprentissage et son évaluation, viennent éclairer l'apprentissage des élèves du primaire dans les musées scientifiques. C'est ainsi que la chercheuse a formulé sa question et son objectif de recherche. En effet, l'étude

visé à déterminer l'impact d'une animation pédagogique de la Biosphère sur certaines conceptions des élèves de la deuxième année du deuxième cycle du primaire. Pour y parvenir, l'objectif consiste à décrire la transformation de certaines conceptions des élèves. La chercheuse s'inspire des théories du changement conceptuel ainsi que celle des niveaux de formulation des conceptions pour analyser et interpréter les données recueillies.

Le *troisième chapitre* présente la méthodologie de la recherche. On y décrit le type de recherche ainsi que l'approche méthodologie. Tout en rappelant l'objectif de cette étude, ce chapitre présente son déroulement et trace le portrait de la Biosphère ainsi que de l'échantillon. Par la suite, une analyse de la séquence didactique permet de mieux comprendre les concepts qui ont été traités lors de cette recherche. Les outils qui ont permis la collecte des données, les stratégies d'analyse des données et les considérations éthiques favorisent la compréhension de la démarche utilisée par la chercheuse tout au long de l'expérimentation.

Enfin, le *dernier chapitre* dévoile l'analyse des données et les résultats de recherche. La chercheuse effectue une discussion relative aux résultats afin de mieux les comprendre. Elle dégage les apports et les retombées de l'étude, tout en spécifiant ses forces et ses limites.

1. PROBLÉMATIQUE

1.1 Importance de la formation scientifique

La formation scientifique et technique, c'est-à-dire « l'ensemble des connaissances théoriques et pratiques qui ont été acquises dans le domaine des sciences et de la technologie » (Legendre, 2005), s'avère capitale pour un élève qui fréquente l'école primaire. En effet, il doit acquérir une culture propre à ce domaine afin de se préparer à vivre dans une société où les sciences et la technologie sont omniprésentes. Dans sa thèse, Couture (2002) affirme qu'il « importe d'initier les jeunes aux sciences et à la technologie afin de les préparer à prendre place dans une société qui mise de plus en plus sur le développement scientifique et technologique ». L'importance de la formation scientifique peut également être justifiée par la compréhension du monde qui nous entoure. Astolfi, Peterfalvi et Vérin (2006) soulignent également cette nécessité.

« L'initiation scientifique n'est pas seulement possible mais utile à l'école élémentaire, ce qui est souvent ignoré par la tradition pédagogique française, tendant à privilégier l'enseignement du français et des mathématiques. Elle assure des fonctions spécifiques dans le développement harmonieux de l'enfant de 6 à 11 ans. »

Ainsi, il importe de spécifier la nécessité d'une formation scientifique chez les élèves du primaire afin de développer une culture scientifique qui leur permettra de comprendre le monde qui les entoure. Schiele et Koster (1998) soutiennent que « pour être alphabétisé sur le plan scientifique, il est nécessaire de faire preuve d'une compréhension minimale de la démarche scientifique, des termes et des concepts scientifiques ainsi que de l'impact de la science sur la société ».

De plus, plusieurs auteurs confirment également cette nécessité. Un forum international organisé par l'UNESCO en 1993, c'est-à-dire il y a déjà 17 ans, a présenté le *Projet 2000+* qui révèle l'importance de stimuler, dans le monde entier, l'éducation scientifique et technologique. Ensuite, le Conseil de la science et de la technologie

(CST) (1997, 1998) considère que ce domaine contribue au progrès social et économique.

« Dans un environnement social, culturel, politique et économique de plus en plus marqué par la science et la technologie, tout citoyen doit posséder de bonnes connaissances de base s'il veut mieux comprendre les enjeux et les impacts des décisions qui sont prises quotidiennement autour de lui par les individus, les organisations, les entreprises et les gouvernements. »

La Politique québécoise de la science et de l'innovation (Ministère de la Recherche de la Science et de la Technologie, 2001) réitère l'importance d'augmenter le niveau de la culture scientifique de ses citoyens. Ainsi, la société progressera sur les plans sociaux et économiques grâce aux compétences de ses citoyens, ce qui engendre des retombées positives pour sa capacité d'innovation. Cette volonté est également exprimée dans le *Rapport de conjoncture – La culture scientifique et technique : une interface entre les sciences, la technologie et la société* (Conseil de la science et de la technologie, 2004). Enfin, le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS) (2001) renchérit en ajoutant que « notre façon de vivre et notre environnement sont marqués par la science et la technologie, qui comptent parmi les manifestations les plus révélatrices du génie humain ». Les réalisations technologiques ainsi que les découvertes scientifiques influencent notre vie quotidienne. On ne peut donc pas nier l'importance de l'éducation dans ce domaine, que plusieurs associent aux enjeux d'une culture scientifique.

1.2 Culture scientifique et technique

Une enquête effectuée par le CST en 2002 relate plusieurs faits concernant la culture scientifique et technique. Tout d'abord, il n'est pas surprenant d'apprendre que les jeunes démontrent davantage un intérêt pour les sciences et la technologie que les personnes dans la cinquantaine étant donné qu'ils y sont sensibilisés dès leur enfance. Par ailleurs, les Québécois n'ont pas tous le même niveau de culture scientifique et technique. En effet, cette enquête révèle que son niveau est influencé par certains facteurs; la scolarité joue notamment un rôle crucial. « Les gens les plus scolarisés, ceux qui sont bilingues et ceux qui bénéficient d'un revenu élevé montrent une plus grande

culture scientifique et technique » (Conseil de la science et de la technologie, 2002b). Ainsi, la culture scientifique et technique constitue « un levier pour le savoir culturel » (Science pour tous & Société pour la promotion de la science et de la technologie, Février 2005).

Dans un même ordre d'idées, Miller (1998, 2003) soutient que des conditions sont nécessaires pour le développement d'une culture scientifique. En effet, on peut affirmer qu'un individu qui maîtrise un vocabulaire scientifique minimal (première condition), qui comprend les étapes de la démarche d'investigation scientifique (deuxième condition) et qui saisit les conséquences de la science et de la technologie sur la société, sur son peuple et ses citoyens (troisième condition), possède une culture scientifique. Par conséquent, une personne qui n'atteint pas ces conditions minimales éprouvera de la difficulté à percevoir les enjeux concernant un sujet scientifique ou technique étant donné qu'elle ne possède pas suffisamment de connaissances dans ce domaine. Le CST (1994) argumente dans le même sens et ajoute que la culture scientifique se manifeste également par la connaissance des découvertes et des scientifiques importants ainsi que par la compréhension de ses conséquences économiques.

1.2.1 Définition de la culture scientifique

Au fil du temps, la définition de la culture scientifique a évolué. Par exemple, en 1994, on considérait que la culture scientifique était

« un ensemble d'habiletés permettant la maîtrise des concepts scientifiques fondamentaux, concepts qui, parce que la science imprègne nos sociétés contemporaines, doivent être maîtrisés. Cette nécessaire appropriation de la raison (Habermas, 1973) réfère pour nous à une compréhension des concepts scientifiques suffisante pour pouvoir les utiliser, une compréhension des conséquences des choix fondés sur la science » (Godin, 1994).

Ainsi, on reconnaît non seulement l'omniprésence des sciences, mais la capacité des individus d'y recourir dans leur quotidien. En 2004, une définition de la culture

scientifique et technique concerne à la fois les individus et la société. Elle évolue par rapport à la précédente dans la mesure où elle exige que les citoyens soient non seulement conscients, mais portent un regard critique par rapport aux sciences et à la technologie.

« La culture scientifique et technique est la capacité de prendre du recul par rapport à l'entreprise que représentent les sciences et la technologie, à leurs méthodes, à leurs incidences, à leurs limites et aux enjeux qui s'y rattachent. Cette culture se traduit par des représentations, des valeurs et des moyens mis en œuvre pour assurer la maîtrise des sciences et de la technologie, et pour en orienter le développement. » (Conseil de la science et de la technologie, 2004)

La culture scientifique et technique se traduit par des connaissances et des compétences dans ce domaine, par la manifestation d'habiletés ainsi que par les attitudes qu'elle induit.

« La culture scientifique et technique s'exprime et se développe par les institutions qu'elle se donne pour produire des connaissances et les rendre largement accessibles, par la place qu'elle fait à l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école, à travers les ressources investies pour former les compétences requises et les maintenir à jour, par les institutions et les mécanismes destinés à contrôler les usages et les impacts des sciences et de la technologie, et à débattre de leurs enjeux. » (Conseil de la science et de la technologie, 2002a)

La transmission de la culture scientifique et technique débute avant tout dans l'environnement familial, puis elle se poursuit à l'école.

La culture scientifique et technique concerne à la fois les individus et la société; son niveau influence l'économie et le développement du Québec. Étant donné que l'objectif est d'augmenter le niveau de culture scientifique et technique des Québécois, il importe de soutenir son développement pour plusieurs raisons dont : 1) permettre à la société québécoise de s'affirmer en tant que société du savoir, 2) susciter un intérêt chez les jeunes afin qu'ils envisagent une carrière dans ce domaine, 3) encourager les interactions entre les scientifiques et la population et, enfin, 4) consolider l'enseignement des sciences à l'école (Conseil de la science et de la technologie, 2003).

1.2.2 Culture scientifique et technique individuelle

L'acquisition de connaissances et de compétences en sciences et en technologie par un individu constitue l'un des moyens qui lui permet de développer sa culture scientifique et technique. Ces connaissances « doivent faire partie des acquis de tout individu et s'intégrer en quelque sorte à sa culture personnelle » (Conseil de la science et de la technologie, 1998).

La culture scientifique et technique d'un individu lui permet également de « comprendre le monde naturel et l'environnement social et humain dans lequel il est appelé à agir, dans le respect du développement durable; de devenir techniquement fonctionnel et de maîtriser son environnement quotidien; de développer la créativité et l'esprit d'innovation dont les sciences et la technologie sont porteuses; de développer un esprit critique » (Conseil de la science et de la technologie, 2002a).

Par conséquent, l'appropriation de cette culture à l'aide de ses conceptions qui sont parfois naïves représente à la fois un moyen qui lui facilite une meilleure compréhension et adaptation par rapport à son environnement qui évolue rapidement, et ce, en possédant une base de connaissances minimales dans ce domaine, mais également un mode privilégié pour accroître son esprit critique, sa créativité et son sens de l'innovation.

1.2.3 Société et culture scientifique et technique

La place accordée à l'activité scientifique dans une société influence le niveau culturel de ses citoyens. En revanche, la culture scientifique et technique de ses individus a des répercussions sur le processus d'innovation en stimulant des organisations et institutions innovantes, mais également sur le progrès scientifique, technologique et social de cette société fondée sur la progression du savoir. Il est nécessaire de reconnaître son rôle dans l'évolution de la société. Par ailleurs, les débats politiques ayant pour thématique les sciences et la technologie seront de plus en plus présents dans les prochaines décennies parce que les politiciens et les scientifiques ne

s'accordent pas toujours et que les citoyens auront parfois un rôle d'arbitre à jouer (Miller, 1998).

L'importance accordée à la culture scientifique et technique permet à une société de miser sur

« un moyen privilégié d'inciter les jeunes à opter pour des carrières en sciences et technologie; un partage plus équitable des savoirs entre les groupes socioéconomiques, contribuant à réduire les risques d'exclusion; l'outillage nécessaire à toute collectivité pour prendre des décisions éclairées concernant la gestion du risque, l'évaluation des impacts et l'anticipation des effets du développement scientifique et technologique » (Conseil de la science et de la technologie, 2002a).

Le développement de cette culture favorise les échanges entre la communauté scientifique et les autres groupes (Conseil des sciences et de la technologie, 2006).

La culture scientifique et technique s'avère de plus en plus importante, puisqu'elle favorise la construction d'une conscience citoyenne, c'est-à-dire une « capacité pour une personne de porter des jugements, d'adopter des comportements responsables et de s'engager de façon active dans l'exercice de son rôle de citoyen » (Conseil de la science et de la technologie, 2004). Par ailleurs, un faible niveau de culture scientifique et technique au sein de la population peut occasionner des obstacles concernant la facilité de créer des liens entre la science, la technologie et la société.

Il est également crucial de saisir la nécessité de cette culture pour l'économie. « La valeur économique d'une population informée sur le plan scientifique est bien connue. » (Miller, 1998) Les sciences et les technologies jouent un rôle essentiel dans le développement économique des sociétés modernes. La culture scientifique et technique représente

« un apport déterminant à l'existence d'une relève scientifique et technologique de pointe, capable de répondre aux besoins en personnel hautement qualifié du marché du travail et à l'essor d'une culture industrielle de l'innovation plus informée, plus ouverte au changement et à l'expérimentation, et donc mieux outillée pour affronter les défis de la compétitivité mondiale » (Conseil de la science et de la technologie, 2002a).

Couture (2002) rejoint les propos d'Astolfi *et al.* (2006) en rappelant l'importance d'initier les élèves à la démarche scientifique dans le cadre du développement d'une culture scientifique.

1.2.4 École et culture scientifique et technique

On attribue un double rôle de formation au milieu de l'éducation concernant les sciences et la technologie. Elle est responsable d'offrir une formation systématique, ce qui lui permet également de diffuser et de démocratiser la culture scientifique. En effet, les enseignants ont pour mission de sensibiliser et d'initier l'ensemble de la population à cette discipline tout en lui offrant une éducation de base, ce qui permet d'intégrer les citoyens dans une société de savoir et d'innovation. « Au primaire, on doit cultiver la curiosité naturelle des filles et des garçons, qui porte principalement sur des objets technologiques et des phénomènes de leur environnement physique. » (Ministère de la Recherche de la Science et de la Technologie, 2001) Les titulaires de classe du primaire ont également la responsabilité d'offrir la formation nécessaire aux futurs scientifiques et ingénieurs, professions dont la société a besoin (Conseil de la science et de la technologie, 1998). Enfin, on considère que l'apprentissage des sciences et de la technologie assuré en milieu scolaire

« réussit d'autant mieux qu'il s'ouvre sur l'extérieur et s'appuie sur des activités parascolaires à caractère scientifique, comme les expo-sciences, les clubs scientifiques ou encore les visites de musées scientifiques et de centres d'interprétation, de laboratoires et d'entreprises » (Ministère de la Recherche de la Science et de la Technologie, 2001).

1.2.5 Programme de formation au primaire et culture

La perspective culturelle de l'enseignement des sciences réside dans la culture de base que chaque élève devrait développer tout au long de son parcours scolaire, et ce, dès l'école primaire. « L'initiation scientifique doit viser globalement le développement d'une culture scientifique plutôt que l'accumulation de connaissances disciplinaires

particulières. » (Couture, 2002) Par contre, Inchauspé (2007) observe que ce n'est pas le cas dans les faits et constate qu'on favorise avant tout la nécessité de la relève scientifique et technique au détriment d'une culture scientifique et technique. Les aspects formalistes ont été valorisés pour l'enseignement des sciences : initiation à cette discipline et acquisition de la démarche effectuée par les scientifiques.

« On ne s'est pas intéressé aux connaissances scientifiques qui peuvent être utiles dans la vie de tous les jours, aux savoirs technologiques qui sont en relation avec la science, ni à la mobilisation des savoirs nécessaires pour que le citoyen puisse voir les conséquences des technologies ou d'inventions scientifiques. De plus, on ne s'intéresse sérieusement à l'enseignement des sciences qu'au moment où le jeune atteint la pensée formelle : à la fin du premier cycle du secondaire. » (Inchauspé, 2007)

Cette situation est problématique car l'enjeu culturel de l'enseignement des sciences se joue dès le primaire. L'élève doit avoir une culture scientifique de base dès le plus jeune âge pour pouvoir comprendre le monde dans lequel il vit.

La formation scientifique dans les écoles primaires du Québec est guidée par le *Programme de formation de l'école québécoise* (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001). Contrairement au curriculum précédent, il est orienté par une perspective culturelle. On y retrouve la mission de l'école ainsi que ses axes et ses orientations. De plus, trois compétences spécifiques sont à développer dans le domaine de la science et de la technologie, lesquelles s'appuient sur de nombreux savoirs essentiels et repères culturels.

1.2.5.1 Mission et axes de l'école québécoise

Le curriculum énonce clairement la mission des institutions scolaires. En effet, l'école favorise la transmission des acquis de la société entre les générations en favorisant un environnement propice à la transmission de la culture. Pour ce faire, trois axes sont formulés afin d'atteindre cette mission. Le premier concerne l'*instruction*. Sans être le seul lieu d'apprentissage, l'école favorise le développement intellectuel des

élèves et permet l'acquisition de nouvelles connaissances. Ensuite, pour apprendre à mieux vivre ensemble et pour développer le sentiment d'appartenance à la société, le second axe, *socialiser*, vise à « transmettre le patrimoine des savoirs communs, à promouvoir les valeurs à la base de sa démocratie et à préparer les jeunes à devenir des citoyens responsables » (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001). Enfin, selon le dernier axe, *qualifier*, la réussite scolaire doit être accessible à tous ses élèves. Ainsi, les établissements scolaires préconisent la différenciation pédagogique et offrent des parcours scolaires afin que les besoins, les aptitudes et les intérêts de chaque élève soient considérés.

1.2.5.2 Orientations de l'école québécoise

Plusieurs orientations sont présentées dans le curriculum. L'une d'entre elles semble particulièrement importante. En effet, les apprentissages des élèves doivent être actuels et culturellement ancrés, c'est-à-dire que l'école doit jouer un rôle concernant la culture, culture définie comme étant le fruit de l'activité de l'intelligence humaine, non seulement d'hier mais aussi d'aujourd'hui. Pour ce faire, plusieurs occasions s'offrent aux élèves afin qu'ils découvrent et apprécient ces manifestations dans de multiples domaines de l'activité humaine. Ainsi, ils ne se limiteront pas uniquement aux savoirs visés par les programmes disciplinaires.

1.2.5.3 Compétences du domaine de la science et de la technologie

Les élèves du primaire doivent développer certaines compétences disciplinaires dans le domaine de la science et de la technologie tout au long de leur parcours scolaire.

« Une compétence est un savoir-agir. Un élève compétent devrait normalement être en mesure d'accomplir de façon autonome certaines actions permettant, par exemple, de résoudre une problématique qu'on lui soumet. Ensuite, ce savoir-agir est fondé sur la mobilisation et l'utilisation efficaces de ressources. » (Dionne, Hiver 2007)

Au premier cycle du primaire, les jeunes explorent d'abord le monde de la science et de la technologie, c'est-à-dire qu'ils apprivoisent l'utilisation d'outils et de procédés simples, le raisonnement propre à ce domaine ainsi que les éléments de ses langages. Aux deuxième et troisième cycles, les élèves sont appelés à développer trois compétences. La première, « proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique », vise à recourir à des stratégies d'exploration variées afin d'identifier un problème, ou de cerner une problématique, et d'évaluer sa démarche. « Mettre à profit les outils, objets et procédés de la science et de la technologie » constitue la deuxième compétence. Elle concerne les rôles et fonctions des outils, techniques et procédés de la science et de la technologie, en les reliant à leurs contextes et à leurs usages ainsi qu'en évaluant leurs impacts. Finalement, la dernière compétence, « communiquer à l'aide des langages utilisés en science et en technologie », permet l'appropriation des éléments du langage courant liés à ce domaine, l'utilisation de ces éléments tout en considérant ceux du langage symbolique et, enfin, l'exploitation de ceux-ci pour formuler une question, expliquer un point de vue ou donner une explication.

1.2.5.4 Savoirs essentiels

Tout au long de leur formation, les élèves se familiarisent avec des savoirs essentiels classés selon trois domaines : l'univers matériel, la Terre et l'Espace ainsi que l'univers vivant. De plus, des concepts unificateurs (la matière, l'énergie, les forces et les mouvements, les systèmes et l'interaction) visent à lier ces trois domaines et ils regroupent plusieurs notions propres à chacun d'eux. Par exemple, la matière représente un concept unificateur puisqu'elle se retrouve dans l'univers matériel, dans la Terre et l'Espace et dans l'univers vivant. Par contre, selon le domaine, ce concept vise différents savoirs essentiels : les transformations de la matière (univers matériel : premier domaine), les propriétés et les caractéristiques de la matière terrestre (deuxième domaine) et les caractéristiques du vivant (troisième domaine).

1.2.5.5 Repères culturels

On considère que l'école constitue un lieu privilégié pour transmettre la culture. « L'école est un lieu de transmission, peut-être même dans la société actuelle le seul lieu structuré de transmission, et que cette transmission a pour but d'introduire les élèves dans le monde de la culture. » (Inchauspé, 2007) Le curriculum précise que

« le programme de science et de technologie vise à développer chez les élèves une culture scientifique et technologique de base qui soit accessible à tous mais également pertinente, quel que soit leur cheminement scolaire ultérieur, en les amenant à découvrir le plaisir que l'on peut retirer de la science et de la technologie et en leur offrant un encadrement souple qui les encouragera à enrichir graduellement leur culture de base.» (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001)

La perspective historique, incluse dans la perspective culturelle,

« doit être présente dans toutes les matières du programme puisque ce que l'on transmet a été élaboré dans le passé et ne pas en parler conduit à les présenter comme des choses intemporelles, venant d'on ne sait où, et qu'en agissant ainsi on leur enlève de fait leur caractère culturel, c'est-à-dire celui de réponse à une situation » (Inchauspé, 2007).

Par conséquent, l'enseignant est à la fois un pédagogue, mais également un passeur culturel, un éveilleur d'esprit.

Le développement des compétences nécessite un environnement riche et stimulant qui comporte de nombreux repères culturels. Ils « permettent de mettre en perspective, d'enrichir, de personnaliser, de nuancer et de mieux intégrer les compétences et les savoirs essentiels du programme » (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001). Dans le domaine de la science et de la technologie, le curriculum propose plusieurs possibilités concernant l'utilisation des repères culturels (la science, la technologie et les autres champs de l'activité humaine, l'histoire, les personnes, les valeurs, l'éthique, les impacts ainsi que les limites de la science et de la technologie).

Bref, la formation scientifique et l'esprit scientifique qui se dégagent de cette formation s'acquièrent tout au long du cheminement scolaire des élèves à l'école primaire. Rappelant les idées de Victor Host (1914-1998), Astolfi *et al.* (2006) définissent l'esprit scientifique : il « se reconnaît d'une part à la curiosité, à la capacité de s'étonner devant tout fait que le savoir antérieur ne permettrait pas de prévoir, d'autre part à la volonté de chercher une réponse au lieu de se contenter d'hypothèses non vérifiées ». Ainsi, ils poursuivent en énonçant que l'absence de curiosité de la part des élèves serait signe d'un échec de l'enseignement scientifique. Dans cette optique, un autre auteur soutient qu'il a été délaissé au primaire.

« La préoccupation de la place et de la nature de l'enseignement des sciences au primaire est [...] abandonnée, négligée. Les contenus retenus dans le programme sont insignifiants, les enseignants les négligent, leur culture scientifique personnelle étant pauvre, sinon inexistante. » (Inchauspé, 2007)

A-t-il raison ? Ses propos sont-ils trop alarmistes ou présentent-ils une triste réalité ? Est-ce que l'enseignement des sciences et de la technologie est problématique dans les écoles primaires du Québec ? Quel est l'état de la situation ?

1.3 Situation précaire de l'enseignement des sciences

Malgré la reconnaissance de la nécessité d'une formation scientifique, plusieurs obstacles empêchent son bon fonctionnement et déroulement, ce qui justifie la précarité de l'enseignement des sciences à l'école primaire. Couture (2002) constate la « quasi-inexistence de cet enseignement et son caractère anecdotique, et ce, malgré d'importants efforts déployés à cet égard ». Les élèves se désintéressent de cette discipline, car ils entretiennent de nombreux préjugés et une image négative des sciences. Plusieurs d'entre eux ne perçoivent pas la pertinence de cette discipline et sont incapables d'établir des liens concrets avec leur quotidien, ce qui engendre une désaffectation envers les sciences et la technologie. La motivation et/ou le manque d'intérêt par rapport à cette discipline scolaire est un facteur important puisqu'il est lié à la qualité de son enseignement. « Les facteurs scolaires [la pédagogie, la formation des enseignants, les

ressources (manuels, laboratoires)] sont identifiés dans la littérature comme ceux qui contribuent le plus directement, et de loin, à l'intérêt – ou au désintéressement – des jeunes vis-à-vis les sciences. » (Godin, 1994) Cette précarité peut entraîner de lourdes conséquences. « L'image des sciences est de plus en plus affaiblie chez les jeunes. Ils n'associent plus les progrès des sciences et des techniques à la quête du savoir et au bien-être de l'humanité, comme on l'a longtemps cru » (Mélioui, janvier 2007).

Couture (2002) dresse un portrait global de la situation concernant l'enseignement des sciences et de la technologie. Non seulement cet enseignement est traditionnellement négligé, puisque cette discipline constitue au Québec une matière « secondaire » après le français et les mathématiques, mais cette problématique concerne aussi bien l'Europe que l'Amérique du Nord. « En 1996, l'historien de l'éducation Jean Hébard souligne que les sciences, l'histoire et la géographie deviennent des activités accessoires. » (Charpak, Léna, & Quéré, 2005) Dans le même ordre d'idées, Lenoir *et al.* (2000) dénoncent la stratification des matières scolaires. Selon les représentations des enseignants, le français et les mathématiques occupent les premières positions, puisque ce sont des matières de base. En effet, celles-ci sont considérées essentielles à la réussite scolaire ultérieure et à la réussite sociale. Elles sont donc capitales à la formation puisqu'elles possèdent une fonction utilitaire et sont à la base de toute connaissance. De plus, elles visent le développement des dimensions cognitives de l'enfant. Toutefois, les sciences, matières secondaires, se classent plus ou moins loin derrière les matières de base, puisqu'elles représentent leur complément et constituent un enrichissement culturel. Les savoirs liés à ces matières favorisent donc le développement personnel. Ils concernent les dimensions affectives de l'individu.

Malgré la stratification des matières scolaires, l'apprentissage des sciences est bénéfique à celui du français écrit et des mathématiques. Ainsi, « l'activité scientifique du jeune enfant favorise son développement cognitif et constitue un support favorable pour les apprentissages fonctionnels de la langue écrite et des mathématiques » (Astolfi *et al.*, 2006). De plus, dans le bilan du développement de la culture scientifique et technique au Québec, le CST (2002a) relate quelques critiques. L'école a certaines

lacunes, car elle a de la difficulté « à intéresser les enfants aux sciences et à la technologie, à leur transmettre une juste représentation de ce qu'elles sont, à les convaincre de poursuivre des études en sciences et technologie et à susciter des vocations ».

Par ailleurs, d'autres critiques, énoncées par le CST (2002a), mettent en cause les manières d'enseigner, l'insuffisance des ressources disponibles, le manque de préparation des enseignants, le manque de qualité des manuels scolaires, la disponibilité insuffisante et le coût onéreux du matériel scientifique ainsi que le manque de soutien des parents. De plus, Godin (1994) note que l'école favorise une image positiviste des sciences, c'est-à-dire que l'observation des faits et la relation entre eux constituent le contenu enseigné. Au contraire, il faudrait davantage présenter les sciences et la technologie sous la forme d'une démarche imaginative qui nécessite réflexion et questionnement. Ainsi, on favorise une vision critique des sciences et on fait place au processus d'investigation.

Le CST dénonce également la place limitée accordée aux dimensions philosophique, historique, sociale et morale des sciences dans le curriculum de 2001 alors que celles-ci favoriseraient l'intérêt des jeunes vers les sciences. Par ailleurs, on dénote des difficultés à tous les niveaux scolaires concernant les sciences et la technologie, c'est-à-dire tant au primaire, au secondaire, au collégial qu'à l'université. On remarque également qu'il y a de plus en plus de femmes et de moins en moins d'hommes inscrits dans le programme préuniversitaire en sciences de la nature au collégial. Au niveau universitaire, les femmes et les hommes ne se dirigent pas vers les mêmes disciplines scientifiques, ce qui engendre une redistribution des effectifs vers les sciences de la vie et les sciences de la santé au détriment des sciences à fort contenu physique (Foisy & Gingras, 2003; Métioui, janvier 2007).

« Un bref survol des données sur les effectifs étudiants à l'université semble confirmer le ralentissement des inscriptions en sciences naturelles et génie. Il n'y a pas véritablement de « désaffectation » vis-à-vis des sciences, mais plutôt une redistribution au profit des sciences de la santé. » (Conseil de la science et de la technologie, 2008)

Enfin, la crainte des titulaires de classe du primaire par rapport à l'enseignement des sciences au primaire est largement documentée. « Traditionnellement, l'enseignement des sciences a été négligé au primaire, trop peu d'attention lui a été consacrée et l'importance qu'il faut accorder à des matières comme le français ou maths sert souvent à cacher la peur que provoque cet enseignement. » (Inchauspé, 2007) Plusieurs raisons sont évoquées par différents auteurs. Charpak *et al.* (2005) mentionnent que « les enfants posent des questions embarrassantes » et, par conséquent, les enseignants ont peur de perdre leur « prestige [et le] respect de la part des élèves ». Astolfi *et al.* (2006) décrivent la crainte des titulaires concernant cette discipline : « le sentiment latent d'insécurité de certains enseignants, qui craignent que les choses ne tournent à l'aventure, sinon au cauchemar, dès lors qu'ils redoutent de se trouver aux prises avec des questions et des situations qui les mettent en difficulté. » Quant à Métioui (janvier 2007), il évoque le manque de formation de la part des titulaires de classe au primaire et dénonce le manque d'une politique de formation. Au Québec, l'Université de Montréal est l'une des rares qui offre deux cours de didactique des sciences aux futurs enseignants. Bref, la culture scientifique et technique s'avère capitale, mais semble être également délaissée à l'école primaire en étant considérée comme matière secondaire.

La formation dispensée dans les institutions scolaires du Québec pourrait-elle bénéficier de ressources supplémentaires afin d'atténuer certaines lacunes dans l'enseignement formel scientifique ? Selon Rahm (2006) et certains auteurs qu'elle cite, « l'école ne peut plus, à elle seule, répondre aux diverses demandes et aux différents besoins des jeunes d'aujourd'hui ». Les enseignants ne sont pas les seuls responsables de cette transmission de connaissances et peuvent également recourir à des ressources. L'enseignement des sciences, y compris celui de sa culture, pourrait-il être dispensé à l'extérieur de l'école tout en étant planifié et structuré en fonction du curriculum ? La société a certainement un rôle à jouer dans la diffusion de la culture (les médias: télévision, radio, Internet et musées). Lefebvre (2000) considère que le musée est à la confluence de la culture et de l'éducation. En poursuivant la réflexion de cet auteur,

nous pourrions supposer que le musée scientifique est à la jonction de la culture scientifique et de l'éducation scientifique. Il y a donc divers contextes d'apprentissage.

1.4 Contexte d'apprentissage

Selon Legendre (2005), l'éducation est un « ensemble de valeurs, de concepts, de savoirs et de pratiques dont l'objet est le développement de l'être humain et de la société ». Même si elle ne s'y limite pas, l'éducation peut s'effectuer dans un contexte scolaire. Dans ce cas, on soutient qu'elle s'acquiert de façon formelle dans une institution d'enseignement. On ajoute que « la formation formelle est caractérisée, entre autres, par un encadrement et une évaluation rigoureuse, dispensée par des maisons d'enseignement reconnues, conduisant à un grade reconnu et porteur de la reconnaissance d'un contenu relativement standardisé » (Bisaillon, 2003).

Intentionnelle et consciente, la relation pédagogique qui unit un maître à des élèves favorise la transmission formelle. Dans cette optique, les écoles fournissent un enseignement formel; les titulaires de classe du primaire enseignent un curriculum, c'est-à-dire un programme scolaire spécifique et hiérarchique. Les institutions scolaires ont des règles précises concernant la fréquentation obligatoire ainsi que le temps passé en classe par les élèves. Il existe donc certaines conditions pour favoriser la réussite des étudiants (G. E. Hein, 1998). La transmission formelle véhiculée dans le contexte scolaire « rompt avec des formes de l'enseignement et de l'apprentissage, dominantes en d'autres lieux sociaux, qui passent par le montrer, le voir-faire, et le faire » (Reuter, 2007).

L'éducation peut également s'offrir à l'extérieur de l'école. Par exemple, dans le cadre d'une visite muséale, on qualifie l'éducation d'extrascolaire parce que c'est une « activité éducative se situant hors du cadre scolaire et pouvant inclure aussi bien l'éducation non formelle et l'éducation diffuse que toute autre forme d'éducation

occasionnelle ou permanente» (Legendre, 2005). Dans cette optique, le cadre scolaire représente toutes les activités qui se déroulent dans une école.

Que l'éducation s'offre dans un contexte scolaire ou extrascolaire, l'apprentissage est facilité lorsque l'apprenant peut manipuler des objets et lorsque ses intérêts sont considérés. Ainsi, on favorise la découverte et la construction des connaissances par l'apprenant, ce qui l'encourage à être responsable de ses propres apprentissages en étant actif dans son environnement (G. E. Hein, 1998). D'ailleurs, le *Programme de formation de l'école québécoise* encourage cette approche.

[Ce document ministériel se] caractérise essentiellement par le choix de développer des compétences et par l'attention portée à la démarche d'apprentissage. D'une part, il propose une organisation des savoirs sous forme de compétences de manière à leur donner sens et ouverture, et, d'autre part, il retient un cadre conceptuel qui définit l'apprentissage comme un processus actif et continu de construction des savoirs. (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001)

Étant donné la situation critique de l'enseignement des sciences au primaire, Lemerise et Soucy (1999) soutiennent que : « les musées sont vus par plusieurs comme pouvant pallier, en partie du moins, à certaines lacunes observées dans le système scolaire ». Le monde de l'éducation devrait faire appel aux ressources muséales notamment parce que la culture est au cœur du curriculum et que les musées sont des institutions culturelles. Par ailleurs, l'école est ouverte à sa communauté et devrait profiter des ressources qu'on y retrouve. Par conséquent, dans le contexte extrascolaire qu'est le musée, il est nécessaire de connaître le public et « de voir en quoi la nature de l'environnement muséal peut contribuer à la transmission et à l'acquisition de connaissances » (Screven, 1995).

1.5 Musées

Afin de mieux comprendre les musées, cette section présente les fondements, la définition et les rôles des musées. Ensuite, la fonction éducative de ces institutions est

explicitée alors que le public et l'exposition sont décrits brièvement. Enfin, la chercheuse conclut en établissant le lien qui unit l'école et le musée.

1.5.1 Fondements

En Europe, on constate au milieu du XVI^e siècle l'apparition des cabinets de curiosité, lieu où des objets hétéroclites de collection étaient conservés et exposés par les mieux nantis et les savants. Ayant pour but de représenter l'univers dans sa globalité (Paquin, 1998), ces objets étaient regroupés selon quatre catégories : 1) les instruments scientifiques, 2) les animaux et les plantes exotiques, 3) les créatures et les objets naturels et 4) les objets créés ou modifiés par l'homme (exemple : œuvre d'art). Fait intéressant, les cabinets de curiosité d'histoire naturelle « n'étaient pas conçus comme de simple lieu de thésaurisation. La majorité d'entre eux était au contraire conçu pour y réaliser des démonstrations et des enseignements » (Girault, 2003c).

Les cabinets de curiosité ont été remplacés par les collections privées organisées par spécialités à partir du XVIII^e siècle. À cette époque, on dénote également la création des premiers musées publics qui avaient pour but premier de classer des objets, ce qui a contribué à leur essor. Seule une minorité composée d'universitaires et de gens fortunés avait accès aux collections des musées. Face à cette situation, l'écrivain français Lafont de Saint-Yenne a défendu l'accessibilité des musées au public (Allard & Boucher, 1999) et militait pour leur démocratisation. Centrés sur l'objet et la collection, les *musées de première génération* avaient pour mission de « réunir des objets, [de] constituer des collections, [de] les étudier et [de] les exposer, cela correspond à une exploration du monde visible, tant naturel que culturel » (Montpetit, 1995). Perçu comme étant un lieu de conservation ou lieu de savoir, le musée représentait une des seules façons d'observer les objets étant donné qu'ils étaient rassemblés dans un même lieu. Les institutions muséales apparaissaient comme des lieux sacrés, tels des sanctuaires.

Ensuite, l'ouverture du musée au grand public a obligé les concepteurs à fournir des outils pertinents aux visiteurs afin qu'ils comprennent les objets exposés, ce qui a provoqué certains changements. Non seulement on exposait les objets aux visiteurs, mais il fallait également les identifier à l'aide d'étiquettes. Ensuite, la présentation et l'explication des objets devenaient nécessaires. Les musées ont commencé à réserver une place de plus en plus importante à l'éducation. Le développement de la fonction éducative au sein des musées s'est effectué en quelques étapes (Allard & Boucher, 1999). Au début, il y a eu la création de musées au sein de certaines institutions d'éducation. Ce fut le cas pour les universités en premier lieu. Dans cette perspective, les professeurs de sciences de l'Université McGill utilisaient les collections du National History Society vers 1828 pour enseigner la géologie, la minéralogie, la botanique et la zoologie à leurs étudiants (Gagnon, 1999). De plus, Pitmann-Gelles (1985 dans Allard & Boucher, 1998) indique que, dès 1870, les fondateurs du *Metropolitan Museum of Art* et de l'*American Museum of Natural History*, situés à New York ainsi que le *Museum of Fine Arts* situé à Boston accordent de l'importance à la valeur éducative dans les musées. Ensuite, les collèges classiques, et même les écoles primaires ont accueilli des musées. Il est à noter que les musées établis dans ces écoles primaires seraient, possiblement, du matériel didactique ou encore des collections didactiques (Hudon, 2000).

Vers les années 1960, on constate que les institutions muséales changent considérablement, car elles sollicitent la participation des visiteurs en offrant dorénavant des expositions dynamiques ainsi que des démonstrations actives et en ayant recours à une variété de médias de communication. Ce passage vers la **deuxième génération de musée** a d'abord été amorcé par les musées de sciences et les centres scientifiques. Proposant des expositions et des démonstrations interactives (Schiele, 2001), on considère qu'ils sont dynamiques et qu'ils constituent une activité pertinente pour l'enseignement.

On s'intéresse dorénavant à la signification des expériences muséales des visiteurs pour deux raisons différentes : l'importance croissante du rôle éducatif des

musées ainsi que la pression croissante sur les musées pour qu'ils justifient leur existence (G. E. Hein, 1998). Les spécialistes doivent examiner tous les aspects du comportement des visiteurs. En effet, ils désirent favoriser la transmission de connaissances vers le public. Ils se préoccupent du dialogue et de l'interactivité. Ils reconnaissent dorénavant que « tout enseignement se doit de prendre en compte non seulement la matière à divulguer, mais [aussi] la nature de celui qui apprend » (Brûlé-Carrie, 1997). On accorde une priorité au visiteur. De plus, les professionnels cherchent à comprendre la nature de l'apprentissage dans les musées. Il y a donc une nécessité de donner des « fondements pédagogiques spécifiques adaptés au musée. Il faut donc faire place à une méthodologie tenant compte des particularités de l'apprentissage au musée » (Herbert, Fortier, & Lamarche, 1995). Cet intérêt pour la réflexion et la recherche rejoint certains chercheurs dans les universités. C'est ainsi qu'il y a collaboration entre théoriciens et praticiens (Brûlé-Carrie, 1997).

Le XX^e siècle est caractérisé par le début de l'animation dans les musées. En effet, les directeurs de musée devaient dorénavant assumer des responsabilités éducatives en acceptant l'accueil du public dans leur institution (Allard & Boucher, 1998). Des enseignants, des guides ainsi que des animateurs ont pour mission d'accompagner, d'assister et de guider le public dans sa visite. Ce fut le cas pour deux musées américains : le *Museum of Fine Arts* en 1907 et le *Metropolitan Museum of Art* en 1908. En 1919, le *Royal Ontario Museum* de Toronto offre même des services provenant de guide-interprète. « L'Association de l'art de Montréal », c'est-à-dire l'ancêtre du musée des beaux-arts de Montréal, a ouvert une école d'art en 1881 et a instauré une bibliothèque en 1882. En 1937, les enfants avaient la possibilité d'assister à des cours (classes du samedi).

Certains auteurs (Koster, 1995; Lewenstein & Allison-Bunnell, 1998) précisent qu'il y a même des ***musées de troisième génération*** et qu'ils sont souvent associés aux centres de sciences.

Ils « collaborent activement avec leurs intervenants qui appliquent les méthodologies de recherche et de communication les plus récentes, afin d'optimiser l'expérience du visiteur, et qui assument les divers rôles que

le musée joue dans la société moderne. [...] Ainsi, les musées deviendront plus proactifs au chapitre des affaires culturelles, à mesure qu'ils s'adapteront aux divers rôles dépeints dans les déclarations de l'ICOM (Conseil international des musées) » (Koster, 1995).

Schiele (2001) ajoute que ces musées intègrent

« à la fois la relation dynamique instaurée par l'exposition interactive et les formes muséales antérieures, soucieux des visiteurs, préoccupés par la nature et l'expérience de la visite, et, surtout, rompant avec la vision fragmentée des disciplines, ils auraient réalisé de véritables mises en situation et en contexte grâce à la reconstitution d'environnements complexes ».

C'est ainsi que les musées de troisième génération favorisent non seulement l'interactivité, mais l'importance de l'expérience vécue.

1.5.2 Définition du musée

Comment peut-on définir l'institution muséale ? Instruments de communication, les musées collectionnent et détiennent des objets ainsi que des artefacts tout en proposant des expositions variées conçues par les membres de son personnel afin d'attirer des publics variés tout au long de l'année. Différents les uns des autres, les musées se diversifient. La définition du Conseil international des musées (ICOM) a évolué de 1951 à 2001 et a été adoptée par la communauté muséale. La dernière version considère que le musée est une

« institution permanente, sans but lucratif, au service de la société et de son développement, ouverte au public, et qui fait des recherches concernant les témoins matériels de l'homme et de son environnement, acquiert ceux-là, les conserve, les communique et notamment, les expose à des fins d'études, d'éducation et de délectation » (Conseil international des musées, 2007).

Ainsi, le musée possède plusieurs fonctions : la conservation, la recherche, la diffusion des connaissances et l'éducation de son public. « Le musée sauvegarde le patrimoine. [...] Il est aussi un lieu de recherche. [...] Le musée diffuse, communique, expose ses artefacts, ses idées, ses concepts. Enfin, le musée éduque un public de plus en plus exigeant et diversifié. » (Huard, 1997)

1.5.3 Rôles

Les musées possèdent différents rôles : éducatif, culturel et social. Cette recherche étudiera les deux premiers. Lors d'un colloque de l'ICOM se tenant à Paris en 1964, les participants ont reconnu trois missions éducatives et culturelles du musée. Boucher (1994) rappellent les écrits de Zetterbergh (1970) en les énonçant : « le musée doit donner un enseignement. Le musée doit épanouir l'individu et l'intégrer dans la communauté humaine. Le musée doit également être un lieu de loisir ». En effet, le musée est un lieu d'enseignement puisqu'il favorise l'apprentissage chez le visiteur en l'aidant à comprendre et en développant sa sensibilité. De plus, il permet l'épanouissement de la personne en lui rappelant des traditions du passé. Il encourage son intégration en le faisant participer à la vie sociale et culturelle au sein de sa communauté. En lui offrant l'occasion d'échapper à la vie quotidienne, il lui offre des loisirs afin de le divertir. De nos jours, le rôle éducatif des institutions muséales consiste à l'organisation d'expériences destinées à un public qui favorisent la communication entre les objets et/ou les expositions. On vise également à le sensibiliser aux choix qu'il peut effectuer face aux problèmes qu'il rencontre dans son quotidien. Les structures et modes d'organisation des musées (facteurs internes) ainsi que l'attitude du public et celle d'autres institutions d'éducation (facteurs externes) peuvent avoir une influence sur l'éducation dispensée dans les musées (Trudel, 1991).

Allard et Boucher (1999) prétendent que la démarche complète du visiteur devrait être intégrée à la première mission éducative du musée. Dans cette optique, l'apprentissage et l'enseignement feraient partie de celle-ci. La première mission serait donc d'offrir un enseignement afin d'encourager l'apprentissage du visiteur, ce qui a pour but de lui permettre une appropriation de l'objet. La finalité du musée, formulée en fonction du visiteur, serait « d'épanouir l'individu et de l'intégrer dans la communauté humaine par l'appropriation de l'objet en organisant le musée comme lieu d'enseignement, d'apprentissage et de divertissement » (Boucher, 1994).

L'éducation constitue le lien fondamental qui unit l'école et les musées et qui justifie les sorties éducatives muséales par les groupes scolaires. Le musée est un « lieu de formation et d'information, lieu de dialogue, de débat, quelques fois d'opposition et de combat » (H. Lefebvre, 1997). Selon la taille du musée, on attribue une à plusieurs personnes au service éducatif. La formation des éducateurs au musées est variable : certains ont un diplôme en éducation ou en muséologie alors que d'autres sont des conservateurs avec plusieurs années d'expérience. On considère que l'éducateur favorise « le trait d'union entre les œuvres-objets-artefacts et les visiteurs; le trait d'union entre la force d'expression de l'objet en lui-même et la capacité d'appropriation propre à chaque visiteur ou groupe de visiteurs » (Huard, 1997).

En plus d'être un lieu riche en éducation, le musée est un lieu par excellence pour diffuser la culture. C'est une institution qui est « centrée sur les personnes qui la fréquentent, favorise une démarche intellectuelle et permet à chacun de se construire une pensée » (Arpin, 1997). En présentant des œuvres réputées, on y diffuse la culture savante, en exposant des affiches, on fait appel à la culture populaire et en divulguant une multitude d'objets liés au quotidien d'un peuple, on y dévoile la culture liée aux mœurs et coutumes (Dufresne-Tassé, Sauvé, Banna, Lepage, & Lamy, 2000). Communiquant des messages socialement importants, le musée est une institution publique ouverte à sa communauté en offrant des services accessibles à tous. « Le musée n'atteint sa pleine valeur que lorsqu'il stimule le développement sensible, intellectuel, voire social du visiteur. » (Rebetez, 1970) Il encourage même l'échange entre plusieurs générations. Enfin, favorisant la socialisation, l'épanouissement et la réflexion de l'individu, cette institution favorise sa compréhension du monde.

1.5.4 Fonction éducative

Fait intéressant, Gauthier (1993 dans Allard & Boucher, 1999) a remarqué que plusieurs programmes d'études recommandaient la sortie scolaire muséale autant au primaire qu'au secondaire, et ce, dès 1923. Dans le curriculum de 1969, on suggère

même quelques pistes concernant la démarche didactique associée à une visite muséale. On y accorde donc une place importante. Dans le même esprit, la neuvième conférence générale de l'ICOM en 1971 regroupe 50 pays et se consacre à l'éducation muséale : « Le musée au service de l'homme aujourd'hui et demain. Le rôle éducatif et culturel des musées. » Au Québec, la Société des musées québécois présente un colloque en 1985 : « Musée et éducation : Modèles didactiques d'utilisation des musées » à l'Université du Québec à Montréal. L'année suivante, c'est au tour du Louvre d'accueillir un séminaire international de l'UNESCO sur le thème « Musées et éducation ». Pendant la même année, le Conseil supérieur de l'éducation du Québec dévoile la nécessité de mettre à profit le potentiel des lieux non-scolaires d'éducation, tel le musée. On peut donc affirmer que la fonction éducative des musées est dorénavant reconnue.

1.5.5 Lien musée-école

La collaboration entre l'école et le musée permet à ces deux institutions d'atteindre le même but ultime : l'éducation. Lemerise (1994) affirme que le partenariat est obligatoire afin de « sauvegarder et [d']enrichir la mission éducative d'une société ». Même s'ils se distinguent, le musée et l'école constituent des compléments éducatifs incontestables. Par contre, il ne faut pas oublier « qu'apprendre au musée ou à l'école est différent : le temps, le lieu, les objets sont des facteurs déterminants » (Quagliozi & Cohen, 2000). La collaboration, ou le partenariat, entre le musée et l'école peut s'effectuer de différentes façons :

« le musée peut collaborer avec le milieu scolaire par la mise en œuvre d'activités éducatives destinées aux élèves (programmes éducatifs et préparation de matériel didactique). Quant au milieu scolaire, il peut participer à l'élaboration et à la mise en œuvre de tels programmes » (Paquin, 1998).

Le développement de programmes éducatifs et la nouvelle collaboration musée-école permet aux groupes scolaires de bénéficier des ressources muséales : ils ont accès dorénavant aux musées.

1.5.6 Public

Le musée est construit et prend forme grâce aux visiteurs. « C'est à travers eux qu'il concrétise sa responsabilité sociale. Ce sont eux qui, par leurs comportements, leurs commentaires et, fondamentalement, leur présence, en sanctionnent l'approche et la nécessité. » (J. Landry, 1995) L'étude des visiteurs est pertinente dans la mesure où elle permet de connaître leur perception concernant leur expérience muséale ainsi que leur pensée, c'est-à-dire ce à quoi ils pensent durant la visite. Pour ce faire, plusieurs moyens sont utilisés pour permettre cette analyse : observation du comportement des visiteurs, observation du trajet emprunté par les visiteurs dans les salles d'exposition, durée de la visite, questionnaires (pré-visite ou post-visite), visite accompagnée par un évaluateur qui recueille les propos du visiteur, etc. Les habitudes des visiteurs sont également classées en différentes catégories (G. E. Hein, 1998).

« Le musée est l'une des institutions qui remplit une mission éducative à l'égard de la population. Ses visiteurs se répartissent en diverses catégories, mais tous se laissent informer et former au contact des objets présentés. Les formules utilisées pour guider le visiteur à travers une exposition exercent sur lui une influence éducative. » (B. Lefebvre & Lefebvre, 1991)

Le profil socioéconomique des visiteurs captive également certains auteurs. Les musées scientifiques et les musées d'histoire attirent davantage un public de classe moyenne et populaire que les musées d'art (Eidelman & Van Praët, 2000). Ainsi, ces derniers rejoignent un public plus scolarisé ayant des revenus plus élevés que la moyenne de la population. Les familles préfèrent les musées scientifiques et les musées d'histoire, alors que les adultes seuls ou accompagnés d'un autre adulte visitent davantage les musées d'art (Mortara Almeida & Lopes, 2006). Fait intéressant, les adeptes des musées de sciences et d'histoire apprécient les bénéfices éducationnels de leur visite, alors que ceux des musées d'art recherchent les bénéfices culturels, mais également éducationnels. Par conséquent, les publics reconnaissent que les institutions muséales constituent un endroit propice à l'apprentissage.

L'exposition doit posséder trois caractéristiques afin de favoriser l'apprentissage des visiteurs. « Les éducateurs du musée sont intéressés à créer des expositions qui sont attrayantes (1), qui retiennent (2) et qui engagent (3) la participation du visiteur. » (traduction libre) (Lozowski Boisvert & Jochums Slez, 1994) En effet, l'exposition doit susciter et retenir l'intérêt du public afin qu'il puisse y accorder une importance. De plus, Hein et Alexander (1998) considèrent que le confort (physique et psychologique) est un élément nécessaire, mais pas suffisant pour favoriser l'apprentissage dans les musées. Ces auteurs indiquent également que le public demeure parfois confus quant au contenu théorique et à l'environnement physique des expositions. Afin de rendre les visiteurs plus confortables, pour qu'ils puissent s'engager davantage lors de leur visite et pour susciter l'apprentissage, il est nécessaire de les informer à l'avance : ce qu'ils vont voir, ce qu'ils pourraient découvrir ou leur mentionner l'intention de l'exposition. Par conséquent, il est fort pertinent de préparer les élèves à une visite muséale. Enfin, pour qu'un jeune public, comme les groupes scolaires, profite de leur visite muséale, il est nécessaire de respecter trois moyens : « capter [l'attention de l'élève], développer ses sens et ses aptitudes autres que scolaires, lui procurer du plaisir » (Merleau-Ponty, 2000).

1.5.7 Expositions

Le musée offre une variété d'expositions au public. L'exposition demeure une caractéristique récente dans le milieu muséal. « Du XV^e siècle au milieu du XIX^e siècle, les musées étaient conçus comme des réserves ouvertes. Avec l'exposition, s'affirme une volonté de diffusion des valeurs sociales artistiques et scientifiques à une part élargie de la population. » (Eidelman & Van Praët, 2000). L'exposition revendique une valeur pédagogique. Toutefois, le lieu d'exposition n'est plus le musée dans sa totalité, car une partie des objets est placée dans des réserves.

Réalisées par les concepteurs et les conservateurs, les expositions constituent un moyen de communication privilégié pour entrer en contact avec les visiteurs à l'aide de

la présentation de divers objets. « Elles ont pour fonction de diffuser ou de promouvoir les savoirs accumulés sur les collection à travers la recherche scientifique. » (Marandino, 2006) Schiele (1998) ajoute que le « véritable rôle de l'exposition, et plus généralement celui du musée, est de favoriser l'apprentissage du langage de l'objet. C'est dans sa maîtrise que réside la clé du message adressé aux visiteurs ». Pour identifier les objets, une étiquette fournit les informations nécessaires : « leur nom, leur appartenance à une collection, voire leur place dans l'inventaire » (Meunier, 2003). Conservés pour leurs valeurs attribués et témoins de l'histoire d'un peuple, les objets « n'ont d'importance que dans leur rapport avec l'homme et la société » (Schärer, 2000). C'est ainsi qu'on attribue un aspect culturel à l'exposition. Même si l'exposition est conçue pour un public varié, chaque visiteur la perçoit et la vit différemment. Feher (1990) considère qu'elle est réussie lorsqu'elle présente des phénomènes qui sont inaccessibles pour le visiteur, ce qui le surprendra.

Dans le cadre de ce projet de recherche, les expositions à caractère scientifique offertes dans les musées de sciences seront retenues. Le musée scientifique et son exposition documentaire visent que le public apprenne des informations sur un sujet donné. Orellana et Girault (1997) retiennent quatre éléments fondamentaux lorsqu'on expose un savoir scientifique : « les concepts scientifiques sur lesquels s'articule l'exposition, elle-même basée le plus souvent sur des modèles scientifiques standardisés, les concepteurs qui élaborent et mettent en place l'exposition et, enfin, le public auquel s'adresse ce média ». Ces auteurs considèrent que les conceptions des apprenants sur la thématique de l'exposition ainsi que l'appartenance sociale, l'âge et la forme de visite retenue sont des éléments à respecter concernant le public. La prise en compte des caractéristiques culturelles et sociales des visiteurs est essentielle lors de la diffusion d'un savoir scientifique.

La conception des expositions à caractère scientifique demeure complexe puisque les chercheurs désirent respecter la rigueur de la preuve scientifique concernant le contenu et les communicateurs veulent également proposer une exposition qui suscite et retient l'intérêt du visiteur. « L'exposition effectue un double travail, de

recontextualisation des informations par les relations qu'elle tisse entre chacun des éléments qu'elle réunit, et de réinterprétation de ces informations en les traduisant dans le langage ordinaire. » (Schiele, 2001) Le musée de sciences doit établir un juste milieu entre son rôle de diffusion de connaissances et son rôle de communication.

Bref, différentes thématiques sont abordées dans ces institutions culturelles. Selon la Société des musées québécois (SMQ), il y a trois types de musées : ceux dédiés à l'art, ceux consacrés à l'histoire, à l'ethnologie et à l'archéologie et ceux voués aux sciences. Dans le cadre de ce projet de recherche, on se consacrera à l'étude des musées scientifiques.

1.6 Musées scientifiques

Qu'on les désigne musées scientifiques, musées de sciences, musées de sciences et de techniques, musées de sciences et de technologies, musées industriels, musées de la santé, centres de sciences, centres de l'espace ou centres de sciences et de technologies, ils sont tous considérés comme des musées scientifiques. La distinction majeure entre un musée de sciences et de technologies et un centre de sciences et de technologies réside dans son rôle : la conservation d'objets de collections scientifiques (instruments, outils, matériel, etc.). Alors que les musées en possèdent de nombreux, les centres n'en font pas la collection. Par conséquent, les centres de sciences et de technologies n'ont pas recours à un conservateur et ne font pas de recherche. Les musées et les centres de sciences désirent avant tout faire la promotion de la science à l'aide de leurs expositions et sensibiliser le public au domaine des sciences et des technologies.

Selon l'ICOM, la muséologie scientifique

« regroupe les musées et centres de sciences, les centres d'exposition et les lieux d'interprétation partiellement ou totalement dédiés aux sciences et à la technologie. En font également partie les institutions de mise en valeur du patrimoine naturel vivant (jardins botaniques et zoologiques, aquariums, insectariums, etc.) y compris les sites de mise en valeur *in situ*, tels que les parcs naturels ou les sites de patrimoine technologique

qui offrent au grand public des programmes éducatifs et d'interprétation. » (GIS-MUST, 1999)

Au Québec, le Groupe d'intérêt spécialisé en muséologie scientifique et technologique (GIS-MUST) de la Société des musées québécois (1999) présente dans un bilan les constats suivants :

« On peut dire que les institutions muséales de sciences au Québec sont dans l'ensemble des établissements :

- à l'exception de Montréal, de petites tailles, disséminés sur tout le territoire du Québec, même si certaines régions sont moins bien pourvues;
- qui, de façon générale, offrent l'une ou l'autre de ces approches muséologique et muséographique, parfois les deux à la fois : soit des institutions axées sur la compréhension de processus scientifiques et technologiques, qui deviennent en soit les objets de collection, la plupart du temps organisés par un traitement thématique; soit des institutions axées sur l'interprétation des objets de collection, pouvant aussi être organisés par un traitement thématique;
- qui dans une forte proportion, ont développé une expertise en sciences naturelles; dont une très faible proportion touche le patrimoine industriel ou encore, à l'heure actuelle, certaines disciplines scientifiques (la physique, la chimie, la géologie, l'ingénierie, les mathématiques, le biomédical, l'informatique...);
- qui offrent un grand potentiel d'exploitation des collections sous l'angle des sciences et des techniques;
- dont la très grande majorité ne reçoit pas ou peu de soutien gouvernemental (provincial) au fonctionnement. » (GIS-MUST, 1999)

Qu'on lui attribue le rôle d'un lieu de réflexion, de questionnement et de synthèse (Arpin, 1997) ou encore qu'on le considère comme « un lieu de médiation et de négociation d'informations destinées au public et un des lieux de socialisation de ces mêmes savoirs » (Schiele, 2001), le musée scientifique et technologique a pour objet les sciences naturelles et appliquées (Victor J. Danilov, 1982). Althin (1963; cité par Schiele, 2001) énumère les multiples missions des musées de sciences.

« Les musées de sciences ont pour mission de faire connaître au grand public les dernières découvertes, de montrer que le développement des sciences appliquées découle de l'avancement des sciences pures, de rendre hommage aux inventeurs et aux découvreurs, d'inviter les jeunes à devenir eux-mêmes inventeurs et découvreurs; d'apporter leur contribution à l'enseignement des sciences tant par les sujets traités que par la formation de leur personnel; de développer le sens critique et

l'indépendance d'esprit; de montrer que l'amélioration des conditions de vie dépend toujours du progrès scientifique et technique; et, en général, de favoriser l'adaptation à l'expansion de la société industrielle sans que ce soit au détriment des droits et de l'héritage culturel de l'homme. »

Les musées scientifiques attirent un public nombreux dans leur composition, leurs attentes et leurs compétences, mais également diversifié, c'est-à-dire des individus de tout âge, de tout niveau d'éducation. Afin de fidéliser le public, les professionnels de la muséologie varient les expositions temporaires. « Les musées scientifiques ont une histoire indissociable de celle des rapports qu'entretient la société avec les savoirs qu'elle produit. » (Eidelman & Van Praët, 2000) De plus, la production et la diffusion des savoirs s'effectuent en fonction de l'organisation et du fonctionnement de la recherche scientifique. Habituellement, le contenu diffusé est adapté à une clientèle âgée d'environ 10 ans, ce qui permet aux enfants et aux adultes de bien comprendre l'information vulgarisée. Dans le même ordre d'idées, les programmes offerts par les musées sont adaptés en fonction des différentes catégories de visiteurs (groupes scolaires, visiteurs captifs venus en groupes organisés, visiteurs individuels ou en petits groupes). Enfin, pour répondre aux besoins du public, un service est offert nommé service éducatif, service culturel ou encore service pédagogique.

Par ailleurs, les professionnels se soucient également du caractère de convivialité, c'est-à-dire d'éveiller la curiosité, de procurer du plaisir, de susciter l'étonnement, mais ils s'intéressent également à la « notion de sensibilisation et d'apprentissage par le plaisir » (Girault, 2003b). Ainsi, en rendant l'expérience muséale agréable, ils fidélisent le public, ce qui pourrait encourager des visites ultérieures aux musées. Les spécialistes désirent faire découvrir et apprécier des activités scientifiques et techniques en particulier au public qui visite ces institutions. En effet, en plus de stimuler l'intelligence et de faire appel à l'émotion, ils favorisent l'expression et les échanges entre les visiteurs (Meunier, 2000). Les musées scientifiques offrent un environnement riche parce qu'ils favorisent l'observation, l'expérimentation, la résolution de problèmes, les manipulations et, parfois même, des démonstrations. Ils permettent également de changer la perception des visiteurs envers les sciences. En effet, elles semblent plus accessibles au public car elles permettent d'explorer, elles

essaient de comprendre le monde et ne se limitent pas uniquement à la recherche dans les laboratoires (Butler, 1992).

Pour un titulaire de classe, au primaire, plusieurs raisons peuvent justifier la visite d'un musée scientifique : elle favorise l'intégration des matières enseignées à l'école tout en permettant de créer des liens entre la théorie et la pratique, elle représente une source de motivation pour les élèves, elle offre une pratique pédagogique différente de l'institution scolaire, elle rehausse et élargit la culture scientifique et technologique et elle permet de pallier au manque de ressources didactiques et matérielles dans ce domaine à l'école (Quagliozi & Cohen, 2000). Bref, la visite muséale peut être utilisée à des fins : « pédagogiques, culturel[le]s, relationnel[le]s, de détente, etc. » (Cazelli, Gouvêa, Valente, Marandino, & Franco, 2000). Mellouki et Gauthier (2003) ajoutent que pour l'élève, « la fréquentation des musées représente une occasion d'exercer certaines habiletés intellectuelles particulières et de stimuler son imaginaire. Lorsqu'elles font appel à sa participation active, les visites contribueraient à son développement cognitif et affectif. »

Depuis 2003, l'Observatoire de la culture et des communications du Québec (OCCQ) effectue annuellement une enquête concernant la fréquentation des institutions muséales du Québec (voir Tableau I). Ainsi, le Tableau I indique qu'il y avait le plus grand nombre d'entrées dans les musées (c'est-à-dire dans les musées scientifiques, dans les musées d'arts et dans les musées d'histoire, d'ethnologie et d'archéologie) en 2003 avec 7 982 616 personnes. Jusqu'en 2007, ce nombre ne cesse de diminuer. L'augmentation importante en 2008, soit de 30,5% de plus qu'en 2007 est directement liée aux célébrations du 400^e anniversaire de la ville de Québec. En 2006, on note qu'il y a eu seulement 7 303 660 entrées dans les musées, ce qui correspond à une baisse statistiquement significative de 8,5 % depuis 2003. Dans la même perspective, la fréquentation des musées scientifiques a également subi une chute importante. Le nombre d'entrées passe de 3 351 396 en 2003 à 2 893 272 en 2007, ce qui correspond à une baisse de clientèle statistiquement significative de 13,7%. Par contre, on remarque également que le nombre de visiteurs fréquentant les musées scientifiques par rapport au

nombre total de visiteurs dans tous les musées demeure relativement constant, même s'il subit une légère diminution. En effet, les visiteurs des musées scientifiques correspondent environ à 40,0 % de la clientèle des musées. Selon les années, le nombre de visiteurs de ce type de musée se situe légèrement avant ou après le celui des musées d'histoire, d'ethnologie et d'archéologie (voir Figure 1) (Institut de la statistique du Québec Observatoire de la culture et des communications du Québec, juin 2007, mai 2004, mai 2005, mai 2006, mai 2008).

Tableau I : Compilation annuelle du nombre de visiteurs dans les musées du Québec (2003 à 2008)

Année	Visites annuelles totales dans les musées* du Québec		Visites annuelles totales de la clientèle scolaire*** dans les musées du Québec	
	Nombre total de visiteurs dans les musées	Nombre total de visiteurs dans les musées scientifiques** (% du nombre total de visiteurs)	Nombre total de visiteurs dans les musées	Nombre total de visiteurs dans les musées scientifiques** (% du nombre total de visiteurs)
2003	7 982 616	3 351 396 (42,0%)	660 077	292 940 (44,4%)
2004	7 697 423	3 310 284 (43,0%)	664 661	272 074 (40,9%)
2005	7 605 135	3 092 237 (40,7%)	568 275	259 247 (45,6%)
2006	7 303 660	2 921 672 (40,0%)	551 949	257 691 (46,7%)
2007	7 403 198	2 893 272 (39,1%)	558 254	205 007 (36,7%)
2008	7 915 285	3 014 513 (38,1%)	509 923	199 991 (39,2%)

* Les musées font partie des institutions muséales qui regroupent les musées, les lieux d'interprétation ainsi que les centres d'exposition.

** Les musées scientifiques regroupent les musées de sciences naturelles et les musées de science et technologie.

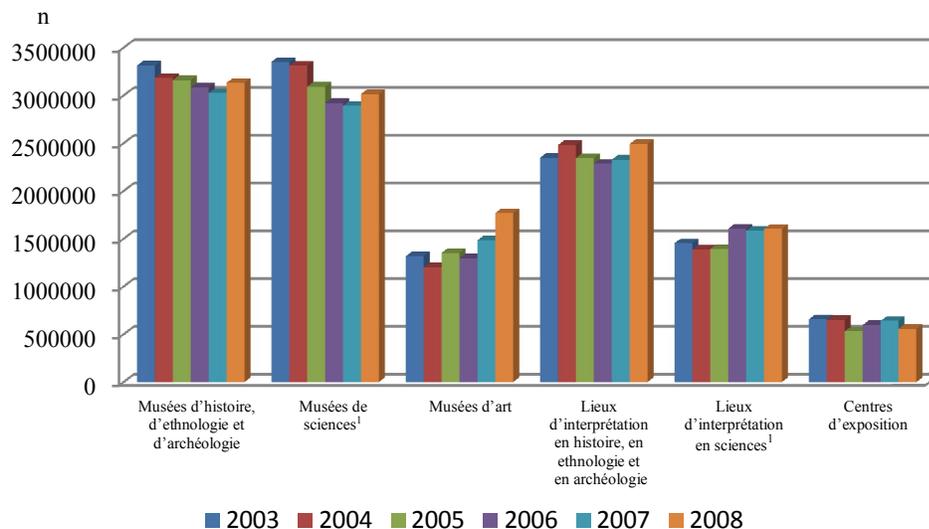
*** La clientèle scolaire regroupe les élèves de la prématernelle, du préscolaire, du primaire, du secondaire. Des élèves dont le niveau scolaire n'est pas précisé sont également inclus dans ce nombre.

Les enseignants et les adultes qui accompagnent les élèves sont également comptabilisés.

(Institut de la statistique du Québec Observatoire de la culture et des communications du Québec, juin 2007, juin 2009, mai 2004, mai 2005, mai 2006, mai 2008)

Fait intéressant, « les musées de sciences sont beaucoup moins nombreux (25) que les musées d'histoire, d'ethnologie et d'archéologie (83), et pourtant, leur fréquentation est presque équivalente : 3,01 millions de visiteurs (comparativement à 3,13) » (Institut de la statistique du Québec Observatoire de la culture et des communications du Québec, mai 2008).

Figure 1 : Évolution du nombre d'entrées selon le type d'institutions muséales, Québec, de 2004 à 2008



¹ Sciences naturelles et environnementales, sciences et technologie.

Source des données : Institut de la statistique du Québec, Observatoire de la culture et des communications du Québec, *Enquête sur la fréquentation des institutions muséales*.

De plus, le nombre total de visiteurs provenant de la clientèle scolaire dans les musées a baissé de 664 661 jeunes en 2004 à 509 923 élèves en 2008, ce qui correspond à une différence significative de 23,3%. La dénatalité ainsi que les moyens de pression des enseignants, notamment en 2004, peuvent expliquer, en partie, la baisse de la clientèle scolaire. De plus, le nombre de visiteurs provenant de la clientèle scolaire mais fréquentant des musées scientifiques a également subi une chute depuis 2003. En effet, il est passé de 292 940 visiteurs en 2003 à 199 991 élèves en 2008, ce qui correspond à une baisse de clientèle de 31,7 %. Cette diminution est plus importante que celle des musées scientifiques, tous publics confondus (diminution de 22,7%). La clientèle scolaire représentait néanmoins 36,7 % (en 2007) comparativement à 46,7% (en 2006) des visiteurs des musées scientifiques.

Le musée représente une ressource éducative et cette fonction a été démontrée. Toutefois, les enseignants auraient l'opportunité de l'utiliser, mais, malheureusement, ils

n'ont pas appris à le faire (Beardsley, 1975 dans Allard & Boucher, 1998). Ainsi, le musée peut être un outil pédagogique des plus pertinents pour l'enseignement s'il s'inscrit dans une démarche didactique collée à la réalité scolaire, aux programmes d'études. À ce sujet, une enquête du ministère de l'Éducation du Québec (MEQ) de 1979 révèle que moins de 8% des enseignants ont recours à la sortie éducative dans leur enseignement (MEQ, 1979 dans Allard & Boucher, 1998). Ce faible pourcentage peut s'expliquer notamment par l'éloignement géographique des écoles de l'ensemble du Québec par rapport à l'emplacement des musées. On a reconnu l'importance de la fonction éducative dans les musées, mais les enseignants n'ont pas recours à cette ressource. On dénote cette lacune dès 1979. À cette époque, il n'y a donc pas d'effort afin de promouvoir l'utilisation des visites muséales dans l'enseignement. Bref, on constate en 1986 que les titulaires des classes du primaire utilisent peu le musée, mais quand ils le font, c'est souvent dans une perspective culturelle (Lenoir & Laforest, 1986) Malgré toutes ces recommandations, peut-on affirmer que les enseignants profitent pleinement de la multitude des ressources offertes par les musées au XXI^e siècle? Il semblerait que la réponse à cette question soit négative, car « dans la pratique courante, nous ne pouvons dire jusqu'à quel point les écoles font usage pédagogique des musées » (B. Lefebvre & Allard, 1996).

C'est ainsi que le Conseil supérieur de l'Éducation exprime certains souhaits concernant les lieux non-scolaires d'éducation (1986, dans Allard & Boucher, 1998). Il désire augmenter le taux de fréquentation et améliorer la structure des visites scolaires au musée. De son côté, l'école serait prête à utiliser le musée en tant que ressource supplémentaire dans la mesure où celui-ci offre des activités adaptées aux élèves et congruentes avec les objectifs des programmes d'études. C'est dans cette optique que Allard et Boucher (1998) soulignent l'importance que les concepteurs de programmes éducatifs muséaux puissent se référer à une cadre pédagogique rigoureux afin d'assurer le développement et le maintien de relations saines et soutenues entre le musée et l'école. Ils ont donc élaboré un modèle théorique de pédagogie muséale en 1998.

Ainsi, puisque plusieurs auteurs observent certaines difficultés concernant l'enseignement des sciences et de la technologie à l'école primaire, l'utilisation d'une ressource supplémentaire par les enseignants, les musées, pourrait donc viser l'amélioration des conditions de l'enseignement et de l'apprentissage des sciences et de la technologie.

1.7 Objet et pertinence de la recherche

Quelques auteurs ont remarqué l'insuffisance des recherches concernant à la fois les musées et à la fois l'éducation. Vadeboncoeur (1997) affirme : « Malgré que l'école et le musée soient parmi les institutions culturelles les plus anciennes et les plus répandues, malgré qu'ils aient fait l'objet d'un nombre incalculable de travaux de recherches, il existe trop peu d'études qui se sont penchées sur leurs rapports mutuels ». Plus récemment, Girault (2003b) a confirmé ce manque. Il existe de nombreuses « innovations pédagogiques qui sont réalisées dans les musées », mais cet auteur souligne également « la trop grande rareté de recherches didactiques ou évaluatives portant sur les présentations muséologiques et/ou les animations qui leurs sont liées ». Paquin et Allard (1998) abondent dans le même sens. Il serait intéressant de vérifier « si un programme éducatif, dont une partie se déroule au musée, diffère des activités qui ont lieu uniquement dans la salle de classe. » Quant à Piscitelli et Anderson (2001), qui se spécialisent dans l'apprentissage des enfants dans les musées scientifiques, ils remarquent également le nombre restreint de recherche dans ce domaine. Enfin, au Canada, le GISEM (Groupe d'intérêt spécialisé sur l'éducation et les musées) se préoccupe de l'éducation muséale. En 2006, des chercheurs ont analysé la discipline d'appartenance des recherches réalisées par les membres de ce groupe et ont vérifié à quelle discipline se rattachent les musées qui ont été étudiés. « Parmi les secteurs disciplinaires, celui des arts prédomine avec 37 mentions, suivies par les sciences humaines (24) et, en queue de peloton, les sciences (14). » (Allard, Landry, & Meunier, 2006) Il y a donc très peu de recherches effectuées dans les musées scientifiques.

La didactique des sciences permettrait-elle d'enrichir les expériences muséales lors des animations pédagogiques dans les musées scientifiques en considérant les conceptions des élèves ? Est-ce que des notions didactiques enrichiraient l'élaboration d'activités d'apprentissage dans le domaine muséal ? Une collaboration entre les deux domaines favoriserait-elle la transmission des connaissances et l'amélioration des séquences didactiques présentées au public scolaire ? La visite scolaire dans un musée scientifique correspond aux suggestions du MELS (2001) parce que ce contexte permet la réalisation d'une compétence : mettre à profit les outils, objets et procédés de la science et de la technologie. Il est donc important de vérifier si cette visite, insérée dans une séquence didactique, favorise l'évolution des conceptions des élèves du primaire.

Le but de cette recherche est de répondre à la question suivante : « *Est-ce que la visite scolaire, effectuée dans un musée scientifique, permet l'apprentissage des sciences chez des élèves du primaire ?* ».

2. CADRE THÉORIQUE

Ce projet de recherche repose sur deux grands domaines : la didactique et la muséologie. En effet, étant donné que les enseignants du primaire éprouvent de la difficulté à transmettre les concepts importants dans le domaine des sciences et de la technologie et, par conséquent, à susciter un intérêt pour celui-ci, il importe qu'ils aient recours à des ressources supplémentaires pour pallier à ces lacunes. Les musées scientifiques, avec leurs services et programmes éducatifs, offrent une diversité impressionnante de visites muséales destinées aux élèves du primaire, mais également du secondaire et parfois même aux étudiants du collégial et de l'université. Les éducateurs des musées scientifiques s'efforcent de créer une variété d'activités éducatives en se basant notamment sur le *Programme de formation de l'école primaire* (2001). La chercheuse a noté que les responsables éducatifs rencontrés dans le cadre de cette étude apprécieraient que les titulaires de classe du primaire intègrent davantage ces activités à leur enseignement. La muséologie scientifique propose donc une multitude de ressources au milieu scolaire. De son côté, la didactique des sciences, avec ses principaux concepts, permet de mieux structurer et de mieux encadrer les visites scolaires dans les musées scientifiques afin de susciter l'apprentissage des élèves du primaire, et par conséquent, de favoriser l'évolution de leurs conceptions scientifiques. L'éducation et la muséologie ont donc intérêt à collaborer en créant un partenariat afin que chacun des domaines puisse profiter des compétences de l'autre, ce qui aurait pour conséquence d'avantager les deux milieux. C'est ainsi que ce deuxième chapitre présente dans un premier temps les concepts importants de la didactique des sciences pour ensuite faire place à ceux de la muséologie scientifique.

2.1 Deux courants théoriques : le constructivisme et le socioconstructivisme

Plusieurs courants théoriques en psychologie se sont penchés sur la question des apprentissages scolaires dont le constructivisme et le socioconstructivisme. « En

éducation, on tend à dissocier deux conceptions du constructivisme : le constructivisme cognitif et le socioconstructivisme. Le premier insiste sur la structuration cognitive de l'individu, le second sur les effets de facteurs socioculturels sur l'apprentissage. » (Fosnot, 1993; Cobb, 1996 dans Legendre, 2005)

2.1.1 Constructivisme

De par ses recherches, on considère que Jean Piaget est le fondateur du constructivisme, « théorie de l'apprentissage qui insiste sur le rôle actif du sujet dans le développement de sa connaissance sur le monde » (Legendre, 2005). L'élève doit construire ses savoirs afin d'apprendre. Dans cette optique, les savoirs ne se transmettent pas. Le jeune se les approprie de différentes manières. En effet, c'est à l'aide de ruptures, de généralisations et de différenciations qu'il les construira. Ainsi, l'élève est responsable de ses apprentissages, car il y est actif. On considère le développement de l'enfant dans cette théorie. « Le comportement du sujet résulte de l'état de sa structure cognitive à chaque moment du développement, celle-ci étant composée d'un certain nombre de schèmes. » (Astolfi, Darot, Ginsburger-Vogel, & Toussain, 1997) Les schèmes résultent « des interactions familières de l'enfant avec les objets qui lui sont ainsi associés à la construction de la pensée commune, suffisante pour permettre l'adaptation aux situations de vie rencontrées ». (Astolfi et al., 2006)

Brossard (2004), faisant référence à Piaget (1969), spécifie qu'il « s'intéresse essentiellement aux mécanismes internes de ces processus ». Dans cet esprit, Weil-Barais (2004) ajoute que selon Piaget, le développement de l'esprit d'un individu dépend de mécanismes à fondement biologique. Le constructivisme implique un : « rôle décisif de l'action de l'enfant dans son apprentissage : c'est ce qui a justifié le développement des théories dites "actives", mais aussi l'attention à la programmation des apprentissages des contenus en fonction du développement de l'enfant » (Reuter, 2007). Dans sa synthèse sur l'enseignement des sciences au primaire, Couture (2002) s'appuie sur la vision de Driver (1995) en ce qui concerne le constructivisme. Elle souligne

l'importance de l'engagement actif de l'apprenant dans la construction de sens à partir de ses propres connaissances. Von Glaserfeld (cité par Cobb, 1995 dans Legendre, 2005) soutient que trois implications découlent du constructivisme :

- «a) la priorité doit être accordée au développement du sens et à la compréhension plutôt qu'à l'entraînement comportemental;
- b) les chercheurs et les enseignants doivent présumer que les actions des élèves sont rationnelles considérant la manière actuelle dont ces élèves tirent du sens des choses et
- c) les erreurs des apprenants et leurs réponses inattendues doivent être vues comme des occasions pour l'état de compréhension des élèves. »

Contrairement aux autres auteurs qui distinguent le constructivisme et le socioconstructivisme, Astolfi et Develay (1989) considèrent qu'il existe trois versions du constructivisme selon les sources : Piaget, Bachelard et Vygotski. Comparant les trois constructivismes, ils considèrent que Piaget est réaliste dans la mesure où il décrit les stades du développement, Bachelard est pessimiste parce qu'il conçoit que les individus doivent reconstruire constamment leurs connaissances et Vygotski, ambitieux, est optimiste parce qu'il favorise la zone proximale de développement et croit à l'ambition éducative de la stimulation intellectuelle suscitée par l'enseignant.

La version piagétienne du constructivisme s'intéresse avant tout au développement et à l'apprentissage d'un individu. Selon Piaget, la construction mentale s'effectue graduellement. Dans ses travaux, il tente de comprendre le fonctionnement cognitif de toutes les personnes, peu importe leur histoire individuelle et à définir les opérations mentales auxquelles ces individus ont recours à un stade donné, peu importe l'activité. Piaget vise à déterminer quels sont « les schèmes de pensée que construisent les enfants et l'adolescent, et par quels stades réguliers s'effectue la genèse du développement intellectuel » (Astolfi & Develay, 1989). Enfin, cette version ne considère pas les interactions sociales.

Le constructivisme de Bachelard vise à expliquer les difficultés rencontrées dans la construction des concepts scientifiques. Il attribue une valeur importante à l'obstacle, qui n'est pas considéré comme une difficulté. Au contraire, l'esprit facilite le transfert

vers une nouvelle explication. « Pour Bachelard, "on naît vieux", de telle sorte qu'apprendre c'est rajeunir en réécrivant le savoir comme sur un palimpseste. La perspective bachelardienne est plus culturelle, avec, au cœur, l'idée d'une rectification de ce qu'on croit savoir. » (Astolfi et al., 2006) De plus, des ruptures épistémologiques s'avèrent nécessaires pour apprendre, car elles permettent une rupture avec le sens commun et, par conséquent, avec ce qu'un individu prétend connaître. Enfin, Bachelard insiste sur la construction intellectuelle des objets par un individu. « Sa formule est célèbre : "Rien ne va de soi. Rien n'est donné. Tout est construit." » (Astolfi et al., 1997)

Accordant une place prépondérante aux interactions humaines et sociales dans l'apprentissage, le constructivisme de Vygotski se distingue des constructivismes piagétien et bachelardien. Selon Vygotski,

« le mouvement fondamental de la pensée va du collectif vers l'individuel. Chaque conquête intellectuelle survient deux fois dans l'histoire du sujet. La première fois, elle est une propriété collective du groupe, puis elle s'intériorise grâce à la maîtrise du langage en devenant la deuxième fois une conquête individuelle. Du coup, le sujet peut être caractérisé, non seulement par son niveau de développement actuel, mais aussi par le niveau de développement potentiel, supérieur au précédent. » (Astolfi & Develay, 1989)

Par ailleurs, d'un point de vue scolaire, l'enseignant doit stimuler intellectuellement les élèves dans la zone proximale de développement, ce qui représente une condition nécessaire pour que l'élève réalise des apprentissages en atteignant un certain niveau de développement. Dans cette perspective, l'école doit stimuler cognitivement les élèves en optimisant leurs potentialités.

2.1.2 Socioconstructivisme

Étant donné que dans le développement d'un individu, la dimension sociale et culturelle est prépondérante selon Vygotski, d'autres auteurs considèrent qu'il est le fondateur d'une théorie ayant une appellation différente : le socioconstructivisme. Legendre (2005) la définit ainsi : « théorie de l'apprentissage qui insiste sur le rôle des

interactions entre le Sujet et son environnement dans le processus actif qui lui permet de développer des connaissances sur le monde ». Le socioconstructivisme insiste également sur « la transmission sociale, les fonctions de médiation (au sens d'intermédiaire prenant en compte les particularités de l'enfant) et de tutelle assurées par les adultes, les médiations sémiotiques » (Weil-Barais, 2004). Couture (2005), faisant référence à de nombreux auteurs, énonce les fondements du socioconstructivisme dans le domaine des sciences : cette position épistémologique favorise le questionnement des élèves tout en considérant leurs conceptions, elle conçoit l'erreur, non pas comme un obstacle, mais comme aide à l'apprentissage, lors de la construction des connaissances, elle encourage la confrontation d'idées et elle fait « ressortir le caractère construit et négocié des connaissances scientifiques » (Couture, 2005).

Vygotski envisage les liens entre apprentissage et développement.

« C'est lors de la construction des capacités – construction des capacités qui s'effectuent entre autre lors des enseignements-apprentissages – que les fonctions psychiques sont amenées à se transformer et à se réorganiser, donc à se développer. Les apprentissages – lieu de construction des capacités – ouvrent des voies, orientent et donnent formes au développement des fonctions psychiques. » (Brossard, 2004)

C'est ainsi que, selon Vygotski, les apprentissages devancent mais aussi occasionnent et provoquent le développement.

Vygotski insiste également sur le concept de zone proximale de développement. Selon cette idée, on suggère aux enseignants d'éviter de proposer aux élèves des tâches trop faciles afin de privilégier des tâches exigeantes « se situant au-delà du développement actuel [de l'élève], tâches qu'il parviendra à résoudre avec l'aide de l'adulte » (Brossard, 2004; Weil-Barais, 2004). Avec l'aide de son titulaire de classe du primaire, l'élève réussira la tâche en fonction de ses capacités et, par conséquent, de sa zone proximale de développement. Propre à chaque individu, cette zone est située entre l'habileté d'un enfant à résoudre un problème seul comparativement à son aptitude lorsqu'il effectue la même tâche avec l'aide de son enseignant. Elle détermine sa capacité d'apprentissage. En 2006, Astolfi *et al.* réaffirment les propos mentionnés précédemment concernant les idées de Vygotski et les complètent. Ils suggèrent

d'« envisager les pratiques expérimentales comme des occasions de stimuler intellectuellement les élèves dans leur zone proximale de développement, zone qui dépasse leurs possibilités conceptuelles du moment mais qui est quand même accessible grâce à la médiation de l'enseignant, du groupe et des activités ».

Dans le milieu scolaire, l'élève peut être appelé à coopérer avec ses camarades afin de construire ses connaissances. Il sera confronté à d'autres idées et d'autres points de vue, ce qui peut engendrer un conflit cognitif, qui permettra l'avancement des connaissances. Couture (2002) ajoute que les élèves peuvent être confrontés à des déséquilibres ou à des conflits qui les amèneront à se dépasser lorsqu'ils interagissent avec les perceptions de leurs pairs. Cela lui permet d'établir un rapprochement avec le progrès scientifique. C'est « un processus discontinu où les remises en question sont à la source de la production de nouvelles connaissances. Le progrès y est présenté comme un dépassement de postulats établis passant par des ruptures nécessaires à la construction de nouveaux savoirs » (Kuhn, 1970 dans Couture, 2002).

Thouin (2004) lie dans son ouvrage l'apprentissage, la maîtrise des compétences et le constructivisme didactique, définit par Astolfi *et al.* (1997).

« L'élève construit son savoir à partir d'une investigation du réel, ce réel comprenant aussi le savoir constitué sous des différentes formes (magistrale, médiatisée, documentaire ...). Il se l'approprie de manière non linéaire, par différenciations, généralisations, ruptures... Cette appropriation du savoir s'appuie sur des constructions très individualisées, mais aussi sur des situations de classe, collectives, où peuvent apparaître des conflits cognitifs, susceptibles de faire avancer la construction des connaissances. »

L'investigation et la découverte seraient au centre de l'apprentissage, lequel représente, selon Bruner (1960), un processus actif qui mise sur la découverte et la manipulation. La résolution de plusieurs types de problèmes est possible grâce à l'acquisition d'une base de connaissances par un sujet; c'est l'apprentissage. On peut affirmer qu'il est facilité lorsque l'élève détient plusieurs préalables. Cette position épistémologique est privilégiée dans le *Programme de formation de l'école québécoise* (2001) et devrait guider les enseignants. C'est dans le même ordre d'idées que le constructivisme et le socioconstructivisme apparaissent. La ligne directrice de ce principe se résume à la

place de l'élève au sein de ses apprentissages scolaires, à la reconstruction et à l'appropriation des connaissances.

Bref, les auteurs témoignent à leur manière de l'importance des positions épistémologiques constructiviste et socioconstructiviste. Elles guident le programme scolaire que les enseignants doivent suivre et appliquer. Chaque auteur souligne la nécessité de placer l'apprenant au cœur de ses apprentissages afin qu'il puisse assimiler correctement les notions enseignées et progresser en fonction de sa zone proximale de développement, ce qui lui permettra de développer des compétences. Afin de favoriser le changement conceptuel, les titulaires de classe du primaire doivent offrir des situations stimulantes qui permettront aux élèves d'élaborer, seul ou avec d'autres, leurs apprentissages. Dans le cadre de ce projet de recherche, tout comme dans le programme d'étude, le constructivisme et le socioconstructivisme représentent deux concepts à la base de l'apprentissage de l'enfant dans un contexte scolaire. Ainsi, lorsqu'on propose des activités scientifiques à des élèves dans une classe du primaire, il faut toujours garder à l'esprit qu'ils doivent être actifs et, subséquemment, avoir la chance de manipuler des outils et des instruments afin de susciter leurs apprentissages dans le domaine des sciences et de la technologie. Le socioconstructivisme de Vygotski rappelle également la nécessité de permettre aux enfants de travailler en équipe afin qu'ils collaborent et confrontent leur point de vue, et ce, en espérant qu'ils favorisent leur plein potentiel, c'est-à-dire leur zone proximale de développement.

2.2 Enseignement et apprentissage des sciences à l'école selon la didactique

En éducation, la didactique est essentielle, car elle étudie les relations entre un sujet, l'élève, un savoir, un concept scientifique ou une notion technologique, et un agent, l'enseignant, et ce, dans un milieu précis : l'école ou la classe. Elle détermine les conditions nécessaires afin de favoriser l'apprentissage des élèves. Il existe plusieurs didactiques, étant donné que chacune d'entre elles se rattache à une discipline scolaire. La didactique des sciences est celle qui concerne le présent projet de recherche. Reuter

(2007) affirme que les didactiques sont « des disciplines de recherche qui analysent les contenus (savoirs, savoir-faire...) en tant qu'ils sont objets d'enseignement et d'apprentissage, référés/référables à des matières scolaires ». Ainsi, les didactiques se distinguent des autres disciplines de recherche parce qu'elles se concentrent sur les contenus des disciplines scolaires et sur les relations entre l'enseignement et l'apprentissage. Sans les disciplines, elles n'existent pas. Les didactiques visent l'amélioration des conditions d'apprentissages des élèves.

Rappelant les propos de Lacombe, Astolfi et Develay (1989) ajoutent que la didactique « ne constitue ni une discipline, ni une sous-discipline, ni même un faisceau de disciplines, mais une démarche, ou plus précisément un certain mode d'analyse des phénomènes de l'enseignement ». D'autres auteurs font état d'une opposition qui perdure depuis plusieurs années entre les didacticiens. Influençant la recherche dans ce domaine, ce débat a des répercussions notamment sur la formation des maîtres et sur l'enseignement en milieu scolaire. Selon la première philosophie,

« la didactique générale est fondamentale et commune à l'ensemble des didactiques spécialisées, celles-ci comprenant entre autres, les didactiques disciplinaires. L'autre défend la nécessaire distinction entre les didactiques, respectivement associées à une diversité de domaines d'apprentissage et d'enseignement et, par conséquent, singulières et inhérentes à ces domaines de savoir et d'intervention » (Laurin & Gaudreau, 2001).

Par ailleurs, la didactique a pour objet d'étude l'acquisition par les élèves des savoirs scolaires liés aux diverses disciplines et, par conséquent, l'instruction. Elle s'intéresse à

« la planification de situations pédagogiques qui favorisent l'apparition, le fonctionnement et la remise en question des conceptions successives de l'élève. La didactique étudie les problèmes particuliers que posent l'enseignement et l'apprentissage de diverses disciplines scolaires et s'intéresse tout particulièrement aux situations d'enseignement et d'apprentissage ; elle s'appuie sur une analyse précise des savoirs » (Thouin, 2009).

Cette définition permet de rejoindre celle de Legendre (2005), car la situation d'apprentissage joue un rôle crucial. La didactique est une « discipline éducationnelle

dont l'objet est la synthèse des composantes et des relations SOMA [c'est-à-dire sujet, objet, milieu et agent] au sein d'une situation pédagogique. [Elle permet] la planification, le contrôle et la régulation de la situation pédagogique ». La définition de la didactique de Brousseau (1978) inclut également le milieu.

« Nous pourrions définir la didactique comme un projet le plus souvent social de faire approprier à un sujet un savoir constitué ou en voie de constitution. Ce projet se manifestera par un contrôle et une modification intentionnelle des relations de l'élève avec son milieu. Seuls les phénomènes relatifs à un tel projet et qui réuniront les deux propriétés suivantes, seront dans le champ de la didactique :

- d'une part, le phénomène ne saurait être compris sans qu'on fasse intervenir la spécificité du savoir;
- d'autre part, il ne saurait être traité sans sortir du domaine de ce savoir. »

Pour favoriser l'amélioration des conditions d'apprentissage, l'enseignant doit planifier des situations pédagogiques. Dans le domaine des sciences, et donc dans ce projet de recherche, les situations doivent posséder certaines caractéristiques afin de favoriser l'évolution des conceptions successives de l'élève, c'est-à-dire le changement conceptuel. À ce sujet, Brousseau (1983, dans Legendre, 2005) indique que « l'objet principal de la didactique est justement d'étudier les conditions que doivent remplir les situations ou les problèmes proposés à l'élève pour favoriser l'apparition, le fonctionnement et le rejet de ces conceptions successives ». Dans cette étude, la didactique des sciences s'intéresse donc à l'optimisation de l'enseignement des sciences ainsi qu'à son apprentissage (Goffard & Weil-Barais, 2005) et permettra de mettre en place les conditions favorables pour l'apprentissage des élèves en classe, mais également au musée.

On peut définir l'enseignement comme étant un :

« ensemble d'activités déployées par les maîtres, directement ou indirectement, afin qu'au travers de situations formelles (dédiées à l'apprentissage, mises en place explicitement à cette fin), des élèves effectuent des tâches qui leur permettent de s'emparer de contenus spécifiques (prescrits par l'institution, organisés disciplinairement)» (Reuter, 2007).

Accompagnateur, guide, médiateur et stimulateur, l'enseignant favorise le questionnement en organisant, en concevant et en proposant des séquences didactiques

aux élèves. « Il doit laisser opérer leur dynamique propre, en profitant de sa relative mise de côté pour observer les élèves en activité. » (Astolfi & Develay, 1989) Il doit également

« devenir habile à intégrer des pratiques éducatives qui laissent place au débat, au jugement critique par les pairs, qui misent sur des processus de construction sociale et de négociation des connaissances par les élèves, et qui initient une réflexion critique quant aux conséquences sociales, environnementales et éthiques des choix scientifiques contemporains » (Bader & Therriault, 2008).

Dans le cadre du *Programme de formation de l'école québécoise* (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001), l'enseignement et l'apprentissage des sciences au primaire se concrétisent souvent par la réalisation de séquences didactiques sous forme de résolution de problèmes. Cette approche vise une meilleure organisation des connaissances par les apprenants. Les enseignants doivent adopter une approche par compétences, où les jeunes sont actifs dans leurs apprentissages, ce qui leur permet de développer « plusieurs stratégies qu'ils considèrent efficaces selon le contexte dans lequel ils se retrouvent » (Falardeau & Loranger, 1993). Présentées sous la forme d'une énigme, les activités de résolution de problèmes ont pour but la remise en question des conceptions initiales, c'est-à-dire des conceptions non scientifiques, des élèves provoquées à l'aide de conflits cognitifs. Astolfi *et al.* (2006) rappellent un auteur à ce sujet : « résoudre un problème, ce n'est pas appliquer un processus élucidé conduisant à coup sûr à un résultat, mais précisément découvrir un chemin de pensée à travers des données, d'une question qui n'est pas toujours posée à une réponse qu'il faut construire ». Ainsi, sous la supervision de la chercheuse, les enseignants de cette étude auront la responsabilité d'offrir des activités qui favorisent l'acquisition de connaissances scientifiques et technologiques ainsi que le développement de compétences.

Dans le domaine des sciences, les didacticiens (Astolfi et al., 1997; Thouin, 1999, 2009) recommandent aux enseignants d'offrir des séquences didactiques en trois étapes : les activités fonctionnelles, les activités de résolution de problèmes et les activités de structuration. Le rôle des *activités fonctionnelles* consiste à amorcer les

séquences didactiques, étant donné qu'elles servent de mise en situation à un problème. Astolfi *et al.* (1997) proposent une définition : « activité, conduite dans le cadre scolaire, qui répond à un besoin affectif ou intellectuel chez l'élève, qui s'inscrit dans son champ culturel, traduisant ainsi les préoccupations de son milieu social et intégrant le quotidien à l'école. Les activités fonctionnelles se déroulent à l'initiative des élèves ». Elles permettent de faire surgir les conceptions initiales des apprenants par l'entremise de discussions. Ensuite, les **activités de résolution de problèmes** visent à répondre à la question du problème en favorisant l'autonomie des élèves. « Toutes les solutions qui permettent de résoudre le problème, ainsi que toutes les approches qui permettent de répondre à une question, à l'intérieur des limites fixées, sont acceptables. » (Thouin, 2009) Étant donné que les jeunes interagissent ensemble, ils réalisent que certaines solutions sont parfois meilleures que d'autres. Enfin, les **activités de structuration** permettent de clore une séquence didactique. Les jeunes peuvent bénéficier d'une synthèse des connaissances acquises lors de l'étape précédente, ce qui permettra de les intégrer. Selon Astolfi *et al.* (1997), elles « permettent une synthèse à partir d'un ensemble de situations de référence, afin de dégager des relations à caractère plus général, c'est-à-dire un savoir ». Les activités de structuration permettent donc d'institutionnaliser les connaissances acquises lors de la séquence didactique. Néanmoins, la chercheuse doit s'assurer que la titulaire de classe du primaire de cette étude proposera des activités similaires à celles offertes dans les écoles du Québec. Étant donné que ce type de séquence d'enseignement est plutôt rare dans les milieux scolaires de par leur longueur et de par leur complexité, il sera tout de même important de conserver les trois étapes suivantes d'une séquence d'enseignement lors de l'expérimentation : préparation, réalisation et intégration. Ces étapes sont d'ailleurs indiquées et proposées dans quelques collections de manuels scolaires québécois au primaire dont Aventure (Éditions Lidec inc.) et Science-tech (Éditions Grand Duc – HRW).

Les séquences didactiques (activités fonctionnelles, activités de résolution de problèmes et activités de structuration) occupent une fonction capitale dans le cadre de la formation scientifique des élèves du primaire. Tout au long de cette démarche, les

jeunes ne doivent pas uniquement être appelés à mémoriser et à formuler des savoirs scientifiques. En effet, la préparation des activités doit s'effectuer en considérant des objectifs autour desquels trois pôles se développent. Le premier vise la familiarisation des jeunes avec les domaines et les objets de la science, tout en considérant ses instruments de mesure, d'exploration et d'analyse. Il est à noter que le second pôle vise le développement de la culture scientifique et les habiletés intellectuelles des élèves en les initiant aux formes de raisonnement et aux démarches scientifiques. Quant au troisième, il les incite à apprendre à se poser des questions, et donc, à réfléchir à des problèmes d'ordre scientifique. Par conséquent, l'apprentissage des savoirs scientifiques découlent de la résolution d'un problème scientifique.

En didactique, Reuter (2007) définit la notion d'apprentissage comme étant « l'apprentissage par les apprenants de contenus d'enseignement (savoirs, savoir-faire, rapports à, etc.) qui fonde les relations entre les éléments du système didactique » alors que Legendre (2005) suggère une autre définition :

« acte de perception, d'interaction et d'intégration d'un objet par un sujet. Acquisition de connaissances et développement d'habiletés, d'attitudes et de valeurs qui s'ajoutent à la structure cognitive d'une personne. Processus qui permet l'évolution de la synthèse des savoirs, des habiletés, des attitudes et des valeurs d'une personne ».

Le premier auteur fait allusion aux contenus d'enseignement par des apprenants alors que le second précise en affirmant qu'un élève développe notamment des habiletés, des attitudes et des valeurs en plus des connaissances. Dans le domaine des sciences et donc dans cette étude, il est important de considérer l'attitude des élèves envers cette discipline dans la mesure où elle favorise leur implication et leur intérêt. « Motivation and attitudes toward science play a critical role in science learning, fostering students' use of effective learning strategies that result in deeper understanding of science.» (Duschl, Schweingruber, & Shouse, 2007) Miller (1998) rappelle les propos de Davis (1935) concernant quatre aspects de l'attitude scientifique : « 1) [elle] est prête à changer d'opinion sur la foi de nouveaux renseignements; 2) [elle] recherche la vérité entière sans préjugé; 3) [elle] maîtrise le concept de la relation de cause à effet ; 4) [elle] fonde systématiquement son jugement sur les faits ». C'est ainsi que l'apprentissage des

sciences chez les élèves varie d'un individu à un autre. Duschl *et al.* (2007) stipulent que l'origine culturelle, linguistique et économique d'un enfant influence son expérience et son apprentissage. Par conséquent, les jeunes arrivent en classe avec différents degrés de confort par rapport au domaine scientifique. Ainsi, lors de l'analyse des données de cette recherche, la chercheuse doit s'assurer de considérer cet élément, car il peut influencer les résultats.

Enfin, l'apprentissage peut être considéré en fonction de deux restrictions (Reuter, 2007): il nécessite une « situation intentionnelle d'enseignement » et il est associé aux « contenus spécifiés disciplinairement », ce qui entraîne cinq caractéristiques liées au milieu scolaire. Tout d'abord, 1) on ne peut pas dissocier l'apprentissage du curriculum scolaire, c'est-à-dire, au Québec, du *Programme de formation de l'école québécoise* (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001) et, par conséquent, de la logique associée à chaque discipline et de l'âge de l'élève. Ensuite, 2) la scolarité est obligatoire pour les jeunes jusqu'à 16 ans au Québec, ce qui contraint l'apprentissage, car il est imposé *a priori* à un individu en raison de son statut scolaire : c'est un élève. De plus, 3) le système didactique dans lequel l'apprentissage est favorisé impose à son tour d'autres contraintes de lieu, de temps et de place. Par ailleurs, 4) on accorde une importance à la dimension formelle de l'apprentissage. Enfin, 5) les enseignants évaluent régulièrement les apprentissages. L'apprentissage rejoint donc le développement de l'apprenant, car il encourage la planification de l'enseignement d'un point de vue didactique et il peut influencer et contribuer au développement du sujet.

Bref, l'enseignement et surtout l'apprentissage des sciences dans une école primaire sont au cœur de ce projet de recherche. La chercheuse doit garder à l'esprit que le but de l'enseignement des sciences et de la technologie réside dans l'évolution des conceptions scientifiques des élèves.

2.3 Représentations, conceptions et changement conceptuel

La démarche didactique permet d'établir le lien entre l'élève et les savoirs. Cette démarche vise à susciter des conflits cognitifs et à favoriser la prise en considération, puis l'évolution des conceptions initiales de l'élève. Avant d'aborder la notion de conception, il convient de spécifier celles de concept, de savoir et de connaissance. Astolfi *et al.* (1997) proposent une définition de la notion de concept : « ensemble d'éléments qui possèdent les mêmes attributs ». Selon ces auteurs, un concept se construit par des ruptures, par une succession de modifications des idées. De son côté, Reuter (2007) affirme qu'un concept est « une construction rendant compte de caractéristiques communes à un ensemble d'objets, de faits ou de phénomènes ». Cet auteur considère que le concept joue un rôle important dans le processus de développement des connaissances. Il ajoute également qu'il est nécessaire de considérer « la sphère de pratique au sein de laquelle ils [les concepts] sont élaborés et utilisés ». Les savoirs sont produits par la communauté scientifique et les concepts en font partie. Les savoirs doivent être neutres et objectifs. La transposition didactique permet d'expliquer la transformation des savoirs scientifiques en savoirs scolaires. Ces derniers représentent une reconstruction et une simplification des savoirs scientifiques. En interprétant les savoirs scolaires, l'élève s'approprie des connaissances. Ainsi, un élève sera confronté entre des savoirs scolaires, construits et travaillés dans le cadre de sa scolarité et des savoirs quotidiens, utilisés dans sa vie de tous les jours. Les didacticiens s'intéressent donc à l'étude des savoirs scolaires, mais également à leur transmission par l'enseignement et à leur construction par l'élève.

L'origine de l'utilisation du terme *représentation* provient d'autres disciplines (psychologie, sociologie, philosophie, etc). Inspiré par la notion de représentation d'Émile Durkheim, Serge Moscovici est l'auteur du concept des *représentations sociales*. Ce concept suppose que tout « individu peut se documenter, se renseigner sur différents sujets de la société et utiliser les savoirs qu'il se construit hors des cadres de référence initiaux pour penser, communiquer ou agir dans le quotidien » (Reuter, 2007). Les représentations concernent plusieurs disciplines, dont les mathématiques. En éducation,

les travaux relatifs aux changements cognitifs ont permis d'apporter un regard nouveau sur les représentations. Le terme *représentation* est général et s'applique à plusieurs domaines, dont celui de la didactique des mathématiques. Toutefois, en sciences, on réfère à quelques termes pour désigner les représentations dont *conceptions* et *misconception* en anglais. La signification du terme *conception* se limite au domaine de la didactique des sciences. Les conceptions peuvent être parfois fausses, car elles ne correspondent pas au concept scientifique, ou parfois vraies. Lorsqu'elles sont vraies, on peut conclure qu'un individu maîtrise alors le concept scientifique, car la modification de ses conceptions a permis l'acquisition de connaissances. Ainsi, les idées qu'une personne a concernant un savoir ou un concept sont en réalité des représentations ou des conceptions, la terminologie variant selon les domaines d'étude. Il importe de retenir que les conceptions ne sont pas des concepts. L'appropriation d'un savoir nécessite une construction personnelle et une réorganisation par rapport aux conceptions initiales d'un individu. Par le fait même, les conditions de la structuration et de l'appropriation des connaissances captivent les didacticiens.

Ce n'est que dans les années 1970 qu'on a affirmé que les concepts et les conceptions ne réfèrent pas au même mode de connaissance (Reuter, 2007). On a constaté que les élèves avaient des conceptions avant même la fréquentation d'une institution scolaire et la représentation est associée à un sujet, ce qui oblige le titulaire de classe du primaire à la considérer étant donné qu'elle peut influencer son apprentissage. En 2006, Astolfi *et al.* affirment que les représentations des élèves constituent des

« alternatives aux notions et aux objectifs des programmes qui s'avèrent très résistantes. Non seulement celles-ci précèdent l'enseignement, ce qui s'accepte assez bien, mais elles l'accompagnent sans céder facilement ... et souvent, hélas, survivent dans la tête des élèves, au terme de la scolarité, université comprise ».

On peut affirmer que les représentations et les conceptions sont liées au constructivisme dans la mesure où l'élève doit être actif dans ses apprentissages et s'approprier les savoirs transmis. Astolfi *et al.* (2006) retiennent qu'il est nécessaire de repenser l'enseignement des sciences et de la technologie et, par conséquent, leur apprentissage, car l'évolution des conceptions nécessite une réelle modification intellectuelle. En effet, une logique

interne les unit et résiste au changement, ce qui crée un obstacle à l'apprentissage. Reuter (2007) confirme en affirmant que « dépasser un obstacle implique pour le sujet la réorganisation d'un fonctionnement qui pouvait lui paraître confortable et efficace lorsqu'il était en place ».

De plus, il est possible que les élèves effectuent des régressions positives en revenant à une conception antérieure. Cela fait partie du changement conceptuel. Couture (2002) explique en citant Nadeau et Désautels (1984) :

« Il ne saurait y avoir de changement conceptuel chez l'élève sans qu'il y ait induction d'un déséquilibre cognitif pertinent. Un déséquilibre cognitif ne saurait vraiment être efficace que si l'élève y trouve vraiment une signification, c'est-à-dire si la différence entre ses attentes et l'information obtenue dans l'interaction est associée à des croyances profondes ».

Dans le même ordre d'idées, il est important de souligner la nécessité de permettre l'évolution des conceptions, c'est-à-dire le changement conceptuel. Les conceptions

« témoignent de modes de raisonnement organisés, qui présentent une certaine pertinence dans l'explication de plusieurs phénomènes naturels, ce qui explique d'ailleurs qu'elles persistent fréquemment jusqu'à l'âge adulte et qu'elles résistent à l'enseignement des sciences tel qu'il est donné actuellement dans la plupart des écoles du monde » (Resnick, 1982 dans Thouin, 2004).

Les conceptions occasionnent de nombreuses difficultés dans la formation scientifique. Par contre, il est inutile de les éviter, les enseignants doivent, au contraire, les faire évoluer.

Étant donné que Reuter (2007) retient la définition suivante « la notion de représentation a été définie pour parler des systèmes de connaissances qu'un sujet mobilise face à une question ou à une thématique, que celle-ci ait fait l'objet d'un enseignement ou pas », il n'est pas surprenant d'apprendre que l'élève arrive à l'école avec des conceptions, c'est-à-dire avant même d'avoir reçu un enseignement. Dans le cadre de ses travaux, Reuter (2007) soutient que Thouin a mis en évidence « une forme de constance, d'invariance dans les représentations de groupes de sujets par rapport à

des thématiques particulières », mais il ajoute que l'analyse des conceptions des élèves nécessite également la considération du côté de « variabilité des réponses en fonction du contexte de production ». Ainsi, les conceptions d'un enfant varient en fonction de la situation dans laquelle il se trouve. On peut donc extrapoler et considérer que les conceptions des élèves ne seront pas forcément identiques à l'école, à la maison ou même au musée. Ceci s'explique par le fait que « plusieurs modèles de pensée, parfois contradictoires, peuvent cohabiter chez un même sujet. Selon la situation, ce sera l'un d'entre eux qui sera mobilisé » (Reuter, 2007). Aussi, la conscience disciplinaire des élèves, c'est-à-dire leurs représentations « quant aux savoirs disciplinaires et à "l'image" de la discipline » (Coulomb, 1993 dans Reuter, 2007) pourrait influencer leurs performances concernant cette discipline. Reuter (2007) termine en mentionnant une mise en garde : l'étude des conceptions d'un élève lors d'une tâche scolaire sont celles auxquelles il a recourues à un moment précis et dans un contexte particulier. On ne peut pas prétendre qu'elles représentent toutes ses connaissances.

En didactique des sciences, Astolfi *et al.* (1997) affirment que l'élève peut faire appel à plusieurs niveaux de formulation en décrivant un même concept scientifique. En effet, ces formulations démontrent à quel point le sujet maîtrise le concept en l'expliquant de façon plus ou moins complexe, c'est-à-dire élaboré. Évidemment, plus un élève progresse dans sa scolarité, plus elles seront en mesure d'évoluer. Ces niveaux de formulation reflètent la transformation de ses conceptions par rapport à un même sujet lors d'une séquence didactique. Deux contraintes surviennent également et affectent ces niveaux, peu importe l'expérience de l'élève : 1) les prérequis d'autres concepts ou d'autres disciplines nécessaires à la compréhension d'un concept scientifique et 2) l'accessibilité de certaines formulations est parfois limitée en fonction des stades de développement de l'enfant.

Bref, les conceptions des jeunes dans le domaine des sciences et de la technologie est au cœur de cette recherche. Le but consiste à les déterminer avant la recherche et à vérifier si elles subissent des transformations après une séquence didactique. Il sera pertinent de décrire leur transformation à l'aide des niveaux de

formulation. Quelques conceptions fréquentes liées aux concepts scientifiques abordés dans le cadre de cette étude sont présentées à la section 2.5.1.3.

2.3.1 Modèles de changement conceptuel

Legendre (2005) définit le changement conceptuel comme étant le « processus par lequel un sujet évolue dans son entendement, dans son intelligence des choses, des situations et des gens ». Il ajoute, en citant Potvin (1998), que

« dans le cadre d'une situation pédagogique, un enseignant tente de faire évoluer la conception primitive d'un sujet à une conception performante. En enseignement des sciences, le changement conceptuel vise, par le biais de stratégies pédagogiques, tel le conflit cognitif, à faire passer l'élève d'une conception scientifique à efficacité restreinte à une conception scientifique à efficacité élargie » (Legendre, 2005).

Il existe de nombreux modèles de changement conceptuel, dont le modèle de base suggéré par Posner, Strike, Hweson et Getzog en 1982. Selon ce modèle, certaines conditions sont nécessaires afin que le changement conceptuel se produise : 1) un élève doit constater que sa conception initiale est incompatible avec un concept scientifique ou une notion technologique, ce qui engendrera une insatisfaction par rapport à sa conception initiale; 2) le nouveau concept enseigné doit lui sembler plausible et intelligible; et enfin 3) il « doit être plus productif que les anciens, en terme d'élégance, d'économie, d'utilité » (Johsua & Dupin, 1999). Bélanger (2008) abonde dans le même sens. « Selon ce modèle, dans l'éventualité où l'élève possède une conception initiale (C) qui est conceptuellement irréconciliable avec la conception scientifique enseignée (C'), C doit être remplacée par C'. » Il signale également qu'il doit y avoir une lutte entre ces deux conceptions afin qu'il y ait apprentissage de la part de l'élève. Ainsi, selon Johsua et Dupin, faisant référence à Driver (1986), le point de départ réside dans la déstabilisation des conceptions des élèves.

Les enfants sont parfois confrontés à des incohérences entre leurs conceptions, avec celles des autres ou encore selon le concept scientifique enseigné : il s'agit d'un conflit cognitif. Couture (2002) abonde dans ce sens. La construction de nouvelles

structures cognitives peut être engendrée par une source de tension créée par un conflit cognitif. Il existe deux types de conflits cognitifs : le conflit de centration et le conflit sociocognitif. Le premier concerne l'élève lorsqu'il constate qu'une ou plusieurs de ses conceptions se contredisent. Le second survient lorsque deux ou plusieurs apprenants réalisent que leurs conceptions diffèrent. Il peut également apparaître lorsque l'enfant observe que ses conceptions sont différentes de celles acceptées par la communauté scientifique. Le conflit de centration correspond donc à une approche constructiviste alors que le conflit sociocognitif rejoint l'approche socioconstructiviste. Fait intéressant, Astolfi *et al.* (2006) ajoutent que le conflit cognitif, selon Piaget (1975), peut permettre l'avancement des connaissances mais également leur régression.

Carey (1985) a également proposé un modèle de changement conceptuel. Il se distingue de celui de Posner *et al.* dans la mesure où elle discrimine deux types d'évolution des conceptions des élèves : les « restructurations faibles » et les « restructurations fortes ». Selon le premier type de restructuration, l'explication d'un concept devient plus précise et plus rigoureuse, c'est-à-dire que l'élève en a tout de même une représentation semblable. Selon le second type de restructuration, la conception du jeune évolue, se distingue et devient contradictoire avec sa conception initiale, ce qui engendre un délaissement de la conception initiale.

Un enseignant doit absolument considérer les conceptions initiales des élèves afin qu'ils construisent leurs savoirs. Giordan, dans un ouvrage conçu en collaboration avec De Vecchi (2000), suggère les étapes à privilégier afin de susciter une évolution des conceptions.

« S'appuyer sur les conceptions des élèves, puisque celles-ci correspondent aux seuls points d'ancrage que nous possédons. Les laisser évoluer tant qu'elles permettent de progresser et jusqu'à ce qu'elles "choquent" l'apprenant. À ce moment là, amener les élèves à les remplacer par une autre représentation plus opératoire ... et les convaincre que celle-ci peut être plus efficace. Ainsi les fausses conceptions peuvent progressivement s'effacer en faisant place à une vision plus réaliste des faits. »

Bélanger (2008) rappelle les propos de Giordan et de Vecchi (1987) : « l'élève doit donc apprendre "avec" et "contre" ses conceptions initiales », c'est-à-dire qu'il doit « faire avec pour aller contre » (Giordan et de Vecchi, 2000). L'apprentissage des élèves dans le domaine scientifique exige beaucoup de temps, étant donné que les élèves doivent considérer leurs conceptions initiales et les modifier en les faisant évoluer, ce qui exige un effort intellectuel considérable.

« André Giordan et Gérard de Vecchi précisent que la conception n'est pas le produit mais le processus d'une activité de construction mentale du réel. Il est coûteux de transformer ces modèles explicatifs, et nettement plus confortable de rester sur des schémas rodés. Ces transformations cognitives demandent du temps. » (Reuter, 2007)

Enfin, le modèle de Giordan s'inspire de la biochimie parce qu'il établit une comparaison entre les transformations « allostériques » des protéines et l'évolution des conceptions des élèves. « De la même façon que certaines protéines peuvent se restructurer sous l'action d'un élément chimique supplémentaire, les conceptions d'un élève peuvent se restructurer à la suite de déséquilibres cognitifs. » (Thouin, 2009)

Le modèle de diSessa intègre la notion de *p-prim*, c'est-à-dire primitive phénoménologique. Selon cet auteur, le terme *p-prim* réfère à des "petits" morceaux de la connaissance intuitive, qu'il définit comme étant « a whole host of ways of knowing that are beyond the stereotypes of knowledge we have culturally institutionalized in school and even in our common sense » (2001). Comme le rappelle Bélanger (2008), « les *p-prim*s sont très nombreuses : il en existe des centaines, voire des milliers ». Par contre, les *p-prim*s, tout comme les conceptions, sont parfois fausses. Néanmoins, qu'elles soient vraies ou en partie fausses, elles peuvent permettre la construction de concepts scientifiques chez l'apprenant. C'est ainsi que le modèle de diSessa stipule que l'évolution des conceptions s'effectue en continuité et non en rupture avec les conceptions initiales.

Se distinguant du modèle précédent et se rapprochant de celui de Carey, le dernier modèle retenu est celui de Vosniadou. Les théories cadres sont au centre de ce

modèle; les concepts étant intégrés dans une théorie. Bélanger (2008) explique davantage les théories cadres :

« Les modèles mentaux sont bien souvent construits sur mesure pour la situation rencontrée: ce sont des structures cognitives de surface et bien souvent temporaires (Vosniadou, 1994, p. 48). Ces modèles mentaux sont déterminés par des éléments cognitifs plus profonds : les théories cadres (framework theory) et les théories spécifiques. Une théorie cadre représente l'ensemble des présuppositions à la base de la compréhension d'un phénomène ».

L'évolution des conceptions des élèves peut s'effectuer soit par un enrichissement ou par une révision. L'enrichissement, considéré comme la forme la plus simple et la plus facile de changement conceptuel, réside dans un « simple ajout de nouvelles informations dans une théorie cadre » (Vosniadou, 1994). La révision, au contraire, nécessite une réelle modification de la théorie cadre, étant donné que les informations, les concepts, les phénomènes présentés sont dorénavant incompatibles avec les conceptions initiales des élèves. Les croyances existantes et les présupposés sont donc révisés, ce qui exige un effort intellectuel. Thouin (2009) confirme ces propos : Vosniadou « décrit l'évolution des conceptions en termes d'enrichissement ou de révision. Un enrichissement est l'ajout de nouvelles informations, sans remise en question d'une "théorie cadre" sous-jacente. Une révision est une modification en profondeur d'une théorie cadre ».

En analysant les différents modèles de changement conceptuel proposés, on constate que l'évolution des conceptions initiales s'effectue soit en rupture ou en continuité avec celles-ci. Les modèles de Carey et Vosniadou présupposent la réorganisation des connaissances, ce qui correspond à une rupture des conceptions initiales. Contrairement à ces deux auteurs, diSessa considère qu'il suffit d'organiser les conceptions des élèves; il privilégie la continuité. Enfin, Giordan affirme qu'il faut à la fois les prendre en compte, mais également les faire évoluer, ce qui constitue un paradoxe. Ainsi, peu importe si l'on croit que l'on doit favoriser la continuité ou la rupture des conceptions initiales, il est capital de les considérer afin de permettre aux élèves de construire leurs savoirs, et ce, même dans cette étude. La chercheuse devra être consciente de cette importance.

2.4 Triangle didactique : situation pédagogique en éducation

Plusieurs auteurs ont étudié les relations qui unissent un enseignant, un élève et des savoirs. Chevallard (1991) (voir Figure 2) fait allusion au triangle didactique alors que Reuter (2007) (voir Figure 3) réfère au système didactique et Legendre (2005), (voir Figure 4) à la situation pédagogique.

Selon Chevallard, dans le contexte scolaire, le triangle didactique se compose de trois pôles (enseignant, élève et savoirs) et de trois relations. La première relation lie l'élève et l'enseignant : c'est le contrat didactique. La seconde se situe entre l'enseignant et les savoirs et concerne la transposition didactique. Enfin, la dernière relation est la plus importante et se retrouve entre les savoirs et l'élève : c'est la démarche didactique qui favorise une meilleure compréhension des conceptions.

Figure 2 : Le triangle didactique en éducation selon Chevallard (1991)

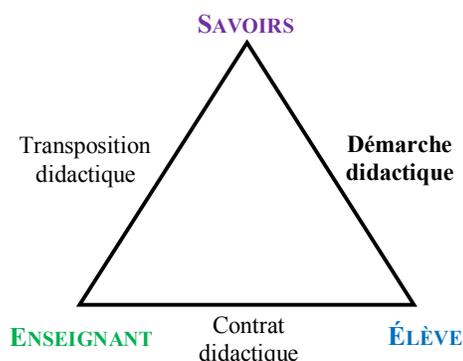
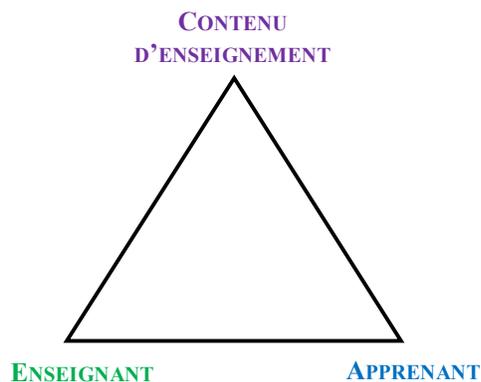


Figure 3 : Le système didactique en éducation selon Reuter (2007)

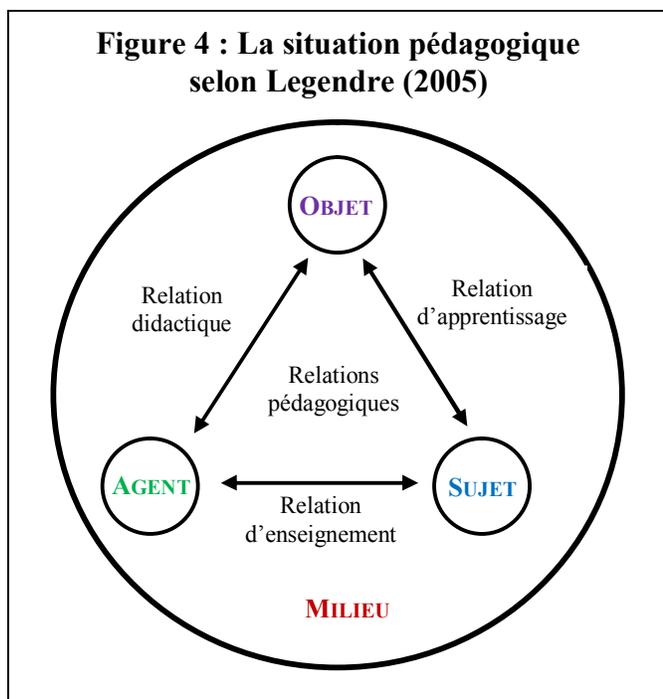


Par ailleurs, selon Reuter, la notion de système didactique constitue un « système de relations qui s'établissent entre trois éléments : le contenu d'enseignement, l'apprenant, l'enseignant » et est représenté par le triangle didactique. On peut affirmer que ces deux modèles ont plusieurs points en commun, car ils se présentent sous

forme de triangle qui possède trois pôles (l'enseignant, l'élève ou l'apprenant et les savoirs ou le contenu d'enseignement) et des relations qui les unissent.

Le modèle de la situation pédagogique de Legendre a pour « objet d'études [...] l'éducation qui consiste en un écosystème social, composé de quatre sous-systèmes interreliés (sujet, objet, agent et milieu), chacun d'eux nécessitant la participation de personnes, le déroulement d'opérations et la disponibilité des moyens ». Ce modèle fait référence à un agent, à un sujet et à un objet et à quatre relations biunivoques qui les lient (relation didactique, relation d'apprentissage, relation d'enseignement et relations pédagogiques).

Dans cette perspective, le modèle de Legendre possède certaines similitudes avec les modèles précédents. Contrairement aux autres auteurs, Legendre, tout comme Brousseau (1978, 1986), considère un nouvel élément : le milieu. Il élargit par conséquent son champ d'application à d'autres contextes. Ce modèle peut donc s'appliquer dans un contexte scolaire mais également muséal, ce qui est



particulièrement intéressant pour ce projet de recherche étant donné que le milieu d'apprentissage et, par conséquent, le contexte varie. La comparaison sera plus facile si le même modèle, c'est-à-dire celui de Legendre (2005), est appliqué.

2.4.1 Pôles du triangle didactique

2.4.1.1 Savoirs, contenu d'enseignement et objet

Les savoirs font partie des contenus d'enseignement et d'apprentissage et Reuter (2007) définit ces derniers comme étant « tout ce qui est objet d'enseignement et

d'apprentissage et qui constitue les savoirs qui sont enseignés et les connaissances que construisent les élèves au fil du temps ». Ainsi, selon cet auteur, les savoirs réfèrent à un construit social et historique, objectivé, dépersonnalisé et décontextualisé de la connaissance. La définition épistémologique et philosophique de Legendre (2005) semble appropriée : « somme des connaissances spécifiques à une discipline ». Enfin, l'objet constitue l'«objectif ou [l']ensemble d'objectifs d'une situation pédagogique; l'une des quatre composantes d'une situation pédagogique ». On peut affirmer que Reuter, et Chevallard, envisagent ce pôle comme étant des connaissances liées à une discipline et que l'élève, ou l'apprenant, doit les acquérir. Quant à Legendre, il considère plutôt que l'objet est un objectif d'apprentissage.

2.4.1.2 Élève, apprenant et sujet

L'enfant qui fréquente l'école peut posséder différentes appellations : *élève*, *apprenant* ou *sujet*. Le terme *élève*, utilisé par Chevallard est un terme «générique qui englobe toute personne qui poursuit des études à quelque ordre d'enseignement que ce soit » (Legendre, 2005). Le terme *apprenant* auquel Reuter a recours réfère à « toute personne qui apprend ou qui est engagée dans l'acquisition de nouvelles connaissances, habiletés et attitudes. Statut d'une personne en cheminement d'apprentissage » (Legendre, 2005) alors que le terme *sujet*, utilisé par Legendre (2005) en didactique, concerne un « élève, étudiant, apprenant dans une situation didactique ». Dans le milieu scolaire, le sujet ou l'apprenant est l'élève.

Reuter (2007) ajoute quelques précisions concernant ce pôle. D'un point de vue didactique, l'apprenant est l'élève, mais peut également être « tout sujet didactique en situation d'apprentissage ». Toutefois, tous ces termes réfèrent à des acteurs qui sont restreints par des relations d'enseignement ou d'apprentissage liées à des savoirs concernant des disciplines, et ce, au sein une institution scolaire. Ces relations occasionnent certaines restrictions pour le sujet. Tout d'abord, il possède un statut, celui d'élève ou d'apprenant, car la relation à laquelle il se doit de participer se situe dans une

école primaire. Le sujet possède également des droits et des devoirs, mais on lui attribue également un « métier d'élève ». La relation d'enseignement et d'apprentissage est influencée par la pédagogie, ce qui oblige l'élève, ou le sujet pédagogique, à se comporter et à étudier d'une certaine manière. Enfin, la relation est structurée selon la discipline enseignée, ce qui implique des manières d'agir et de penser spécifiques à chacune d'entre elles.

Dans cette étude, le terme élève sera désigné aux sujets qui effectueront l'expérimentation. Ils fréquentent une école primaire au deuxième cycle du primaire.

2.4.1.3 Enseignant et agent

Selon la didactique, l'enseignement est

« l'ensemble des activités déployées par le maître, directement ou indirectement, afin qu'au travers de situations formelles (dédiées à l'apprentissage, mises en place explicitement à cette fin), des élèves effectuent des tâches qui leur permettent de s'emparer de contenus spécifiques (prescrits par l'institution, organisés disciplinairement) » (Reuter, 2007).

Le titulaire de classe au primaire est donc responsable de son enseignement et doit considérer notamment ce qui est prescrit par le curriculum afin d'effectuer des choix pédagogiques pertinents et de construire des situations didactiques qui favorisent l'apprentissage chez l'élève. Ainsi, l'enseignant peut désigner, au sens restreint, le professionnel dans une institution scolaire. Au sens large, il peut représenter

« tout sujet didactique qui, dans un système didactique (scolaire, universitaire, professionnel, privé) accomplit intentionnellement un acte destiné à apprendre quelque chose à quelqu'un; l'enseignant, dans ce cas, désigne donc aussi bien l'enseignant au sens strict que le formateur ou n'importe quel sujet engagé dans une relation avec un apprenant et un contenu d'enseignement » (Reuter, 2007).

Cette définition permet donc de lier l'enseignant à un groupe d'élèves dans une institution scolaire, mais également un éducateur qui anime une visite muséale à un groupe scolaire. Dans la même perspective, Legendre (2005) fait allusion à l'agent, qui

est « l'ensemble des ressources humaines, matérielles et pédagogiques offertes au sujet dans une situation pédagogique ». L'agent peut donc correspondre aux enseignants, mais également aux éducateurs, ce qui est approprié pour cette recherche. Les termes enseignants et éducateurs seront utilisés pour désigner le lien de chaque individu avec leur milieu respectif.

2.5 Éducation muséale

La compréhension de l'apprentissage des visiteurs dans les musées est capitale, voire essentielle à la survie de ces institutions et c'est d'ailleurs l'objet de cette recherche. Hooper-Greenhill (1994b) confirme en ajoutant que la raison d'être des musées est l'éducation. Il s'avère essentiel de comprendre l'éducation muséale, tout en ayant à l'esprit que l'éducateur muséal a la responsabilité de cette éducation et prend pour appui les lignes directrices de la pédagogie muséale.

Au Québec, l'éducation muséale est la préoccupation première du Groupe d'intérêt spécialisé sur l'éducation et les musées (GISEM). Cette association effectue des recherches depuis 1993 et regroupe des chercheurs canadiens provenant de différentes universités. Certains s'intéressent au domaine des arts, d'autres aux sciences humaines, mais peu au domaine des sciences.

Plusieurs auteurs s'intéressent à l'éducation muséale et tentent de définir ce concept. Selon Paquin (1998), « l'éducation muséale se caractérise par une expérience directe avec l'objet, dont la mise en exposition permet d'exprimer la réalité partielle d'un fait, d'un concept ou d'une idée. De plus, l'éducation muséale fait intervenir plusieurs disciplines afin de replacer l'objet dans son contexte ». Allard et Boucher (1998) formulent également une définition de l'éducation muséale : « ensemble de valeurs, de concepts, de savoirs et de pratiques dont le but est le développement du visiteur » qui se distingue de celle de Cohen (2001) :

« toute activité propose autour des expositions, ou portion d'exposition, utilisant d'autres formes que l'exposition elle-même. Il est possible de

distinguer les animations et les autres formes de visites, en fonction de l'utilisation exclusive ou non des formes de l'exposition. De plus, une animation, même lorsqu'elle est proposée à des groupes scolaires, est réalisée par un acteur muséal : l'animateur. [...] Elle peut être introduite par l'utilisation de moyens imaginés et adaptés pour susciter un comportement de la part des visiteurs durant la visite. »

Contrairement à Cohen et à Allard et Boucher, Paquin distingue trois conceptions de l'éducation muséale : 1) la déscolarisation du musée, 2) la parascolarisation du musée et 3) l'harmonisation des ressources muséo-scolaires. Selon la première conception, le musée ne se soucie pas de créer des liens avec l'école ou encore de lui offrir des services éducatifs, car il s'adresse au grand public qui regroupe une variété de visiteurs. Il offre deux types de visites : la visite libre ou la visite guidée. Cette première conception concerne souvent les petits musées, car ils manquent de ressources financières et humaines ce qui les empêche d'offrir un service éducatif plus élaboré. La deuxième conception stipule que les musées de plus grande envergure (moyen et grand musée) se préoccupent du milieu scolaire en lui offrant une gamme de programmes éducatifs. Ces institutions conçoivent « des programmes éducatifs en fonction de leurs collections et dont les retombées ne constituent pas nécessairement un complément à l'enseignement dispensé à l'école » (Paquin, 1998). Selon l'auteure, on retrouve une variété d'activités dans ce type de musée : ateliers de manipulation, démonstrations de la part de spécialistes, présentations audiovisuelles ou documents écrits. Enfin, selon la dernière conception, les musées essaient d'harmoniser leurs ressources éducatives à celles de l'école. Pour ce faire, le personnel de ces musées crée des programmes éducatifs en fonction de leurs collections, mais en tenant compte également des programmes d'études. Au Québec, la plupart des musées de grande, de moyenne et de petite envergures favorisent cette conception, car ils désirent rejoindre le public scolaire et, par conséquent, augmenter considérablement le nombre de visiteurs de leur institution. Allard, Larouche, Meunier et Thibodeau (1998) précisent que Martinaud (1991) et Forest (1991) désignent une nouvelle conception qui s'ajoute aux trois précédentes : « celle de permettre à l'élève de vivre des démarches d'apprentissage qui ont un sens et de faciliter le développement d'habiletés intellectuelles généralement peu favorisées en classe. C'est la centration sur la démarche intellectuelle ».

L'acteur sur lequel repose la responsabilité de l'éducation muséale est l'éducateur. Selon la taille des musées, il est possible que la personne responsable des programmes éducatifs soit un bénévole. Toutefois, dans le cadre de ce projet de recherche, on considère que c'est un employé qui a été engagé à des fins pédagogiques. Talboys (2000) définit l'éducateur muséal :

« any member of the museum staff who has specific responsibility for organizing and delivering educational services, as well as ensuring that education as a function of the museum is kept to the fore in discussion and planning. This person may not necessary be an education specialist and may have other responsibilities within the museum as well».

Tran (2006) complète la définition en proposant quelques détails supplémentaires. Les éducateurs muséaux « refer to those paid staffs working in museums with education responsibilities that predominantly involve face-to-face interactions with the public ». Cette auteure souligne également qu'il y a une diversité de responsabilités associées aux employés qui ont un rôle éducatif dans les musées : le développement des expositions et des programmes éducatifs ainsi que l'interaction avec le public.

Le but des éducateurs est de créer une relation entre le musée et ses publics tout en considérant trois types d'équilibre concernant l'éducation (Hooper-Greenhill, 1994b). Le premier équilibre se situe entre les besoins de l'institution et les besoins du public : les éducateurs doivent créer des expositions éducatives concernant l'ensemble des collections du musée, tout en offrant des activités liées au programme d'études des écoles. Le deuxième équilibre concerne l'offre éducative proposée à ses différents publics, c'est-à-dire autant les groupes formels (groupes scolaires du préscolaire et du primaire notamment) et les groupes informels (groupes de touristes par exemple). Enfin, le troisième équilibre réside dans une multitude de formes et une variété de présentations dans le musée et dans la communauté, ce qui pourrait inclure des ateliers, des formations aux enseignants ou même un musée mobile.

L'éducateur doit se doter de principes clés pour l'élaboration des activités éducatives. La pédagogie muséale répond à ce besoin et se définit comme étant un :

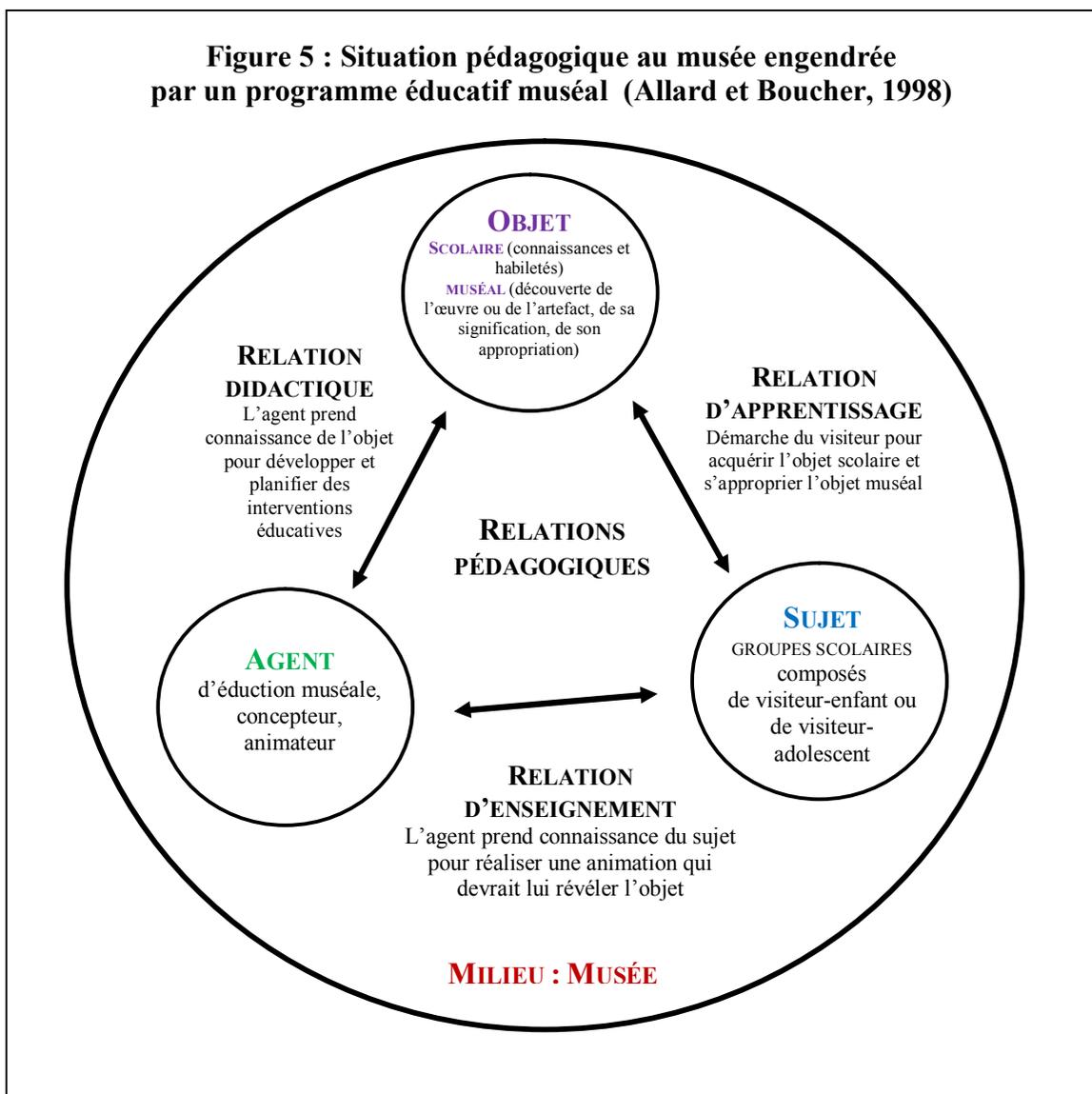
«cadre théorique et méthodologique au service de l'élaboration, de la mise en œuvre et de l'évaluation d'activités éducatives en milieu muséal, activités dont le but principal est l'apprentissage des savoirs » (Allard et Bouchard, 1998). Ansart (1991) spécifie que la pédagogie muséale « vise à faire découvrir des univers différents, des mondes éloignés ou très éloignés de l'expérience dans le temps et dans l'espace ». Elle a pour but de susciter avant tout le plaisir muséal (gain affectif) et également l'apprentissage (gain cognitif). Uniquement l'évaluation de l'apprentissage fait l'objet de cette étude.

Bref, l'éducation muséale joue un rôle important dans ce projet de recherche étant donné qu'elle énonce les concepts clés en muséologie et témoigne de l'importance de l'éducation dans ce domaine.

2.5.1 Modèle théorique de la pédagogie muséale

À la base du modèle théorique de la pédagogie muséale, se trouve la situation pédagogique proposée par Renald Legendre (2005) (voir Figure 4) dont les lignes directrices ont été abordées précédemment (consulter au besoin la section 2.4). Lorsque le modèle de la situation pédagogique est engendré par un programme éducatif, on obtient un autre modèle, celui de la situation pédagogique au musée engendrée par un programme éducatif muséal (voir Figure 5). Boucher (1994) a développé ce modèle théorique dans sa thèse de doctorat et il concerne l'apprentissage des élèves au musée. C'est un « cadre théorique et méthodologique au service de l'élaboration, de la mise en œuvre et de l'évaluation d'activités éducatives en milieu muséal, activités dont le but principal est l'apprentissage des savoirs (connaissances, habiletés et attitudes) chez le visiteur » (Allard et Boucher, 1998).

Figure 5 : Situation pédagogique au musée engendrée par un programme éducatif muséal (Allard et Boucher, 1998)



2.5.1.1 Milieu

La Biosphère de Montréal est le musée qui a été retenu dans cette recherche et il sera le milieu de l'animation pédagogique. Dans le cadre de la situation pédagogique au musée scientifique engendrée par un programme éducatif, le milieu comporte plusieurs caractéristiques. En effet, il représente l'exposition muséale qui regroupe des objets de nature scientifique ou technologique. Normalement, l'exposition s'accompagne de cartels, de graphiques ou d'illustrations afin de fournir des explications au visiteur et lui

assurer une meilleure compréhension des objets exposés. Le visiteur se déplace selon une séquence conçue par les concepteurs de l'exposition en fonction des buts instructifs ou esthétiques. De plus, Alexander (1982 dans Allard & Boucher, 1998) rappelle qu'une

« exposition se compose de plusieurs exhibits, appelés aussi unités de présentation donc chacun réunit des objets qui inspirent, informent et incidemment divertissent. L'exhibit établit la communication avec le public. Il propose au visiteur un message, c'est-à-dire un savoir. Il est conçu de manière à favoriser la réception du message par le visiteur ».

2.5.1.2 Sujet

Les situations pédagogiques offertes au musée s'adressent à une multitude de publics, de différents âges, milieux et groupes. Le sujet est donc le visiteur ou le groupe de visiteurs pour lesquels une situation pédagogique a été conçue. Dans les études concernant l'éducation muséale, les visiteurs sont classés selon deux façons : selon leur niveau de développement physiologique (visiteur-enfant, visiteur-adolescent, visiteur-adulte, visiteur-aîné), puis selon des regroupements sociaux (visiteur solidaire, le groupe organisé, la famille). Dans le cadre de ce projet de recherche, il s'agit d'un groupe d'élèves du deuxième cycle du primaire, ce qui représente des visiteurs-enfants d'un groupe qui est organisé.

2.5.1.3 Objet

L'objet concerne les objectifs d'apprentissage formulés pour le sujet visant le visiteur par le biais d'une intervention éducative. Les objectifs peuvent être d'ordre cognitif, affectif, psychomoteur. Leur formulation est générale ou spécifique. Les objectifs sont également liés au contenu des collections et ils peuvent varier selon le type de musée (scientifique, art, sciences humaines).

Dans le cadre de cette étude, sept concepts scientifiques sont abordés sous différents angles : le temps (d'un point de vue météorologique), l'air, les saisons, le cycle de l'eau, les instruments météorologiques, les phénomènes météorologiques extrêmes et les changements climatiques. Une brève présentation des concepts scientifiques précède l'énumération de quelques conceptions fréquentes liées à ces concepts. Fait intéressant, Henriques (2002) soutient que plusieurs conceptions fréquentes sont liées à la religion.

Le concept du *temps* comprend 1) les prévisions météorologiques, 2) les précipitations et 3) l'observation du temps. Tout d'abord, les *prévisions météorologiques* permettent d'obtenir des informations sur le temps et la température que les météorologues prévoient à court et à long termes. Ensuite, les *précipitations* regroupent à la fois la pluie, la neige, la grêle et le verglas. C'est d'ailleurs ce qu'on indique dans le curriculum. Enfin, l'*observation du temps*, tout comme les prévisions météorologiques, nécessitent qu'on fasse appel au temps, mais également à la température. Des auteurs (Bar, 1989; Henriques, 2002; Philips, 1991) ont étudié les conceptions fréquentes liées au temps. Par exemple, des individus imaginent que les nuages bougent lorsqu'ils se déplacent (Stepans & Kuehn, 1985). Certains enfants peuvent penser que la pluie provient des trous dans les nuages ou de la transpiration des nuages. Certains croient également qu'il pleut lorsque les nuages sont secoués (Philips, 1991) ou s'ils se rencontrent (Bar, 1989). Lorsque les nuages sont trop lourds, il peut aussi pleuvoir (Stepans & Kuehn, 1985). Thouin (2008) indique une autre conception fréquente liée au temps : les météorologues choisissent et déterminent le temps.

L'*air est composé* 1) d'oxygène, 2) d'azote et 3) d'autres gaz, 4) de la vapeur d'eau, mais aussi 5) de la fumée et 6) de la poussière. La titulaire de classe a fait remarquer aux élèves que les avions et les oiseaux se retrouvent dans l'air, mais ne le composent pas. Les conceptions fréquentes des enfants relatives à l'air sont variables. Par exemple, certaines personnes ont tendance à croire que « l'air contient une proportion importante de dioxyde de carbone », que « l'atmosphère est composée principalement d'oxygène » (Thouin, 2008), que l'atmosphère est constituée uniquement

d'air (P. S. Smith & Ford, 1996) ou encore que l'air et l'oxygène représentent une seule entité (Stepans, 1994).

Le concept des *saisons* a été abordé sous trois angles différents : l'identification, la cause et les changements observables lors des saisons. *L'identification* se limite à quatre mots du langage scientifique : printemps été, automne et hiver. Ensuite, la *cause* des saisons est liée directement à l'inclinaison de 23° de l'axe de rotation de la Terre par rapport à une perpendiculaire à son plan de rotation autour du Soleil. Au Québec, on retrouve quatre saisons par année. La conception stipulant que les saisons sont causées par la distance entre la Terre et le Soleil (Henriques, 2002; Philips, 1991; Kenneth. J. Schoon, 1989; K. J. Schoon, 1995) est sans doute la plus fréquente. Une autre conception prétend que les saisons se déroulent aux mêmes moments dans les deux hémisphères (Nord et Sud) (Thouin, 2008). Enfin, on observe plusieurs *changements* dans un arbre au fil des saisons. De façon générale, au printemps, il y a des bourgeons et les feuilles repoussent dans les arbres. Les feuilles des arbres sont vertes l'été, alors qu'elles sont colorées (jaunes, oranges, rouges) à l'automne. Lors de cette dernière, elles deviennent même brunes, parce qu'elles tombent, sèchent, puis se décomposent. À l'hiver, les arbres n'ont pas de feuille.

Dans le *Guide de l'enseignant* créé par la Biosphère (2006a), on indique que : « En un an, la Terre parcourt une orbite autour du Soleil tout en tournant sur elle-même. Les saisons se suivent parce que chaque hémisphère est penché tantôt du côté du Soleil, tantôt du côté opposé. » Cette explication manque de précision et démontre un niveau de formulation peu complexe, et ce, même si le public cible est constitué d'enseignants. De plus, un énoncé figure à la Fiche 3 : « Savais-tu que... les saisons existent parce que la Terre tourne autour du Soleil ? » Cette affirmation, même si elle s'adresse à des élèves du primaire, est incomplète, voire erronée. Son niveau de formulation est beaucoup trop simpliste et manque de rigueur. Il faudrait au moins spécifier que la Terre est inclinée. Sinon, avec le même énoncé, on peut également déclarer que la Terre tourne pendant 365 jours autour du Soleil, ce qui correspond à une année. Il n'est pas question uniquement de révolution.

Le **cycle de l'eau** comprend plusieurs étapes dont : 1) *l'évaporation* de l'eau sous forme gazeuse dans l'atmosphère, 2) la *condensation* de cette vapeur, ce qui forme des nuages, 3) les *précipitations* sous différentes formes (pluie, neige, verglas et grêle) ainsi que 4) *l'infiltration* de l'eau dans le sol et le *ruissellement* jusqu'à un cours d'eau. La **formation des nuages** est donc une des étapes du cycle de l'eau. Les nuages sont composés de gouttelettes d'eau ou de particules de glace. Enfin, quatre **nuages** ont été distingués lors de l'animation : 1) le *cumulus* (couleur : blanc; forme : variée, comme des « moutons » ; annonce le beau temps), 2) le *cumulonimbus* (couleurs : blanc et majoritairement gris; forme : gros et plusieurs hauteurs; annonce le mauvais temps), 3) le *cirrus* (couleur : blanc; forme : cheveux d'ange/crayon de cire; annonce le beau temps) et le *stratus* (couleur : gris; forme : ciel couvert; annonce le beau et le mauvais temps).

Les conceptions fréquentes des enfants concernant le cycle de l'eau sont variables et nombreuses. Par exemple, le cycle de l'eau implique la congélation et la fusion de l'eau. Brody (1993) relate une étude de McJunkin (1991) selon laquelle les élèves du primaire n'utilisent pas des termes scientifiques (évaporation et condensation) lorsqu'ils expliquent le cycle de l'eau et ils ont une perception plutôt abstraite de ce concept scientifique. Une autre conception liée au cycle de l'eau stipule que l'eau évaporée provient uniquement des lacs et des océans (Henriques, 2002). De plus, la formation des nuages est un concept scientifique qui engendre plusieurs fausses conceptions et les exemples qui suivent le démontrent. Les nuages se remplissent avec de l'eau de la mer (Henriques, 2002), ils sont créés par Dieu (Bar, 1989; Dove, 1998), les nuages se réapprovisionnent dans la mer, les nuages se forment par l'ébullition de l'eau de la mer par le Soleil ou des bouilloires, les nuages composée de fumée, sont faits de coton ou de laine (Philips, 1991).

Six **instruments météorologiques** ainsi que leur **fonction** respective ont été exposés : 1) le *nivomètre*, qui mesure la quantité de neige tombée au cours d'un certain laps de temps, 2) le *pluviomètre*, qui mesure la quantité de pluie tombée au cours d'un certain laps de temps, 3) *l'anémomètre* détermine la vitesse du vent alors que 4) la

girouette indique la direction du vent, 5) le *baromètre* mesure la pression atmosphérique, 6) *l'héliographe* détermine le nombre d'heures d'ensoleillement au cours d'une journée et 7) le *filtre à air* permet d'évaluer la qualité de l'air et les polluants qu'on y retrouve notamment.

Les instruments météorologiques font l'objet de peu d'études. Notons simplement que Thouin (2008) indique une conception fréquente liée à ce concept : l'instrument le plus utile pour prévoir le temps est le thermomètre.

Pour les phénomènes météorologiques extrêmes, la chercheuse a indiqué les informations qui ont été transmises aux élèves par l'animatrice. **L'orage**, phénomène météorologique, est en réalité « de l'électricité et l'éclair (...) vient souvent avec le tonnerre » (propos de l'animatrice). Lorsqu'il y a du tonnerre, on entend un bruit parce que l'air est tellement chaud qu'il explose. La foudre est un terme qui désigne à la fois l'éclair et le tonnerre. Lorsqu'il y a un orage, il se peut qu'il y ait de la **grêle**, ce qui est une forme de précipitation. Très rapide, la **tornade** se mesure selon cinq forces. Au Québec, on a des tornades de force 1 ou 2, alors qu'aux États-Unis, il peut y en avoir de force 5. De courte durée et très localisée, la tornade apporte de la pluie, mais peu. Beaucoup plus destructeur que la tornade, l'**ouragan** peut s'échelonner sur une longue période de temps (plusieurs heures) et se déplace sur une très grande superficie. Détruisant tout sur son passage, il apporte beaucoup de pluie, ce qui crée des inondations. Il est à noter que le cyclone et l'ouragan réfèrent au même phénomène météorologique, le premier se déroule dans l'océan Pacifique et le second, dans l'océan Atlantique. L'ouragan a besoin de beaucoup d'évaporation d'eau et prend forme dans les mers chaudes, alors que la tornade prend forme sur le continent et nécessite une très basse pression afin de favoriser l'évaporation. Une tornade se forme lorsqu'une grande quantité de vapeur sur le sol est aspirée vers le haut et qu'elle rencontre un vent froid.

Polito, Tanner et Monterverdi (2008) dénoncent le manque de recherches concernant les conceptions fréquentes liées aux phénomènes météorologiques. D'ailleurs, une étude effectuée par Lewis (2006) indique les conceptions des sujets âgés

entre 17 et 58 ans, mais aucune fausse conception n'y est présentée. Enfin, dans son livre, Thouin (2008) a identifié deux conceptions concernant les phénomènes météorologiques extrêmes. Tout d'abord, il précise que « les éclairs et le tonnerre sont causés le choc des nuages » et que « les ouragans et les tornades sont des phénomènes semblables ».

Grâce à l'effet de serre, la vie sur la Terre est possible. Sans ce phénomène, cette planète serait inhabitable, car les températures seraient trop basses. Il suffit de bien *définir* ce concept pour mieux comprendre son impact. La chaleur du Soleil atteint la Terre et lorsqu'elle rencontre la croûte terrestre, elle est réfléchiée et retourne dans l'atmosphère. Des gaz permettent de retenir une partie de la chaleur en la conservant dans l'atmosphère, ce qui rend la vie sur la Terre possible. Toutefois, une forte augmentation de ces gaz, les GES, cause le réchauffement de la Terre. Plusieurs *causes* sont considérées : 1) les déchets, 2) les usines, 3) les activités agricoles et 4) la combustion de l'essence/diesel. Le réchauffement de la planète se manifeste par des changements climatiques, ce qui entraîne de lourdes *conséquences* environnementales : fonte des glaces, sécheresse, disparition d'espèces, présence de plus en plus d'événements météorologiques extrêmes, etc. Plusieurs *gestes pour diminuer l'émission de GES* sont possibles et se présentent selon quatre sphères : 1) *l'énergie* (éteindre l'ordinateur lorsqu'il est inutilisé et surveiller l'utilisation des luminaires et des thermostats), 2) les *déchets* (diminution des ordures, favoriser le recyclage, réduire la consommation et réutiliser), 3) le *transport* (privilégier transport en commun) et 4) la *nourriture* (éviter le suremballage).

Il existe également des conceptions concernant l'effet de serre et le réchauffement de la planète. Dans son article, Henriques (2002) en nomment quelques-unes : le réchauffement climatique et l'effet de serre sont identiques dans la mesure où ils évoquent la même chose, les serres représentent la source principale de l'augmentation de la température sur la Terre, puis l'effet de serre est un phénomène mauvais et finira par causer la mort de tous les êtres vivants.

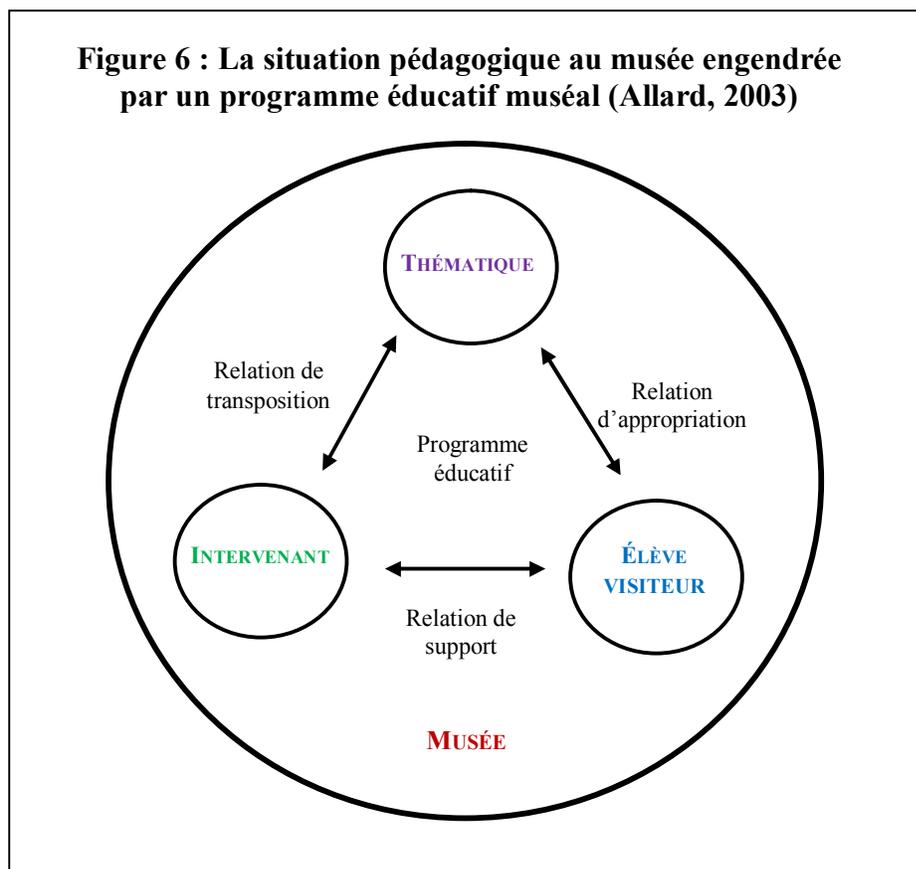
2.5.1.4 Agent

Au musée, l'agent désigne la personne qui facilite l'apprentissage de l'objet par le sujet. L'agent sélectionne les moyens et les approches les plus appropriées pour le sujet, les organise et les planifie de manière à favoriser l'apprentissage. Il lui apporte également une assistance selon son niveau de développement (Legendre, 1983 dans Allard et Boucher, 1998). Par conséquent, le principal agent, facilitateur d'apprentissage, est l'éducateur. Dans cette optique, la Société des musées québécois collaborait en 1989 avec le ministère de la Main-d'œuvre et de la Sécurité du revenu afin d'établir un devis de formation professionnelle de l'éducateur de musée. Ils ont décrit les tâches propres aux éducateurs des musées : effectuer des recherches (10%) ; mettre au point la programmation (10%) ; développer le matériel didactique (30%) ; assurer la réalisation de la programmation (25%) ; gérer ses activités (20%) et voir au rayonnement de la profession (5%) (Trudel, 1991).

Selon les principales composantes de ce modèle, il est évident que les musées représentent un contexte et un environnement différent de la classe. La sortie éducative s'avère un excellent moyen d'observation directe permettant à l'élève de percevoir des aspects du réel qui lui échappent habituellement (MEQ, 1983 dans Allard et Boucher, 1998).

Poursuivant leurs analyses, Allard et Boucher (1998) ont utilisé le modèle proposé par Legendre (1983, repris en 2005) et ont élaboré un supra-modèle des actions éducatives mises en œuvre conjointement par le musée et l'école (voir Figure 6). Dans cette figure, on constate que le milieu est le musée. « Tout est planifié pour fournir des explications au visiteur et l'orienter au gré des concepteurs de l'exposition. » (Allard et Boucher, 1998) Il est également important de spécifier que l'intervenant désigne la personne qui facilite l'apprentissage de la thématique par l'élève visiteur. Il est donc un membre du personnel du musée. C'est lui qui sélectionne les moyens et les approches les plus appropriés pour l'élève, les organise et les planifie de manière à favoriser l'apprentissage chez le sujet. De plus, au musée, la thématique concerne les objectifs

d'apprentissage que l'intervenant formule pour l'élève visiteur. C'est le « thème unificateur de tous les objets réunis dans un musée à des fins de collection, de recherche, d'exposition et d'éducation » (Allard, Larouche, Meunier et Thibodeau, 1998 dans Allard, 2003).



Par ailleurs, toutes les relations de la situation pédagogique gravitent autour du programme éducatif. Il est défini comme étant « l'ensemble des activités d'interprétation et/ou de diffusion organisées par le personnel d'un musée à des fins éducatives à l'intention d'un groupe particulier de visiteurs » (GREM, 1994 dans Allard, 2003). La relation d'appropriation lie l'élève-visiteur à la thématique et est particulièrement pertinente pour cette recherche. C'est une relation qui permet au visiteur de s'approprier intellectuellement, affectivement ou imaginativement un objet du musée et cette étude s'intéresse à la transformation des conceptions et donc, au volet intellectuel de ce processus. Aussi, la relation de support se situe entre l'élève visiteur et l'intervenant. C'est « l'aide apporté directement ou indirectement au visiteur de musée

dans sa démarche d'appropriation » (Allard *et al.*, 1998 dans Allard, 2003). Enfin, la relation de transposition, entre la thématique et l'intervenant, est le résultat d'une « adaptation de la thématique d'un musée à la capacité d'appropriation du visiteur » (Allard, Larouche, Meunier et Thibodeau, 1998 dans Allard, 2003). En somme, ce modèle repose sur une très bonne connaissance de la capacité d'appropriation du visiteur et fournit plusieurs éléments nécessaires pour la création de situations pédagogiques au musée.

Bref, toutes les notions abordées par le modèle de la situation pédagogique au musée engendré par un programme éducatif ainsi que celles du triangle didactique en enseignement peuvent être associées, ce qui est fort intéressant dans cette recherche étant donné qu'on tisse des liens entre le domaine de l'éducation et le domaine muséal. Ainsi, on peut espérer former un modèle qui permette une meilleure interaction entre l'école et le musée, une collaboration entre les professionnels des deux milieux (école et musée) à des fins pédagogiques au service de l'élève et de sa culture personnelle (voir le modèle interactif en contexte muséo-scolaire à la Figure 7 – Annexe 1).

2.5.2 Services et programmes éducatifs des musées scientifiques élaborés à l'intention des groupes scolaires

Larouche et Allard (1996) proposent une définition du programme éducatif en fonction des quatre composantes de la situation pédagogique de Legendre.

« Toute activité d'interprétation ou de diffusion offerte à un groupe de visiteurs (sujet); se déroulant en tout ou en partie au site (milieu); visant des fins éducatives qu'elles soient d'ordre cognitif (faits, concepts, habiletés, etc.), d'ordre affectif (attitudes, comportements, etc.) ou d'ordre sensitif (objet); nécessitant l'implication d'un membre du personnel du site à l'une ou à l'autre des phases d'élaboration, d'exécution ou d'évaluation avec ou sans la collaboration de personnes ressources (agent). »

Ainsi, les programmes éducatifs peuvent stimuler non seulement des apports cognitifs, mais également affectifs et sensitifs. Dans le domaine des sciences, la prise en

considération de ces trois apports est importante, ils jouent un rôle clé dans l'appréciation de ce domaine.

Paquin (1997) indique qu'il existe deux types de programme éducatif muséal. Le premier, qualifié de directif, propose aux groupes scolaires une visite guidée du musée et complétée, possiblement, par une visite libre des lieux. Ce type de programme éducatif permet la transmission et la sensibilisation de connaissances liées aux collections du musée scientifique. Le deuxième programme éducatif, qualifié de participatif, implique la participation active des élèves lors d'une visite muséale. Une variété d'activités correspondent à ce type de programme, dont les jeux de découverte, les jeux questionnaires, les excursions de type rallye dans le musée. Pour aider les élèves, on leur remet un guide personnel (c'est-à-dire un livret, une brochure ou des feuilles imprimées offrant des informations, des questions et des illustrations) afin de faciliter la visite. L'animation pédagogique de la Biosphère sélectionnée correspond à ce type de programme éducatif.

D'un point de vue général, les services éducatifs offerts dans les musées varient d'une institution à l'autre, car leur structure peut avoir différents niveaux et aspects (Talboys, 2000). Allard (2002) et Hooper-Greenhill (1994b) répertorient les activités éducatives offertes par les institutions muséales : feuillets, visites commentées, enseignement dans une salle d'exposition du musée, conférences, ateliers, démonstrations, aire ou module d'animation, animation théâtrale, fêtes pour enfants, jeux, trousse pédagogique, audio-guides, vidéos/films, site Internet, disque optique compact, ressources éducatives destinées aux enseignants ou aux élèves, affichages à court terme permettant d'offrir des ateliers aux enseignants ou aux élèves, événements de grande envergure (populaires, mais nécessitant beaucoup de temps de préparation et de conception) ou encore le musée mobile. Les musées regorgent donc de créativité et proposent une multitude d'activités éducatives au grand public.

Dans les musées scientifiques, on propose également une multitude de services éducatifs aux groupes scolaires. De plus en plus, les musées désirent arrimer ces services aux programmes d'études (H. Lefebvre, 1997). Danilov (1982) considère qu'il

Il y a trois catégories de services éducatifs au sein de ces musées : 1) les activités éducatives de base, 2) les services de sensibilisation destinés aux écoles et 3) les programmes éducatifs. Chacune de ces catégories implique une variété de services. Les activités éducatives de base (1) correspondent à l'interprétation des expositions, aux démonstrations scientifiques, à des leçons, à des ateliers, à des cours, à des conférences, à des films, à des visites muséales, à des spectacles multimédias et à des services de bibliothèque. Les services de sensibilisation destinés aux écoles (2) regroupent des publications éducatives, du matériel audiovisuel, du matériel d'emprunt, des expositions itinérantes, des démonstrations scientifiques, des programmes d'enrichissement et des formations destinées aux enseignants. Enfin, les programmes éducatifs (3) proposent des programmes destinés au préscolaire, des études indépendantes, des stages, des programmes de théâtre, des foires, des symposiums scientifiques, des sentiers dans la nature, des camps de vacances, des expositions à l'extérieur du musée, des programmes complémentaires pour les écoles, des événements spéciaux et des programmes diffusés à la radio ou à la télévision.

Les programmes scientifiques se définissent en tant que programmes organisés et planifiés pour des groupes scolaires (classe) dans les musées scientifiques (Price & Hein, 1991). Les groupes scolaires peuvent profiter des visites organisées et le personnel de l'institution muséale se prépare à chacune de ces visites en fournissant les lignes directrices du programme éducatif.

Ces concepts jouent un rôle important dans cette étude. La chercheuse y a même recours dans le cadre d'une activité avec une classe du primaire afin de déterminer si les conceptions initiales des élèves, qui visitent un musée scientifique dans le cadre d'une séquence didactique et qui bénéficient d'une animation pédagogique, évoluent.

2.5.3 Visite scolaire et apprentissage dans les musées scientifiques

Afin de favoriser le caractère éducatif d'une visite muséale, l'expérience devrait être à la fois intellectuelle, et si possible, manuelle (Hein, 1998). Herbert *et al.* (1995) mentionnent que « la visite au musée se doit d'être une expérience aussi intellectuellement enrichissante qu'émotionnellement satisfaisante ». Elle doit offrir des défis et stimuler le visiteur. De plus, Hein ajoute qu'il n'est pas suffisant que l'expérience soit animée, vivante et intéressante, elle doit être organisée pour être éducative. Il y a donc un besoin de comprendre les expériences muséales pour que les muséologues puissent élaborer des programmes adéquats. Dans cette optique, les visiteurs pourront apprendre et grandir à partir de leurs expériences muséales. On désire donc augmenter la valeur éducative de cette expérience.

Tran (2006) affirme qu'il y a deux logiques concernant les pratiques d'enseignement au musée. La première logique stipule que la visite muséale se déroule dans des lieux inconnus de la part des élèves et constitue une pause dans la routine scolaire. Plusieurs auteurs qu'elle cite expliquent cette première logique. « Les éducateurs, leurs leçons et l'environnement d'apprentissage font partie des éléments qui sont nouveaux pour les étudiants et, par conséquent, ont le pouvoir d'attirer l'attention et la curiosité. » Les activités éducatives de l'environnement muséal jouent donc un rôle fondamental de sensibilisation et d'éducation auprès du public scolaire. La deuxième logique relate le fait que les enseignants et les élèves ont un rôle à jouer pour favoriser l'apprentissage. Les activités et les discussions effectuées avant, pendant et après la visite muséale ont un effet sur les gains (cognitif et affectif) des élèves.

Selon Danilov (1982) et Hooper-Greenhill (1994b), l'organisation des visites scolaires nécessite une préparation de la part du musée et de l'école. Le musée doit offrir aux enseignants des outils leur permettant d'obtenir les informations nécessaires quant à leur programme éducatif, c'est-à-dire le titre et le résumé de l'activité, les objectifs pédagogiques d'ordre cognitif et affectif, le matériel et les situations d'apprentissage (Allard & Boucher, 1991). Le musée doit également mettre à leur disposition ses

coordonnées et ses procédures de réservation. De son côté, l'enseignant a quelques responsabilités : il doit consulter les ressources du musée scientifique, mais il doit également préparer sa classe. Avant d'y amener son groupe, il devrait visiter préalablement le musée choisi, si possible, afin de découvrir les différents services éducatifs offerts par cette institution. Cette visite permet également de découvrir les objectifs et les potentiels de l'expérience muséale liée à une exposition. Au musée, il a la responsabilité de s'enregistrer, de bénéficier du programme muséal tout en surveillant le repas des élèves ou encore le magasinage dans la boutique du musée. De retour en classe, il a la responsabilité de faire un retour avec les élèves concernant les connaissances acquises lors de la visite muséale.

Dans cette perspective, plusieurs auteurs sont unanimes quant à l'importance de situer la visite scolaire au sein d'une démarche didactique afin de favoriser les gains cognitifs et affectifs chez les élèves. Allard et Boucher (1991) et Paquin (1997) affirment que le programme éducatif d'un musée comporte des activités de préparation en classe, des activités au musée et des activités de prolongement en classe. Par conséquent, la visite muséale s'inscrit dans une démarche en trois moments (avant, pendant, après). Il est recommandé, selon Hooper-Greenhill (1994b), de proposer aux élèves des activités de préparation à la visite muséale en classe, à l'école. Elles s'effectuent en trois temps afin de maximiser l'expérience muséale des élèves : 1) rappel des préalables relatifs à la thématique et à la visite au musée, 2) introduction à la thématique et 3) préparation de la sortie au musée. Les enseignants doivent également prendre en considération certains aspects liés à la visite : description des activités, horaire des activités et organisation matérielle.

Dans la mesure du possible, il importe de soutenir les élèves pendant la visite. Dans cette optique, il est recommandé que l'enseignant considère sept principes afin de les guider lors de la visite au musée.

- « 1) Favoriser la cueillette d'informations,
- 2) inciter l'élève à une participation active,
- 3) conférer un aspect ludique aux activités,
- 4) prévoir des moments de relâche,
- 5) prévoir des activités propres au musée,

- 6) viser l'atteinte d'objectifs diversifiés et
- 7) réserver une attention particulière à l'accueil. » (Allard et Boucher, 1991)

Le soutien des enseignants envers les élèves durant la visite « tout comme leur intérêt personnel a une influence significative à long terme sur l'attitude des élèves » (Jarvis & Pell, 2005). L'attitude des élèves reflète donc celle de l'enseignant (Griffin & Symington, 1997).

Enfin, les enseignants doivent offrir des activités d'intégration après la visite afin de consolider les apprentissages (Hooper-Greenhill, 1994b). Elles permettent d'analyser les informations apprises lors de la visite muséale et d'en faire une synthèse. Rennie et McClafferty (2001) stipulent que les meilleurs résultats éducatifs proviennent d'une bonne préparation, une visite organisée, mais souple et quelques activités de suivi à l'école. L'étude menée par Anderson, Lucas, Ginns et Dierking (2000) démontre que les activités de post-visite ont favorisé la construction et la reconstruction des conceptions des élèves concernant les concepts scientifiques présentés ainsi que les principes illustrés dans l'exposition scientifique du musée. L'étude souligne également l'importance de la part des enseignants, mais également du personnel des musées scientifiques, de proposer des activités pré-visite et post-visite aux élèves. Cette précaution a des conséquences sur l'évolution des conceptions scientifiques des élèves, mais également concernant les conceptions alternatives qui peuvent être produites ou renforcées lors d'une visite à un musée scientifique. Poursuivant leur recherche, Anderson et Lucas (2001) ont énoncé certains principes concernant les activités post-visite afin qu'elles favorisent l'apprentissage.

- 1- «Post-visit activities (PVA) should be built upon student's experiences during their visit to the museum and their pre-existing knowledge, understandings, and related learning experiences so as to consolidate and/or extend their understanding of the themes portrayed in the galleries and their classroom-based curriculum.
- 2- PVA should be designed in the light of contextual constraints of implementation time, preparation time, availability of resources, and the educational contexts in which students and teachers operate within and beyond the formal school environment.
- 3- PVA should be related to students' museum experiences and to the broader school-bases or other curriculum connected to those museum experiences.

- 4- PVA should be designed so they can encourage the teacher to respond flexibility to students' emerging and developing understandings and to avoid the PVAs being simply prescriptive in their approach.»

Griffin et Symington (1997) proposent des lignes directrices concernant la visite muséale scolaire.

- 1- « Integrate the museum visit with a classroom-based learning unit.
- 2- Use a learner-centered approach in which the students are finding answers to their own questions, rather than their teacher's or the museum's questions.
- 3- Encourage students to gather further questions while at the museum. That is, use the museum visit to stimulate interest in finding out more about a topic.
- 4- Apply natural learning methods and behaviors used by informal groups (such as family groups) to the program developed for a school class. For example, allow an orientation period and decreasing detailed examination of exhibits over the time of the visit.
- 5- Develop learning styles, approaches, and strategies that recognize the importance of social interaction.
- 6- Recognize the need for students and teachers to adapt to this different type of learning setting. »

Ces différents principes rejoignent quelques pistes suggérées en éducation par Thouin (2009). En effet, la visite muséale devrait être intégrée au sein d'une séquence didactique. Les problèmes abordés dans le domaine des sciences et des technologies devraient provenir des questions des élèves et non de celles des enseignants. La participation active des élèves est également au cœur du *Programme de formation de l'école québécoise* (ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec, 2001). Cette recommandation renforce la pertinence d'envisager la séquence didactique comme cadre organisateur pour l'intégration d'activités au musée dans ce projet de recherche.

Dans une étude globale ayant pour sujet la perception des élèves concernant les visites muséales, Birney (1981, dans Falk & Dierking, 1992) considère que la structure des visites produit des changements significatifs dans l'apprentissage et le comportement des élèves. Les visites plus structurées permettent un gain cognitif alors que les visites libres, c'est-à-dire moins dirigées, engendrent des gains affectifs. Certains aspects nécessitent des précisions. « Un objectif d'ordre cognitif peut porter sur l'acquisition de connaissances, la compréhension de concepts ou la maîtrise d'habiletés

intellectuelles ou techniques. Un objectif d'ordre affectif peut porter sur le développement d'une attitude positive, un sentiment ou une valeur. » (Allard et Boucher, 1991) La force d'une exposition scientifique réside dans son caractère affectif (Flexer & Borun, 1984). Dans l'étude de Birney, les enfants ont formulé quelques remarques liées à leur expérience muséale.

- « 1) Ils ont apprécié apprendre de nouvelles connaissances,
- 2) ils ont préféré échanger des informations avec les autres visiteurs, notamment leurs pairs, qu'avec les guides,
- 3) ils ont défini des endroits spécifiques et des conditions favorables pour l'échange d'informations et
- 4) ils n'ont pas aimé certains aspects sociaux des musée, tel que le nombre élevé de visiteurs, ce qui a empêché l'acquisition de certaines informations. » (Falk et Dierking, 1992)

Falk et Dierking (1992) ont défini huit principes généraux s'appliquant aux groupes organisés, dont les groupes scolaires. Ils constituent le cadre d'organisation pour la planification des programmes éducatifs. Les trois premiers principes sont directement liés au contexte personnel, les principes quatre et cinq, au contexte social et les trois derniers, au contexte physique de l'expérience muséale.

1. « The visitor's pre-visit agenda will strongly influence in-museum behavior and learning.
2. Visitors have different learning styles, and their previous experiences affect their learning de lessons in the museum.
3. Visitors make sense of what they experience in the museum in a concrete way.
4. Organized trips are social events; visitors come accompanied by friends, teachers, and, often, family members.
5. Museum professionals have a tremendous impact on the quality of museum experience.
6. Although some group leaders will plan a trip to see one particular collection or exhibition, most group members will want to see the whole museum.
7. For many visitors, a changed attitude is the major outcome of an organized museum visit.
8. Many museums present such a wealth of stimuli that visitors may suffer de sensory overload. » (Falk et Dierking, 1992)

Ces trois contextes (personnel, social, physique) ne sont pas constants ou stables, mais ils évoluent tout au long de la vie d'un individu (Falk & Dierking, 2000) et constituent les éléments de base du modèle d'apprentissage contextuel, qui s'applique au milieu muséal (Falk & Storksdieck, 2005).

Les visites dans les institutions muséales scientifiques peuvent engendrer des apprentissages chez les élèves. En effet, les enfants apprécient beaucoup se retrouver dans un environnement où ils peuvent toucher du matériel, participer à une activité scientifique et observer des animaux et des objets (Price et Hein, 1991). Les programmes muséaux offrent la possibilité aux élèves en difficulté de s'engager dans une expérience qui mènera à la réussite. Les enseignants sont souvent surpris de découvrir qu'ils connaissent certains aspects de la science en profondeur, ce qui change parfois la perception de leurs élèves ainsi que leurs capacités. Enfin, les enseignants soulignent que les élèves travaillent en coopération et comprennent mieux certains concepts grâce à l'interaction avec leurs pairs et à leurs échanges. Ils apprennent de nouvelles façons de travailler ensemble. Cette remarque est également applicable pour les séquences didactiques offertes à l'école. Lors des expériences et des manipulations, les enfants sont souvent amenés à travailler en équipe et à avoir recours à la coopération.

Les connaissances et les habiletés sociales acquises lors des visites éducatives ont un impact durable sur les élèves (Talboys, 2000). Un usage régulier des musées améliore l'éducation des élèves ainsi que leur plaisir d'apprendre. Par conséquent, ceux qui ont apprécié leur éducation sont les plus enclins à continuer, à faire usage des musées dans cette perspective et à les considérer comme des lieux de loisir et de plaisir (Talboys, 2000). L'expérience muséale demeure une expérience marquante à long terme. Dans une étude effectuée en 1984, les étudiants ont trouvé la visite d'une exposition plus agréable, plus intéressante et plus motivante qu'une leçon en classe (Flexer et Borun, 1984). Il faut toutefois considérer que la recherche a été effectuée il y a déjà 25 ans. Il y a sans doute une amélioration considérable concernant l'enseignement des sciences dans les écoles. Néanmoins, l'expérience de visite muséale est mémorable pour les enfants et a des conséquences sur leur vie (Falk et Dierking, 1997).

La présentation de ces concepts démontre clairement que plusieurs auteurs (Anderson & Lucas, 2001; Anderson et al., 2000; Griffin & Symington, 1997; Hooper-Greenhill, 1994a; Jarvis & Pell, 2005) insistent sur la nécessité que l'enseignant qui visite un musée dans un but éducatif prépare ses élèves afin de favoriser l'apprentissage. De même, après la sortie, des activités d'intégration sont également profitables parce

qu'elles permettent d'effectuer un retour sur la visite et d'institutionnaliser les apprentissages des élèves. Ces trois étapes, préparation, réalisation et intégration, s'intègrent parfaitement dans le cadre d'une séquence didactique et cette démarche a été retenue dans le cadre de ce projet de recherche.

2.5.4 Évaluation de l'apprentissage dans les musées scientifiques

Afin de déterminer si les élèves ont appris lors d'une visite muséale, il est possible de leur administrer deux questionnaires dont un d'ordre cognitif et un autre d'ordre affectif.

« Le questionnaire d'ordre cognitif a pour but de mesurer le degré d'atteinte par les élèves des objectifs visés par le programme éducatif. Les énoncés doivent refléter le contenu du programme. Certains énoncés porteront sur des faits, d'autres sur des habiletés et quelques-uns sur les concepts. Le nombre d'énoncés de chacune de ces catégories doit être en fonction de l'importance relative des objectifs visés.» (Allard et Boucher, 1991)

Afin de déterminer les attitudes de l'élève face au domaine des sciences et des technologies et face au musée, les enseignants doivent soumettre un questionnaire d'ordre affectif.

« Nous définissons l'attitude à l'égard du musée comme une disposition positive ou négative de l'élève à l'égard d'un environnement nouveau qu'est pour lui le musée. Elle traduit son degré d'appréciation de ce lieu. Une attitude à l'égard d'une discipline scolaire se manifeste par l'intérêt de l'élève envers cette discipline. » (Allard et Boucher, 1991)

Il est à noter que les énoncés de ce questionnaire doivent être courts et faciles à comprendre par les élèves. Ils auront à déterminer s'ils sont favorables ou défavorables à l'égard du musée et du domaine des sciences et des technologies. Les domaines affectif et sensitif sont importants lors d'une visite muséale dans un musée scientifique et jouent un rôle capital dans l'apprentissage et la compréhension des sciences (Pedretti, 2002). Dans cette étude, la chercheuse, avec l'aide des enseignants, a administré aux élèves un prétest et un post-test comportant uniquement des énoncés d'ordre cognitif afin de vérifier si les conceptions des élèves se modifient lors de la séquence didactique.

Les questions sont liées à sept concepts scientifiques : le temps (au sens météorologique), l'air, les saisons, le cycle de l'eau, les instruments météorologiques, les phénomènes météorologiques extrêmes et les changements climatiques.

Cette recherche vise donc à répondre à la *question* : « *Quel est l'impact d'une animation pédagogique de la Biosphère sur certaines conceptions d'élèves du deuxième cycle du primaire ?* ». Pour ce faire, *l'objectif* consiste à *décrire la transformation de certaines conceptions des élèves*.

3. MÉTHODOLOGIE

Les recherches qui unissent à la fois la didactique des sciences et les animations pédagogiques offertes dans les musées scientifiques sont rares et plusieurs auteurs (Girault, 2003b; Paquin & Allard, 1998; Piscitelli & Anderson, 2001) ont remarqué cette insuffisance. De par leurs recherches au Canada, le Groupe d'intérêt spécialisé sur l'éducation et les musées se préoccupe avant tout des musées d'arts, puis des sciences humaines, alors que les musées scientifiques font l'objet de peu d'études (Allard et al., 2006).

3.1 Type de recherche et approche méthodologique

Afin de dresser un bref aperçu des pratiques concrètes et actuelles dans les domaines scolaire et muséal, la chercheuse a privilégié une approche qualitative et la méthode favorisée est l'étude de cas, de type exploratoire. En effet, des élèves d'une classe dont l'enseignante a accepté de faire partie de l'étude ont été sélectionnés et la chercheuse a réalisé une analyse approfondie de ce cas particulier, ce qui permet une meilleure compréhension de la complexité du changement conceptuel. Plusieurs auteurs (Johnson & Christensen, 2004; Karsenti & Demers, 2004) soulignent d'ailleurs que ce type de recherche est tout à fait approprié en éducation.

3.2 Objectif

On peut qualifier cette étude de cas d'intrinsèque (Stake, 1995) dans la mesure où elle vise à vérifier un objectif : déterminer l'impact d'une animation pédagogique de la Biosphère, située au sein d'une séquence didactique, sur certaines des conceptions scientifiques des élèves de la deuxième année du deuxième cycle du primaire. Pour atteindre cet objectif, les sujets d'une classe du primaire ont visité la Biosphère, un

musée scientifique situé à Montréal, et ont assisté à l'animation pédagogique offerte par une éducatrice de ce musée, c'est-à-dire une animatrice.

3.3 Déroulement de la recherche

La région métropolitaine regorge de musées scientifiques : que ce soit les quatre Muséums nature (qui incluent le Biodôme, le Jardin botanique, l'Insectarium et le Planétarium de Montréal, la Maison de l'arbre, annexée au Jardin botanique), le Centre des sciences, la Biosphère, le musée Armand-Frappier et le Cosmodôme. La chercheuse a d'abord établi l'offre éducative de ces musées scientifiques en rencontrant les responsables éducatifs de ces musées et a découvert la variété qu'on y retrouve. Dans le choix du musée à sélectionner pour effectuer une recherche, la chercheuse a déterminé deux critères prioritaires : 1) le contenu scientifique doit correspondre à celui du curriculum et 2) l'animation pédagogique doit s'inscrire au sein d'activités pré-visite et post-visite puisqu'une abondance de recherches (Allard & Boucher, 1991; Anderson & Lucas, 2001; Griffin & Symington, 1997; Hooper-Greenhill, 1994b; Rennie & McClafferty, 2001) démontrent l'importance de ce type d'activités. Pour favoriser les apprentissages, les élèves doivent donc être préparés à une visite muséale, mais en plus ils doivent bénéficier d'un retour en classe après la visite. Bref, cette visite doit s'intégrer au sein d'une séquence didactique. En fonction de la clientèle visée, c'est-à-dire le deuxième cycle du primaire, un musée s'est clairement démarqué de par la richesse du contenu scientifique traité lors de son animation pédagogique, mais en plus de la qualité des activités offertes en pré-visite et en post-visite : la Biosphère. La chercheuse a donc choisi ce musée dans le cadre de cette recherche.

3.3.1 Portrait de la Biosphère

Située sur l'île Sainte-Hélène, la Biosphère est aujourd'hui un musée de l'environnement et le rappel de son histoire, tant architecturale que muséale s'impose.

Le dôme géodésique est un symbole architectural pour les Montréalais depuis l'Exposition universelle de 1967. Attraction majeure, cette structure métallique accueillait à l'époque le pavillon des États-Unis. Après cet événement, ce lieu a servi à des fins populaires et récréatives. En 1991, Environnement Canada et la Ville de Montréal signent un accord pour l'aménagement de la Biosphère, qui se doit être un lieu consacré « à la mise en valeur, à l'observation, à l'éco-action et à la recherche sur l'eau et l'écosystème Grands Lacs – Saint-Laurent » (Biosphère Canada, 2005). La structure interne a été réaménagée en fonction de sa nouvelle vocation. L'inauguration officielle de la Biosphère a eu lieu le 5 juin 1995 et c'est le premier musée consacré à l'eau au Canada. En 2005, on y renouvelle l'ensemble de sa programmation éducative ainsi que ses espaces publics. Ludiques, les expositions visent un public âgé entre 5 et 17 ans ainsi que leur famille. Elles abordent des thématiques actuelles liées notamment aux changements climatiques. En 2007, la mission régionale de la Biosphère s'élargit au reste du Canada, qui devient un musée de l'environnement, le seul en Amérique du Nord. En 2008, cette institution offre une exposition extérieure sur l'Arctique, en l'honneur de l'Année polaire internationale. En 2010, la Biosphère célèbre son 15^e anniversaire et souligne l'Année internationale de la biodiversité. Les enjeux environnementaux liés à l'air et à l'eau, au développement durable, aux changements climatiques, à la consommation responsable et à la biodiversité sont au cœur de ses expositions, de ses animations et de sa programmation. C'est un exemple en matière d'éducation relative à l'environnement et son expertise est reconnue dans ce domaine.

En matière d'éducation, ce musée environnemental regorge de programmes éducatifs pour les élèves du préscolaire, du primaire et même du secondaire et ont pour mission de sensibiliser ce public à l'éducation relative à l'environnement. À la Biosphère, une animation s'adresse au préscolaire et cinq autres sont destinées au primaire. Une se consacre à chacun des cycles et deux autres animations sont multi-niveaux. Ainsi, trois animations s'offrent à la clientèle du deuxième cycle du primaire : *Le secret de Gilgamesh*, *Laissez-vous raconter l'eau* et *Noël vert*. Les enseignants des deuxième et troisième cycles du primaire peuvent s'engager avec leurs élèves dans le Projet Agent X qui se réalise en classe et qui vise uniquement les écoles du Québec. Le

but consiste à relever des missions environnementales liées à la réduction de l'émission des gaz à effet de serre. La Biosphère propose également des projets destinés aux élèves du préscolaire, du primaire et du secondaire qui se concrétisent en milieu naturel. Ce sont des programmes de surveillance écologique afin de protéger des milieux naturels. Enfin, les enseignants peuvent également enrichir leurs connaissances scientifiques en assistant à un atelier de formation ayant pour sujet l'un des thèmes suivants : l'énergie, les changements climatiques, l'eau ou la forêt. L'équipe éducative s'assure de faire valider ses activités et ses documents pédagogiques par un groupe composé d'enseignants et d'enfants.

Les animations, dont *Le secret de Gilgamesh*, sont créées en fonction du curriculum afin que les enseignants puissent établir des liens concrets entre les concepts scientifiques abordés à la Biosphère et les savoirs essentiels du *Programme de formation de l'école québécoise* (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001). Par conséquent, un titulaire de classe qui visite ce musée avec son groupe peut facilement réinvestir les notions traitées au sein des activités proposées en pré-visite et/ou en post-visite par la Biosphère ou encore dans le cadre d'un projet ayant pour thématique l'environnement.

Dans le cadre de cette étude, les activités de la séquence didactique sélectionnées sont celles proposées dans le *Guide de l'enseignant* (Biosphère Canada, 2006a). La *Fiche descriptive* (Biosphère Canada, 2006b) illustre les liens entre l'animation pédagogique et le curriculum. Ces deux documents sont fournis par la Biosphère aux enseignants qui visitent le musée avec leur groupe scolaire. Avec l'aimable autorisation de la Biosphère, le *Guide de l'enseignant* figure à l'Annexe 2 et la *Fiche descriptive*, à l'Annexe 3.

3.4 Échantillon

L'échantillon a été formé par ce que Lecompte et Preissle (1993) qualifient d'un groupe naturel puisque ce sont des élèves d'une classe de deuxième année du deuxième cycle du primaire qui ont été sélectionnés par la chercheuse et cette classe existait indépendamment de la recherche. Le personnel de la Biosphère a facilité la recherche d'une classe pour la chercheuse étant donné que la responsable des réservations scolaires lui a transmis la liste des classes et des écoles qui visitaient ce musée et qui avaient sélectionné l'animation pédagogique *Le secret de Gilgamesh* au cours d'une certaine période de temps. Des contraintes de temps ont fait en sorte que la chercheuse a retenu des élèves d'une seule classe, la seule disponible lors de la collecte de données.

Étant donné que le volet descriptif des données est une préoccupation dans le cadre de cette recherche, on peut également affirmer que l'échantillon est non probabiliste (Deslauriers & Késirit, 1997), ce qui est tout à fait acceptable lors d'une étude de cas. Toutefois, comme le souligne Van der Maren (1996), il est inconcevable de penser que l'étude de cas, effectuée avec des sujets parfois exceptionnels, représente une population entière. Par conséquent, cette étude ne prétend pas être généralisable à d'autres animations pédagogiques, à d'autres niveaux scolaires ou à d'autres écoles puisque les données ne sont aucunement statistiquement significatives.

3.4.1 Portrait des élèves

Les participants de ce projet de recherche se limitent à neuf élèves (dont cinq filles (sujets 1, 3, 6, 7, 9) et quatre garçons (sujets 2, 4, 5, 8) provenant d'une classe de la deuxième année du deuxième cycle du primaire ainsi que leur enseignante. Le nombre restreint de sujets s'explique par des contraintes de temps, autant lors de la collecte de données que de l'analyse. Tel que demandé par la chercheuse, l'enseignante a fourni le nom d'élèves selon trois critères qui ont permis la réalisation de l'étude : 1) la capacité des élèves dans la discipline sciences et technologies, puisque la chercheuse voulait

s'assurer d'avoir un nombre équivalent d'élèves de forces variées (trois faibles, trois moyens, trois forts); 2) un nombre similaire de garçons et de filles et 3) la disponibilité des élèves en fonction des heures régulières de cours afin que la chercheuse puisse les interroger au besoin à l'heure du dîner, ce qui présupposait qu'ils mangeraient tous à l'école et non à la maison. La titulaire de classe du primaire connaît bien son groupe d'élèves puisqu'elle leur enseigne depuis le début du deuxième cycle, ce qui a facilité la sélection des participants. De plus, elle savait déjà comment ils réagiraient avec la présence d'une caméra vidéo dans la classe, car elle a participé avec son groupe à un reportage télévisé pendant l'année scolaire précédente (2008-2009). Elle a été en mesure de déterminer trois élèves faibles (sujets 1, 2, 3) dont un sujet (#2) qui éprouve des difficultés d'apprentissage (un garçon et deux filles), trois élèves (sujets 4, 5, 6) moyens (deux garçons et une fille) et trois élèves (sujets 7, 8, 9) forts (un garçon et deux filles). Ces jeunes fréquentent une institution scolaire située au nord de l'île de Montréal, membre de la Commission scolaire de Montréal (CSDM). Majoritairement allophones, l'origine des sujets est variable : l'Afrique (sujet 1), la Roumanie (sujets 2, 9), l'Inde (sujet 3), la Turquie (sujet 4), Haïti (sujet 5), le Mali (sujet 6), le Liban (sujet 7) et le Canada (sujet 8). Il faut spécifier que trois sujets (#3, 6, 9) ont immigré au pays depuis peu de temps. Ces individus proviennent d'un milieu socio-économique moyennement faible et sont âgés de 10 ans environ lors de l'expérimentation.

3.4.2 Portrait de l'enseignante

Dans le cadre de sa formation universitaire en éducation préscolaire et enseignement primaire, la titulaire de classe a suivi un cours en didactique des sciences et des technologies, où elle a acquis les concepts importants de cette discipline. Ses études au secondaire lui ont donné des notions de chimie et de physique, alors que sa formation collégiale lui a également permis d'approfondir des notions en biologie. Elle a une expérience professionnelle de 11 ans et se consacre à la deuxième année du deuxième cycle pour la première fois.

Tout comme il est conseillé dans le *Programme de formation de l'école québécoise* (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001), elle considère qu'il est important de rendre les élèves actifs de leurs apprentissages. Ayant un intérêt pour les sciences, l'enseignante alloue environ deux heures et demie à trois heures à cette discipline par mois, ce qui est insuffisant par rapport à ce que le MELS exige dans la grille horaire. Il y a donc un déficit d'une heure par mois. Pour la deuxième fois dans sa carrière, elle participe également à une formation offerte par l'organisme *Éclairs de sciences*. Cette année, elle a choisi et peaufiné trois expériences scientifiques qui respectent la démarche scientifique. Elle a créé les cahiers de sciences liés à ces expériences. Si elle disposait davantage de temps, elle approfondirait certainement ce domaine. Dans le cadre de son enseignement, elle a recours à diverses méthodes. Elle s'inspire d'activités présentées dans certains livres et essaie de rejoindre les trois domaines prescrits dans le curriculum: univers vivant, univers matériel et Terre et Espace. L'école où elle enseigne dispose uniquement d'une petite armoire de matériel scientifique. Il est donc important qu'elle alloue du temps pour trouver le matériel nécessaire à la réalisation d'activités scientifiques qu'elle conçoit.

Depuis le début de sa carrière, elle fréquente peu les musées scientifiques avec ses élèves et, lorsqu'elle les visite, elle privilégie les musées d'arts ou encore d'histoire et d'ethnologie. Si elle reçoit un guide lui proposant des activités à effectuer avec son groupe avant ou après la visite muséale, il est rare qu'elle effectue toutes les activités. Elle en sélectionne et essaie tout de même de préparer ses élèves à ce type de sortie scolaire. Elle juge que le retour en classe est important et, pour ce faire, elle demande aux élèves ce qu'ils ont appris lors de leur sortie. Il arrive parfois qu'une visite muséale s'inscrive dans le cadre d'un projet.

3.5 Analyse de la séquence didactique proposée par la Biosphère en fonction du contenu scientifique présenté

La séquence didactique se déroule en trois temps : avant, pendant et après la visite. Avant la visite, une activité effectuée en quatre étapes a permis de préparer les élèves aux contenus disciplinaires présentés à la Biosphère. Pendant la visite au musée, les élèves ont assisté à l'animation pédagogique qui se déroulait en trois étapes et y ont découvert de nombreux concepts scientifiques. Enfin, l'activité post-visite constituée de deux étapes a clos la séquence didactique en effectuant un retour sur les concepts appris à la Biosphère et a favorisé l'institutionnalisation des connaissances. Le Tableau II expose le contenu scientifique planifié (colonne 5) en fonction des principales étapes de la séquence didactique (colonne 2). La première colonne du tableau indique les dates où la chercheuse a réalisé sa recherche. Le lieu où se déroulent les activités (colonne 3) et le but de chacune d'entre elles (colonne 4) y figurent également. Ainsi, le Tableau II résume les étapes réalisées pendant la séquence didactique et chaque concept scientifique fait l'objet d'une analyse plus détaillée dans le prochain chapitre.

Le contenu scientifique offert pendant l'animation pédagogique, *Le secret de Gilgamesh*, et lors des activités proposées en pré-visite et en post-visite a pour mérite d'être très diversifié. En effet, sept concepts scientifiques concernant la Terre et l'Espace y sont présentés, et ce, sous différents angles. Trois concepts ont fait l'objet d'un enseignement en classe, dispensé uniquement par l'enseignante : 1) le concept du temps au sens météorologique du terme (les prévisions météorologiques, les précipitations ainsi que l'observation du temps), 2) le concept de l'air (son importance et sa composition) et 3) celui des saisons (identification, cause et changements observables d'une saison à une autre).

Tableau II : Résumé des étapes réalisées pendant la séquence didactique

Date	Étapes de l'activité	Lieu	But de l'activité	Contenu scientifique présenté
23/04/10	Avant Étape 1	Classe	Sensibiliser l'élève à la mise en situation. Écouter le conte de Gilgamesh. Compléter la Fiche 1 (voir Annexe 2 – Guide de l'enseignant p. 11) Illustrer le roi Gilgamesh.	Aucun
23/04/10 26/04/10 27/04/10 28/04/10 30/04/10	Avant Étape 2	Classe	Permettre aux élèves de remarquer le temps qu'il fait. Consigner les résultats sur la Fiche 2 (voir Annexe 2 – Guide de l'enseignant p.12).	Observation du temps, prévisions météorologiques et précipitations
26/04/10	Avant Étape 3	Classe	Découvrir l'importance et la composition de l'air. Noter ses idées sur la Fiche 3 (voir Annexe 2 – Guide de l'enseignant p.13). Identifier les saisons et nommer leur cause. Dessiner les changements observables dans un arbre au fil des saisons (voir Annexe 2 – Guide de l'enseignant p.13).	Importance et composition de l'air Identification, cause et changements observables des saisons
28/04/10	Avant Étape 4	Classe	Rappeler des différentes étapes et des concepts présentés. Préparer les élèves pour la sortie à la Biosphère.	Voir sections « Avant – Étapes 1, 2 et 3 »
29/04/10	Pendant Étape 1	Biosphère	Présenter les étapes du cycle de l'eau. Identifier quelques nuages et leurs caractéristiques.	Étapes du cycle de l'eau, identification, caractéristiques et composition des nuages
	Pendant Étape 2		Présenter quelques instruments météorologiques ainsi que leur fonction. Présenter des phénomènes météorologiques extrêmes et les expliquer.	Identification et fonction des instruments météorologiques Identification et explications des phénomènes météorologiques extrêmes
	Pendant Étape 3		Expliquer la cause du réchauffement de la planète à l'aide des gaz à effet de serre (GES), définir leur composition, expliquer les conséquences qu'ils engendrent et les gestes qu'on peut poser pour diminuer l'émission des GES.	Cause des changements climatiques, définition, conséquences, composition des GES, gestes à poser
30/04/10	Après Étape 1	Classe	Rappeler les concepts scientifiques appris à la Biosphère.	Voir sections « Pendant – Étapes 1, 2, 3 »
30/04/10 06/05/10	Après Étape 2	Classe	Discuter des gestes à poser pour diminuer l'émission des GES. Les appliquer dans leur quotidien. Compléter la Fiche 4 (voir Annexe 2 – Guide de l'enseignant p.14) et observer ses pairs.	Gestes à poser pour diminuer l'émission des GES

**Tableau III : Concepts scientifiques et savoirs essentiels
proposés lors de la séquence didactique**

Concept scientifique	Domaine	Concept unificateur	Savoirs essentiels
Observation du temps (au sens météorologique)	Système et interaction	Technologies de la Terre, de l'atmosphère et de l'Espace	Prévisions météorologiques
Air	Matière	Propriétés et caractéristiques de la matière terrestre	Air
Saisons	Système et interaction	Saisons	Saisons
Cycle de l'eau	A. Matière B. Système et interaction	A. Transformation de la matière B. Systèmes météorologiques et les climats	A. Cycle de l'eau B. Nuages, précipitations
Instruments météorologiques	Techniques et instrumentation	Utilisation (observation) d'instruments de mesures simples	Girouette, anémomètre, baromètre, filtre à air, pluviomètre, nivomètre, héliographe
Phénomènes météorologiques extrêmes	Système et interaction	Systèmes météorologiques et les climats	Nuages, précipitations
Changements climatiques	Système et interaction	Système Soleil-Terre-Lune	Système Soleil-Terre-Lune

Majoritairement à la Biosphère, mais également en classe après la visite muséale, les élèves se sont familiarisés avec quatre autres concepts scientifiques : 1) le cycle de l'eau (étapes du cycle, identification, caractéristiques et composition des nuages), 2) les instruments météorologiques (identification et fonction), 3) les phénomènes météorologiques extrêmes (identification et explications) et 4) les changements climatiques (définition, cause et composition des gaz à effet de serre (GES), conséquences et gestes pour diminuer l'émission des GES). Le Tableau III établit la correspondance entre ces concepts scientifiques et les savoirs essentiels prévus dans le *Programme de formation de l'école québécoise* (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001). Il est à noter que tout au long de la séquence didactique, les élèves ont eu recours régulièrement à un langage approprié, c'est-à-dire une terminologie liée à la compréhension de la Terre et de l'Univers.

La durée totale des activités réalisées dans le cadre de la séquence didactique est de cinq heures environ. Le Tableau IV expose la durée allouée à chacun des concepts scientifiques en fonction du moment de la rencontre. Ainsi, environ une heure a été consacrée au concept du temps, une vingtaine de minutes à l'air, une trentaine de minutes respectivement aux saisons et aux instruments météorologiques, une cinquantaine de minutes respectivement au cycle de l'eau et aux changements climatiques et une quinzaine de minutes aux phénomènes météorologiques extrêmes. L'écoute du conte et des discussions à ce sujet ont occupé une quarantaine de minutes environ.

Tableau IV : Durée allouée¹ aux concepts scientifiques pendant la séquence didactique

Moment de la rencontre	Durée totale de la rencontre	Concepts scientifiques abordés							
		Temps	Air	Saisons	Cycle de l'eau	Instruments météorologiques	Phénomènes météorologiques extrêmes	Changements climatiques	Autre (conte)
23/04/10	49 min	24 min							25 min
26/04/10	46 min	4 min	18 min	24 min					
27/04/10	9 min	9 min							
28/04/10	21 min	13 min		3 min					5 min
29/04/10	90 min				38min	22 min	12 min	18 min	
30/04/10	51 min	7 min			9 min	11 min	2 min	15 min	7 min
6/05/10	19 min				2 min			17 min	
Durée totale	4h 45 min (285 min)	57 min	18 min	27 min	49 min	33 min	14 min	50 min	37 min

La chercheuse a assisté à l'entièreté de la séquence didactique, tant en classe qu'au musée. Elle a eu recours à divers outils de collecte de données afin de conserver toutes les traces de cette expérimentation et d'étudier l'évolution des conceptions des élèves.

¹ Le temps a été arrondi à la minute près.

3.6 Outils de collecte de données

Afin de s'assurer de la validité interne de ce projet de recherche et de contrer les biais potentiels, la triangulation méthodologique a été favorisée pour la collecte des données. Pour des raisons pratiques (dont la contrainte de temps) et en fonction de l'analyse des données, trois méthodes différentes ont permis à la chercheuse de recueillir ses données : 1) deux questionnaires, 2) deux entretiens et 3) plusieurs observations. En effet, les questionnaires ont permis de recueillir des informations précises quant aux concepts scientifiques traités lors de la séquence didactique pour chacun des sujets. Ils ont pour but de favoriser la comparaison entre la conception initiale et la conception finale d'un sujet par rapport à un concept scientifique donné. Cet outil de collecte de données a facilité la vérification de la capacité de chaque sujet à s'exprimer par écrit en utilisant le langage scientifique approprié. Quant aux entretiens, ils sont pertinents dans la mesure où l'échantillon est relativement limité. La chercheuse a pu avoir une entrevue avec chaque sujet avant et après la séquence d'enseignement. Pour des élèves de 10 ans, il est plus facile de s'exprimer à l'oral qu'à l'écrit. La chercheuse a donc obtenu plus de détails concernant les conceptions des sujets lors des entretiens que lors des questionnaires. En effet, au besoin, elle pouvait relancer l'élève afin d'obtenir plus de précisions. Néanmoins, ces deux outils se sont bien complétés parce qu'ils ont établi le niveau de formulation des conceptions des élèves. Enfin, les observations effectuées en classe et au musée ont facilité la compréhension de l'évolution des conceptions des sujets. Toutefois, étant donné que ce ne sont pas tous les élèves qui prennent le droit de parole en classe ou au musée, il est impossible de se fier uniquement à cet outil de collecte de données. Un élève qui ne participe pas ne signifie pas pour autant qu'il ne connaît pas les concepts scientifiques. Néanmoins, cet outil a joué un rôle dans la triangulation des données.

3.6.1 Les questionnaires : prétest et post-test

Pour s'assurer de déterminer correctement l'évolution des conceptions des élèves, la chercheuse avait besoin d'un outil pour les identifier avant et après la séquence didactique sans qu'elle intervienne. Pour ce faire, l'instrument de collecte de données sélectionné est deux questionnaires à réponses ouvertes, ce qui a permis de conserver des traces écrites. C'est la chercheuse qui a conçu un prétest (voir Annexe 4) et un post-test (voir Annexe 5) en fonction du *Programme de formation de l'école québécoise* (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001) et des concepts scientifiques abordés lors des activités proposées dans le *Guide de l'enseignant* de la Biosphère (2006a) ainsi que celles de l'animation pédagogique. Il est à noter que la chercheuse a assisté à l'animation pédagogique avant de créer le prétest et le post-test afin de s'assurer que les questions créées soient pertinentes en fonction des activités au musée et à l'école. Comportant majoritairement des énoncés d'ordre cognitif, les questionnaires traitent les concepts suivants : le temps, l'air, les saisons, le cycle de l'eau, les instruments météorologiques, les phénomènes météorologiques extrêmes et les changements climatiques. Respectivement, ils comportent et se limitent à 11 et à 12 questions pour des contraintes pratiques de temps. Pour ce faire, chaque concept correspond à 1 ou 2 d'entre elles (voir Tableau V).

Une période de temps a été allouée pour que les élèves répondent aux questionnaires avant et après la séquence didactique. C'est l'enseignante qui a mentionné les consignes afin que les élèves saisissent bien le sens et les mots de chacune des phrases. Cette étape s'avère nécessaire, d'autant plus que les sujets allophones éprouvent parfois de la difficulté à bien saisir le sens des phrases. La chercheuse n'a pas imposé de limite de temps aux élèves pour compléter les deux questionnaires. À chaque fois, elle a constaté qu'une durée approximative de vingt minutes a été nécessaire.

Tableau V : Concepts scientifiques traités dans les questionnaires

Prétest		Post-test	
Questions	Concepts scientifiques traités	Questions	Concepts scientifiques traités
1	Utilité des prévisions météorologiques	1	Utilité des prévisions météorologiques
2	Formes de précipitation	2	Formes de précipitation
3	Importance de l'air	3	Importance de l'air
4	Composition de l'air	4	Composition de l'air
5	Identification des saisons	5	Identification des saisons
6	Cause des saisons	6	Cause des saisons
7	Composition des nuages	7	Étapes du cycle de l'eau (évaporation uniquement)
8	Étapes du cycle de l'eau	8	Étapes du cycle de l'eau
9	Identification et fonction des instruments météorologiques	9	Identification et fonction des instruments météorologiques
10	Identification et explications des phénomènes météorologiques extrêmes	10	Identification et explications des phénomènes météorologiques extrêmes
11	Définition du réchauffement de la Terre	11	Définition de l'effet de serre
		12	Composition des gaz qui causent l'effet de serre

Tableau VI : Sujets traités lors des entretiens avec les élèves

Prétest		Post-test	
Questions	Sujets traités	Questions	Sujets traités
1	Appréciation de l'école	1	Appréciation de la visite muséale
2	Matière préférée	2	Apprentissage lors de la visite
3	Observation du temps	3	Observation du temps
4	Composition de l'air	4	Composition de l'air
5	Changements perçus lors des saisons	5	Changements perçus lors des saisons
6	Étapes du cycle de l'eau	6	Étapes du cycle de l'eau
7	Identification et fonction des instruments météorologiques	7	Identification et caractéristiques des nuages
8	Identification et explications des phénomènes météorologiques extrêmes	8	Identification et fonction des instruments météorologiques
9	Définition du réchauffement de la Terre	9	Identification et explications des phénomènes météorologiques extrêmes
		10	Cause des gaz à effet de serre
		11	Conséquence des gaz à effet de serre
		12	Gestes pour diminuer l'émission des gaz à effet de serre

3.6.2 Entrevues

Après les questionnaires, la chercheuse a effectué deux entrevues semi-dirigées (voir Annexes 6 et 7) avec les élèves avant et après la séquence didactique. Tout comme les questionnaires, les entrevues ont été conçues à partir du programme de formation (Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec, 2001) et des concepts scientifiques abordés lors de l'animation pédagogique et des activités proposées dans le *Guide l'enseignant* de la Biosphère (2006a). La première entrevue comportait neuf questions (voir Tableau VI), dont sept ayant pour sujet les concepts scientifiques (une question/concept). Les deux premières questions visaient à mieux comprendre le profil scolaire de chaque individu et permettaient de créer un contact avec l'élève. Le deuxième entretien (voir Tableau VI) avait pour but de déterminer l'évolution des conceptions des jeunes. On y retrouvait 12 questions dont 10 portants sur les concepts visés. Chaque question correspondait à un concept, sauf celui sur les changements climatiques qui en comportait trois. Les deux premières questions visaient à percevoir l'appréciation de l'élève par rapport à sa visite à la Biosphère ainsi que sa perception par rapport à ses apprentissages personnels. La durée de chaque entrevue effectuée avec chaque élève avant et après la séquence didactique varie entre 10 et 20 minutes. La chercheuse a dû se limiter à ce laps de temps pour chaque entrevue en fonction de la disponibilité de l'enseignante.

La chercheuse a également effectué deux entrevues avec l'enseignante : une avant et une après l'expérimentation. Les questions de la première entrevue portaient sur son expérience professionnelle, sa vision de l'enseignement des sciences ainsi que des visites muséales. Les questions de la deuxième entrevue avaient pour but de déterminer si l'enseignante a apprécié son expérience muséale et si elle a constaté des modifications concernant la connaissance des concepts enseignés.

3.6.3 Observations

Enfin, de nombreuses observations ont été effectuées tout au long de l'expérimentation. Observant sans intervenir, la chercheuse a filmé les sujets et a pris des notes personnelles pendant la totalité de la séquence didactique : les quatre étapes de l'activité pré-visite, la visite à la Biosphère ainsi que les deux étapes de l'activité post-visite. Toutes les traces de l'expérience ont été conservées à l'aide d'un enregistrement vidéo, qui a été retranscrit.

3.6.4 Validation des outils de collecte de données

Le contenu des deux questionnaires (prétest et post-test) ainsi que les questions des deux entretiens (avant et après la séquence didactique) ont été validés par deux enseignantes de deuxième année du deuxième cycle du primaire. La première enseignante dans une école située dans un milieu socio-économique favorisé à Laval, membre de la Commission scolaire de Laval. Elle pratique la profession depuis 25 ans et enseigne à ce niveau depuis 8 ans. La seconde est titulaire de classe dans une école située à Brossard, de la Commission scolaire Marie-Victorin. Elle est enseignante depuis plus de 30 ans et se consacre à ce niveau scolaire depuis 25 ans. Les outils de collecte de données ont également été validés par trois élèves (deux filles et un garçon) de ce niveau scolaire de forces différentes (fort, moyen, faible). Ils fréquentent une école provenant d'un milieu allophone, tout comme l'école où a eu lieu l'expérimentation.

3.7 Stratégies d'analyse des données

Après la collecte de données, la chercheuse a effectué une condensation par abstraction conceptuelle des données. Pour les entrevues ainsi que pour les questionnaires, elle a associé chaque expression personnelle des sujets par une expression technique qui l'identifie. En ce qui concerne les observations effectuées lors

de la séquence didactique, le même principe a été appliqué ; la chercheuse a remplacé les actions et les émotions des sujets par un concept théorique. C'est la théorisation ancrée. C'est ainsi que la chercheuse a déterminé que les unités d'analyse se limitent aux extraits signifiants des entretiens, des questionnaires et des observations, ce qui a engendré des résidus. Par conséquent, elle a analysé uniquement les segments qui ont apporté des informations liées aux concepts scientifiques. Tout matériel hors sujet ou relatif à l'histoire du conte de Gilgamesh n'a pas été pris en considération, puisqu'il ne correspond pas à l'objectif de cette recherche. De plus, les bornes de l'unité d'analyse sont majoritairement des phrases. Considérant le non-dit du texte, l'analyse du contenu a été effectuée selon trois théories dont deux similaires relatives au changement conceptuel (Carey (1985) et Vosniadou (1994)) ainsi qu'une autre en fonction des niveaux de formulation (Astolfi et al., 1997). Ce choix a occasionné des répercussions sur la codification du matériel et plus particulièrement sur la création des catégories et des rubriques.

Dans le cadre de ce projet de recherche, les phases du codage mixte suggérées par Van der Maren (1996) ont été appliquées. Ces phases sont décrites brièvement dans un premier temps et, au besoin, des explications supplémentaires les complètent par la suite. Tout d'abord, 1) la chercheuse a établi une liste provisoire des rubriques en fonction des concepts importants présentés dans le cadre théorique. De plus, on qualifie les données utilisées de suscitées, car elles proviennent d'entrevues et de questionnaires ouverts. Elles résultent d'une interaction sociale entre la chercheuse et les sujets. Par conséquent, 2) il a été nécessaire d'effectuer une lecture sommaire du matériel suscité. Ensuite, 3) la prélecture du matériel a facilité la précision des unités d'analyse ainsi que la création d'une première liste de catégories. Puis, 4) la lecture du matériel a favorisé l'extraction des segments significatifs. Lors de la phase suivante, 5) la chercheuse a lu les unités, puis a effectué un codage. Elle a fait l'extraction des segments significatifs afin d'ajouter les éléments pertinents à la liste de catégories. Par la suite, 6) les phases 2 à 5 ont été répétées pour les autres documents à analyser. Évidemment, la chercheuse a ajusté la liste des codes tout au long de cette démarche. Après, 7) la chercheuse a vérifié le codage en effectuant un contre-codage. Pour ce faire, elle s'est appuyée sur la liste des

segments et le lexique des codes. Elle a ensuite répété 8) les phases 2 à 5 pour l'ensemble du matériel à coder. Enfin, 9) il a été possible pour la chercheuse de déterminer que le codage a été effectué correctement en sélectionnant des segments au hasard.

Liste provisoire des rubriques et des catégories

À ce sujet, la chercheuse a conçu une grille de codification mixte, c'est-à-dire que les catégories et rubriques ont été déterminées dès le début du codage, mais elle en a ajoutées au lexique en cours de route. Dans un premier temps, elle a créé une rubrique consacrée aux sujets. Un code a été associé à chacun d'eux, ce qui a engendré neuf codes. Le sujet est un individu qui participe à l'étude. Trois rubriques principales, directement liées au changement conceptuel, s'imposaient également dès le départ : conceptions initiales (CI), conceptions intermédiaires (CP – conceptions pendant la séquence didactique) et conceptions finales (CF). La chercheuse les a immédiatement définies. Une conception est l'idée préconçue d'un élève par rapport à un concept scientifique abordé dans le cadre de la séquence didactique (avant, pendant et après). Une conception initiale est la conception d'un élève par rapport à un sujet donné avant la séquence didactique. Une conception intermédiaire est la conception d'un élève pendant la séquence d'enseignement et une conception finale est la conception d'un élève par rapport à un sujet donné après la séquence didactique. Par la suite, la chercheuse a associé chaque rubrique à chacun des concepts, ce qui a généré 21 codes (voir Tableau VII). La chercheuse a ajouté trois autres éléments à sa grille : 1) le sexe des individus, 2) l'appréciation de l'école et 3) de la visite muséale ainsi que les disciplines préférées des élèves. Ainsi, trois définitions et quelques codes ont été générés. La première définition ajoutée est la suivante : le sexe d'un individu est soit féminin ou masculin. Deux codes ont été ajoutés. Ensuite, l'appréciation est le plaisir ressenti par un sujet dans une situation donnée. Les élèves éprouvent ou pas du plaisir à l'école et/ou à la visite. Enfin, les disciplines sont les matières scolaires transmises à l'école (sciences et

technologies, français, mathématique, univers social, éducation physique, musique, arts, éthique et culture religieuse ainsi que anglais).

Tableau VII : Création de codes en fonction des conceptions et des concepts scientifiques

Concepts scientifiques	Codes associés aux conceptions initiales (CI)	Codes associés aux conceptions intermédiaires (CP)	Codes associés aux conceptions finales (CF)
Temps	ci.tps	cp.tps	cf.tps
Air	ci.air	cp.air	cf.air
Saisons	ci.sais	cp.sais	cf.sais
Cycle de l'eau	ci.eau	cp.eau	cf.eau
Instruments météorologiques	ci.instru	cp.instru	cf.instru
Événements météorologiques extrêmes	ci.extr	cp.extr	cf.extr
Changements climatiques	ci.cclimat	cp.cclimat	cf.cclimat

La chercheuse a eu recours au logiciel Atlas-ti et a créé une unité herméneutique (UH) pour chaque sujet; il y avait donc neuf UH au total. Elle a ajouté quelques documents spécifiques à chacun des individus dans les UH respectives. Ainsi, chaque UH comportait le pré-test, le post-test de chaque sujet ainsi que le verbatim de son entretien avant et celui après l'expérimentation. Le verbatim de toutes les vidéos a également été inséré. C'est ainsi que la chercheuse a débuté le codage. Rapidement, la chercheuse a constaté que non seulement il fallait créer des codes pour les conceptions, mais elle devait également décrire leur état. Ainsi, les définitions associées aux codes ont été améliorées.

Avant la séquence didactique, une **conception initiale** concernant un concept scientifique donné peut être **absente** (l'élève n'a aucune conception), **incomplète** (une partie de la conception est adéquate, mais il manque des éléments; elle est incomplète), **partiellement erronée** (la conception comporte à la fois des éléments adéquats et erronés), **correcte** (la conception est adéquate et correspond au concept scientifique) ou **fausse** (la conception comporte uniquement des éléments erronés, elle est fausse). Si l'élève ne répond pas correctement à une question, il est possible que cette situation résulte d'une incompréhension d'un mot ou d'une question. L'élève éprouve des **difficultés linguistiques**. Les mêmes définitions s'appliquent pour les conceptions

intermédiaires qui se manifestent pendant la séquence didactique ainsi que pour les conceptions finales qui ont été déterminées après la séquence didactique.

Par la suite, la chercheuse a qualifié les transformations possibles entre une conception initiale et une conception finale. Elle a établi quelques postulats. Par rapport à la conception initiale, la conception finale peut être **identique** à la conception initiale, démontrer une **évolution complète** (vers une meilleure conception, le concept scientifique), une **évolution incomplète** (vers une autre conception, mais incomplète), une **évolution non satisfaisante** (vers une autre conception, mais non satisfaisante, parfois même confuse) ou une **régression** (vers une conception encore moins scientifique que la conception initiale).

De retour au logiciel et à la saisie de données, la chercheuse a remarqué qu'il serait plus pertinent de préciser davantage les codes associés aux concepts scientifiques. Par conséquent, 21 codes ont remplacés les 9 créés initialement. Pour ce faire, le concept du temps se subdivise en trois : 1) l'observation du temps, 2) les prévisions météorologiques et 3) les précipitations. Le même processus a été accompli pour les autres concepts scientifiques, ce qui a donné les résultats suivants. On associe non seulement 4) l'importance de respirer l'air, mais également 5) la composition de l'air au concept de l'air. Le concept des saisons regroupe 6) leur identification, 7) leur cause et 8) leurs changements. Le cycle de l'eau comporte 9) les étapes du cycle, mais aussi 10) l'identification, 11) les caractéristiques et 12) la composition des nuages. Les instruments météorologiques 13) doivent être identifiés, mais les élèves doivent être en mesure 14) de déterminer leur fonction. L'identification 15) des phénomènes météorologiques extrêmes s'ajoute 16) à leurs explications. Enfin, plusieurs aspects des changements climatiques sont abordés : 17) définition, 18) composition et 19) conséquences des gaz à effet de serre, 20) gestes pour diminuer l'émission des gaz à effet de serre et 21) causes des changements climatiques. Ainsi, le Tableau VIII présente un aperçu des codes générés et utilisés lors de la codification des données.

Tableau VIII : Aperçu des codes conçus pour l'analyse des données

Concepts scientifiques	Conceptions initiales (CI)	Conceptions Intermédiaires (CP)	Conceptions finales (CF)
Prévisions météorologiques	ci.tps.prev.abs ci.tps.prev.inc ci.tps.prev.corr ci.tps.prev.err ci.tps.prev.perr ci.tps.prev.ling	cp.tps.prev.abs cp.tps.prev.inc cp.tps.prev.corr cp.tps.prev.err cp.tps.prev.perr cp.tps.prev.ling	cf.tps.prev.abs cf.tps.prev.inc cf.tps.prev.corr cf.tps.prev.err cf.tps.prev.perr cf.tps.prev.ling
Précipitations	ci.tps.prec.abs ci.tps.prec.inc ci.tps.prec.corr ci.tps.prec.err ci.tps.prec.perr ci.tps.prec.ling	cp.tps.prec.abs cp.tps.prec.inc cp.tps.prec.corr cp.tps.prec.err cp.tps.prec.perr cp.tps.prec.ling	cf.tps.prec.abs cf.tps.prec.inc cf.tps.prec.corr cf.tps.prec.err cf.tps.prec.perr cf.tps.prec.ling
Observation du temps	ci.tps.obs.abs ci.tps.obs.inc ci.tps.obs.corr ci.tps.obs.err ci.tps.obs.perr ci.tps.obs.ling	cp.tps.obs.abs cp.tps.obs.inc cp.tps.obs.corr cp.tps.obs.err cp.tps.obs.perr cp.tps.obs.ling	cf.tps.obs.abs cf.tps.obs.inc cf.tps.obs.corr cf.tps.obs.err cf.tps.obs.perr cf.tps.obs.ling

3.8 Considérations concernant la valeur de la recherche

Tout au long de la recherche, des considérations ont été appliquées afin de s'assurer de la qualité de la recherche, de la validité des résultats et du respect des participants.

3.8.1 Contrôle de qualité de la recherche

Quatre critères de scientificité établis par plusieurs auteurs (Laperrière, 1997; Lessard-Hébert, Goyette, & Boutin, 1996; Van der Maren, 1996) déterminent la qualité d'une recherche : 1) la fidélité, 2) la validité interne, 3) la validité externe et 4) l'objectivité. Tous ces critères ont été respectés dans le cadre de cette étude et il est important de s'en assurer. « En règle générale, le caractère scientifique de la recherche

repose sur la qualité des réponses qu'elle apporte.» (Pourtois, Desmet, & Lahaye, 2001)
La qualité des données influence non seulement l'analyse, mais également la validation de l'interprétation des données.

3.8.1.1 Fidélité

Le premier critère considéré est la fidélité, alors que certains auteurs le nomment fiabilité. La fidélité est le fait que les résultats obtenus par la chercheuse ne sont pas accidentels et que tout chercheur qui déciderait de reproduire la même recherche, selon les mêmes procédures, au sein d'une population similaire, obtiendrait les mêmes résultats. Bref, les conclusions obtenues représentent bien la réalité observée dans le cadre de l'étude. Van der Maren (1996) stipule tout de même qu'il faut considérer une marge d'erreur acceptable, puisqu'une « représentation parfaite est impossible à obtenir ». La cueillette des données fidèle ne l'est que dans son contexte. Le critère de fidélité est directement lié au chercheur c'est-à-dire les techniques et les instruments de mesure ou d'observation auxquels il a recours (Lessard-Hébert et al., 1996). La fatigue ou même des distractions peuvent influencer la saisie et le traitement des données. « La fidélité ne peut concerner que l'exécution, par les personnes concernées, des procédés. » (Giorgi, 1997) Un moyen efficace de valider ce critère est d'effectuer le codage inverse des données. Pour ce faire, la chercheuse a généré la liste des citations associées à un code à l'aide du logiciel Atlas-ti et elle a vérifié que toutes les unités de sens associées à code avaient une cohérence interne. D'ailleurs, lors de cette phase, elle a remarqué quelques anomalies, tant au niveau de l'attribution incorrecte ou absente de certains codes à des unités d'analyse. Elle a aussitôt corrigé la situation et a considéré ces ajustements lors de l'analyse et de l'interprétation des données. Les ressources étant limitées dans le cadre de cette recherche, cette opération a été réalisée par un intra-codeur, c'est-à-dire par la chercheuse.

3.8.1.2 Validité interne

Kirk et Miller (1986) décrivent la validité comme étant la « capacité d'une procédure de produire la réponse correcte » et ajoutent que ce critère correspond « au degré selon lequel le résultat est interprété correctement ». La validité interne d'une étude permet au chercheur d'assurer la justesse des résultats de sa recherche (Laperrière, 1997) et d'affirmer que les observations effectuées correspondent bien aux interprétations qu'on en a faites. En respectant ce critère, il certifie la crédibilité de son étude, car les résultats divulgués représentent bien ce qui a été observé et non pas des éléments qui s'immiscent à l'insu du chercheur. « Un résultat qui exprime avec authenticité l'état des choses est un résultat valide. » (Giorgi, 1997) Pour respecter ce critère et pour contrer les biais de la validité interne, trois auteurs qui ont analysé l'étude de cas (Merriam, 1998; Stake, 1995; Yin, 2009) indiquent qu'il est souhaitable de recourir à la triangulation méthodologique. Dans le cadre de cette recherche, la chercheuse a utilisé à trois outils de collecte de données : les questionnaires, les entretiens et les observations. Elle a même eu recours à la validité conceptuelle en établissant la correspondance entre les définitions qu'elle avait établies dans sa grille de codification et les codes attribués aux unités d'analyse (Van der Maren, 1996). Afin de valider ce critère, la chercheuse a comparé les données obtenues par ces différents outils pour chacun des sujets. Il y a donc confrontation des sources et des données. Le prochain chapitre présente cette analyse.

3.8.1.3 Validité externe

Ce troisième critère spécifie essentiellement les limites des résultats en terme de généralisation c'est-à-dire à l'extrapolation des résultats d'une recherche à d'autres contextes. Pour Pourtois, Desmet et Lahaye (2001), la validité interne examine « le degré de précision avec lequel il est possible d'étendre les conclusions d'une étude à d'autres contextes (de populations, de temps et de lieux) ». Étant donné que la recherche se limite à l'étude de neuf élèves de deuxième année du deuxième cycle du primaire, la

chercheuse ne prétend en aucun cas que les résultats sont extrapolables, voir généralisables.

3.8.1.4 Objectivité

Enfin, le dernier critère, l'objectivité, est établi en fonction des trois autres, c'est-à-dire en fonction de la fidélité et de la validité des observations ainsi que des résultats obtenus. « L'objectivité est vue comme le résultat de ces opérations combinées, qui restreindraient (ou élimineraient) la présence de biais. » (Laperrière, 1997) Ce dernier critère permet de s'assurer que la chercheuse a porté un regard objectif sur les données.

3.8.2 Précautions déontologiques

En éducation, il existe des normes qui régissent la valeur éthique d'une recherche. Tout chercheur doit obligatoirement s'y conformer lorsque des êtres humains font partie de l'étude. Trois principes déontologiques énoncés Van der Maren (2003) ont été respectés dans le cadre d'une recherche : 1) « le consentement libre et éclairé », 2) « le respect de la dignité de la personne » et 3) « le respect de la vie privée et la confidentialité ». La chercheuse a d'abord expliqué le but et le déroulement de sa recherche au responsable éducatif de la Biosphère. La personne a accepté que l'étude se déroule dans ce musée et a complété un formulaire de consentement (voir Annexe 8). La chercheuse a expliqué les avantages de la recherche et le fait qu'il n'y a pas de risque particulier. Le même processus a été effectué auprès de l'enseignante, qui a complété un formulaire de consentement (voir Annexe 9). En plus des élèves, la chercheuse a obtenu le consentement de tous les parents des jeunes de cette étude (voir Annexe 10), mais également de ceux qui ont participé à l'exercice de validation des outils de collecte de données (voir Annexe 11). Elle a d'ailleurs précisé à tous les sujets qu'ils étaient libres de participer à la recherche et qu'ils pouvaient se retirer en tout temps. Par ailleurs, la chercheuse a pris les précautions nécessaires pour que les renseignements divulgués par

les participants demeurent confidentiels. Les enregistrements audios et vidéos ont été détruits. Enfin, la chercheuse a obtenu un certificat d'éthique (voir Annexe 12) desservi par le Comité plurifacultaire d'éthique de la recherche (CPÉR) de l'Université de Montréal et s'y est conformé.

4. ANALYSE ET INTERPRÉTATION DES DONNÉES

En considérant l'objectif de cette étude, cette section a pour but de dresser le portrait global de la transformation des conceptions des sujets par rapport à l'apprentissage de différents concepts scientifiques. Au besoin, des cas particulièrement intéressants seront présentés. Une discussion s'impose afin de dégager les principaux résultats de la recherche. La chercheuse relate les apports et les retombées de l'étude et conclut ce chapitre en indiquant les forces et limites de la recherche.

4.1 Portrait des transformations des conceptions des sujets en fonction de certains concepts scientifiques

Pour déterminer les conceptions, la chercheuse a noté ses exigences afin d'évaluer avec transparence les propos des élèves. Ces exigences ont été décrites au chapitre 2, section 2.5.1.3. Au besoin, quelques précisions sont indiquées dans ce chapitre pour quelques concepts.

L'analyse du discours des sujets lors des deux entrevues et des deux questionnaires favorise la comparaison des conceptions avant et après la séquence didactique. En effet, la chercheuse a qualifié les conceptions initiales (CI) et les conceptions finales (CF), ce qui lui a ensuite permis de décrire la transformation de l'une à l'autre. Par exemple, pour les questionnaires, la chercheuse a vérifié si les réponses écrites des élèves du pré-test démontrent une évolution par rapport à celles du post-test. Le même processus a été effectué pour les entrevues. De plus, les propos des sujets ont également été étudiés lors de la séquence didactique (activités pré-visite, pendant la visite et post-visite) et la chercheuse a attribué un code aux conceptions intermédiaires des élèves, c'est-à-dire celles pendant la séquence didactique (CP). Ces qualificatifs permettent de nuancer les transformations des conceptions des sujets. Il est à noter que ce ne sont pas tous les élèves qui ont manifesté leur participation pendant la séquence

didactique et/ou qui ont été sélectionnés par l'enseignante et/ou l'éducatrice pour répondre à une question et/ou ajouter un commentaire. Par conséquent, ce ne sont pas tous les élèves qui ont exprimé leurs conceptions intermédiaires. Les sept tableaux de l'Annexe 13 distinguent les multiples conceptions des élèves selon les concepts scientifiques tout au long de la recherche. Pour la composition de l'air, les étapes du cycle de l'eau, l'identification et la fonction des instruments météorologiques, pour l'identification et les explications des phénomènes météorologiques extrêmes ainsi que pour la définition des gaz à effet de serre, la chercheuse a eu recours à l'utilisation de deux outils (questionnaire et entrevue) pour déterminer les CI et les CF alors que pour tous les autres concepts, elle a en utilisé qu'un. Par conséquent, il est possible que plusieurs qualificatifs et/ou transformations soient liés à un même individu, ce qui se reflète dans plusieurs tableaux.

4.1.1 Concept de temps (au sens météorologique)

Pendant cinq jours, les élèves ont été sensibilisés aux prévisions météorologiques en observant le temps. Pour chaque journée, ils ont noté la température envisagée par les météorologues, puis consigné et illustré les conditions météorologiques (ensoleillé, ciel variable, nuageux, pluie, neige, orage, venteux) sur une fiche prévue à cet effet (voir Annexe 2 - Guide de l'enseignant, p.12). D'une durée approximative de 10 minutes par jour, cet exercice avait pour but de les sensibiliser au fait que les conditions météorologiques varient d'une journée à l'autre et qu'il existe plusieurs formes de précipitation.

4.1.1.1 Exigences conceptuelles de la chercheuse : quelques précisions

Lorsque la chercheuse a demandé l'utilité des prévisions météorologiques dans le prétest et le post-test, elle a aussi toléré comme réponse qu'elles servent à déterminer comment un individu peut s'habiller et les activités qu'il peut faire au cours d'une

journée en fonction du temps et de la température. Ces deux éléments sont très près de la réalité des enfants.

4.1.1.2 Prévisions météorologiques

Le Tableau IX (voir Annexe 13) illustre les différentes conceptions des élèves relatives au temps. Pour les prévisions météorologiques, on constate que les conceptions initiales (CI) sont majoritairement incomplètes (sujets 3, 4, 5, 6, 8, 9), car les élèves font allusion soit au temps, soit à la température, soit à leur utilité. Il est à noter qu'un autre sujet (#1) a indiqué que les prévisions météorologiques permettent de « connaître le climat comme le vent fort, la neige, le Soleil, pour savoir ce qu'on doit porter et tout ce qu'on doit faire », ce qui démontre bien une conception partiellement erronée. En effet, une partie de sa réponse est correcte (habillement et activité), mais la notion de climat est erronée. Il y a donc confusion entre climat et temps, le climat étant les conditions météorologiques caractéristiques d'une région (ex. : province, pays) au cours d'un certain laps de temps (souvent plusieurs années), alors que le temps, au sens météorologique, désigne les conditions météorologiques d'un endroit spécifique (ex. : ville) à un moment précis, c'est-à-dire à court terme. Un seul sujet (#7) a fait référence au temps et à la température. Quant au sujet 2, il n'avait pas de CI.

Tout comme les CI, il est intéressant de constater que les conceptions finales (CF) relatives à ce sujet sont majoritairement incomplètes (sujets 1, 5, 6, 7, 8, 9). Par contre, il faut noter que ce ne sont pas forcément les mêmes individus qui ont des CI incomplètes. La CF du sujet 1 démontre une certaine évolution, car elle indique dorénavant que les prévisions météorologiques permettent de « savoir le temps, quels vêtements mettre et quelle activité il faut faire pour toute la journée ». La courte durée associée au temps, contrairement au climat, a donc été saisie. Ayant une CI partiellement erronée, elle a maintenant une CF incomplète, ce qui signifie une transformation incomplète des conceptions. La température est omise dans sa réponse, élément nécessaire à une conception complète. Par ailleurs, les sujets 3 et 4 avaient des

CI incomplètes et n'ont plus de CF concernant les prévisions météorologiques, ce qui démontre une régression des conceptions. Il est important de souligner que le sujet 2 n'a pas bien compris la question, car il a répondu que les prévisions météorologiques permettent de « savoir comment Gilgamesh fait l'orage et la pluie », ce qui est une CF erronée. Cet élève éprouve de sérieuses difficultés en français, notamment au niveau de la compréhension de la langue et cet extrait le démontre parfaitement. Ses lacunes linguistiques l'empêchent de bien saisir le sens de la question. Il y a confusion entre la réalité et une histoire inventée : celle du conte. Le personnage du conte n'existe pas dans le monde réel, contrairement à ce que certains pourraient croire. D'ailleurs, ce n'est pas le seul qui a éprouvé cette difficulté, car d'autres (sujets 7, 9) l'ont manifestée en classe lors de l'activité post-visite.

4.1.1.3 Précipitations

En ce qui concerne les précipitations, les CI sont majoritairement incomplètes. Les élèves reconnaissent à l'unanimité que la pluie et la neige sont deux formes de précipitation et un seul sujet (#8) ajoute le verglas. Les deux sujets qui ont une conception partiellement erronée et font allusion non seulement à la pluie et à la neige, mais également au Soleil, aux étoiles et à la Lune (sujet 1) ou encore aux éclairs (sujet 5). Ainsi, le sujet 1 a recours au système Soleil-Terre-Lune alors que le sujet 5 fait référence aux phénomènes météorologiques extrêmes, mais tous les deux ont des CI partiellement erronées. Il n'est pas surprenant de retrouver les éclairs dans les conceptions initiales du sujet puisque les élèves ne comprenaient pas le sens du mot précipitation lors du pré-test. L'enseignante a indiqué que les précipitations peuvent être « ce qui tombent du ciel toute l'année » et a ajouté que les formes peuvent être des choses.

Les CF recueillies lors du post-test sont variées : absentes, erronées, incomplètes et partiellement erronées. Après la séquence didactique, certains élèves confondent formes de précipitation et phénomènes extrêmes météorologiques ou terrestres. Ainsi, le

sujet 4 considère que l'ouragan, la tornade et le tremblement de terre sont des formes de précipitation alors que le sujet 5 indique les tornades, les ouragans, les tsunamis et les cyclones. Une autre élève (sujet 6) ajoute même les volcans. Il y a donc une confusion majeure entre deux concepts importants. Il est pertinent d'ajouter qu'un sujet (#1) a plutôt confondu les précipitations et les conditions météorologiques liées au temps. Ainsi, elle indique que « la pluie, la neige, ensoleillé, la grêle et venteux » sont des formes de précipitation. Elle a donc une CF partiellement erronée, qui semble toutefois moins confuse que les CF erronées des sujets 4 et 5. Lors du post-test, l'enseignante n'a pas fourni d'indice quant à la signification du mot précipitation, ce qui explique la variété des réponses obtenues.

4.1.1.4 Observation du temps (au sens météorologique)

L'observation du temps a été vérifiée lors des entrevues avant et après la séquence didactique. Les CI sont variées (correcte, incomplète, partiellement erronée), mais la chercheuse a constaté que la compréhension du mot « temps » posait problème. Deux sujets (7 et 8) ont demandé à la chercheuse si elle faisait référence à la température lorsqu'elle a mentionné le mot temps, alors que deux autres (sujets 2 et 3) ne comprenaient pas la question. Ayant une CI partiellement erronée, le sujet 3 indique qu'elle « voyait le soleil et qu'elle pensait que c'était chaud parce qu'[elle] voyait le soleil ». Par conséquent, selon cette conception, lorsque c'est ensoleillé, il fait chaud automatiquement, ce qui est tout à fait faux.

Les CF sont majoritairement incomplètes, mais il y a tout de même le tiers des élèves qui ont une CF correcte. Le sujet 7 démontre une évolution complète de ses conceptions. En effet, ayant une CI incomplète (le temps c'est quand même un peu soleil), elle a une CF correcte. À la question « Quel temps fait-il aujourd'hui ? », elle a répondu qu'il « faisait quand même chaud, puis il y avait des cumulus un petit peu, avec des cumulonimbus ». La chercheuse a demandé au sujet de spécifier ses propos. Elle a indiqué que le « cumulus, c'est genre un nuage (blanc) en forme de mouton » et que le

« cumulonimbus est un gros nuage gris ». Cet extrait divulgue une nette évolution et une maîtrise totale du langage scientifique. Un autre sujet (#5) a également fait allusion aux nuages, mais n'a pas été capable de tous les nommer correctement : « cumulo..., pas terrain, des bus... je sais que c'est cumulo, mais je ne connais pas la fin ». Il a également mentionné les cirrus et les « moutons » qui désignent les cumulus. Il a donc une maîtrise partielle du langage scientifique. Il ne faut pas cependant croire que tous les élèves sont en mesure de recourir au langage scientifique approprié. L'identification des nuages fait d'ailleurs l'objet d'une autre section (voir la section 4.1.4.4).

4.1.2 Concept de l'air

La deuxième étape de l'activité pré-visite consistait à présenter les concepts de l'air et des saisons. Ainsi, l'enseignante a animé une discussion pendant une vingtaine de minutes avec les élèves afin de distinguer ce qu'on retrouve dans l'air et ce qui le compose. Les élèves ont noté leurs conceptions sur la Fiche 3 (voir Annexe 2, *Guide de l'enseignant*, p.13). Les pré-test et post-test comportaient respectivement une question concernant l'importance de respirer l'air. Toutefois, lors de la séquence didactique, l'enseignante n'a pas expliqué pourquoi c'est important de respirer. Elle a insisté davantage sur ce qu'un être humain respire, l'air, et sur ce qui le compose. Par conséquent, seules les données relatives à la composition de l'air seront analysées. Toutes les données liées à l'air sont tout de même présentées dans le Tableau X (voir Annexe 13).

4.1.2.1 Exigences conceptuelles de la chercheuse : quelques précisions

Tel que mentionné précédemment, l'oxygène, l'azote, de la vapeur d'eau, d'autres gaz, de la fumée et de la poussière composent l'air. Par conséquent, la chercheuse s'attend à ce que les élèves nomment tous ces éléments en entrevue (avant et après), lorsqu'elle leur pose la question « Que contient ce que tu respires ? » ou encore celle lors

du prétest « De quoi est composé l'air ? ». La question du post-test vise à déterminer s'ils distinguent les différents gaz présents dans l'air : oxygène, azote, vapeur d'eau et autres gaz. À la suite de suggestions de la part d'élèves, l'enseignante a conclu qu'il y avait également 7) des produits chimiques et 8) de la pollution dans l'air. Il est donc possible que les sujets ajoutent ces éléments à leur réponse. Tous ces aspects ont été notés par les élèves sur la Fiche 3 (voir Annexe 2, *Guide de l'enseignant*, p.13).

4.1.2.2 Composition de l'air

Liées à la composition de l'air, les CI obtenues lors du pré-test sont variées : absente (sujet 4), erronées (sujets 2, 6), incomplètes (sujets 7, 8, 9) ou partiellement erronées (sujets 1, 3, 5). Le sujet 6 a indiqué par exemple que les arbres composent l'air alors que le sujet 5 a écrit que « des microbes que les arbres respirent qui nous donnent de l'air pur ». Évidemment, d'autres ont mentionné qu'il y a notamment de l'oxygène dans l'air, certains complètent en spécifiant qu'il y a également des gaz. Lors des entrevues, les CI sont moins hétéroclites et elles sont incomplètes ou partiellement erronées. Le sujet 6 a encore indiqué que l'air contient des arbres, mais également de l'oxygène et du gaz. D'autres (sujets 2, 5) affirment que le vent fait partie de l'air. Une élève (sujet 7) a une CI fort intéressante : l'air contient de l'oxygène, du gaz, de l'azote et de la vapeur. D'ailleurs cet individu a conservé les mêmes conceptions tout au long de la séquence didactique : elles sont donc stables.

Lors du post-test, les CF démontrent une confusion entre différents concepts. En effet, trois sujets (#3, 4, 9) ont des CF erronées parce qu'ils font tous allusion aux gaz à effet de serre (GES), alors que deux autres sujets (#1, 6) font également un lien avec les GES. D'autres individus (sujets 1, 5, 6) ne se sont pas limités aux gaz et ont nommé un autre élément qui compose l'air : la pollution. Le sujet 2 a encore une CF absente. La compréhension du mot gaz doit certainement être la source de cette difficulté. D'ailleurs, lors de l'entrevue, il a spécifié que ce qu'on respire contient de l'air, mais il n'a pas été en mesure d'approfondir sa réponse. Quand la chercheuse lui a demandé

« Que contient l'air ? », il a répondu « Pour respirer, parce que si on ne respire pas, alors c'est sûr qu'on va mourir, parce qu'on va... si on ne respire pas, on va devenir rouge et après on va rester, on va mourir ». Pourquoi mourir ? « Parce que... parce que... il faut respirer, si on ne respire pas... si on ne respire pas, c'est sûr qu'on va mourir. » Le concept de la composition de l'air n'est pas maîtrisé. De plus, il est important de noter que certains sujets (#7, 8) ont été en mesure de nommer des gaz que l'on retrouve dans l'air, alors que d'autres (sujets 3, 4) non, ce qui démontre différents niveaux de formulation. Encore une fois, plusieurs individus (sujets 1, 6, 9) ont confondu gaz présents dans l'air et gaz à effet de serre. Enfin, les sujets 4 et 9 ont une CF partiellement erronée et ont fait référence à du feu et même l'un d'entre eux à du gazon coupé.

4.1.3 Concept des saisons

Abordées la même journée que le concept de l'air, les saisons ont fait l'objet d'un enseignement d'une durée d'un peu moins d'une trentaine de minutes. Pour ce faire, les élèves devaient dessiner sur la Fiche 3 (voir Annexe 2, *Guide de l'enseignant*, p.13) les changements qu'un arbre subit au fil des saisons, tout en indiquant le nom de chacune des saisons. Les conceptions des élèves sont consignées dans le Tableau XI de l'Annexe 13.

4.1.3.1 Biais : quelques précisions

Le *Guide de l'enseignant* créé par la Biosphère (2006a) contenait une information incomplète concernant la description du concept des saisons (consulter au besoin le chapitre 2, section 2.5.1.3), ce qui constitue un biais. En effet, il a influencé les données étant donné que l'enseignement a été partiel, car il manque une information importante, ce qui est causé par une ressource incomplète (Fiche 3 du guide). Les notions transmises sont donc incomplètes et la chercheuse a considéré cet élément dans son analyse. « La Terre tourne autour du Soleil et c'est ce qui est la cause des saisons »

est un énoncé qui correspond à une conception correcte en fonction de l'enseignement dispensé.

4.1.3.2 Identification des saisons

Presque la totalité des sujets (sujets 1, 2, 4, 5, 6, 7, 8, 9) avaient une CI et une CF adéquates et étaient en mesure d'identifier les quatre saisons. Le sujet 3 a identifié uniquement l'été dans son pré-test, ce qui représente une CI incomplète. Par contre, lors du post-test, l'élève a été en mesure de toutes les reconnaître (CF correcte). Ainsi, les conceptions de la très grande majorité sont demeurées stables tout au long de la séquence didactique. Ce concept est donc maîtrisé.

4.1.3.3 Cause des saisons

Il y a cinq types de CI liées à la cause des saisons : absentes (sujets 3, 5), correcte (sujets 1, 4), erronées (sujets 2, 8), incomplètes (sujets 7, 9) et partiellement erronée (sujet 6). Les CI illustrent une hétérogénéité des idées. Les élèves ayant des CI incomplètes indiquent que les saisons sont causées « grâce à la Terre ». Étrangement, un sujet (#6) fait référence à l'Équateur : « La Terre tourne autour du Soleil, mais il y a l'Équateur et il y a des pays qui sont à l'Équateur ». Le pays d'origine de cette élève est le Mali, pays qui se situe entre l'Équateur et le Tropique du Cancer. Est-ce pour cette raison qu'elle y a fait référence dans sa réponse ? Les saisons au Mali sont différentes de celles au Québec, alors l'élève a peut-être essayé de le mentionner. Par contre, cet élément ne correspond pas à la cause des saisons, c'est pourquoi elle a une CI partiellement erronée. Le sujet 2 illustre encore une fois ses difficultés linguistiques. Il décrit les changements dans un arbre au fil des saisons (hiver, été et automne) lors du pré-test et du post-test. Ses conceptions sont erronées.

Les CF démontrent une évolution complète pour le tiers des sujets (dont le sujet 6), car leur conception est complète : la Terre tourne autour du Soleil. Une élève (sujet 7) a même spécifié que c'est la « rotation de la Terre autour du Soleil », ce qui démontre un niveau de formulation plus complexe. Une élève (sujet 9) a une conception fréquente erronée : « on a des saisons car le Soleil tourne autour de la Terre ». Elle fait référence au modèle géocentrique contrairement aux autres qui s'appuient sur le modèle héliocentrique. Enfin, un autre sujet (#3) fait un lien avec le temps, ce témoigne d'une confusion entre plusieurs concepts scientifiques.

4.1.3.4 Changements

Avant la séquence didactique, quatre sujets maîtrisaient déjà correctement le concept des changements que subit un arbre au fil des saisons. Par contre, quatre autres (sujets 3, 5, 8 et 9) avaient des CI partiellement erronées. Il y a confusion entre le moment où les feuilles poussent (printemps) et celui où elles tombent (automne), mais parfois également entre l'été et l'hiver. Voici un échange entre la chercheuse (C) et le sujet (#9 – S9).

S9 : « Si c'est l'été, il y a plein ... c'est tout vert, les feuilles sont belles, mais si c'est l'été, il y a aucun feuille, puis les arbres sont secs, il n'y a pas de feuille.

C : Ça se produit quand ?

S9 : Ah, l'hiver.

C : Ok, l'hiver, les arbres sont secs. Donc il n'y a plus de feuille, c'est ça que tu disais. Est-ce que tu remarques autre chose par rapport aux autres saisons ?

S9 : L'automne, les feuilles commencent à tomber.

C : Est-ce que tu sais ce qu'il se passe dans une autre saison ?

S9 : L'automne, ça commence à pousser lentement.

C : L'automne, ça commence à pousser lentement ?

S9 : Oui. »

On constate que le sujet 9 croit même que l'arbre devient sec, ce qui est erroné. Ce sont plutôt les feuilles qui sont tombées.

Les CF sont majoritairement correctes, mais deux sujets ont encore des CF partiellement erronées, même après la séquence didactique. La confusion automne-printemps est encore présente.

4.1.4 Concept du cycle de l'eau

Concept enseigné majoritairement à la Biosphère, les étapes du cycle de l'eau ont fait l'objet de manipulations concrètes dans une salle qui ressemble à un laboratoire. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle on l'a nommée « Aqualab ». Regroupés en équipe de cinq ou de six élèves, ils ont pu reproduire le cycle de l'eau à l'aide d'une maquette. Ils y ont découvert comment les nuages se forment. On y a également présenté différents types de nuages en spécifiant leur nom et leurs caractéristiques. Les conceptions relatives à ces concepts figurent dans Tableau XII (voir Annexe13). De retour en classe, l'enseignante a également pris le temps de rappeler le nom des nuages appris tout en indiquant leurs caractéristiques. Au total, une cinquantaine de minutes ont été accordées à ce concept.

4.1.4.1 Exigences conceptuelles de la chercheuse : quelques précisions

Le nom et l'explication des étapes du cycle de l'eau est exigé pour atteindre une conception complète de ce concept. De plus, quatre nuages ont été distingués lors de l'animation. Étant donné que leurs caractéristiques ont toutes été transmises par l'éducatrice, ce sont celles-ci qui seront évaluées.

4.1.4.2 Étapes du cycle de l'eau

Deux outils ont permis d'obtenir des données par rapport à ce concept : les questionnaires et les entrevues. Lors de l'entrevue, une forte majorité de sujets n'avait

pas de CI concernant les étapes du cycle de l'eau, difficulté certainement liée au terme, mais également au manque de connaissance scientifique. Ayant une CI incomplète, un sujet (#8) a effectué une description relativement juste des étapes, sans toutefois les nommer alors qu'une élève (sujet 6) a plutôt une CI partiellement erronée. Elle dit entre autres : « Quand il pleut, l'eau va dans la terre, après elle s'évapore avec les nuages, les nuages l'évaporent », puis elle ajoute que l'eau « retombe quand ils (les nuages) sont trop remplis ». Elle spécifie également que l'hiver, c'est de la neige qui tombe. Ses connaissances sont partiellement erronées, mais elle a saisi le sens du cycle, même si chacune des étapes n'est pas parfaitement maîtrisée. Lors du pré-test, les élèves devaient répondre à la question suivante : « Où vont la pluie et la neige lorsqu'elles sont tombées? ». Diversifiées, les CI font référence majoritairement à la terre alors qu'un élève (sujet 5) affirme que la pluie et la neige vont « au nord », ce qui est erroné. Est-ce que cette conception fait référence aux pluies acides, causées par la pollution industrielle des États-Unis qui affecte le Nord-Est de l'Amérique du Nord ou encore est-ce une mauvaise utilisation du mot nord afin de désigner l'atmosphère ? D'autres données seraient nécessaires pour corroborer ces hypothèses.

Une question du post-test et de l'entrevue visait à déterminer si les élèves pouvaient nommer et décrire les étapes du cycle de l'eau. Les deux tiers des sujets n'ont pas été en mesure de le faire dans le post-test. Deux sujets (# 1, 3) ont indiqué que « l'eau que nous buvons, les dinosaures l'ont déjà bue » et « l'eau c'est la même ». Ces conceptions sont très simplistes et font allusion au fait qu'il est impossible de créer de l'eau, d'où la présence du cycle de l'eau. La chercheuse a tout de même accordé une conception erronée à ces sujets étant donné qu'elles n'ont pas nommé, ni décrit les étapes. Un seul sujet (#6) a décrit très brièvement les étapes : « Il pleut, la pluie tombe, *il* (elle) va dans la rivière, *il* (elle) s'évapore ». Les données recueillies lors de l'entrevue sont plus explicites, sans doute parce qu'il est plus facile de dire quelque chose que d'essayer de mettre sur papier ses croyances, d'autant plus lorsque le français n'est pas la langue maternelle de ce sujet. La chercheuse a eu besoin d'intervenir à quelques reprises parce que des sujets (#1, 3, 9) ne comprenaient pas l'expression « cycle de l'eau ». Elle a alors fait référence aux manipulations effectuées dans la première salle

visitée au musée. Ces élèves ont alors décrit les étapes du cycle de l'eau. Le sujet 9 a simplement énuméré les étapes, mais n'a pas été capable de l'associer à un phénomène qui se produit dans la nature. La chercheuse lui a donc attribué une CF absente, parce que les étapes des manipulations ont été retenues, mais pas le concept scientifique. Parmi les autres sujets, on peut distinguer trois niveaux de formulation. Le sujet 3 a une conception très simpliste et partiellement erronée : l'eau va « dans les nuages, ensuite ils sentent que ... ils sentent que c'est chaud, alors dans les nuages la pluie tombe ». Un autre élève (sujet 4) décrit très brièvement les étapes : « L'eau va dans le ciel, il se forme des nuages, puis après il pleut, puis après il (elle – la pluie) retombe dans la mer » et ensuite « ça refait la même chose toujours ». Certains (sujets 1, 5, 6) ajoutent même le terme évaporation à leur description et décrivent plus précisément les étapes. Voici un extrait de la conversation entre le sujet 1 et la chercheuse.

S1 : « On a fait l'expérience avec l'eau qui s'évapore grâce au Soleil. L'eau quand elle s'évapore dans une rivière, elle monte vers le haut, elle va dans les nuages. Les petites gouttes vont en haut et montent dans les nuages, puis elles se transforment en pluie, puis elles tombent.

C : Où vont-elles ensuite ?

S1 : Ils (elles) vont par terre ou parfois dans l'air. »

Enfin, le sujet 8 a une description plus complète encore, ce qui correspond à un niveau de formulation encore plus complexe.

S8 : « L'eau commence dans les océans, puis après quand il fait très chaud, elle s'évapore puis elle va dans les nuages... ben comme elle monte dans le ciel, puis après il y a tellement de gouttelettes que ça forme des gouttes d'eau, puis après ça forme des nuages, puis quand il y a trop d'eau dans les nuages, puis qu'ils ne sont plus capables de supporter, ben ça tombe, puis c'est de la pluie.

C : Qu'est-ce qui tombe ?

S8 : L'eau, puis après elle va dans le haut des montagnes, puis après elle traverse les ruisseaux. Après l'eau coule et elle va dans les océans.

C : Et ensuite ?

S8 : Ensuite ça continue, ça fait tout le temps la même chose. »

4.1.4.3 Composition des nuages

La question du pré-test « De quoi sont faits les nuages ? » est légèrement différente de celle du post-test « D'où viennent les nuages ? », mais elles visent toutes les deux à vérifier si les élèves comprennent que l'évaporation de l'eau des cours d'eau permet la formation des nuages par condensation. En ayant une formulation plus simpliste, on peut affirmer que les nuages sont créés grâce à l'évaporation de l'eau. Deux élèves (sujet 3, 7) ont une CI absente. Le sujet 2 croit que le vent compose les nuages, ce qui est erroné. Ayant une CI partiellement erronée, d'autres pensent que les nuages sont faits d'air ou encore de gaz et d'eau. Quelques sujets ont indiqué uniquement que les nuages étaient faits d'eau ou de vapeur. La chercheuse a qualifié ces CI d'incomplètes, car il manque un aspect à la réponse : l'évaporation.

De par les réponses de certains élèves, la chercheuse doute de la compréhension de la question du post-test. En effet, les CF liés à la composition des nuages ne correspondent pas totalement à ce que la chercheuse avait envisagé. Des énoncés erronés, tels que « De l'espace, mais ils sont vraiment collés sur la Terre, ils sont autour » (sujet 1), « Dans le ciel » (sujet 2), « Du ciel » (sujet 5) laissent présager qu'on avait demandé aux élèves « Où sont situés les nuages ? ». La majorité des sujets a tout de même effectué un lien avec le cycle de l'eau, mais leur CF demeure incomplète. Les nuages viennent « de la vapeur », des cours d'eau ou encore du gaz, c'est-à-dire de l'eau à l'état gazeux.

4.1.4.4 Identification des nuages

L'identification des nuages a été évaluée uniquement après la séquence didactique lors de l'entrevue. Un seul sujet (#1) a identifié tous les nuages correctement. La chercheuse a fait face à un dilemme quant à l'attribution d'un qualificatif pour les CF des autres sujets. En effet, des huit sujets, deux ont identifié quatre nuages, mais le nom associé à l'un d'entre eux n'était pas exact. Par exemple, le sujet 8 a nommé le cumulus,

le stratus, le cumulonimbus et le *citrus* en faisant référence au cirrus alors que le sujet 7 a mentionné le *culonimbus* à la place du cumulonimbus. Deux autres élèves (sujets 4, 5) savaient qu'ils avaient appris le nom de quatre nuages et ont essayé d'en identifier deux ou trois, dont un à l'aide des caractéristiques du nuage : sa forme (mouton pour désigner le cumulus). Le sujet 9 a reconnu le nom de trois nuages, mais un seul était adéquat. Deux autres sujets (#3, 6) en ont spécifié deux ou trois, dont un avec ses caractéristiques (forme ou couleur). Enfin, le sujet 2 n'a pas été en mesure de nommer différents nuages, mais il en a distingué trois en fonction leur couleur (blanc, gris, noir).

4.1.4.5 Caractéristiques des nuages

Tout comme l'identification des nuages, leurs caractéristiques ont fait l'objet d'une vérification uniquement lors du post-test. Les deux tiers des sujets (#1, 4, 5, 7, 8, 9) ont des CF partiellement erronées, alors que le tiers (sujets 2, 3, 6) a des CF incomplètes. De façon générale, les sujets ayant des CF incomplètes ont ce type de conception parce que leurs connaissances liées à ce sujet sont limitées. En effet, ils décrivent deux, voire parfois trois nuages et ils ne font pas appel à toutes les caractéristiques (couleur, forme et ce qu'ils annoncent). Par exemple, le sujet 3 indique « Le cumulus, il fait beau » ou encore « Il (cumulonimbus) annonce qu'il va faire pluie, ou qu'il va y avoir des orages ». Par contre, ceux qui ont des CF partiellement erronées sont en mesure d'identifier presque toutes les caractéristiques de trois ou de quatre nuages. Il arrive parfois que les caractéristiques soient erronées, d'où l'attribution de ce qualificatif. Par exemple, une élève (sujet 1) spécifie que les stratus ont la forme des crayons de cire, c'est-à-dire que « c'est comme quand on dessine aux crayons de cire, ça laisse des lignes comme ça (elle fait un mouvement) ». Cette forme est plutôt caractéristique des cirrus. Le sujet 8 indique pour sa part que les stratus sont blancs, alors qu'ils sont gris et le sujet 9 croit que les cumulus « représentent le mauvais temps », plutôt que le beau temps. C'est ce type de lacune que l'on retrouve chez les sujets. Ils confondent les caractéristiques des nuages, sans toutefois en inventer de nouvelles.

4.1.5 Concept des instruments météorologiques

Dans la deuxième partie de l'animation à la Biosphère, les instruments météorologiques, miniaturisés pour la plupart, ont été présentés. Au total, une vingtaine de minutes leur ont été consacrées. Placés en équipes de cinq ou de six, les élèves avaient pour mission de découvrir l'utilité des instruments et de retenir leur nom. De retour en classe, l'enseignante a remémoré aux élèves ces notions pendant une dizaine de minutes. Les conceptions des élèves sont regroupées au sein du Tableau XIII (Annexe 13).

4.1.5.1 Identification des instruments météorologiques

Les conceptions des élèves relatives à ce concept ont été obtenues grâce aux questionnaires, mais également aux entrevues. Dans le pré-test et le post-test, les élèves devaient répondre à la question « Connais-tu des instruments utiles pour la météo ? Nomme-les et indique leur fonction. ». Quatre (sujets 2, 3, 4, 5) d'entre eux ont une CI absente alors que les autres ont la même CI, qui est partiellement erronée. En effet, une élève a posé une question à l'enseignante concernant un apprentissage antérieur en sciences. Elle avait oublié un mot du langage scientifique et elle voulait que l'enseignante le lui rappelle, ce qu'elle a fait. Les élèves situés près de cette dernière ont noté cette réponse dans leur pré-test. Cette CI peut donc être remise en question, ce qui constitue un biais dans le cadre de la recherche.

Lors de la première entrevue, la chercheuse a présenté six photographies aux élèves et leur a demandé d'identifier les instruments météorologiques illustrés et de déterminer leur fonction. Étant donné qu'il y a six éléments à identifier, la chercheuse a favorisé la conception qui était la plus sollicitée ou celle qui représentait le mieux la perception des élèves face à ce concept. On retrouve trois types de CI : absentes (sujets 2, 5, 6), erronées (sujets 3, 8) et partiellement erronées (sujets 1, 4, 7, 9). Le seul instrument qui a été identifié correctement ou de façon simpliste est la girouette.

Plusieurs (sujets 3, 4, 5, 8, 9) l'ont surnommée « le coq », et ce, avec raison, car la girouette illustrée a une forme de coq. Le sujet 5 a fait allusion au coq, mais également à une rose des vents, tout en sachant que ce n'était pas le nom approprié. « C'est pas la rose des vents, j'ai un nom, mais je sais pas si c'est ça... hum... les affaires comme ... les coqs sur les fermes... mais je ne me souviens plus du nom. » De plus, presque tous les sujets (sauf le #2) ont essayé de nommer le baromètre en fonction de leurs connaissances antérieures, mais aucun n'a réussi. On lui a attribué plusieurs noms : boussole (sujets 5, 6, 7), boussole de température (sujet 8), horloge ou montre pour le temps (sujets 1, 3) ou encore de chronomètre (sujets 4, 9). Futés, les sujets 8 et 9 ont lu les mots qui figurent sur l'illustration. Ils ont utilisés ces termes pour décrire l'instrument, ce qui a remis en question le nom qu'une élève (sujet 9) lui avait accordé ou, au contraire, a guidé le second (sujet 8) pour l'identifier. Il n'y a pas eu de consensus pour les autres instruments météorologiques.

Les CF présentes dans le post-test sont majoritairement incomplètes. Les élèves devaient écrire le nom des instruments retenus. Encore une fois, la chercheuse a favorisé une analyse de cas. Un sujet (#2) n'a pas exprimé de CI et un autre (#4) avait une CI erronée : le *néomètre*. Tous les autres ont indiqué le nom d'un ou de plusieurs instruments. Il y a différents niveaux de maîtrise de ce concept. Il y a des élèves (sujets 5 et 9) qui ont indiqué le nom des instruments en lien avec leur fonction : le « *négomètre* » (neige-o-mètre), le *soleilmètre* et le *pluievomètre*. D'autres ont commis des fautes en écrivant le nom des instruments. Par exemple, le sujet 1 a indiqué le *nanomètre* à la place de l'anémomètre et le sujet 3 a remplacé le nivomètre par le *navomètre*. Les autres (sujets 6, 7, 8) ont nommé correctement un ou quelques instruments, ce qui témoigne d'un niveau de formulation plus complexe.

Six élèves ont divulgué les mêmes noms lors de la deuxième entrevue. Il y avait parfois une légère nuance au sein du mot : *pluieviomètre* remplaçait le pluviomètre indiqué dans le post-test. Trois sujets (sujets 5, 7, 9) ont été en mesure d'ajouter le nom d'autres instruments. Par exemple, le sujet 5 a fait référence à une boule (l'héliographe), au filtre à air, à la rose des vents et au « *ventilomètre* ».

4.1.5.2 Fonction des instruments météorologiques

La chercheuse a procédé de la même façon pour analyser la fonction des instruments météorologiques. En effet, elle a opté pour l'analyse du contenu, tout en essayant de déterminer une conception globale qui représentait toutes celles liées aux différents instruments. Les CI obtenues lors du pré-test sont unanimes : aucun élève n'a été capable de nommer une fonction liée à un instrument. Ceci s'explique par le fait que seulement cinq élèves avaient identifié le satellite comme étant un instrument météorologique, et ce, grâce à un commentaire de l'enseignante. Lors de la première entrevue, les élèves avaient des CI absentes (sujet 2), partiellement erronées (sujets 3, 4, 5, 6, 8, 9) ou erronées (sujets 1 et 7). Évidemment, lorsqu'un sujet n'a pas bien identifié un instrument, il est difficile pour lui d'en déterminer la fonction. Étant donné que la girouette et le baromètre ont été identifiés par plusieurs élèves, il est intéressant de vérifier si leur fonction l'a également été. En ce qui concerne la girouette, un grand nombre d'individus fait référence aux points cardinaux, mais leur compréhension demeure nébuleuse. Quelques extraits d'entrevue avec les sujets 1 (S1), 3 (S3), 4 (S4), 5 (S5), 8 (S8) et 9 (S9) le démontrent bien.

Chercheuse (C) : « À quoi sert une girouette?

S1 : Pour le Nord, le Sud, l'Est et l'Ouest.

C : Qu'est-ce que c'est ?

S1 : L'équateur. »

S3 : « On dirait le coq qui est à la maison de Rabou à Toc toc toc. Il lui ressemble beaucoup.

C : C'est une émission ?

S3 : Oui.

C : Ça sert à quoi ?

S3 : Quand il y a quelque chose qui cogne la porte, il sert à dire si la personne est là ou non. »

S4 : « C'est comme un coq qui nous montre le Nord, le Sud, l'Est et l'Ouest.

C : À quoi sert-il ?

S4 : Il sert à quelle direction le vent s'en va. »

S5 : « C'est pour savoir s'il va faire du vent... s'il va venter beaucoup. »

S8 : « Je pense que c'est un paratonnerre et c'est pour montrer le Nord.

C : Puis quoi d'autre ?

S8 : Le Sud, l'Est et l'Ouest.

C : Qu'est-ce que c'est ce que tu viens de me dire ?

S8 : Les points cardinaux. »

S9 : « Ça tourne s'il y a du vent.

C : Est-ce que tu sais autre chose ?

S9 : Ça peut indiquer comme les pôles, le Nord, le Sud, avec les flèche de chaque côté. »

Contrairement à la girouette, les élèves ne connaissent pas la fonction du baromètre : « C'est une montre pour avancer le temps. » (Sujet 1), « C'est pour connaître l'Est, le Nord, le Sud, etc. » (Sujet 7), « C'est un chrono et ça indique les secondes. » (Sujet 4). Deux élèves ont tout de même pris le temps de lire les mots écrits sur l'illustration.

Lors du post-test, la majorité des sujets ont une CI incomplète, indiquant parfois des fonctions aux instruments identifiés. Par contre, le sujet 8 associe une fonction à un mauvais instrument : « le baromètre sert à savoir de km heure le vent fait ». On en déduit qu'il associe cet instrument à la vitesse du vent, ce qui est erroné. Cette même conception se reflète lors de l'entrevue. Un élève (sujet 4) prend le temps de nommer la fonction de plusieurs instruments. Il se souvient qu'il existe des instruments pour mesurer le nombre d'heures d'ensoleillement, un pour la direction du vent, un autre pour sa vitesse. La même situation se produit pour deux autres élèves (sujets 5, 9), ce qui laisse croire que même si l'identification des instruments n'est pas maîtrisée complètement, les élèves retiennent tout de même leur fonction.

Il n'est pas surprenant de constater que les transformations des conceptions relatives à la fonction des instruments météorologiques sont majoritairement incomplètes et parfois stables. Elles démontrent que dans l'ensemble, les conceptions des élèves ont subi une évolution positive, mais que des activités supplémentaires s'avèrent nécessaires pour compléter la transformation.

4.1.6 Phénomènes météorologiques extrêmes

Tout comme les instruments météorologiques, les phénomènes météorologiques extrêmes ont fait l'objet d'un enseignement lors de la deuxième partie de la visite. À la Biosphère, les élèves ont appris des notions de base formulées de façon simple à propos de l'orage et de la grêle. L'animatrice a insisté davantage sur la tornade et l'ouragan tout en les distinguant. De nombreuses explications ont été transmises à cette occasion. En classe, l'enseignante a également effectué un très bref retour sur l'orage, la grêle, les ouragans et les tornades. Au total, seulement quinze minutes ont été allouées à ce concept scientifique. Le Tableau XIV (Annexe 13) divulgue les conceptions des élèves.

4.1.6.1 Exigences conceptuelles de la chercheuse : quelques précisions

Dans cette section, la chercheuse s'attend à ce que les élèves retiennent le nom de quatre phénomènes météorologiques extrêmes et qu'ils soient en mesure de les expliquer brièvement.

4.1.6.2 Identification des phénomènes météorologiques extrêmes

Deux outils ont permis de connaître les CI et les CF relatives aux phénomènes météorologiques extrêmes. Lors du pré-test, les élèves devaient indiquer le nom et expliquer les phénomènes qu'ils connaissaient. Quatre sujets (#2, 3, 7, 9) ont une CI absente, deux (sujets 4 et 6) ont une CI partiellement erronée, deux autres (sujets 5, 8) ont une CI incomplète et une élève (sujet 1) a une CI erronée. Les phénomènes les plus connus sont la tornade et l'ouragan. On retrouve également des phénomènes qui ne sont pas causés par le temps (tremblement de terre, volcan, étoile filante, comète, météorite) dans la réponse des élèves.

En regardant des illustrations, les élèves devaient identifier le nom de sept phénomènes météorologiques (voir Annexe 6) lors de la première entrevue : 1) orage (présence de deux éclairs), 2) nuage cumulus, 3) grêle, 4) tornade, 5) inondation, 6) ouragan et 7) pluie. Résultat : le tiers des sujets (4, 6, 8) a une CI incomplète, alors que les deux tiers (sujets 1, 2, 3, 5, 7, 9) en ont une partiellement erronée. Tout comme pour les instruments météorologiques, la chercheuse a favorisé une analyse de contenu et a déterminé une conception globale qui permettait de dégager celle qui était la plus sollicitée ou celle qui représentait la majorité des idées des élèves. Cette approche méthodologique a également été appliquée pour l'explication des phénomènes météorologiques extrêmes. À la première illustration, huit sujets ont identifié l'orage soit en utilisant le terme approprié (sujet 5), soit en ayant recours à l'éclair (sujets 2, 3, 4, 6, 7) ou au tonnerre (sujet 9). Le sujet 1 a identifié une tornade. Les deux tiers des sujets (#2, 3, 4, 6, 7, 8) ont reconnu un nuage à l'illustration 2 et un seul d'entre eux (sujet 8) l'a nommé. Par ailleurs, plusieurs élèves (sujets 1, 2, 3, 7, 9) ont été en mesure de décrire le résultat de l'inondation (voiture dans l'eau) et une seule personne (sujet 6) l'a identifiée correctement. Les autres phénomènes sont peu maîtrisés (par un à quatre élèves).

Les CF recueillies lors du post-test sont variées : absentes (sujets 2, 3, 9), correctes (sujet 8), incomplètes (sujet 7) et partiellement erronées (sujets 1, 4, 5, 6). Beaucoup d'élèves (sujets 1, 4, 5, 6, 8) ont retenu la tornade (ou même *tournade*). Tout comme lors du pré-test, certains élèves ne se limitent pas à identifier des phénomènes uniquement liés à la météorologie. Certains ont indiqué dans leur réponse des phénomènes qui résultent de la structure interne de la Terre : le tremblement de terre, le volcan et le tsunami, ce qui représente une conception fréquente répandue. Ces individus n'ont pas saisi que les phénomènes météorologiques extrêmes sont directement liés à l'atmosphère et au temps, concepts scientifiques à maîtriser au préalable.

Incomplètes ou partiellement erronées, les CF obtenues lors des entrevues sont plus explicites que celles du post-test. N'ayant pas été en mesure d'identifier de

phénomène lors du post-test, le sujet 3 a mentionné en entrevue qu'elle connaissait l'orage et le tourbillon dans l'eau, façon simpliste de nommer l'ouragan. Une forte majorité a identifié l'ouragan (8 cas : #1, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9), la tornade (7 cas : #1, 2, 4, 5, 6, 8, 9) et l'orage (6 cas : #1, 3, 4, 5, 7, 9). Par contre, la grêle a été mentionnée par seulement quatre cas (sujets 1, 5, 6, 8). Le même nombre d'individus (sujets 1, 4, 5, 9) a fait référence au tremblement de terre. Le volcan (sujet 6) et le tsunami (sujet 5) ont également refait surface. Enfin, originaire de l'Afrique, il n'est pas étonnant que le sujet 1 considère la neige comme étant un phénomène météorologique extrême.

4.1.6.3 Explications des phénomènes météorologiques extrêmes

Le pré-test a permis d'établir que les sujets 4 et 5 avaient une CI partiellement erronée concernant les explications des phénomènes météorologiques extrêmes alors qu'elle était absente pour tous les autres. En effet, de nombreux élèves ont nommé uniquement des phénomènes, sans toutefois les expliquer. Le sujet 4 a expliqué des phénomènes qui ne sont pas liés à la météorologie (tremblement de terre et météorite), alors que les explications des phénomènes météorologiques extrêmes du sujet 5 n'étaient pas justes. Par exemple, les ouragans sont des augmentations d'eau, alors que ce sont plutôt des inondations.

Plus variées, les CI récoltées lors de la première entrevue démontrent l'hétérogénéité des explications des enfants : absentes (sujet 6), erronées (sujet 3), incomplètes (sujets 2, 5, 8) et partiellement erronées (sujets 1, 4, 7, 9). Il est intéressant de constater que des huit individus qui ont reconnu l'orage, mais un seul (sujet 9) l'a décrit correctement : « On peut l'observer quand il y a des gros nuages, puis il pleut vraiment fort fort ». Trois sujets ont mentionné une explication pertinente concernant le cumulus : il annonce « le beau temps » (sujet 2), on le retrouve quand il fait « beau, quand il fait soleil » (sujet 4) et « on peut observer ça quand il fait beau dehors, quand il y a du soleil » (sujet 9). Ainsi, même si les deux tiers ont été en mesure d'identifier le nuage, uniquement le tiers a su fournir une explication. Se démarquant des autres élèves

de par ses explications, il est à noter que le sujet 8 démontre qu'il a beaucoup de connaissances liées aux phénomènes météorologiques extrêmes, même si elles ne sont pas toujours complètes et/ou correctes.

«Le numéro 3, je sais c'est quoi. C'est comme des glaçons, c'est assez gros, c'est à peu près gros comme ça, ça c'est la taille réelle je pense (il pointe l'illustration). Puis ça se crée dans les nuages très froids, parce que c'est de l'eau qui se met ensemble en tombant. Ah non non... c'est de l'eau qui gèle en boule dans le nuage, puis après c'est plus lourd que les gouttes alors le cumulonimbus ne peut pas supporter, alors ça tombe, puis ça peut rendre des dommages à des autos et faire mal à des personnes. »

« Ça c'est une tornade dans un champ, puis la tornade comme ça se fait, c'est que... c'est comme de l'air chaud et l'air frais qui se mettent ensemble. Puis là, ça se met à tourner, puis à tourner, puis là ça tourne tellement vite que là, ça touche le sol et ça aspire tout sur son chemin. Puis, ça aspire les choses, puis là ça va haut comme le nuage il est, puis ça tombe par terre. »

« C'est un ouragan, c'est du vent comme... ça c'est une photo d'en haut, de très haut, c'est comme du vent en train de tourner, ça va toucher l'eau et ensuite ça va créer des inondations. »

Tout comme lors du pré-test, les explications des phénomènes sont absentes pour la majorité des sujets (#2, 3, 6, 7, 9) dans le post-test. Les CF sont incomplètes pour deux individus (sujets 4, 8) et partiellement erronées pour deux autres (sujets 1, 5). Au total, quatre élèves ont essayé d'expliquer la tornade : « C'est formé d'air. » (sujet 4), « la tornade, elle tourne » (sujet 1), « *tornade* : du vent tourbinante » (sujet 5) et « la tornade c'est de l'air froid et chaud qui se mettent ensemble et tourne très vite » (sujet 8). Les niveaux de formulation et de compréhension sont certainement supérieurs pour le sujet 8. Le sujet 5 est le seul qui a défini autant de phénomènes : le *tounami*, la *tornade*, le cyclone, l'inondation, l'orage et la grêle. Par exemple, il a indiqué : « grêle : des boules de glace, ils sont grosses comme ça (dessin) ». Lors de la deuxième entrevue, il explique à nouveau la grêle.

S5 : « C'est quoi encore le nom ? Oui, il faut que je me souviene du nom. De la grêle, des grosses boules de glace qui tombent. Ça c'est plus quand il y a des *tornades* que ça tombe, des boules de glace.

C : Est-ce que la grêle peut tomber à un autre moment ?

S5 : Oui, quand il pleut beaucoup, quand il fait des orages. Comme en été, à mon autre maison, parce que je viens de déménager, c'était dans ma

piscine, il y a une grosse boule de glace qui m'a tombé sur le dos. Ça ne m'a pas fait trop de bien, c'était un peu rouge. »

Cet individu a vécu une situation liée à un phénomène météorologique extrême. Il s'en remémore parce que cet événement concerne sa vie personnelle. Lors de la première entrevue, un autre sujet (#9) a également raconté à la chercheuse une tranche de vie liée à la présence d'un ouragan. Lors de ses vacances à la mer, elle fait face à ce phénomène très puissant, car « ça allait presque avaler une personne ».

Par ailleurs, les explications obtenues lors de la deuxième entrevue se concentrent sur trois des quatre phénomènes : l'ouragan, la tornade et l'orage. Au minimum, les deux tiers des élèves ont décrit ces trois phénomènes. Le degré de maîtrise de ces concepts est variable. Quelques descriptions liées à l'orage permettent de constater différents niveaux de compréhension de ce phénomène. Certains élèves ont recours à un langage scientifique, notamment en faisant référence au cumulonimbus, nuage impliqué dans un orage. Voici divers commentaires formulés par les sujets 1 (S1), 3 (S3), et 7 (S7).

C : « Est-ce que tu peux m'expliquer comment se produit l'orage ?

S1 : Ça se produit avec des éclairs, du tonnerre et beaucoup de pluie. »

C : « Explique-moi l'orage.

S2 : C'est comme, ça sert à faire de l'électrique, comme boufff (bruit sonore) de l'électrique. Et quand... parfois il vient sur les maisons et après il explose la maison et il devient comme tout en feu parce qu'on a allumé les lumières et tout ça. Ma mère, a dit toujours quand il fait des orages, quand il fait toujours des orages, il faut fermer la télévision, l'ordinateur et tout ce qu'il y a d'électrique. »

S7 : « Des orages.

C : Quand est-ce que ça se produit ?

S7 : Quand on voit des cumulonimbus.

C : Qu'est-ce qui se passe quand il y a un orage ?

S7 : Ben, on voit des éclairs.

C : Comment les éclairs se forment-ils ?

S7 : Ben... je sais pas. »

4.1.7 Concept des changements climatiques

D'une durée d'une vingtaine de minutes, une discussion entre l'éducatrice et les élèves a porté sur les changements climatiques. L'objectif de cette activité était de sensibiliser les jeunes au phénomène des changements climatiques, en définissant 1) les gaz à effet de serre (GES), en spécifiant 2) la cause de leur augmentation, 3) les conséquences de ces changements climatiques et 4) les gestes que l'on peut poser pour diminuer l'émission des GES. Brièvement, l'animatrice a également mentionné 5) la composition des GES. Afin de développer un comportement responsable, l'éducatrice a choisi d'insister davantage sur les concepts 2, 3 et 4. De retour en classe, l'enseignante a fait de même et a sensibilisé les élèves aux mêmes notions pendant une trentaine de minutes. Étant donné que la composition des GES n'a pas fait l'objet d'un enseignement explicite, les données relatives à ce concept ne seront pas analysées. Néanmoins, toutes les conceptions des élèves figurent dans le Tableau XV (Annexe 13).

4.1.7.1 Définition des gaz à effet de serre

À trois reprises, la chercheuse a collecté des données relatives à la définition des GES. Avant la séquence didactique, elle a demandé aux élèves en entrevue ce qu'ils savaient à propos de l'effet de serre. Aucun n'a pu répondre; les CI étaient toutes absentes. Par contre, posée différemment, la question du pré-test, « Qu'est-ce qui cause le réchauffement de la Terre ? », a permis d'obtenir quelques informations. Il faut d'abord spécifier que cinq sujets (#2, 5, 6, 7, 9) ont répondu « le Soleil ». Il y a confusion entre chauffer et réchauffer. Cette situation résulte probablement du fait que les élèves ne connaissent pas le concept du réchauffement de la Terre. De plus, un sujet (#4) a écrit que les volcans et le Soleil favorisaient le réchauffement de la Terre, alors que deux sujets (#1, 8) ont fait allusion notamment à la pollution, ce qui est incomplet.

Lors du post-test, les deux tiers des sujets (#2, 3, 4, 5, 6, 9) n'ont pas de CF liées à ce concept alors que le tiers a plutôt des CF incomplètes. À la question 11 du post-test,

la chercheuse a demandé « Qu'est-ce que l'effet de serre ? ». Le sujet 1 affirme à nouveau la pollution, ce qui est erroné dans ce contexte, alors deux élèves font un lien avec « le réchauffement de la Terre » (sujet 7) et « les gaz qui font réchauffer la Terre » (sujet 8).

4.1.7.2 Cause de l'augmentation des gaz à effet de serre

L'Homme est responsable de l'augmentation des gaz à effet de serre. Cinq sujets (#1, 2, 4, 6, 8) ont présenté au moins l'une des causes (déchets, pollution, gaz), alors que deux élèves avaient plutôt une CF partiellement erronée : soit en incluant le Soleil (sujet 7) ou en mentionnant ce qu'est l'effet de serre (sujet 5). Un élève (sujet 9) a nommé uniquement le Soleil et un (sujet 3) n'a pas pu répondre à la question.

4.1.7.3 Conséquences des changements climatiques

Les conséquences, liées aux changements climatiques, énumérées par les élèves représentent plusieurs types de CF : absentes (sujets 2, 3, 9), erronées (sujet 7), incomplètes (sujets 4, 5, 6, 8) et partiellement erronées (sujet 1). La fragilité de la présence de l'eau, la fonte des glaces aux pôles, ce qui peut entraîner des inondations, la sécheresse et l'augmentation de la température de la Terre sont des idées énumérées par les sujets ayant une CF incomplète. N'ayant peut-être pas bien saisi le sens de la question, le sujet 7 fait allusion au fait qu'on peut sentir des mauvaises odeurs. En ce qui concerne le sujet 1, elle est la seule à indiquer que certains animaux peuvent mourir, mais elle ajoute que « ça peut enlever de l'air qu'on peut respirer ». La pollution peut effectivement affecter la qualité de l'air qu'on respire, sans toutefois restreindre sa quantité. Bref, les CF démontrent que certains élèves ont saisi la portée des conséquences à l'échelle planétaire.

4.1.7.4 Gestes pour réduire l'émission des gaz à effet de serre

De tous ceux qui concernent les GES, ce concept est certainement celui qui touche le plus concrètement les élèves. Les élèves ont touché à trois des quatre sphères exigées par la chercheuse : les *déchets*, le *transport* et la *nourriture*. Six des sept sujets (#1, 3, 4, 5, 6, 8) ont souligné soit l'importance de diminuer nos déchets, de recourir à des sacs réutilisables, de recycler ou encore de réutiliser. Quatre élèves (sujets 4, 5, 8, 9) ont mentionné qu'il fallait être vigilant quant aux transports. Les idées varient : privilégier le transport en commun, les déplacements à vélo et à pied ou inventer une voiture électrique. Enfin, un sujet (#3) a indiqué qu'il était préférable d'éviter le suremballage des aliments. Par contre, les sujets 2 et 7 n'ont pas été capables de donner des exemples de gestes. Ces individus peuvent certainement comprendre l'importance de leurs gestes au quotidien pour éviter l'émission de GES.

4.2 Discussion relative aux résultats de la recherche

La présentation et l'analyse des résultats de cette recherche permettent d'affirmer que l'animation pédagogique, *Le secret de Gilgamesh*, offerte à la Biosphère a certainement eu un impact sur l'évolution de certaines conceptions des élèves de la deuxième année du deuxième cycle du primaire. Il serait utopique de croire que tous les concepts seraient maîtrisés par l'ensemble des sujets après la séquence didactique. Exigeant un effort intellectuel important, l'évolution des conceptions est un processus fort complexe. Il est important de spécifier que les conceptions des élèves passent par plusieurs niveaux de formulation avant l'atteinte d'une conception scientifique adéquate. Ainsi, lorsqu'une conception d'un sujet subit une régression, ceci ne signifie pas pour autant que l'élève n'a pas appris. Il se peut que cette étape permette à l'élève d'atteindre une conception complète ultérieurement, ce qui contribue d'une certaine façon à son apprentissage. Il ne faut donc pas percevoir négativement le terme régression.

Les conceptions liées à quelques concepts scientifiques ont particulièrement évolué lors de cette étude. Certaines notions exigeaient une compréhension d'un vocabulaire scientifique précis alors que d'autres faisaient appel à différents degrés d'abstraction. Selon la chercheuse, quatre niveaux d'évolution ont été remarqués à la suite de la séquence didactique. Outre la qualité de l'enseignement dispensé, ces niveaux sont tributaires 1) du degré d'abstraction du concept, 2) du langage qu'il nécessite et 3) des concepts qu'il sous-entend, c'est-à-dire les concepts scientifiques que l'apprenant doit maîtriser au préalable.

4.2.1 Évolution notable des conceptions

Le *premier niveau* correspond à une **évolution notable** des conceptions. Les caractéristiques des nuages, l'identification et la fonction des instruments météorologiques correspondent à ce niveau. Qu'ils aient des conceptions incomplètes ou partiellement erronées, les sujets ont retenu beaucoup d'informations relatives aux caractéristiques des nuages. L'enseignante l'a d'ailleurs remarqué et souligné lors de l'activité post-visite. Ne distinguant pas les différents nuages avant la séquence didactique, les conceptions de la majorité des sujets ont subi une évolution fulgurante. Par ailleurs, avant la séquence didactique, les élèves ne connaissaient pas d'instrument météorologique, alors qu'à la fin, ils étaient capables non seulement d'en nommer, et ce, avec le langage scientifique approprié, mais en plus ils avaient retenu la fonction de plusieurs d'entre d'eux. La transformation des conceptions concernant l'identification et la fonction des instruments météorologiques est majoritairement incomplète et elle dévoile une nette amélioration liée à l'apprentissage du langage scientifique. Il est étonnant que des élèves allophones, ayant parfois des difficultés linguistiques, réussissent à maîtriser aussi rapidement le nom des instruments météorologiques. Très concrets, ces deux concepts ont été visuellement accessibles à la Biosphère, car les élèves ont vu des modèles réduits de chaque instrument météorologique. Les sujets devaient apprendre des termes du langage scientifique (le nom des instruments) et recourir au concept du temps, concept touché à de nombreuses reprises avant la visite

muséale. De plus, leur participation active a certainement aidé l'évolution des conceptions.

4.2.2 Certaine évolution des conceptions

Le *deuxième niveau* se définit par une **certaine évolution** des conceptions. Des concepts tels que l'observation du temps, l'identification des nuages, l'identification et l'explication des phénomènes météorologiques extrêmes, les conséquences des changements climatiques ainsi que les gestes pour diminuer l'émission des GES font partie de ce niveau. Ces concepts ont été approfondis lors de la séquence didactique, notamment lors de la visite muséale, et ils demeurent relativement concrets et accessibles pour des élèves du deuxième cycle. Certains nécessitent l'utilisation d'un langage approprié, mais tous relèvent préalablement d'une maîtrise d'autres concepts. Afin de mieux comprendre l'évolution des conceptions des élèves, quelques explications s'imposent.

La maîtrise du concept de l'observation du temps était l'un des objectifs fixés par la Biosphère. La transformation des conceptions démontre qu'il y a une stabilité chez quatre sujets, mais également une transformation complète chez trois d'entre eux. Même si plusieurs élèves ont une CF incomplète, elle est parfois plus riche que leur CI incomplète. Le sujet 4 a indiqué dans sa première entrevue qu'il « faisait beau, il faisait soleil », alors que dans la seconde, il a indiqué qu'il faisait beau, mais qu'il avait observé des nuages. Lorsqu'ils étaient devant le soleil, la lumière changeait : « ça devenait un petit peu noir ». L'élève ne maîtrise pas complètement le concept, oubliant de faire référence à la température, mais il y a certainement eu une évolution au niveau de ses conceptions. De plus, la conception du mot « temps » n'a pas occasionné de difficulté lors de la seconde entrevue, ce qui laisse présager que les élèves ont saisi son sens d'un point de vue linguistique. Par contre, d'un point de vue scientifique, il y a un oubli flagrant de la température lorsque la chercheuse demande aux élèves de décrire le temps, et ce, même s'ils y faisaient référence dans la fiche de consignation de l'observation du

temps. On pourrait croire que cet oubli est causé par le fait que l'enseignante n'a pas assez insisté sur le fait que la température fait partie de l'observation du temps, mais la chercheuse croit qu'il s'agit peut-être d'un problème linguistique. En effet, si on demandait aux élèves de décrire les conditions météorologiques, et non pas d'observer le temps, il serait peut-être plus simple d'intégrer la notion de température à celle du temps.

Par ailleurs, les niveaux de formulation liés à l'identification des nuages concernent à la fois la maîtrise du langage scientifique (identifier correctement le nuage avec son nom scientifique), mais également celle du concept (savoir qu'il y a quatre nuages différents). Étant donné que la chercheuse a choisi d'effectuer une analyse du contenu et non de contenu, elle reconnaît que huit sujets ont des conceptions incomplètes de différents niveaux. Par conséquent, on peut affirmer que la séquence didactique a permis une familiarisation de l'identification des nuages pour certains élèves, alors que d'autres ont des conceptions qui se rapprochent du concept scientifique.

Les transformations des conceptions liées à l'identification des phénomènes météorologiques extrêmes sont multiples : stables (la moitié des cas), évolutions incomplètes (le quart des cas), non satisfaisantes (le quart des cas) et complètes. L'identification et la compréhension de ces phénomènes nécessitent au préalable la maîtrise de certains concepts scientifiques, dont certains abstraits (les phénomènes météorologiques, le temps, l'atmosphère, les phénomènes causés par la structure interne de la Terre). La compréhension des termes « phénomène », « météorologique » et « extrême » s'avère également essentielle. Pour l'explication des phénomènes météorologiques extrêmes, les transformations des CI en CF sont majoritairement stables, mais les CF démontrent certainement une meilleure maîtrise des concepts. Tout comme pour l'identification des phénomènes, leurs explications demeurent complexes parce qu'elles font appel à des termes scientifiques précis et qu'elles exigent la compréhension d'autres concepts scientifiques.

Dans un autre ordre d'idées, même si certains élèves ont saisi la portée des conséquences à l'échelle planétaire des gaz à effet de serre, il faudra certainement un enseignement plus explicite afin qu'ils comprennent la totalité de ce concept. Enfin, dans le cadre de cette séquence didactique, les élèves ont été sensibilisés aux gestes à faire pour réduire l'émission de gaz à effet de serre. Toutefois, pour devenir des consommateurs responsables, ils devront encore être familiarisés à ce concept et on doit leur proposer des gestes qui sont à leur portée, tout comme dans le cadre des activités de cette séquence didactique.

4.2.3 Stabilité des conceptions

La **stabilité des conceptions** constitue la principale caractéristique du *troisième niveau*. En effet, la transformation des conceptions des élèves n'est pas significative, ce qui n'indique pas pour autant que les sujets n'ont pas appris. Parfois, les élèves maîtrisaient déjà le concept. C'est le cas par exemple de l'identification des saisons.

D'autres concepts ont fait l'objet de cette séquence didactique, sans être toutefois approfondis : la cause et les changements des saisons ainsi que la cause des GES. D'après l'analyse des conceptions relatives à la cause des saisons, on peut déduire que la compréhension du mot « cause » pose problème pour certains individus. Lors du prétest, l'enseignante a indiqué aux élèves qu'ils devaient décrire la raison pour laquelle il y a des saisons, alors que lors du post-test elle a guidé les élèves en mentionnant « Qu'est-ce qui fait les saisons ? C'est à cause de quoi ? ». Les transformations des conceptions se répartissent entre la stabilité, l'atteinte d'une conception complète et l'évolution non satisfaisante. Ce concept demeure donc nébuleux pour certains, alors que d'autres le maîtrisent. Il ne faut pas oublier que la révolution de la Terre peut être un phénomène abstrait pour les élèves parce qu'il implique la compréhension du système Soleil-Terre-Lune. Par ailleurs, les changements que l'on peut observer dans un arbre au fil des saisons représentent un phénomène concret et visuellement accessible pour tous. Par contre, étant donné que presque la moitié des élèves ont immigré au Québec au cours de

leur enfance, voire même parfois récemment, il est possible que ce concept ne soit pas maîtrisé complètement. La transformation des conceptions pour six sujets est stable, alors que pour trois, elle est complète. De plus, le mot « changement » a également causé des difficultés à deux sujets qui ne comprenaient pas le sens de la question. Aussi, selon les conceptions relatives à la cause des GES, on peut affirmer que seulement quelques jeunes ont compris ce concept, mais à un niveau très simpliste.

Enfin, on remarque une certaine stabilité des conceptions lorsque le concept est complexe, car son niveau d'abstraction est relativement important. C'est le cas des étapes du cycle de l'eau, de la composition des nuages et des prévisions météorologiques. Quant aux précipitations, la maîtrise de ce terme scientifique n'a pas été acquise, ce qui n'a pas permis une évolution des conceptions.

La transformation des conceptions liées au cycle de l'eau démontre une stabilité, une évolution incomplète ou encore une régression. D'ailleurs, cette dernière transformation s'explique par le fait que les élèves ne connaissaient pas le sens du mot « cycle de l'eau » dans le post-test. La question du prétest était plus accessible en faisant référence uniquement aux précipitations (pluie et neige). Il est tout de même intéressant de constater que plusieurs élèves qui n'avaient pas de CI lors de la première entrevue, ont ensuite spécifié, de façon très brève, les étapes du cycle de l'eau. La maîtrise du langage scientifique associé à ce concept n'est toutefois pas acquise. Il faudra de plus amples activités pour favoriser cet apprentissage.

De plus, les conceptions de certains élèves concernant la composition des nuages semblent précaires, ce qui peut s'expliquer par le fait que ce concept est abstrait. En effet, les transformations des conceptions démontrent une évolution incomplète ou insatisfaisante, une stabilité ou même une régression. En effet, la compréhension de l'atmosphère et de la Terre est nécessaire pour comprendre celle du cycle de l'eau. Ce concept présuppose donc la connaissance antérieure d'autres notions scientifiques.

Les prévisions météorologiques présupposent certaines connaissances antérieures. En effet, pour bien saisir ce concept, il faut que les élèves comprennent la notion de prévoir quelque chose, ce qui réfère au futur. De plus, les prévisions météorologiques demeurent complexes, car elles font appel au concept du temps et de la température. Concept concret, la température est liée directement à leur quotidien, ne serait-ce que par leur habillement. Le concept du temps est plus difficile à saisir parce qu'il nécessite la compréhension de la planète Terre et de son atmosphère. Pour l'élève, le temps le renseigne quant aux activités qu'il peut faire à l'extérieur.

Pour les précipitations, on constate que quatre transformations sont présentes (stable, régression, évolution incomplète et évolution non satisfaisante) et que deux d'entre elles se démarquent au sein des sujets : stable (sujets 5, 6, 8, 9) et régression (sujets 3, 4, 7). La stabilité des conceptions peut résulter du fait que la chercheuse a exigé de la part des élèves deux éléments : la température et le temps, puisque les prévisions météorologiques regroupent les deux. Plusieurs élèves ont fait référence à un seul des éléments. La régression affecte le tiers de l'échantillon, ce qui démontre que certains élèves éprouvent une certaine confusion quant à ce concept scientifique.

Les transformations des conceptions relatives aux précipitations sont réparties équitablement entre la stabilité, la régression et l'évolution non satisfaisante. On peut conclure que la séquence didactique n'a pas permis aux élèves de saisir que le verglas et la grêle sont deux formes de précipitation auxquelles s'ajoutent la pluie et la neige. En contrepartie, ce n'était pas l'objectif principal, qui était de sensibiliser les élèves à l'observation du temps. Par contre, il faut certainement indiquer que la compréhension du mot « précipitation » est capitale et qu'elle n'est pas acquise par tous les élèves. Ces derniers sont néanmoins capables d'en nommer si on les guide. Il n'y a pas eu d'évolution complète pour ce concept scientifique.

4.2.4 Confusion des conceptions

Enfin, un *dernier niveau* se caractérise par la **confusion des conceptions**. Dans un premier temps, il y a *confusion linguistique* entre deux mots, chauffer et réchauffer, ce qui a pour conséquence d'influencer les conceptions liées à la définition des GES. Les élèves n'ont pas saisi ce que signifie le « réchauffement » de la planète. Si on compare les deux CI et CF des élèves, obtenues à l'aide des questionnaires, il existe deux types de transformation associée à la définition des GES. La première, la régression, touche sept cas et l'évolution incomplète concerne deux élèves. En effet, il n'est pas surprenant de constater que la majorité a subi une régression, car les CI étaient erronées et les CF, absentes. Cette transformation dévoile certainement une confusion au sein des connaissances des élèves. Les conceptions de deux autres sujets (#7, 8) ont subi une évolution incomplète, mais la maîtrise totale du concept nécessitera une plus grande familiarisation. Dans l'apprentissage de la définition des gaz à effet de serre, deux obstacles sont présents : 1) le langage utilisé est complexe, ce qui engendre une difficulté linguistique et 2) la compréhension des GES nécessite une multitude de concepts dont plusieurs abstraits (gaz, atmosphère, système solaire), ce qui révèle une autre difficulté.

Par ailleurs, la chercheuse a identifié une autre *confusion de nature conceptuelle*. En effet, les conceptions des sujets concernant la composition de l'air et celle des GES ont démontré un désordre cognitif important. Le degré d'abstraction étant élevé, les conceptions des élèves ont subi une désorganisation, car les deux concepts présentés font appel aux gaz. Le peu de temps accordé à leur enseignement influence certainement ce désordre. Les transformations des conceptions liées à la composition de l'air sont multiples (stables, évolution non satisfaisante, incomplètes et régression). Il y a une confusion flagrante entre gaz qui composent l'air et gaz à effet de serre, ne serait-ce que par l'utilisation du terme gaz. D'ailleurs, il y a certainement une difficulté au niveau de la complexité du concept, car les gaz représentent une notion très abstraite pour des élèves du deuxième cycle du primaire, d'autant plus qu'on ne peut pas les distinguer dans l'air, air qui est difficilement perceptible également. Néanmoins, on pourrait croire

que la séquence didactique n'a pas permis une évolution des conceptions, car les transformations ne sont pas concluantes (évolution non satisfaisante et régression). Toutefois, la chercheuse croit au contraire que les activités ont permis une certaine réorganisation des conceptions. L'apprentissage de concepts scientifiques exige des efforts intellectuels importants. Il faudra donc allouer plus de temps et plus d'énergie pour permettre une évolution complète des concepts liés aux gaz qui composent l'air ainsi que ceux présents dans les GES.

Dans un autre ordre d'idées, cette séquence didactique a souligné que l'apprentissage d'un nouveau concept scientifique dépend de la maîtrise de la langue. Un élève qui éprouve de la difficulté à saisir le sens des mots rencontrera certainement des obstacles pour faire évoluer ses conceptions. D'ailleurs, elles peuvent être très limitées à cause de cette lacune. Dans le cadre de cette recherche, le sujet 2 éprouve de sérieuses difficultés linguistiques, ce qui nuit à l'évolution de ses conceptions. Lorsque la chercheuse lui posait des questions, il n'hésitait pas à dire qu'il ne comprenait pas. Cette difficulté, autant à l'oral qu'à l'écrit, engendre de lourdes conséquences sur ses apprentissages.

En somme, sept concepts scientifiques répartis en 21 sous-concepts sont visés par la séquence didactique proposée par la Biosphère. En cinq heures d'enseignement, les élèves ont été confrontés à une surcharge cognitive, car beaucoup trop de notions étaient planifiées en fonction de la durée d'enseignement. Par conséquent, on peut considérer que ce musée a été trop ambitieux.

4.3 Apports et retombées de l'étude

Cette recherche apporte une meilleure compréhension de l'apprentissage des élèves du primaire dans le domaine des sciences. En effet, elle a permis de déterminer qu'une visite muséale, insérée au sein d'une séquence didactique, a favorisé l'évolution de certaines conceptions des sujets. Présentant des résultats concrets liés à

l'apprentissage, cette étude a certainement des retombées positives autant pour le milieu éducatif que muséal. Une bonne sortie muséale constitue une sortie éducative. Il est possible que les élèves apprennent et retiennent des concepts scientifiques lorsqu'elle est planifiée et structurée en fonction du curriculum. Évidemment, il ne faut pas prétendre que ces résultats sont généralisables à d'autres niveaux scolaires ou à d'autres musées. Des recherches ayant un échantillon beaucoup plus important, effectuées avec différents niveaux scolaires dans différents musées seraient nécessaires. Néanmoins, il faut considérer que cette étude exploratoire démontre des résultats intéressants et les enseignants devraient profiter davantage de cette ressource accessible.

Pour les musées, cette étude indique qu'il est important de préparer les élèves à une visite, mais également de faire un retour en classe; les retombées positives en témoignent. Cette recherche confirme également que la Biosphère offre des activités pré-visite et post-visite pertinentes en fonction de l'animation *Le secret de Gilgamesh*. Ces activités sont essentielles, car elles permettent d'encadrer l'apprentissage des élèves et de s'assurer de la maîtrise de certains concepts au préalable. Par exemple, la familiarisation du concept de l'observation du temps a certainement favorisé l'apprentissage des instruments météorologiques étant donné que ces concepts sont étroitement liés. Ainsi, la qualité des activités conçues par la Biosphère joue certainement un rôle. Avant de les offrir à la clientèle scolaire, les activités éducatives offertes par ce musée sont toujours testées auprès d'enfants et d'enseignants. Selon le responsable éducatif, cette étape permet de valider et de bonifier les activités. L'animation *Le secret de Gilgamesh* est disponible depuis 10 ans aux groupes scolaires et, depuis, elle a subi deux révisions, ce qui fait en sorte qu'elle en est à sa troisième version. En fonction des résultats de cette étude, la chercheuse croit que cette animation pourrait subir encore des améliorations de nature didactique qui favoriseraient d'autant plus l'évolution des conceptions des élèves.

4.4 Recommandations concrètes à la Biosphère

La contribution de la didactique au musée permet d'établir quelques recommandations concrètes. Des commentaires spécifiques concernent dans un premier temps certains concepts scientifiques. Tout d'abord, il faudrait établir une distinction plus évidente entre les gaz que l'on retrouve dans l'air et ceux liés à l'effet de serre, car plusieurs élèves avaient des conceptions confuses en lien avec ces concepts. La chercheuse croit également qu'il est nécessaire de rectifier l'énoncé présentant le concept de la cause des saisons (voir Fiche 3, *Guide de l'enseignant*, p. 13, Annexe 2), car l'inclinaison de la Terre y joue un rôle important. Par ailleurs, il faudrait insister davantage sur le fait qu'il existe quatre formes de précipitation, car ce concept n'a pas subi d'évolution. De plus, le cycle de l'eau est un concept important au deuxième cycle et il pourrait être profitable qu'il fasse l'objet d'une activité post-visite, afin de consolider les acquis de l'animation pédagogique. Enfin, l'augmentation de la durée allouée à la visite pourrait certainement être bénéfique. Quatre-vingt-dix minutes sont accordées alors qu'on pourrait facilement en ajouter trente de plus (deux heures au total), ce qui permettrait d'allouer plus de temps à l'enseignement de certains concepts dont celui des changements climatiques. Évidemment, encore faut-il que l'horaire du musée le permette, mais également celui des écoles et des compagnies d'autobus qui fournissent le transport entre le musée et l'école.

Ensuite, des suggestions d'ordre plus général sont également proposées. Les élèves ont été confrontés à une surcharge cognitive lors de la séquence didactique. La Biosphère aurait intérêt à faire certains choix quant aux concepts scientifiques visés, car ils sont beaucoup trop nombreux. Pour ce faire, il faut considérer que certains concepts scientifiques liés à la météorologie sont très abstraits et ne sont pas à la portée des élèves. C'est le cas notamment de la composition de l'air, de celle des gaz à effet de serre et de la définition de l'effet de serre. D'ailleurs, après la séquence didactique, les conceptions des élèves liées à ces notions étaient plutôt confuses, ce qui démontre la complexité des concepts.

De plus, la Biosphère devrait considérer les conceptions initiales des élèves et développer des stratégies qui visent les conceptions fréquentes et non scientifiques afin de les faire évoluer correctement. Ainsi, en réduisant le contenu visé, la séquence didactique pourrait concerner uniquement les concepts pour lesquels l'évolution a le plus de chance de se produire, ce qui maximise sur l'impact de la visite. Il faut donc favoriser les concepts pour lesquels il y a eu une *évolution notable* (caractéristiques des nuages, identification et fonction des instruments météorologiques) et une *certaine évolution* (observation du temps, identification des nuages, identification et explications des phénomènes météorologiques extrêmes, conséquences des changements climatiques, et gestes pour diminuer l'émission des GES) au détriment des autres concepts.

Par la suite, ce musée pourrait offrir une séquence didactique liée à l'animation *Le secret de Gilgamesh* mieux ciblée en fonction du contenu scientifique sélectionné, ce qui permettrait d'atteindre des objectifs plus précis et moins nombreux. La Biosphère aurait intérêt à procéder de la même façon pour les autres animations pédagogiques et séquences didactiques. Ainsi, elle devrait établir une liste des conceptions initiales des élèves liées aux concepts scientifiques abordés lors des animations pédagogiques et des séquences didactiques. Elle pourrait ensuite évaluer l'impact des animations et des séquences sur certaines conceptions des élèves, puis choisir les concepts qui favorisent une évolution.

Cette recherche a également démontré que l'apprentissage des concepts scientifiques est d'autant plus important lorsque des manipulations concrètes sont intégrées aux activités. Lorsque les concepts le permettent, la Biosphère pourrait susciter davantage la participation active des élèves et réorienter quelques activités. Dans la mesure du possible, elle pourrait même offrir des activités sous la forme de résolution de problème.

En somme, deux éléments importants nécessitent une amélioration. Le contenu de la séquence didactique offerte avec l'animation pédagogique *Le secret de Gilgamesh* doit se limiter aux concepts qui favorisent une évolution des conceptions, afin de

maximiser l'impact de la visite muséale et d'éviter la surcharge cognitive des élèves. Les objectifs visés devraient correspondre davantage à la compétence 1 du domaine de la science et de la technologie : proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique. Pour ce faire, la Biosphère doit intégrer encore plus de manipulations au sein de ses activités. Cette recherche démontre que la didactique peut apporter des recommandations pratiques concernant la conception des animations et des programmes éducatifs de la Biosphère, ce qui contribue à l'évolution de certaines conceptions d'élèves du deuxième cycle du primaire et, ultimement, à l'apprentissage des élèves lors des visites muséales. Cette étude fait également valoir que les enseignants ont intérêt à profiter des ressources muséales, notamment celles de la Biosphère, parce que les élèves peuvent apprendre lorsqu'une visite muséale est intégrée au sein d'une séquence didactique.

4.5 Forces et limites de la recherche

Cette section présente dans un premier temps les forces de cette étude, puis ensuite les limites. Avant de sélectionner le musée qui ferait partie de sa recherche, la chercheuse a pris le temps de consulter et d'analyser l'offre éducative des musées de la grande région métropolitaine. Elle a d'ailleurs rencontré les responsables éducatifs de ces institutions afin de comprendre comment les musées concevaient leurs activités éducatives. Elle a vérifié si le contenu enseigné au musée correspond à celui du curriculum.

Malgré son horaire chargé, l'enseignante a accepté de proposer la totalité de la séquence didactique à ses élèves, ce qui a permis de respecter un élément important de l'objectif de cette étude. En effet, la chercheuse désirait évaluer non pas uniquement la visite muséale, mais l'impact qu'elle peut avoir sur les conceptions des élèves lorsqu'elle est insérée dans une séquence didactique. De plus, la composition de l'échantillon est appropriée, car il regroupe des élèves de forces variées et de sexes différents.

Une des forces de cette étude est qu'elle est certainement profitable pour les milieux éducatifs et muséaux. Il y a peu d'études qui ont vérifié l'apport des musées sur l'enseignement des sciences au primaire. Les musées contribuent à l'éducation et, inversement, la didactique apporte un regard plus éclairé quant à l'apprentissage des élèves au musée. Ces deux milieux ont donc intérêt à collaborer davantage.

Cette recherche comporte également certaines limites. Même si les concepts étaient planifiés dans le guide de l'enseignant ou dans le scénario de la visite muséale, c'est-à-dire dans le cadre de cette séquence didactique, des contraintes de temps ont fait en sorte que certains concepts n'ont pas été approfondis à la Biosphère : deux des quatre événements météorologiques extrêmes (l'orage et la grêle) ainsi que les changements climatiques. En classe, l'étape 2 de l'activité post-visite a été effectuée de façon plus globale, c'est-à-dire avec tous les élèves, plutôt qu'en petites équipes. L'enseignante a respecté le but de l'activité, mais pas son déroulement. Les élèves ont mentionné plusieurs gestes qu'ils devraient poser pour éviter l'émission des GES, mais ils n'ont pas utilisé les billets proposés à la Fiche 4 du *Guide de l'enseignant* (p.14, Annexe 2).

Une autre limite est associée à l'administration des questionnaires et des entrevues. C'était la première fois que la chercheuse administrait des questionnaires aux sujets dans le cadre d'une recherche. Elle a tout de même réalisé trois entrevues avec les élèves qui ont fait partie de l'exercice de validation des outils de collecte de données avant d'interroger les sujets de cette étude. Le manque d'expérience de la chercheuse a fait en sorte qu'elle n'a pas toujours saisi l'opportunité de demander aux élèves de préciser leurs propos. De plus, le moment du post-test, avant une récréation, a fait en sorte que certains sujets ne voulaient pas prendre le temps d'écrire toutes leurs conceptions. La chercheuse a insisté auprès d'un sujet et lui a fait comprendre l'importance accordée à ce questionnaire.

À l'aide des précautions prises, la chercheuse a tenté de porter un regard objectif quant aux données. La triangulation des outils de collecte de données et le contre-codage des données effectué par la chercheuse ont permis de respecter les critères de

scientificité. Toutefois, le manque de ressources financières et de temps a fait en sorte qu'elle n'a pas pu demander à d'autres chercheurs d'effectuer le contre-codage, ce constitue une limite. Van der Maren (1996) indique à ce sujet : « La vérification de la validité implique le consensus d'une communauté de chercheurs sur les inscriptions qui permettent de prononcer un concept dans un énoncé ». La triangulation des commentaires des chercheurs permet d'assurer la validité de la codification dans une recherche. La chercheuse a codé les données en fonction de ses connaissances personnelles, ce qui du point de vue de l'objectivité peut entraîner certaines limites.

CONCLUSION

L'enseignement des sciences occupe une situation précaire et est souvent délaissé à l'école primaire. La visite de musées scientifiques, insérée au sein d'une démarche didactique conçue en fonction du programme d'études, pourrait contribuer à lui donner plus d'importance.

La problématique de cette étude a établi que dans une société où les sciences et les technologies sont omniprésentes, la formation scientifique et technique au primaire est importante. La transmission de la culture scientifique et technique débute avant tout dans l'environnement, puis elle se poursuit à l'école. C'est ainsi que les enseignants ont pour mission de sensibiliser et d'initier l'ensemble de la population aux sciences et aux technologies tout en lui offrant une éducation de base, ce qui permet d'intégrer les citoyens dans une société de savoir et d'innovation. L'apprentissage des sciences et des technologies assuré en milieu scolaire est encore plus bénéfique lorsqu'il s'appuie sur des activités dispensées dans les musées scientifiques.

La situation de l'enseignement des sciences au primaire est précaire. Elle s'explique par plusieurs raisons : les craintes des enseignants causées notamment par leur manque de formation, l'insuffisance des ressources disponibles, la disponibilité insuffisante et le coût onéreux du matériel scientifique, le manque de préparation des titulaires, de qualité des manuels scolaires et de soutien des parents.

L'éducation peut s'effectuer dans un contexte scolaire au sein d'une institution d'enseignement. Les écoles fournissent un enseignement formel; les titulaires de classe du primaire enseignent en fonction d'un curriculum. N'étant pas les seuls responsables de cette transmission, les enseignants peuvent également faire appel à d'autres ressources, dont les musées. Au fil du temps, ces institutions offrent de nombreuses ressources et leur fonction éducative est dorénavant reconnue. Malgré tout, il est impossible d'affirmer que les enseignants profitent pleinement de la multitude des

ressources offertes par les musées au XXI^e siècle. Puisque plusieurs auteurs observent certaines difficultés concernant l'enseignement des sciences et des technologies à l'école primaire, l'utilisation d'une ressource supplémentaire par les enseignants, les musées, pourrait donc viser l'amélioration de ses conditions d'enseignement et d'apprentissage. Selon SMQ, il y a trois types de musées : ceux dédiés à l'art, ceux consacrés à l'histoire, à l'ethnologie et à l'archéologie et ceux voués aux sciences. Dans le cadre de ce projet de recherche, seuls les musées scientifiques ont été retenus.

Le cadre théorique a montré que cette étude repose sur deux grands domaines : la didactique et la muséologie. Dans le cadre du *Programme de formation de l'école québécoise* (MELS, 2001), l'enseignement et l'apprentissage des sciences au primaire se concrétisent souvent par la réalisation de séquences didactiques sous forme de résolution de problèmes qui favorisent l'évolution des conceptions successives de l'élève, c'est-à-dire le changement conceptuel.

Plusieurs auteurs ont étudié les relations qui unissent un enseignant, un élève et des savoirs. Le triangle didactique se limite uniquement au contexte scolaire alors que le modèle de la situation pédagogique peut s'appliquer autant dans un contexte scolaire mais également muséal, ce qui permet de lier les deux milieux.

L'éducation muséale a joué un rôle important dans ce projet de recherche étant donné qu'elle énonce les concepts clés en muséologie et témoigne de l'importance de l'éducation dans ce domaine. Le modèle théorique de la pédagogie muséale est conçu à partir de la situation pédagogique et est adapté au contexte muséal en fonction d'un programme éducatif. Ce nouveau modèle concerne l'apprentissage des élèves au musée. Toutes les notions abordées par ce modèle ainsi que celles du triangle didactique en enseignement peuvent être associées, ce qui est fort intéressant dans cette recherche étant donné qu'on tisse des liens entre le domaine de l'éducation et le domaine muséal. Ainsi, on peut espérer former un modèle interactif en contexte muséo-scolaire qui permette une meilleure interaction entre l'école et le musée, une collaboration entre les

professionnels des deux milieux (école et musée) à des fins pédagogiques au service de l'élève et de sa culture personnelle.

Les programmes éducatifs des musées scientifiques élaborés à l'intention des groupes scolaires peuvent stimuler des apports cognitifs, affectifs et sensitifs. Les activités éducatives offertes par les institutions muséales sont très variées. Plusieurs auteurs sont unanimes quant à l'importance de situer la visite scolaire au sein d'une démarche didactique afin de favoriser les gains cognitifs et affectifs chez les élèves. Le programme éducatif d'un musée comporte des activités de préparation en classe, des activités au musée et des activités de prolongement en classe. Ces différents principes rejoignent quelques pistes suggérées en éducation. En effet, la visite muséale devrait être intégrée au sein d'une séquence didactique. En ayant ces concepts à l'esprit, la chercheuse a déterminé si la visite scolaire, effectuée dans un musée scientifique, permet l'apprentissage des sciences chez des élèves du primaire.

La méthodologie de cette recherche est de nature qualitative. La méthode favorisée est une étude de cas de type exploratoire. Cette étude a permis de vérifier un objectif : déterminer l'impact de l'animation pédagogique *Le secret de Gilgamesh* de la Biosphère, située au sein d'une séquence didactique, sur certaines des conceptions d'élèves de la deuxième année du deuxième cycle du primaire. Pour ce faire, des élèves d'une classe du primaire ont visité la Biosphère et ont assisté à une animation pédagogique, offerte par une éducatrice. Cette visite a été intégrée à une séquence didactique et les activités proposées par la Biosphère en pré-visite et en post-visite ont été sélectionnées.

L'échantillon non probabiliste se compose de neuf élèves et regroupe cinq filles ainsi que quatre garçons. Ces sujets ont été sélectionnés à l'aide de critères précis : 1) leur capacité dans cette discipline. La chercheuse désirait un nombre équivalent d'élèves de forces différentes (trois sujets faibles, trois sujets moyens et trois sujets forts) dans le domaine des sciences et des technologies. Ensuite, 2) la chercheuse recherchait un nombre similaire de garçons et de filles et 3) elle voulait s'assurer de la

disponibilité des élèves pour la collecte des données. Participant à la recherche, l'enseignante a également joué un rôle important dans cette sélection, car elle a guidé la chercheuse dans le choix des sujets puisqu'elle connaît bien ses élèves. Les sujets fréquentent une école située au nord de l'île de Montréal, membre de la Commission scolaire de Montréal (CSDM). Les élèves sont âgés de 10 ans environ lors de l'expérimentation et ils sont majoritairement allophones. Ils proviennent d'un milieu socio-économique moyennement faible. Pour sa part, l'enseignante a une expérience professionnelle de 11 ans.

Le contenu scientifique visé par la séquence didactique est très diversifié et touche sept concepts scientifiques, abordés sous différents angles. Il y a 1) le concept du temps, au sens météorologique du terme (prévisions météorologiques, précipitations et observation du temps), 2) le concept de l'air (son importance et sa composition), 3) le concept des saisons (identification, cause et changements observables d'une saison à l'autre), 4) le concept du cycle de l'eau (étapes du cycle, identification, caractéristiques et composition des nuages), 5) les instruments météorologiques (identification et fonction), 6) les phénomènes météorologiques extrêmes (identification et explications) ainsi que 7) les changements climatiques (définition, cause et composition des GES, conséquences et gestes pour diminuer l'émission des GES). Les trois premiers concepts ont fait l'objet d'une activité pré-visite en classe alors que les autres ont tous été abordés à la Biosphère, pendant la visite, et en activité post-visite en classe, après la visite. La durée de toutes ces activités réalisées au sein de la séquence didactique était de cinq heures.

Pour recueillir les données, la chercheuse a utilisé deux questionnaires (un pré-test et un post-test) avant et après la séquence didactique. Elle a également interviewé individuellement les élèves avant et après la séquence didactique. Enfin, elle a enregistré la totalité de la séquence didactique sous la forme d'une vidéo. Elle a donc eu recours à l'observation. Les stratégies d'analyse de données ont permis d'effectuer correctement la saisie de données dans le logiciel Atlas-ti et de prendre certaines précautions.

La chercheuse a pris en considération des critères de scientificité afin de s'assurer de la valeur de la recherche. La fidélité des données est respectée grâce au contre-codage des données. La validité interne a été favorisée grâce à la triangulation des outils de collecte de données. Ayant à l'esprit que cette recherche ne se généralise pas à d'autres animations, à d'autres niveaux scolaires ou à d'autres écoles, la chercheuse a établi les limites de son étude, ce qui respecte le critère de validité externe. Enfin, l'objectivité a été établie en fonction des trois premiers critères. Tout au long de sa recherche, la chercheuse a pris des précautions déontologiques afin de respecter les sujets.

Les résultats de recherche ont démontré que l'animation pédagogique *Le secret de Gilgamesh* a eu un impact sur l'évolution de certaines conceptions d'élèves du deuxième cycle du primaire. Quatre niveaux de modification ont été établis par la chercheuse. Un premier concerne les concepts scientifiques suivants : les caractéristiques des nuages, l'identification et la fonction des instruments météorologiques. Ce niveau représente une évolution notable des conceptions. D'autres conceptions ont subi une certaine évolution. Elles correspondaient aux concepts de l'observation du temps, de l'identification des nuages, de l'identification et de l'explication des phénomènes météorologiques extrêmes, des conséquences des changements climatiques et des gestes pour diminuer l'émission des GES. Pour différentes raisons, d'autres conceptions sont demeurées stables tout au long de la séquence didactique. Elles étaient liées à ces concepts scientifiques : identification des saisons, cause et changements des saisons, cause des GES, étapes du cycle de l'eau, composition des nuages, prévisions météorologiques et précipitations. Enfin, un dernier niveau correspond à la confusion des conceptions. La définition des GES a causé une confusion linguistique alors que la composition de l'air et celle des GES relèvent plutôt d'une confusion de nature conceptuelle.

Cette étude a permis de déterminer que les élèves apprennent lorsqu'une visite muséale est intégrée au sein d'une séquence didactique et qu'elle est planifiée en fonction du curriculum. Elle fait état de la richesse des ressources muséales. Les

enseignants ont donc intérêt à en profiter. Pour les musées, elle incite sur le fait que les élèves doivent être préparés à une visite, mais également encadrés après afin de faciliter l'institutionnalisation des connaissances acquises lors de la visite.

La chercheuse suggère également quelques recommandations à la Biosphère afin de maximiser l'impact de leur séquence didactique sur l'évolution de certaines conceptions. Tout d'abord, il est inutile de surcharger cognitivement les élèves avec un nombre beaucoup trop important de concepts à comprendre et à apprendre. La Biosphère aurait intérêt à réduire le contenu de la séquence didactique associée à l'animation *Le secret de Gilgamesh* et de conserver uniquement les concepts pour lesquels l'évolution a le plus de chance de se produire. Il faut donc se limiter et mettre l'accent sur les concepts ayant subis une évolution notable et une certaine évolution. La réorientation de cette séquence didactique permettra de déterminer des objectifs plus précis et plus réalistes. Il serait important d'offrir plus de manipulations, dans la mesure où les concepts le permettent, car elles favorisent d'autant plus l'évolution des conceptions. Ainsi, en diminuant le contenu et en encourageant la participation active des élèves à l'aide de manipulations, cette séquence didactique permettrait de correspondre encore plus à la première compétence du domaine des sciences et des technologies visée par le curriculum qui vise la résolution de problème.

En somme, cette étude contribue à combler certaines lacunes par rapport aux recherches disponibles dans ce domaine, parce qu'elle lie le milieu scolaire primaire et le milieu muséal. Elle a démontré l'importance accordée à la formation et à la culture scientifique. L'école n'étant pas la seule responsable de la transmission de cette culture, elle peut recourir aux ressources éducatives des musées scientifiques afin de palier aux lacunes de l'enseignement scientifique. Cette recherche apporte un nouveau regard quant à la contribution de la didactique des sciences à la muséologie et, inversement, l'apport de la muséologie à la didactique des sciences. Cette étude de cas de type exploratoire a permis de dégager quatre niveaux de transformation des conceptions et on peut donc conclure que l'animation pédagogique *Le secret de Gilgamesh* de la Biosphère a favorisé l'apprentissage des élèves du primaire. Il reste à voir si les enseignants sont près

à recourir sur une base régulière aux ressources muséales. Il serait pertinent de répéter l'expérience avec un échantillon beaucoup plus important, c'est-à-dire que plusieurs classes de niveaux différents pourraient bénéficier d'une animation pédagogique au sein d'un ou de plusieurs musées scientifiques. Par conséquent, il serait intéressant de comparer les résultats et de vérifier si les quatre niveaux de transformation établis par la chercheuse sont les mêmes. Il serait également adéquat d'effectuer une étude similaire avec plusieurs classes de même niveau, mais de milieux différents. Cette recherche permettrait de vérifier si les niveaux de transformation des conceptions, notamment la confusion des conceptions (confusion linguistique et confusion conceptuelle), sont tributaires de l'origine ethnique des sujets.

BIBLIOGRAPHIE

- Alexander, E. P. (1979). *Museums in motion : an introduction to the history and functions of museums* Nashville: American Association for State and Local History.
- Allard, M. (2002). La situation des services éducatifs des institutions muséales québécoises. In T. Lemerise, D. Lussier-Desrochers & V. Matias (Eds.), *Courants contemporains de recherche en éducation muséale*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Allard, M. (2003). Le partenariat école-musée : quelques pistes de réflexion In A. Landry & M. Allard (Eds.), *Le musée à la rencontre de ses visiteurs*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Allard, M., & Boucher, S. (1991). *Le musée et l'école*. LaSalle, Québec: Hurtubise HMH.
- Allard, M., & Boucher, S. (1998). *Éduquer au musée : un modèle théorique de pédagogie muséale*. Montréal: Hurtubise HMH.
- Allard, M., & Boucher, S. (1999). Éléments de théorie axiologique propres à l'éducation muséale. In M. Allard & B. Lefebvre (Eds.), *Le musée au service de la personne*. Montréal: Groupe de recherche sur l'éducation et les musées, UQÀM.
- Allard, M., Boucher, S., & Forest, L. (1993). Effets du nombre de visites dans un programme éducatif muséal. *Revue des sciences de l'éducation, XIX*(2).
- Allard, M., Boucher, S., & Forest, L. (Spring 1994). The Museum and the School. *McGill Journal of Education, 29*(2).
- Allard, M., Boucher, S., Forest, L., & Vadeboncoeur, G. (1995). Effets d'un programme éducatif muséal comprenant des activités de prolongement en classe. *Revue canadienne de l'éducation, 20*(2).
- Allard, M., Landry, A., & Meunier, A. (2006). Où va l'éducation muséale ? In A.-M. Émond (Ed.), *L'éducation muséale vue du Canada, des États-Unis et d'Europe : Recherche sur les programmes et les expositions*. Québec: Éditions MultiMondes.
- Allard, M., Larouche, M.-C., Lefebvre, B., Meunier, A., & Vadeboncoeur, G. (décembre 1995-janvier 1996). La visite au musée : lieu d'apprentissage et de développement. *Réseau, 27*(4), 14-19.
- Allard, M., Larouche, M.-C., & Lucas, M. (2000). Essai de modélisation en éducation muséale dans un contexte de diversité culturelle. In C. Dufresne-Tassé (Ed.),

Diversité culturelle, distance et apprentissage. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.

- Allard, M., Larouche, M.-C., Meunier, A., & Thibodeau, P. (1998). *Guide de planification et d'évaluation des programmes éducatifs. Lieux historiques et autres institutions muséales*. Montréal: Les Éditions Logiques.
- Allard, M., & Lefebvre, B. (Eds.). (1997). *Le musée, un lieu éducatif*. Montréal: Le Musée.
- Allard, M., & Lefebvre, B. (Eds.). (1999). *Le musée au service de la personne*. Montréal: Groupe de recherche sur l'éducation et les musées, UQÀM.
- Allard, M., & Lefebvre, B. (Eds.). (2000). *Musée, culture et éducation*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Allen, S. (2004). Designs for Learning : Studying Science Museum Exhibits That Do More Than Entertain. *Science Education*, 88(S1).
- Ambrose, T. (1987). *Education un museums, Museums in education*. Edinburgh: Scottish Museums Council.
- Anderson, D., Kisiel, J., & Storksdieck, M. (2006). Understanding teachers' perspectives on field trips: Discovering common ground in three countries. *Curator*, 49(3).
- Anderson, D., & Lucas, K. B. (1997). The effectiveness of orienting students to the physical features of a science museum prior to visitation. *Research in Science Education*, 27(4).
- Anderson, D., & Lucas, K. B. (2001). A Wider Perspective on Museum Learning : Principles far Developing Effective Post-Visit Activities for Enhancing Students' Learning. In S. Errington, S. M. Stocklmeyer & B. Honeyman (Eds.), *Using museums to popularise science and technology*. London, U.K: Commonwealth Secretariat.
- Anderson, D., Lucas, K. B., & Ginns, I. S. (2003). Theoretical Perspectives on Learning in an Informal Setting. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2).
- Anderson, D., Lucas, K. B., Ginns, I. S., & Dierking, L. D. (2000). Development of Knowledge about Electricity and Magnetism during a Visit to a Science Museum and Related Post-Visit Activities. *Science Education*, 84(5).
- Anderson, D., & Nashon, S. (2007). Predators of knowledge construction: Interpreting students' metacognition in an amusement park physics program. *Science Education*, 91(2).
- Anderson, D., Piscitelli, B., & Everett, M. (2008). Competing Agendas : Young Children's Museum Field Trip. *Curator*, 51(3).

- Anderson, D., Piscitelli, B., Weier, K., Everett, M., & Tayler, C. (2002). Children's Museum Experiences : Identifying Powerful Mediators of Learning. *Curator*, 45(3).
- Anderson, D., Storksdieck, M., & Spock, M. (2007). Understanding the Long-Term Impacts of Museum Experiences. In J. H. Falk, L. D. Dierking & S. Foutz (Eds.), *In Principle, In Practice: Museums As Learning Institutions*. Lanham, MD: Altamira Press.
- Anderson, D., & Zhang, S. (2003). Teacher Perceptions of Field-Trip Planning and Implementation. *Visitor Studies Today*, 6(3).
- Andreucci, C., & Chatoney, M. (2006). La dévolution en situation ordinaire : étude d'une séance de technologie à l'école primaire. *Revue des sciences de l'éducation*, 32(3).
- Ansart, P. (1991). Sur les finalités de l'utilisation pédagogique des musées. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Arpin, R. (1997). *Des musées pour aujourd'hui*. Québec: Musée de la civilisation.
- Association of Science-Technology Centers. (1990). *What Research Says about Learning in Science Museums*. Washington, DC.
- Astolfi, J.-P., Darot, É., Ginsburger-Vogel, Y., & Toussain, J. (1997). *Mots-clés de la didactique des sciences : repères, définitions, bibliographies*. Paris, Bruxelles: De Boeck.
- Astolfi, J.-P., & Develay, M. (1989). *La didactique des sciences* (1re ed.). Paris: Presses Universitaires de France.
- Astolfi, J.-P., Peterfalvi, B., & Vérin, A. (2006). *Comment les enfants apprennent les sciences?* . Paris: Retz.
- Astor-Jack, T., McCallie, E., & Balcerzak, P. (2007). Academic and informal science education practitioner views about professional development in science education. *Science Education*, 91(4).
- Bader, B., & Therriault, G. (2008). Pertinence de la prise en compte des dimensions sociales des sciences pour le renouveler la conception des sciences au primaire: illustration de la position d'une future enseignante. *Revue des sciences de l'éducation*, 34(1).
- Bamberger, Y., & Tal, T. (2007). Learning in a Personal Context: Levels of Choice in a Free Choice Learning Environment in Science and Natural History Museums. *Science Education*, 91(1).

- Banchet, J., & Schiele, B. (2003). Comparaison de quelques enquêtes nationales et internationales sur la compréhension et la perception de la science par le public. In B. Schiele & R. Jantzen (Eds.), *Les territoires de la culture scientifique*. Lyon ; Montréal, Québec: Presses Universitaires de Lyon; Les Presses de l'Université de Montréal.
- Banna, N. (1991). Museum education, history, theory and practice par N. Berry et S. Mayer. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Bar, V. (1989). Children's views concerning phase changes. *Journal of Research in Science Teaching*, 73(4).
- Barriault, C. (1998). *The Science Centre Learning Experience : A Visitor-Based Framework*. University of Glamorgan, Wales.
- Barriault, C. (2001). The Learning Experience in the Nature Exchange. In S. Errington, B. Honeyman & S. M. Stocklmeyer (Eds.), *Using Museums to Popularise Science and Technology*. London, UK: Commonwealth Secretariat.
- Bélanger, M. (2008). *Du changement conceptuel à la complexification conceptuelle dans l'apprentissage des sciences*. Doctorat, Université de Montréal, Montréal.
- Biosphère Canada. (2005). *Petite histoire de la Biosphère*. Montréal: Environnement Canada.
- Biosphère Canada. (2006a). *Le secret de Gilgamesh : Activité "Environnement et science" 2e cycle du primaire (3e et 4e année) - Guide de l'enseignant*. Montréal: Environnement Canada.
- Biosphère Canada. (2006b). *Le secret de Gilgamesh : Activité "Environnement et science" - Fiche descriptive*. Montréal: Environnement Canada.
- Biosphère Canada. (2009). *Programme éducatif 2009-2010 de la Biosphère - Musée de l'environnement - Activités pour groupes scolaires et ateliers de formation pour enseignants*. Montréal: Environnement Canada.
- Bisaillon, S. (2003). L'évolution de la formation formelle, non formelle et informelle : vers une adaptation au monde de la science et de la biotechnologie. In B. Schiele & R. Jantzen (Eds.), *Les territoires de la culture scientifique*. Lyon; Montréal, Québec: Presses Universitaires de Lyon; Les Presses de l'Université de Montréal.
- Blanchet, A. (1991). *Dire et faire dire : l'entretien*. Paris: Armand Colin.
- Boîte à science. (2009). *Plan d'affaires 2009. Expérience du visiteur*. Québec.
- Boley, D., Buffet, F., Courteaux, A., Fournier, J., Iborra-Sanchez, C., Genest, A.-C., . . . Zafeirakou-Martin, A. (1998). *Entre école et musée : le partenariat culturel d'éducation* Lyon: Presses Universitaires de Lyon.

- Booth, J. H., Krockover, G. H., & Woods, P. R. (1982). *Creative museum methods and educational techniques*. Springfield, Ill.: Charles C. Thomas.
- Borun, M. (1978). *Measuring the immeasurable : a pilot study of museum effectiveness* (2nd ed.). Washington, D.C.: Franklin Institute Science Museum and Planetarium, Association of Science-Technology Centers
- Botelho, A., & Morais, A. M. (2006). Students-exhibits interaction at a science center. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(10).
- Boucher, S. (1991). Essai d'applicabilité du modèle d'enseignement de Bruner en milieu muséal. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Boucher, S. (1994). *Développement d'un modèle théorique de pédagogie muséale*. Doctorat, Université de Montréal, Montréal.
- Boucher, S., & Allard, M. (1987). Influence de deux types de visite au musée sur les apprentissages et les attitudes d'élèves du primaire. *Revue canadienne de l'éducation*, 12(2).
- Boudia, S. (2002). Le patrimoine des institutions scientifiques comme objet de recherche. *La Lettre de l'OCIM*(84), 45-49.
- Braund, M., & Reiss, M. (2005). Learning Science outside the classroom : bringing it all together. *Science Teacher Education*, 42.
- Brien, R., Bourdeau, J., & Rocheleau, J. (1999). L'interactivité dans l'apprentissage : la perception des sciences cognitives. *Revue des sciences de l'éducation*, XXV(1).
- Brière, M.-A. (1991). Rethinking the Museum par Stephen E. Weil. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Brisebois, M. (1993). L'école et le musée, entre la conservation et l'innovation : réflexions sur la crise de l'éducation. *Revue des sciences de l'éducation*, 19(3).
- Brody, M. J. (1993). *Student understanding of water and water resources : A review of literature*. Paper presented at the Annual meeting of American Educational Research Association Atlanta, GA.
- Brossard, M. (2004). *Vygotski : lectures et perspectives de recherches en éducation*. Villeneuve d'Ascq Presses Universitaires du Septentrion
- Brousseau, G. (1978). L'observation des activités didactiques. *Revue Française de Pédagogie*(45).
- Brousseau, G. (1986). *Théorisation des phénomènes d'enseignement des mathématiques*. Doctorat, Université de Bordeaux I, Bordeaux.

- Brousseau, G. (2003). Glossaire de quelques concepts de la théorie des situations didactiques en mathématiques. Retrieved 6 janvier 2007, from http://pagesperso-orange.fr/daest/guy-brousseau/textes/Glossaire_Brousseau.pdf
- Brousseau, G. (2004). Les représentations : étude en théorie des situations didactiques. *Revue des sciences de l'éducation*, 30(2).
- Brûlé-Carrie, M. (1997). Préface. In M. Allard & B. Lefebvre (Eds.), *Le musée, un lieu éducatif*. Montréal: Le Musée.
- Bruner, J. S. (1960). *The Process of Education*. Cambridge, Mass.: Harvard University Press.
- Butler, S. V. F. (1992). *Science and Technology Museums*. Leicester ; New York: Leicester University Press; distributed by St. Martin's Press in the United States and Canada.
- Carey, S. (1985). *Conceptual change in childhood* Cambridge, Massachussets: MIT Press.
- Castle, C. (1996). *Who are we without our stories ? The use of narrative dialogue for effective docent education*. Paper presented at the Third education colloquium - Museums educate, Ontario.
- Castle, C. (2001). *Intellectual and seductive : teaching in museums, galleries and parks*. Paper presented at the The sixth ontario museum association colloquium on learning in museums, Ontario.
- Castle, C. (October 2004). *Teaching in the virtuel museum*. Paper presented at the Ontario Museum Association's Colloquium on Learning in Museums VII, Peterborough, Ontario.
- Castle, C. (september/october 2005). Quelqu'un apprend-il quelque chose dans les musées canadiens ? *Muse*, 26-31.
- Castle, C. (Spring 2002). Teaching history in museums. *Ontatio History*, Vol XCIV(Number 1).
- Castle, C. (Summer 2003). Using case studies to meet challenges in museums, galleries, and other sites. *The docent educator*, 12(4), 14-16.
- Castle, C. (Summer 2006). Blending pedagogy and content : a new curriculum for museum teachers. *Journal of museum education*, 31(2), 123-132.
- Cazelli, S., Bouvêa, G., Valente, M. E., Marandino, M., & Franco, C. (2006). Museum-school relationship and the broadening of scientific culture. In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Familles, écoliers et personnes âgées au musée : Recherches et perspectives*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.

- Cazelli, S., Gouvêa, G., Valente, M. E., Marandino, M., & Franco, C. (2000). Museum-School Relationship and the Broadening of Scientific Culture. In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Diversité culturelle, distance et apprentissage*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Chamberland, E. (1991). Les thèmes de contextualisation chez les visiteurs de musée. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(2).
- Charpak, G., Léna, P., & Quéré, Y. (2005). *L'enfant et la science : l'aventure de la main à la pâte* Paris: Odile Jacob.
- Chevallard, Y. (1991). *La transposition didactique. Du savoir savant au savoir enseigné* (2e édition revue et augmentée, en coll. avec Marie-Alberte Joshua ed.). Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Chittenden, D., Farmelo, G., & Lewenstein, B. V. (Eds.). (2004). *Creating connections : museums and the public understanding of current research* Walnut Creek, CA; Toronto: AltaMira Press.
- Chobot, M. C., & Chobot, R. B. (1990). Museums as Educational Institutions. *New Directions for Adult and Continuing Education*, 47.
- Cloutier, G. (2003). Science Nord - Science North : le Centre des sciences de Sudbury Retrieved 5 octobre 2007, from http://www.musees.quebec.museum/publicsspec/actualites/creport/reportages/science_nord2003/index.phtml
- Coffee, K. (2007). Audience Research and the Museum Experience as Social Practice. *Museum Management and Curatorship*, 22(4).
- Cohen, C. (2001). *Quand l'enfant devient visiteur : Une nouvelle approche du partenariat École / Musée*. Paris: L'Harmattan.
- Conseil canadien sur l'apprentissage. (2007). Apprentissage informel de la science au Canada. *Carnet du savoir*. Retrieved 5 octobre 2007, from http://www.ccl-cca.ca/CCL/Reports/LessonsInLearning/LinL20070418_Informal_science_learning.html
- Conseil de la science et de la technologie. (1994). *Miser sur le savoir : La culture scientifique et technologique - Rapport de conjoncture*. Sainte-Foy, Québec: Gouvernement du Québec.
- Conseil de la science et de la technologie. (1997). *Pour une évaluation de la performance des programmes de science et de technologie*. Sainte-Foy, Québec: Gouvernement du Québec.
- Conseil de la science et de la technologie. (1998). *La science et la technologie à l'école : Mémoire sur la science et la technologie dans la réforme du curriculum de*

- l'enseignement primaire et secondaire*. Sainte-Foy, Québec: Gouvernement du Québec.
- Conseil de la science et de la technologie. (2002a). *La culture scientifique et technique au Québec : Bilan*. Sainte-Foy, Québec: Gouvernement du Québec.
- Conseil de la science et de la technologie. (2002b). *Enquête sur la culture scientifique et technique des Québécoises et des Québécois*. Sainte-Foy, Québec: Gouvernement du Québec.
- Conseil de la science et de la technologie. (2003). *La culture scientifique et technique au Québec : Synthèse des consultations*. Sainte-Foy, Québec: Gouvernement du Québec.
- Conseil de la science et de la technologie. (2004). *La culture scientifique et technique : Une interface entre les sciences, la technologie et la société - Rapport de conjoncture 2004*. Sainte-Foy, Québec: Gouvernement du Québec.
- Conseil de la science et de la technologie. (2006). *Mémoire sur la mise à jour de la Politique québécoise de la science et de l'innovation*. Sainte-Foy, Québec: Gouvernement du Québec.
- Conseil de la science et de la technologie. (2008). *Innovation et mondialisation : Rapport de conjoncture 2008*. Québec: Gouvernement du Québec.
- Conseil international des musées. (2007). Statuts de l'ICOM. Retrieved from http://icom.museum/statutes_fr.html
- Côté, M., & Viel, A. (1995). *Le musée : lieu de partage des savoirs*. Montréal: Société des musées québécois.
- Couture, C. (2002). *Étude du processus de co-construction d'une intervention en sciences de la nature au primaire par une collaboration praticien-chercheur*. Université du Québec à Chicoutimi, Université du Québec à Montréal, Chicoutimi, Montréal.
- Couture, C. (2005). Repenser l'apprentissage et l'enseignement des sciences à l'école primaire : un coconstruction entre chercheurs et praticiens. *Revue des sciences de l'éducation*, 31(2), 317-333.
- Cox-Petersen, A. M., Marsh, D. D., Kisiiek, J., & Melber, L. M. (2003). Investigation of Guides School Tours, Students Learning and Science Reform Recommendations at a Museum of Natural History. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2).
- Crane, V., Chen, M., Bitgood, S., Serrell, B., Thompson, D., Nicholson, H., . . . Campbell, P. (Eds.). (1994). *Informal science learning : what the research says about television, science museums, and community-based projects*. Dedham, MA. : Research Communications Ltd.

- Daignault, L., & Bader, B. (octobre 1991). *Atelier-visite dans l'exposition Autopsie d'un sac vert : évaluation des connaissances acquises par des élèves de la 3e année à la 6e année.* Québec: Musée de la civilisation.
- Danilov, V. J. (1982). *Science and Technology Centers.* Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.
- Danilov, V. J. (Ed.). (1981). *Towards the year 2000 : international perspectives on museums of science and technology : proceedings of an international conference in Monterrey and Mexico City, October 24-29, 1980* Washington, DC: Association of Science-Technology Centers.
- De Guire, J.-C. (1997). Résultat d'une recherche conceptuelle sur la fonction de l'éducation muséale. Quelle est la fonction de l'institution muséale ? In M. Allard & B. Lefebvre (Eds.), *Le musée, un lieu éducatif.* Montréal: Le Musée.
- De Vecchi, G., & Giordan, A. (2000). *L'enseignement scientifique : Comment faire pour que "ça marche" ?* Nice: Z'éditions.
- Debart, C., Girault, Y., & Rasse, P. (2000). "Diffuser ou débattre : rôles de la muséologie des sciences." In Y. Girault (Ed.), *Des expositions scientifiques à l'action culturelle, des collections pour quoi faire ? Actes de colloque Muséum national d'Histoire naturelle* (p. 280). Paris.
- Deslauriers, J.-P., & Késirit, M. (1997). Le devis de recherche qualitative. In J. Poupart, J.-P. Deslauriers, L.-H. Groulx, A. Laperrière, R. Mayer & A. Pires (Eds.), *La recherche qualitative - Enjeux épistémologiques et méthodologiques.* Montréal: Gaëtan Morin éditeur, Chenelière éducation.
- di Sessa, A. A. (2001). *Changing minds : computers, learning, and literacy* (1st MIT Press ed.). Cambridge, Massachusetts: MIT Press.
- Dierking, L. D., Ellenbogen, K., & Falk, J. H. (2004). In principle, in practice : perspectives on a decade of museum learning research (1994-2004). *Science Education, 88*(S1).
- Dierking, L. D., Falk, J. H., Rennie, L. J., Anderson, D., & Ellenbogen, K. (2003). Policy Statement of the "Informal Science Education" Ad Hoc Committee. *Journal of Research in Science Teaching, 40*(2).
- Dimopoulos, K., & Koulaidis, V. (2005/2006). School visits to a research laboratory as non-formal education. *The International Journal of Learning, 12*(10).
- Dionne, E. (Hiver 2007). Un modèle d'évaluation certificative multiniveaux. Une voie prometteuse pour l'évaluation des compétences scientifiques en milieu scolaire ? *Dire. La recherche à votre portée, 16*(2).

- Donald, J. G. (1991). The Measurement of Learning in the Museum. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Dove, J. (1998). Alternative conceptions about weather. *School Science Review*, 79(289).
- Du Sablon, C., & Racette, G. (1991). Les effets d'un programme éducatif muséal chez des élèves du primaire. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Dufresne-Tassé, C. (1991). Introduction : L'éducation muséale, son rôle, sa spécificité, sa place parmi les autres fonctions du musée. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Dufresne-Tassé, C. (2000). *Diversité culturelle, distance et apprentissage*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Dufresne-Tassé, C. (2006). *Familles, écoliers et personnes âgées au musée : Recherches et perspectives*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Dufresne-Tassé, C., Lapointe, T., Morelli, C., & Chamberland, E. (1991). L'apprentissage de l'adulte au musée et l'instrument pour l'étudier. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Dufresne-Tassé, C., & Lefebvre, A. (1995). *Psychologie du visiteur de musée : contribution à l'éducation des adultes en milieu muséal* LaSalle, Québec: Hurtubise HMH.
- Dufresne-Tassé, C., Marin, D., Sauvé, M., & Banna, N. (2006). L'imagination comme force dynamisante du traitement des objets muséaux par des visiteurs occasionnels. In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Familles, écoliers et personnes âgées au musée : Recherches et perspectives*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Dufresne-Tassé, C., Sauvé, M., Banna, N., Lepage, Y., & Lamy, L. (2000). Fonctionnement imaginaire, culture du visiteur et culture exposée par le musée. In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Diversité culturelle, distance et apprentissage*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Dufresne-Tassé, C., & Savard, C. (1996). Le questionnement de l'adulte au musée et les obstacles à sa progression. *Revue canadienne de l'éducation*, 21(3).
- Durant, J. (1992). *Museums and the public understanding of science*. London: Science Museum in association with the Committee on the Public Understanding of Science.
- Durant, M., Ria, L., & Flevier, É. (2002). La culture en action des enseignants. *Revue des sciences de l'éducation*, XXVIII(1).

- Duschl, R. A., Schweingruber, H. A., & Shouse, A. W. (Eds.). (2007). *Taking Science to School : Learning and Teaching Science in Grades K-8*. Washington: National Academies Press.
- Eidelman, J., & Van Praët, M. (2000). *La muséologie des sciences et ses publics : Regards croisés sur la Grande Galerie de l'Évolution du Muséum national d'histoire naturelle* (1^{re} ed.). Paris: Presses Universitaires de France.
- Émond, A.-M. (Ed.). (2006). *L'éducation muséale vue du Canada, des États-Unis et d'Europe : Recherche sur les programmes et les expositions*. Québec: Éditions MultiMondes.
- Errington, S., Honeyman, B., & Stocklmeyer, S. M. (2001). *Using Museums to Popularise Science and Technology*. London, UK: Commonwealht Secretariat.
- Falardeau, M., & Loranger, M. (1993). Le choix de stratégies d'apprentissage dans différents contextes scolaires par l'élève du primaire et du secondaire. *Revue canadienne de l'éducation*, 18(4).
- Falk, J. H. (1983). Time and behavior as predictors of learning. *Science Education*, 67(2).
- Falk, J. H. (2004). The director's cut: Toward an improved understanding of learning from museums. *Science Education*, 88(S1).
- Falk, J. H. (2005). Free-choice environmental learning : framing the discussion. *Environmental Education Research*, 11(3).
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (1992). *The museum experience*. Washington, D.C.: Whalesback Books.
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (1997). School Field Trips: Assessing Their Long -Term Impact. *Curator*, 40(3).
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (1998). Free-choice learning : an alternative term to informal learning ? *Informal Learning Environments Research Newsletter*, 2(1).
- Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2000). *Learning from Museums : Visitor Experiences and the Making of Meaning* Walnut Creek, CA.: AltaMira Press.
- Falk, J. H., Dierking, L. D., & Foutz, S. (2007). *In Principle, In Practice: Museums As Learning Institutions*. Landham, UMD: Altamira Press.
- Falk, J. H., Martin, W. W., & Balling, J. D. (1978). The novel field-trip phenomenon: Adjustment to novel settings interferes with task learning *Journal of Research in Science Teaching*, 15(2).

- Falk, J. H., & Storksdieck, M. (2005). Using the contextual model of learning to understand visitor learning from a science center exhibition *Science Education*, 89(5).
- Faublée, E. (1992). *En sortant de l'école ... musées et patrimoine*. Paris: Centre national de documentation pédagogique : Hachette.
- Feher, E. (1990). Interactive museum exhibits as tools for learning: explorations with light *International Journal of Science Education*, 12(1).
- Flexer, B. K., & Borun, M. (1984). The impact of a class visit to a participatory science museum exhibit and a classroom science lesson. *Journal of Research in Science Teaching*, 21(9).
- Foisy, M., & Gingras, Y. (2003). La désaffectation des jeunes pour les sciences : réalité ou fiction ? In B. Schiele & E. H. Koster (Eds.), *Les territoires de la culture scientifique*. Lyon ; Montréal, Québec: Presses Universitaires de Lyon; Les Presses de l'Université de Montréal.
- Fortin-Debart, C. (2001-2002). Le partenariat école-musée en éducation relative à l'environnement : analyse et perspectives. *Éducation relative à l'environnement*, 3, 108-124.
- Fortin-Debart, C. (2004). *Le partenariat école-musée pour une éducation à l'environnement*. Paris: L'Harmattan.
- Fortin-Debart, C. (Septembre 2003). Le musée de sciences naturelles, un partenaire de l'école pour une éducation relative à l'environnement : du message scientifique au débat de société. *Vertigo*, 4(2).
- Fortin-Debart, C., Duvernois, A., & Girault, Y. (2005). De l'introduction de nouvelles technologies de l'information et de la communication au sein de l'exposition à la création de musée virtuel. Quels supports de sens ? In A. Senteni & A. Taurisson (Eds.), *Innovative Learning and Knowledge Communities*. Paris: UNESCO.
- Fortin-Debart, C., & Girault, Y. (2004). L'interdisciplinarité pour une éducation à l'environnement vers un développement durable. *Argos*(35), 26-30.
- Fortner, R. W. (1986). A multi-phased evaluation of the impact of a non-school exhibition. Rockville, MD.
- Gagné, C. (octobre-novembre 2006). Promotion de la culture scientifique par la construction de tâches complexes prenant en compte les domaines généraux de formation. *Spectre*, 36(1).
- Gagnon, H. (1999). *Divertir et instruire : Les musées de Montréal au XIX^e siècle*. Sherbrooke, Québec: Éditions G.G.C.

- Gazeau, M.-T. (1974). *L'enfant et le musée*. Paris: Les Éditions Ouvrières.
- Gendreau, A. (2000). Éléments pour une politique de la recherche : Bilan et perspectives 1988-1999. In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Diversité culturelle, distance et apprentissage*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Gennaro, E. D. (1981). The effectiveness of using previsit instructional materials on learning for a museum field trip experience. *Journal of Research in Science Teaching*, 18(3).
- Geysant, J. (2002). Institutions muséales scientifiques et système éducatif. *La Lettre de l'OCIM*(80), 23-31.
- Gilbert, J., & Priest, M. (1997). Models and discourse : a primary school science class visit to a museum. *Science Education*, 81(6).
- Giorgi, A. (1997). De la méthode phénoménologique utilisée comme mode de recherche qualitative en sciences humaines : théorie, pratique et évaluation. In J. Poupart, J.-P. Deslauriers, L.-H. Groulx, A. Laperrière, R. Mayer & A. Pires (Eds.), *La recherche qualitative - Enjeux épistémologiques et méthodologiques*. Montréal: Gaëtan Morin éditeur, Chenelière éducation.
- Girardet, S., & Merleau-Ponty, C. (1994). *Portes ouvertes : les enfants - Accueillir les enfants dans un musée ou une exposition*. Paris : Musée en herbe ; Dijon : OCIM.
- Girault, Y. (2003a). *Interactions recherche - Formation des enseignants sur l'utilisation des musées* Paper presented at the Recherches en Didactique des Sciences et des techniques : Questions en débat; 3^{èmes} Rencontres scientifiques de l'Association pour la Recherche en Didactique des Sciences et des Techniques, Toulouse.
<http://www.yvesgirault.com/pages/publicationsdansdesactesdecongresetcolloques.htm>
- Girault, Y. (2003b). *L'accueil des publics scolaires dans les muséums : aquariums, jardins botaniques, parcs zoologiques* Paris: L'Harmattan.
- Girault, Y. (2003c). Le musée de science : d'un parti pris épistémologique à la prise en compte des publics. In Y. Girault (Ed.), *L'accueil des publics scolaires dans les muséums : aquariums, jardins botaniques, parcs zoologiques*. Paris: L'Harmattan.
- Girault, Y. (2004). Découvrons l'offre des musées scientifiques pour les scolaires. Retrieved 24 février 2007, from <http://www.yvesgirault.com/pages/5-SNUIPP.html>
- Girault, Y. (2005). Des recherches participatives aux communautés d'apprentissage en éducation relative à l'environnement : des situations de co-construction de savoirs en ERE. In L. Sauvé, I. Orellana & E. van Steenberghe (Eds.), *Éducation*

et environnement - Un croisement de savoirs. « Cahiers scientifiques de l'Acfas », n° 104 (pp. 85-102): Éditions Fides.

- Girault, Y., & Debart, C. (2002). Le musée forum, un difficile consensus. L'exemple du Muséum national d'Histoire naturelle. *Quaderni N°46*, 147-162.
- Girault, Y., & Fortin-Debart, C. (12 et 13 octobre 2006). *Le développement durable et l'éducation à l'environnement en milieu informel : état des lieux et point de vue des acteurs*. Paper presented at the Colloque international : "Le développement durable sous le regard des sciences et de l'histoire - De la réflexion aux pratiques éducatives et de formation", IUFM de Lille - Arras
<http://www.yvesgirault.com/pages/girault-debart.htm>
- Girault, Y., & Girault, M. (2001). Enseigner à prendre des risques. *Argos(28)*, CRDP de Créteil : 71-76.
- Girault, Y., & Guichard, F. (1995). *Spécificité des actions pédagogiques au sein du Muséum National d'Histoire Naturelle*. Paper presented at the 7èmes Rencontres Européennes de Didactique de la Biologie, Montpellier.
<http://www.yvesgirault.com/pages/publicationsdansdesactesdecongresetcolloques.htm>
- Girault, Y., & Guichard, F. (2000a). La politique des publics du service de l'action pédagogique et culturelle du Muséum. In J. Eidelman & M. Van Praët (Eds.), *La muséologie des sciences et ses publics. Regards croisés sur la Grande Galerie de l'évolution du Muséum national d'Histoire naturelle* (pp. 299-318). Paris: Presses universitaires de France.
- Girault, Y., & Guichard, F. (2000b). Spécificité de la didactique muséale en biologie In J. Eidelman & M. Van Praët (Eds.), *La muséologie des sciences et ses publics. Regards croisés sur la Grande Galerie de l'évolution du Muséum national d'Histoire naturelle*. Paris: Presses universitaires de France.
- Girault, Y., Guichard, F., & Orellana, I. (1996). Évolution de la prise en compte des publics dans l'aménagement d'un musée scientifique : du Jardin Royal des Plantes Médicinales à la Grande Galerie de l'Évolution du Muséum. In A. Giordan (Ed.), *Musées et médias pour une culture scientifique et technique des citoyens* (pp. 30-36). Genève.
- Girault, Y., & Lemire, F. (2003). Quand un centre commercial se fait l'hôte de la Grande Galerie de l'Évolution. *La Lettre de l'OCIM(83)*, 3-9.
- Girault, Y., Sirard, P.-A., Bigeault, M., Rivest, A., & Monsche, E. (1993). *La science en spectacle au Planétarium : pertinence et limites*. Paper presented at the 15èmes Journées Internationales sur l'Éducation Scientifique, Chamonix.
- GIS-MUST. (1999). *Bilan de la muséologie scientifique et technologique au Québec*. Montréal: Société des musées québécois.

- Godin, B. (1994). *Le rôle de l'école dans la culture scientifique et technologique : éléments de réflexion pour alimenter un débat épistémologique et social*. Sainte-Foy, Québec: Conseil de la science et de la technologie.
- Godin, B., & Gingras, Y. (2000). What is scientific and technological culture and how is it measured ? A multidimensional model. *Public Understanding of Science*, 9.
- Godin, B., Gingras, Y., & Bourneuf, É. (1998). *Les indicateurs de culture scientifique et technique*. Sainte-Foy, Québec: Ministère de l'Industrie, du Commerce, de la Science et de la technologie ; Ministère de la Culture et des Communications ; Conseil de la science et de la technologie.
- Goffard, M., & Weil-Barais, A. (2005). *Enseigner et apprendre les sciences : Recherches et pratiques*. Paris: Armand Colin.
- Gohier, C. (2002). La polyphonie des registres culturels, une question de rapport à la culture. L'enseignant comme passeur, médiateur, lieu. *Revue des sciences de l'éducation*, XXVIII(1).
- Griffin, J. (1994). Learning to learn in informal science settings. *Research in Science Education*, 24(1).
- Griffin, J. (2004). Research on students and museums: Looking more closely at the students in school groups. *Science Education*, 88(S1).
- Griffin, J., & Symington, D. (1997). Moving from task-oriented to learning-oriented strategies on school excursions to museum. *Science Education*, 81(6).
- Groupe d'intérêt spécialisé en muséologie scientifique et technique de la Société des musées québécois (GIS-MUST). (septembre 1998). Bilan de la muséologie scientifique et technologique au Québec. Retrieved 20 janvier 2007, from <http://www.musees.quebec.museum/publicsspec/actualites/infos/textes/19991125/index.phtml>
- Guisasola, J., Morentin, M., & Zuza, K. (2005). School visits to science museums and learning sciences : a complex relationship. *Physics Education*, 40(6), 544-549.
- Hawkey, R. (2004). *Learning with digital technologies in museums, science centres and galleries*. London, UK: Nesta Futurelab, Report 9.
- Hein, G. E. (1995a). Evaluating Teaching and Learning in Museums. In E. Hooper-Greenhill (Ed.), *Museum - Media - Message* (pp. 189-203). London: Routledge.
- Hein, G. E. (1995b). The Constructivist Museum. *Journal of Education in Museums*(16), 21-23.

- Hein, G. E. (1997). *The Maze and the Web : Implications of Constructivist Theory for Visitors Studies*. Paper presented at the Visitor Studies Association - Keynote Speech, Birmingham, Alabama.
- Hein, G. E. (1998). *Learning in the Museum*. London; New York: Routledge.
- Hein, G. E. (2001). *High Stakes Tests Don't Belong in Science Museums : We Can Do Better Than That !* Paper presented at the ASTC annual Meeting, Phoenix , AZ.
- Hein, G. E. (2002). The Challenge of Constructivist Teaching. 197-214.
- Hein, G. E. (2006). John Dewey and Museums. In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Familles, écoliers et personnes âgées au musée : Recherches et perspectives*. . Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Hein, G. E. (Fall 1999). Is Meaning Making Constructivism ? Is Constructivism Meaning Making ? *The Exhibitionist*, 18(2), 15-18.
- Hein, G. E. (November 15, 2001). *The Challenge and Significance of Constructivism*. Paper presented at the (Proceedings), Hands-On ! Europe Conference, London.
- Hein, G. E. (october 2004). John Dewey and Museum Education. *Curator*, 47(4), 413-427.
- Hein, G. E., & Alexander, M. (1998). *Museums : places of learning*. Washington, D.C.: American Association of Museums.
- Hein, H. S. (2000). *The museum in transition : a philosophical perspective* Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Henriques, L. (2002). Children's ideas about weather : a review of the literature. *School Science and Mathematics*, 102(5).
- Herbert, M. E., Fortier, C., & Lamarche, H. (1995). L'éducation au musée *Le musée : lieu de partage de savoirs*. Montréal: Société des musées québécois.
- Herry, Y. (2000). Enseignement et apprentissage des sciences : résultats de la troisième enquête internationale. *Revue des sciences de l'éducation*, 26(2).
- Hooper-Greenhill, E. (1989). *Initiatives in Museum Education* (1st ed.). Leicester, Angleterre: Department of Museum Studies, University of Leicester.
- Hooper-Greenhill, E. (1994a). *The Educational Role of the Museums*. London ; New York: Routledge.
- Hooper-Greenhill, E. (1994b). Museum education. In E. Hooper-Greenhill (Ed.), *The Educational Role of the Museums*. London; New York: Routledge.

- Hooper-Greenhill, E. (1995). *Museum, Media, Message*. London ; New York: Routledge.
- Hooper-Greenhill, E. (1999). *The Educational Role of the Museum* (2nd ed.). London: Routledge.
- Hooper-Greenhill, E. (2000). *Museums and the Interpretation of Visual Culture*. London ; New York: Routledge.
- Hooper-Greenhill, E. (Spring 1998). Cultural Diversity - Attitudes of ethnic minority populations towards museums and galleries. *GEM News*, (69), 10-11. Retrieved from <http://www.gem.org.uk/pubs/news/culture1998.html>
- Huard, M. (1997). L'éducation et le musée : l'éducation comme lieu d'agitation critique. In M. Allard & B. Lefebvre (Eds.), *Le musée, un lieu éducatif*. Montréal: Le Musée.
- Hudon, G. (2000). Pour qu'expérience passe science : la place du musée au sein des écoles primaires francophones au Québec, 1899-1960. In M. Allard & B. Lefebvre (Eds.), *Musée, culture et éducation*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- ICOM-CECA. (1996). Cahiers d'étude Comité pour l'éducation et l'action culturelle (CECA) 2e édition. Retrieved 12 septembre 2007, from <http://icom.museum/cahiers.html>
- ICOM-ICOFOM. (2000). Cahiers d'étude 8 Comité international de l'ICOM pour la muséologie. Retrieved 12 septembre 2007, from <http://icom.museum/cahiers.html>
- ICOM-NATHIST. (1999). Cahiers d'étude 7 Comité international de l'ICOM pour les musées et collections de sciences naturelles. Retrieved 12 septembre 2007, from <http://icom.museum/cahiers.html>
- Inchauspé, P. (2007). *Pour l'école : lettres à un enseignant sur la réforme des programmes* Montréal: Liber.
- Institut de la statistique du Québec Observatoire de la culture et des communications du Québec. (juin 2007). *La fréquentation des institutions muséales du Québec en 2006* (Vol. 29). Sainte-Foy, Québec.
- Institut de la statistique du Québec Observatoire de la culture et des communications du Québec. (juin 2009). *La fréquentation des institutions muséales du Québec en 2008* (Vol. 51). Québec.
- Institut de la statistique du Québec Observatoire de la culture et des communications du Québec. (mai 2004). *La fréquentation des institutions muséales du Québec en 2003* (Vol. 6). Sainte-Foy, Québec.

- Institut de la statistique du Québec Observatoire de la culture et des communications du Québec. (mai 2005). *La fréquentation des institutions muséales du Québec en 2004* (Vol. 12). Sainte-Foy, Québec.
- Institut de la statistique du Québec Observatoire de la culture et des communications du Québec. (mai 2006). *La fréquentation des institutions muséales du Québec en 2005* (Vol. 19). Sainte-Foy, Québec.
- Institut de la statistique du Québec Observatoire de la culture et des communications du Québec. (mai 2008). *La fréquentation des institutions muséales du Québec en 2007* (Vol. 37). Québec.
- Janson-Smith, D. (2006). *Guide souvenir du monde extraordinaire de la nature*. London, UK.: National history Museum.
- Jarvis, T., & Pell, A. (2002). Effect of the challenger experience on elementary children's attitudes to science *Journal of Research in Science Teaching*, 39(10).
- Jarvis, T., & Pell, A. (2005). Factors influencing elementary school children's attitudes toward science before, during, and after a visit to the UK National Space Centre *Journal of Research in Science Teaching*, 42(1).
- Johnson, B., & Christensen, L. (2004). *Educational research : quantitative, qualitative, and mixed approaches* (2nd ed.). Boston ; Toronto: Pearson/A and B.
- Johsua, S., & Dupin, J.-J. (1999). *Introduction à la didactique des sciences et des mathématiques* (2e ed.). Paris: Presses universitaires de France.
- Jonchery, A. (2006). La recherche sur les visites et les visiteurs en famille au musée, état de la question. In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Familles, écoliers et personnes âgées au musée : Recherches et perspectives*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Jonnaert, P., & Laurin, S. (Eds.). (2001). *Les didactiques des disciplines : un débat contemporain*. Sainte-Foy, Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Karsenti, T., & Demers, S. (2004). L'étude de cas. In T. Karsenti & L. Savoie-Zajc (Eds.), *La recherche en éducation : étapes et approche*. Sherbrooke, Québec: Éditions du CRP.
- Karsenti, T., & Savoie-Zajc, L. (2004). *La recherche en éducation : étapes et approches* (3e édition revue et corrigée ed.). Sherbrooke: Éditions du CRP.
- Kassardjian, E. (2003). Influence d'une exposition scientifique sur l'opinion des visiteurs. *La Lettre de l'OCIM*(81), 18-22.

- Kelsey, E. (1991). Conceptual change and killer whales : Constructing ecological values for animals at the Vancouver Aquarium. *International Journal of Science Education, 13*(5).
- Kirk, J., & Miller, M. L. (1986). *Realibity and validity in qualitative research* (Vol. 1). Beverly Hill: Sage publishing inc.
- Kisiel, J. (2003). Teachers, Museums and Worksheets : A closer look at a learning experience. *Journal of Science Teacher Education, 14*(1).
- Kisiel, J. (2005). Understanding Elementary Teacher Motivations for Science Fieldtrips. *Science Education, 89*(6).
- Knapp, D., & Barrie, E. (2001). Content Evaluation of an Environmental Science Field Trip. *Journal of Science Education and Technology, 10*(4).
- Kola-Olusanya, A. (2005). Free-choice environmental education : understanding where children learn outside of school. *Environmental Education Research, 11*(3).
- Koster, E. H. (1995). Le cheminement humain et le musée en évolution. In M. Côté & A. Viel (Eds.), *Le musée : lieu de partage des savoirs*. Montréal: Société des musées québécois.
- Kubota, C. A., & Olstad, R. G. (1991). Effects of novelty-reducing preparation on exploratory behavior and cognitive learning in a science museum setting. *Journal of Research in Science Teaching, 28*(3).
- Laiissus, Y. (1995). *Le Muséum national d'histoire naturelle*. Paris: Gallimard.
- Landry, A., & Allard, M. (2003). *Le musée à la rencontre de ses visiteurs*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Landry, J. (1995). Le Biodôme et ses publics ou ... les publics et "leurs" Biodômes ? In M. Côté & A. Viel (Eds.), *Le musée : lieu de partage des savoirs*. Montréal: Société des musées québécois.
- Laperrière, A. (1997). Les critères de scientificité des méthodes qualitatives. In J. Poupart, J.-P. Deslauriers, L.-H. Groulx, A. Laperrière, R. Mayer & A. Pires (Eds.), *La recherche qualitative - Enjeux épistémologiques et méthodologiques*. Montréal: Gaëtan Morin éditeur, Chenelière éducation.
- Larouche, M.-C., & Allard, M. (1996). Une proposition méthodologique d'élaboration d'un modèle générique d'évaluation des programmes éducatifs des lieux éducatifs. In B. Lefebvre & M. Allard (Eds.), *Le musée : un projet éducatif*. Montréal: Les éditions Logiques.
- Laurin, S., & Gaudreau, L. (2001). De la didactique aux didactiques : Dialogue sur des enjeux éducatifs. In P. Jonnaert & S. Laurin (Eds.), *Les didactiques des*

disciplines : Un débat contemporain. Sainte-Foy, Québec: Presses de l'Université du Québec.

- Lebrun, J., Lenoir, Y., & Desjardins, J. (2004). Le manuel scolaire "réformé" ou le danger de l'illusion du changement : analyse de l'évolution des critères d'évaluation des manuels scolaires de l'enseignement primaire entre 1979 et 2001. *Revue des sciences de l'éducation*, 30(3).
- Lecompte, M. D., & Preissle, J. (1993). *Ethnography and Qualitative Design in Educational Research*. San Diego: Academic Press.
- Lefebvre, A. (1991). Une visite guidée par les pairs dans le Vieux Montréal. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Lefebvre, B. (1992). Le musée et l'école (rescension). *Revue canadienne de l'éducation*, 17(1).
- Lefebvre, B. (1994). *L'éducation et les musées : visiter, explorer et apprendre*. Montréal: Les éditions Logiques.
- Lefebvre, B. (2000). Le musée à la confluence de la culture et de l'éducation. In M. Allard & B. Lefebvre (Eds.), *Musée, culture et éducation*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Lefebvre, B. (2003). L'éducation muséale, la formation des enseignants et la recherche In A. Landry & M. Allard (Eds.), *Le musée à la rencontre de ses visiteurs*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Lefebvre, B., & Allard, M. (1996). *Le musée : un projet éducatif*. Montréal: Les éditions Logiques.
- Lefebvre, B., & Lefebvre, H. (1991). Le visiteur, le guide et l'éducation. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Lefebvre, H. (1997). Les bénéfices retirés par la personne retraitée lors de la visite de musée. In M. Allard & B. Lefebvre (Eds.), *Le musée, un lieu éducatif*. Montréal: Le Musée.
- Legendre, R. (Ed.) (2005) Dictionnaire actuel de l'éducation (3e édition ed.). Montréal: Guérin éditeur.
- Leinhardt, G., & Knutson, K. (2004). *Listening in on museum conversations* Walnut Creek, CA ; Toronto: Altamira Press.
- Lemelin, P. (2002). *Le soutien public à la culture scientifique et technique dans quelques États : un aperçu*. Sainte-Foy, Québec: Conseil de la science et de la technologie, Les Productions de l'espace-temps inc.

- Lemerise, T. (1994). Le musée : un environnement favorable au dévoilement et au développement des théories naïves chez les élèves. In B. Lefebvre (Ed.), *L'éducation et les musées : visiter, explorer et apprendre*. Montréal: Les éditions Logiques.
- Lemerise, T., Lussier-Desrochers, D., & Matias, V. (Eds.). (2002). *Courants contemporains de recherche en éducation muséale*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Lemerise, T., & Soucy, B. (1999). Le point de vue d'adolescents montréalais sur les musées. *Revue canadienne de l'éducation*, 24(4).
- Lemire, F., & Girault, Y. (2001). Du musée témoin au musée acteur de la société : l'accompagnement culturel d'une exposition objectifs, publics et stratégies. *La Lettre de l'OCIM*(77), 27-34.
- Lenoir, Y., & Laforest, M. (1986). Le musée, un apport didactique au milieu scolaire ... s'il facilite les apprentissages prescrits ! *Actes du colloque – Musée et éducation : Modèles didactiques d'utilisation des musées*. Montréal: Société des musées québécois.
- Lenoir, Y., Larose, F., Grenon, V., & Hasni, A. (2000). La stratification des matières scolaires chez les enseignants du primaire au Québec : évolution ou stabilité des représentations depuis 1981. *Revue des sciences de l'éducation*, XXVI(3), 483-514.
- Lessard-Hébert, M., Goyette, G., & Boutin, G. (1996). *La recherche qualitative - Fondements et pratiques* (2nd ed.). Montréal: Éditions Nouvelles.
- Lewenstein, B. V., & Allison-Bunnell, S. (1998). Au service simultané du public et des scientifiques. In B. Schiele & E. H. Koster (Eds.), *La révolution de la muséologie des sciences*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes; Presses Universitaires de Lyon.
- Lewis, T. R. (2006). The tornado hazard in southern New England : History, characteristics, student and teacher perceptions. *Journal of Geography*, 105(6).
- Lozowski Boisvert, D., & Jochums Slez, B. (1994). The relationship between visitor characteristics and learning-associated behaviors in a science museum discovery space. *Science Education*, 78(2).
- Lozowski Boisvert, D., & Jochums Slez, B. (1995). The relationship between exhibit characteristics and learning-associated behaviors in a science museum discovery space. *Science Education*, 79(5).
- Lubow, R. E., Rifkin, B., & Alek, M. (1976). The Context Effect : The Relationship Between Stimulus Preexposure and Environmental Preexposure Dertimes

- Subsequent Learning. *Journal of Experimental Psychology : Animal Behavior Processes*, 2(1).
- Lucas, A. M. (1991). "Info-tainment" and informal sources for learning science. *International Journal of Science Education*, 13(5).
- Lucas, K. B. (1999). *When Mr Jones took Grade 5 to the Sciencecentre*. Paper presented at the AARE - NZARE Conference, Melbourne.
- Lucas, K. B. (2000). One Teacher's Agenda for a Class Visit to an Interactive Science Center. *Science Education*, 84(4).
- MacLulich, M. (2000). Learning about learning. In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Diversité culturelle, distance et apprentissage*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Maddock, M. (1991). Education, research and passive recreation : an integrated programme at the Wetlands Centre, Shortland. *International Journal of Science Education*, 13(5).
- Mairesse, F., & Desvallées, A. (Eds.). (2007). *Vers une redéfinition du musée ?* Paris: L'Harmattan.
- Marandino, M. (2006). Éducation et communication dans les bio-expositions des musées de sciences du Brésil. In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Familles, écoliers et personnes âgées au musée : Recherches et perspectives*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Martin, L. M. W. (2004). An Emerging Research framework for studying informal learning and school. *Science Education*, 88(S1).
- Martin, R. S. (2002). True Needs, true partners : museums serving schools *Survey Highlights* (p. 17). Washington, D.C.: Institute of museum and library services.
- Martin, W. W., Falk, J. H., & Balling, J. D. (1981). Environmental Effects on Learning : The Outdoor Field Trip. *Science Education*, 65(3).
- Matias, V., Lemerise, T., & Lussier-Desrochers, D. (2001). Le partenariat entre les écoles secondaires et les musées : points de vue d'enseignants de la région de Montréal. *Revue des sciences de l'éducation*, XXVII(1).
- McJunkin, M. (1991). *Elementary school children's concepts of the water cycle, in paper set, Who knows about water*. Paper presented at the School science and mathematics association national convention, Tulsa, OK.
- McLean, K. (1993). *Planning for people in museum exhibitions*. Washington, D.C.: Association of Science-Technology Centers.

- Mélior, C., & Girault, Y. (1998). Croisée de regards sur la création de "Parade nuptiale" à la Grande Galerie de l'Évolution du Muséum. In L. Garbagnati, F. Montclair & D. Vingler (Eds.), *Théâtre et sciences* (pp. 271-284): Presses du centre Unesco de Besançon.
- Mellouki, M., & Gauthier, C. (2003). *Éducation et culture : les enseignants, les jeunes et les musées : regards croisés*. Sainte-Foy: Presses de l'université Laval.
- Mellouki, M., Gauthier, C., & Simard, D. (2003). Qu'est-ce que s'orienter dans la culture ? In A. Landry & M. Allard (Eds.), *Le musée à la rencontre de ses visiteurs*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Mercer, E. Children's Museums : programmed for learning. Retrieved from
- Meredith, J. E., Fortner, R. W., & Mullins, G. W. (1997). Model of affective learning for nonformal science education facilities. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(8).
- Merleau-Ponty, C. (2000). Les enfants dans les musées : encore un petit effort. *La Lettre de l'OCIM*(72), 10-18.
- Merriam, S. B. (1998). *Qualitative Research and Case Study Applications in Education - Revised and Expanded from Case Study in Education*. San Francisco (CA): Jossey-Bass Publishers.
- Messier, G., & Potvin, P. (mars 2008). L'explication des conceptions inattendues : est-ce vraiment utile ? *Spectre*, 37(3).
- Métioui, A. (janvier 2007). Selon l'OCDE, l'intérêt des jeunes pour les études et les carrières scientifiques est de plus en plus en baisse ! Comment expliquer cette désaffectation pour les carrières scientifiques ? *Spectre*, 36(2).
- Meunier, A. (2000). L'interprétation dans les équipements muséologiques à caractère scientifique. In M. Allard & B. Lefebvre (Eds.), *Musée, culture et éducation*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Meunier, A. (2003). Évaluer le potentiel éducatif de l'exposition par la variation des aides à l'interprétation dans la mise en scène des objets ethnographiques. In A. Landry & M. Allard (Eds.), *Le musée à la rencontre de ses visiteurs*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Miller, J. D. (1998). La nécessité d'une éducation scientifique citoyenne ? In B. Schiele & E. H. Koster (Eds.), *La révolution de la muséologie des sciences*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes; Presses Universitaires de Lyon.
- Miller, J. D. (2003). Culture scientifique dans un monde de communication à large bande. In B. Schiele & R. Jantzen (Eds.), *Les territoires de la culture*

scientifique. Lyon ; Montréal, Québec: Presses Universitaires de Lyon; Les Presses de l'Université de Montréal.

- Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport du Québec. (2001). *Programme de formation de l'école québécoise, Éducation préscolaire, Enseignement primaire*: Gouvernement du Québec.
- Ministère de la Recherche de la Science et de la Technologie. (2001). *Politique québécoise de la science et de l'innovation : savoir changer le monde*. Sillery, Québec: Gouvernement du Québec.
- Ministère de la Recherche de la Science et de la Technologie. (2002). *Politique québécoise de la science et de l'innovation : Un premier bilan : savoir changer le monde*. Sillery, Québec: Gouvernement du Québec.
- Montpetit, R. (1995). Les musées et les savoirs : partager des connaissances, s'adresser au désir. In M. Côté & A. Viel (Eds.), *Le musée : lieu de partage des savoirs*. Montréal: Société des musées québécois.
- Mortara Almeida, A., & Lopes, M. M. (2006). Musée d'art, de sciences et d'histoire du Brésil : quels sont leurs visiteurs ? In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Familles, écoliers et personnes âgées au musée : Recherches et perspectives*. . Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Mortensen, M. F., & Smart, K. (2007). Free-choice worksheets increase students' exposure to curriculum during museum visits. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(9).
- Murphy, B. L. (2004). La définition du musée - De la référence pour spécialistes au rôle social. *Les nouvelles de l'ICOM*, 57(2), 3-4.
- Newlands, A. (1991). The National Gallery of Canada's Theme Rooms : Exploring the Education Exhibition. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Noël-Gaudreault, M. (Ed.). (2004a). *La motivation à apprendre : interdépendance des caractéristiques individuelles et contextuelles* (Vol. XXX). Montréal: Revue des sciences de l'éducation.
- Noël-Gaudreault, M. (Ed.). (2004b). *Le langage dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques* (Vol. XXX). Montréal: Revue des sciences de l'éducation.
- Olofsson, U. K. (Ed.). (1979a). *Les musées et les enfants*. Paris: UNESCO.
- Olson, J. K., Cox-Petersen, A. M., & McComas, W. F. (2001). The inclusion of informal environments in science teacher preparation. *Journal of Science Teacher Education*, 12(3).

- Orellana, I., & Girault, Y. (1997). *Prise en compte des représentations sociales et du pluriculturalisme dans la conception des expositions scientifiques*. Paper presented at the JIES 1997. <http://www.yvesgirault.com/principal-yvesgirault.htm>
- Orion, N. (1993). A model for the development and implementation of field trips as an integral part of the science curriculum. *School Science and Mathematics, 93*(6).
- Orion, N., & Hofstein, A. (1994). Factors that influence learning during a scientific field trip in a natural environment. *Journal of Research in Science Teaching, 31*(10).
- Orion, N., Hofstein, A., Tamir, P., & Giddings, G. (1997). Development and validation of an instrument for assessing the learning environment of outdoor science activities. *Science Education, 81*(2).
- Orpwood, G. (1990). *L'enseignement des sciences et des mathématiques en Amérique du Nord : en progrès ou en déclin ?* Sainte-Foy, Québec: Conseil de la science et de la technologie.
- Paquin, M. (1997). L'agent d'éducation muséale et l'apprentissage chez les élèves du primaire. In M. Allard & B. Lefebvre (Eds.), *Le musée, un lieu éducatif*. Montréal: Le Musée.
- Paquin, M. (1998). *Visite scolaire au musée : stratégies pédagogiques pour une participation active des élèves de l'élémentaire*. Cap Rouge: Les Presses Inter Universitaires.
- Paquin, M. (2007). Les musées et les musées virtuels d'histoire : appréciation, utilisation et effet d'une formation sur la pratique enseignante. *Revue des sciences de l'éducation, 33*(2).
- Paquin, M., & Allard, M. (1998). L'impact d'agent d'éducation muséale sur l'apprentissage d'ordre cognitif et affectif chez des élèves de la quatrième année du primaire. *Revue canadienne de l'éducation, 23*(1).
- Paris, S. G. (2002). *Perspectives on object-centered learning in museums* Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Pearce, S. M. (1996). *Exploring Science in Museum*. London: Athlone.
- Pedretti, E. G. (2002). T. Kuhn Meets T. Rex : Critical conversations and new directions in science centres and science museums. *Studies in Science Education, 37*(1).
- Pedretti, E. G. (2004). Perspectives on learning through research on critical issues-based science center exhibitions. *Science Education, 88*(S1).
- Pépin, Y. (1994). Savoirs pratiques et savoirs scolaires : une représentation constructiviste de l'éducation. *Revue des sciences de l'éducation, XX*(1).

- Philips, W. C. (1991). Earth science misconceptions. *The Science Teacher*, 58(2).
- Piaget, J. (1975). *L'équilibration des structures cognitives - Problème central du développement*. Paris: PUF.
- Piscitelli, B., & Anderson, D. (2000). Young children's learning in museum settings. *Visitor Studies Today*, 3(3).
- Piscitelli, B., & Anderson, D. (2001). Young children's perspectives of museum settings and experiences. *Museum Management and Curatorship*, 19(3).
- Pitman-Gelles, B. (Ed.). (1981). *Museums, magic & children : youth education in museums* Washington, D.C.: Association of Science-Technology Centers, American Association of Youth Museums.
- Polito, E., Tanner, K. D., & Monterverdi, J. P. (2008). *Assessing middle school and college students' conceptions about tornadoes and other weather phenomena*. Paper presented at the 24th Conference on Severe Local Storms, Savannah, GA.
- Potvin, P., Riopel, M., & Masson, S. (Eds.). (2007). *Regards multiples sur l'enseignement de sciences*. Québec: Éditions MultiMondes.
- Potvin, P., & Thouin, M. (2003). Étude qualitative d'évolutions conceptuelles en contexte d'explorations libres en physique-mécanique au secondaire. *Revue des sciences de l'éducation*, 29(3).
- Pourtois, J.-P., Desmet, H., & Lahaye, W. (2001). Les points-charnières de la recherche scientifique. *Recherche en soins infirmiers*, 65.
- Price, S., & Hein, G. E. (1991). More than a field trip : science programmes for elementary school groups at museums. *International Journal of Science Education*, 13(5).
- Quagliozi, A., & Cohen, C. (2000). Vers le partenariat école-musée : mobilisation enseignante et expertise des élèves. In J. Eidelman & M. Van Praët (Eds.), *La muséologie des sciences et ses publics : Regards croisés sur la Grande Galerie de l'Évolution du Muséum national d'histoire naturelle* (1re ed.). Paris: Presses Universitaires de France.
- Rahm, J. (2006). L'accès des jeunes provenant de milieux défavorisés aux activités scientifiques extrascolaires : une question d'équité. *Revue des sciences de l'éducation*, XXXII(3).
- Ramey-Gassert, L. (1997). Learning science beyond the classroom. *The Elementary School Journal*, 97(4).

- Ramey-Gassert, L., Walberg III, H. J., & Walberg, H. J. (1994). Reexamining connections : museums as science learning environments. *Science Education*, 78(4).
- Rasse, P., & Girault, Y. (1998). La démarche de projet dans les musées et les organisations culturelles. *Communication et organisation, management par projets et logiques communicationnelles*. Retrieved 5 octobre 2007, from <http://www.yvesgirault.com/principal-yvesgirault.htm>
- Raulin, D. (2006). De nouveaux rapports entre science et politique : le cas des programmes scolaires. *Revue des sciences de l'éducation*, XXXII(1).
- Rebetez, P. (1970). *Comment visiter un musée*. Strasbourg: Conseil de la coopération culturelle du développement de l'Europe.
- Rennie, L. J. (1994). Measuring affective outcomes form a visit to a science education centre. *Research in Science Education*, 24(1).
- Rennie, L. J. (2006). *The impact of science centers/museums on their surrounding communities : summary report*. Paper presented at the Conference of the Asia Pacific Network of Science and Technology Centres (ASPAC).
- Rennie, L. J., Feher, E., Dierking, L. D., & Falk, J. H. (2003). Toward an agenda for advancing research on science learning in out-of-school settings. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2).
- Rennie, L. J., & Johnson, D. J. (2004). The nature of learning and its implications for research on learning from museums. *Science Education*, 88(S1).
- Rennie, L. J., & McClafferty, T. (2001). Visiting a science centre or museum ? Make it a real educational experience ! In S. Errington, B. Honeyman & S. M. Stockmeyer (Eds.), *Using museum to popularise science and technology*. London, UK: Commonwealth Secretariat.
- Rennie, L. J., McClafferty, T., & Johnson, D. (1993). *Interactive science and technology centres : Helping teachers make best use of them*. Paper presented at the Annual Conference of the Australian Association for Research in Education, Fremantle, Western Australia.
- Rennie, L. J., & Williams, G. F. (2006). Adults' Learning about Science in Free-choice Settings. *International Journal of Science Education*, 28(8), 871-893.
- Reuter, Y. (Ed.). (2007). *Dictionnaire des concepts fondamentaux des didactiques*. . Paris, Bruxelles: De Boeck.
- Roy, J. A. (1995). Représentation du rôle de l'enseignant de sciences telle qu'elle émerge de recherches qualitatives publiées de 1983 à 1993 dans les revues *Science*

Education et Journal of Research in Science Teaching. Revue des sciences de l'éducation, XXI(2).

- Roy, J. A. (1996). La présence de l'enseignant de sciences dans la recherche : le cas des revues *Science Education et Journal of Research in Science Teaching. Revue des sciences de l'éducation, XXII(1).*
- Roy, L., & Guilbert, L. (1998-1999). L'éducation relative à l'environnement en milieu éducatif non formel - Y a-t-il plus que l'acquisition de nouvelles connaissances pour le public ? *Éducation relative à l'environnement, 1*, 239-246.
- Rudmann, C. L. (1994). A review of the use and implementation of science field trip. *School Science and Mathematics, 94(3).*
- Russell, T. (1994). The enquiring visitor: usable learning theory for museum contexts. *Journal of Education in Museums(15).*
- Saint-Jacques, D., Chené, A., Lessard, C., & Riopel, M.-C. (2002). Les représentations que se font les enseignants du primaire de la dimension culturelle du curriculum. *Revue des sciences de l'éducation, XXVIII(1).*
- Salter, P. (Spring 1998). Evaluating Children's Learning Experiences. *GEM News(69)*, 11-12.
- Samson, G., & Squalli, H. (mars 2007). Aux croisements de la didactique des mathématiques, des sciences et de la technologie. Rencontre avec le professeur Jean-Pierre Astolfi. *Spectre, 36(3).*
- Sauvé, M.-R. (Automne 2008). Le Québec expose sa science. *La revue des diplômés de l'Université de Montréal(415).*
- Savard, N., Savard, C., & Dufresne-Tassé, C. (1994). Comparaison de deux façons d'identifier les questions et les hypothèses formulées par le visiteur au musée. *Revue canadienne de l'éducation, 19(1).*
- Schärer, M. (2000). Le musée et l'exposition: variation de langages, variation de signes. In ICOM-ICOFOM (Ed.), *Cahier d'études 8: Comité international de l'ICOM pour la muséologie,*
- Schiele, B. (2001). *Le Musée de sciences - Montée du modèle communicationnel et recomposition du champ muséal.* Paris ; Montréal: L'Harmattan Communication.
- Schiele, B., & Jantzen, R. (Eds.). (2003). *Les territoires de la culture scientifique.* Lyon ; Montréal, Québec: Presses Universitaires de Lyon; Les Presses de l'Université de Montréal.
- Schiele, B., & Koster, E. H. (Eds.). (1998). *La révolution de la muséologie des sciences.* Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes ; Presses universitaires de Lyon

- Schiele, B., & Koster, E. H. (Eds.). (1999). *Science Centers for This Century*. Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Schoon, K. J. (1989). *Misconceptions in the Earth Science : A cross age study*. Paper presented at the Annual meeting of the National Association for Research in Science Teaching, San Francisco, CA.
- Schoon, K. J. (1995). The origin and extent of alternative conceptions in the earth and space sciences: A survey of pre-service elementary teachers. *Journal of Elementary Science Education*, 7(2).
- Science pour tous. (Septembre 2004). Un nouveau dialogue à instaurer. Retrieved 5 octobre 2007, from <http://www.sciencepourtous.qc.ca/references/memoires.html>
- Science pour tous, & Société pour la promotion de la science et de la technologie. (Février 2005). *Pour une culture du savoir*. Montréal. Retrieved from <http://www.sciencepourtous.qc.ca/references/memoires.html>
- Screven, C. (1993). Museums and informal education. *CMS Bulletin*, 1(1).
- Screven, C. (1995). La communication pédagogique dans l'environnement muséal *Le musée : lieu de partage de savoirs*. Montréal: Société des musées québécois.
- Simpson, D. J. (2001). John Dewey's Concept of the Student. *Canadian Journal of Education*, 26(2).
- Smith, M. Monitoring and evaluation of pupil progress the impact of outdoor education on self-esteem and attainment.
- Smith, P. S., & Ford, B. A. (1996). *Project earth science : meteorology*. Arlington, VA: National Science Teacher Association.
- Société des musées québécois. (1986). *Actes du Colloque Musée et éducation : modèles didactiques d'utilisation des musées : colloque tenu à l'Université du Québec à Montréal les 30, 31 octobre et 1^{er} novembre 1985*. Paper presented at the Musée et éducation : modèles didactiques d'utilisation des musées, Université du Québec à Montréal.
- Société des musées québécois. (2002). Le musée de sciences - Montée du modèle communicationnel et reconstitution muséale. Retrieved 24 février 2007, from <http://www.musees.quebec.museum/publicsspec/actualites/documents/fiches.phtml/publicsspec/actualites/documents/archives/2002.phtml?RECNO=45502236>
- Société des musées québécois. (août 2002). Définitions reliées aux collections scientifiques et technologiques. Retrieved 20 janvier 2007, from http://www.musees.quebec.museum/publicsspec/smq/activites/col_sc_tech/def.phtml

- Société des musées québécois. (septembre 2003). *Inventaire des collections scientifiques et technologiques du Québec*. Montréal.
- Stake, R. E. (1995). *The art of Case Study Research*. Thousand Oaks (CA): Sage publications inc.
- Statuts de l'ICOM; amendés par la 20e Assemblée générale de l'ICOM. (6 juillet 2001). Évolution de la définition du musée selon les statuts de l'ICOM (1951-2001). Retrieved 17 janvier 2007, from http://icom.museum/hist_def_fr.html
- Stepans, J. (1994). *Targeting students' science misconceptions*. Riverview, FL: Idea factory, Inc.
- Stepans, J., & Kuehn, C. (1985). Children's conceptions of weather. *Science and Children*, 23(1).
- Studart, D. C., & Valente, M. E. (2006). Investigation Families' motivations, expectations and outcomes of a visit to a science museum in a brazilian context. In C. Dufresne-Tassé (Ed.), *Familles, écoliers et personnes âgées au musée : Recherches et perspectives*. Paris : ICOM-CECA ; Montréal : Université de Montréal.
- Tal, R. (2001). Incorporating Field Trips as Science Learning Environment Enrichment - An Interpretive study. *Learning Environments Research*, 4.
- Tal, R., Bamberger, Y., & Morag, O. (2005). Guided school visits to natural history museums in Israel : Teachers' roles. *Science Education*, 89(6).
- Tal, T., & Morag, O. (2007). School Visits to Natural History Museums : Teaching or Enriching ? *Journal of Research in Science Teaching*, 44(5).
- Tal, T., & Steiner, L. (2006). Patterns of Teacher-Museum Staff Relationships : School Visits to the Educational Centre of a Science Museum. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 6(1).
- Talboys, G. K. (2000). *Museum Educator's Handbook*. Aldershot, Hampshire ; Brookfield, Vermont: Gower.
- Tenenbaum, H. R., Rappolt-Schlichtmann, G., & Zanger, V. V. (2004). Children's learning about water in a museum and in the classroom. *Early Childhood Research Quarterly*, 19.
- Thanh, T. K. (mars 2008). Un peu de science pour tout le monde, pourquoi pas ? Mais comment ? *Spectre*, 37(3).
- Thomas, G., Anderson, D., & Nashon, S. (2008). Development of an Instrument Designed to Investigate Elements of Science Students' Metacognition, Self-

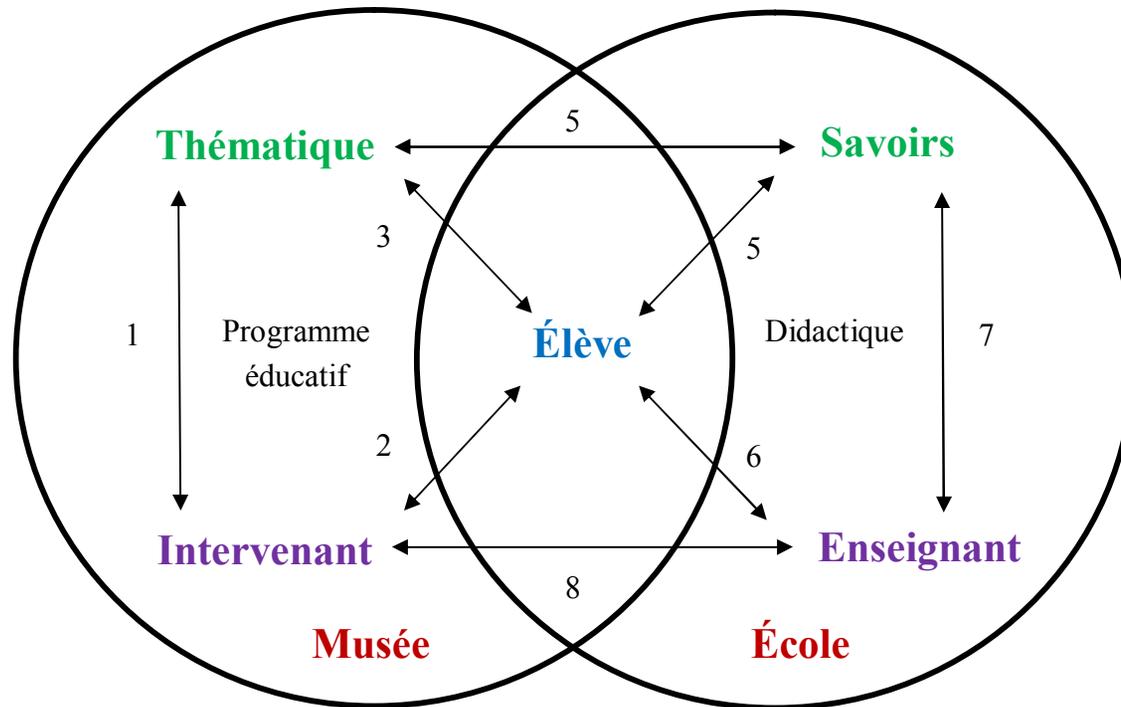
- Efficacy and Learning Processes : The SEMLI-S. *International Journal of Science Education*, 30(13).
- Thouin, M. (1999). *Problèmes de sciences et de technologie pour le préscolaire et le primaire* Sainte-Foy, Québec: Éditions MultiMondes.
- Thouin, M. (2004). *Enseigner les sciences et la technologie au préscolaire et au primaire*. Sainte-Foy: Éditions MultiMondes.
- Thouin, M. (2008). *Tester et enrichir sa culture scientifique*. Québec: Éditions MultiMondes.
- Thouin, M. (2009). *Enseigner les sciences et la technologie au préscolaire et au primaire* (2e ed.). Québec: Éditions MultiMondes.
- Timbart, N., & Girault, Y. (avril 2006). *Représentations sociales et pratiques déclarées d'adolescents franciliens sur les musées*. Paper presented at the Colloque « Adolescence : entre défiance et confiance », Roubaix.
- Tobin, K., McRobbie, C., & Anderson, D. (1997). Dialectic Constraints to the Discursive Practices of a High School Physics Community. *Journal of Research in Science Teaching*, 34(5).
- Tran, L. U. (2006). Teaching Science in Museums : The Pedagogy and Goals of Museum Educators. *Science Education*, 91(2).
- Tran, L. U. (2008). The work of science museum educators. *Museum Management and Curatorship*, 23(2).
- Tran, L. U., & King, H. (2007). The Professionalization of Museum Educators : The Case in Science Museums. *Museum Management and Curatorship*, 22(2).
- Trudel, J. (1991). L'intégration de la fonction éducative au musée. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Tulley, A., & Lucas, A. M. (1991). Interacting with a science museum exhibit : vicarious and direct experience and subsequent understanding. *International Journal of Science Education*, 13(5).
- UNESCO. (1973). *Musées, imagination et éducation*. Paris.
- UNESCO. (1990). *Projet 2000+*. Retrieved 21 janvier 2007, from http://www.unesco.org/education/educprog/ste/projects/2000/index_2000.htm
- Vadeboncoeur, G. (1997). Le musée et l'école : de la collaboration au partenariat In M. Allard & B. Lefebvre (Eds.), *Le musée, un lieu éducatif*. Montréal: Le Musée.
- Van der Maren, J.-M. (1996). *Méthodes de recherche pour l'éducation* (2e ed.). Montréal, Paris: Presses de l'Université de Montréal, DeBoeck Université.

- Van der Maren, J.-M. (2003). *La recherche appliquée en pédagogie - Des modèles pour l'enseignement*. Bruxelles, Belgique: De Boeck.
- van Driel, J. H., Verloop, N., & de Vos, W. (1998). Developing Science Teachers' Pedagogical Content Knowledge. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(6).
- Vosniadou, S. (1994). Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, 4(1).
- Weil-Barais, A. (2004). Concepts et modèles fondamentaux. In A. Weil-Barais, C. Boujon, C. Gaux., É. Greff, A. Lainé, M. Pagoni-Andreani, M. Perraudou & L. Pulido (Eds.), *Les apprentissages scolaires*. Rosny-sous-Bois: Bréal.
- Wellington, J. (1990). Formal and informal learning in science : the role of the interactive science centres. *Physics Education*, 25(5).
- Weltzl-Fairchild, A. (1991). Describing Aesthetic Experience : Creating a Model. *Revue canadienne de l'éducation*, 16(3).
- Wheatley, G. H. (1991). Constructivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. *Science Education*, 75(1).
- Wright, E. L. (1980). Analysis of the effect of a museum experience on the biology achievement of sixth-graders. *Journal of Research in Science Teaching*, 17(2).
- Yin, R. K. (2009). *Case study research. Design and methods* (4th ed.). Thousands Oaks (CA): Sage publications inc.

ANNEXES

ANNEXE 1
Modèle interactif en contexte muséo-scolaire

Figure 7 – Modèle interactif en contexte muséo-scolaire



Légende

1 – Relation de transposition
 2 – Relation de support
 3 – Relation d'appropriation
 4 – Relation théorique

5 – Démarche didactique
 6 – Contrat didactique
 7 – Transposition didactique
 8 - Relation de collaboration

ANNEXE 2

Le secret de Gilgamesh – Guide de l'enseignant

Activité "Environnement et science"
2^e cycle du primaire (3^e et 4^e années)



Environnement
Canada

Environment
Canada



Le secret de

Gilgamesh

Activité « Environnement et science »
2^e cycle du primaire (3^e et 4^e années)

GUIDE DE L'ENSEIGNANT

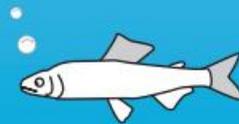
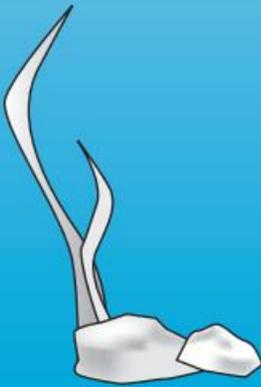


Table des matières	Introduction
Introduction p. 2	<p>Inscrite dans une démarche d'éducation relative à l'environnement, l'activité « Le secret de Gilgamesh » comprend l'exploration du thème de la visite ainsi que l'acquisition de connaissances en météorologie et sur les changements climatiques. L'objectif principal de l'activité est de faire des élèves des gardiens du climat.</p> <p>Ce guide, conçu pour aider l'enseignant à mettre à profit la visite à la Biosphère, est divisé en deux parties à faire en classe : la pré-visite et la post-visite. La pré-visite fait découvrir les personnages de Gilgamesh et d'Enkidou ainsi que leur univers. Elle prépare ainsi les élèves à la sortie de la classe à la Biosphère. La post-visite fait la synthèse de l'activité et engage les gardiens du climat dans l'action. Le travail des élèves en classe est donc essentiel à l'atteinte des objectifs de cette activité.</p> <p>Située sur l'Île Sainte-Hélène, au cœur du bassin versant des Grands Lacs et du Saint-Laurent, la Biosphère est l'endroit par excellence pour initier les élèves à la météorologie, aux changements climatiques et au fleuve Saint-Laurent. Pour plus de renseignements sur la visite à la Biosphère, n'hésitez pas à consulter la fiche descriptive de l'activité. Merci d'avoir choisi de nous visiter. Bonne activité!</p> <p><i>L'équipe de la Biosphère et... Enkidou!</i></p> <p>Note : dans ce document, le masculin est utilisé dans le seul but d'alléger le texte.</p>
Pré-visite	
Étape 1 – Mise en situation p. 3	
Étape 2 – L'observation du temps p. 4	
Étape 3 – L'air et les saisons p. 5	
Étape 4 – Bientôt le secret de Gilgamesh p. 6	
Post-visite	
Étape 1 – Retour sur la visite p. 7	
Étape 2 – Les gardiens du climat en action p. 8	
Conclusion p.10	
Matériel à imprimer	
Fiche 1 – Enkidou et Gilgamesh p. 11	
Fiche 2 – L'observation du temps p. 12	
Fiche 3 – L'air et les saisons p. 13	
Fiche 4 – Attention GES! p. 14	
Matériel de référence	
Annexe 1 – Conte de Gilgamesh p. 15	
Annexe 2 – Les saisons p. 17	
Annexe 3 – Liste des Savoires p. 18	
Annexe 4 – Glossaire p. 19	
Annexe 5 – L'effet de serre p. 20	
Annexe 6 – Les nuages et les instruments météorologiques p. 21	
Annexe 7 – Actions climat p. 22	
Annexe 8 – Ressources et activités complémentaires p. 23	
Matériel fourni	
Disques compacts: 1 – Activité complète	
2 – Conte de Gilgamesh	
Fiche descriptive de l'activité	
Questionnaire d'évaluation	

Pré-visite (55 minutes)**Étape 1 - Mise en situation****Temps:** 15 minutes ou plus**Objectif:** Présenter Gilgamesh et Enkidou.**Matériel:**

- Lecteur et disque compact
- Annexe 1 – Conte de Gilgamesh
- Fiche 1 – Enkidou et Gilgamesh

Tâches:

- Faire ressortir les éléments importants que les élèves doivent retenir.
- Distribuer une copie de la fiche 1 à chaque élève et compléter les deux activités proposées.

**Pré-visite** (scénario suggéré)**Étape 1 - Mise en situation**

- J'ai reçu aujourd'hui le conte de Gilgamesh. Écoutons-le ensemble.
Suggestion: demander aux élèves de poser la tête sur leur pupitre et de fermer les yeux.

Faire un retour sur le conte en questionnant les élèves sur l'histoire qu'ils viennent d'entendre:

- Qui est Gilgamesh?

Réponse attendue: « Le roi de la ville d'Ourouk qui terrorise son peuple. »

- Quels sont ses pouvoirs?

Réponse attendue: « Il contrôle le temps qu'il fait. »

- Quel temps fait-il à Ourouk actuellement?

Réponse attendue: « Les éléments de la nature sont déchainés. »

- Qu'est-ce que les gens demandent à Enkidou, l'ami de Gilgamesh?

Réponse attendue: « Ils demandent que Gilgamesh cesse d'utiliser ses pouvoirs magiques pour déclencher le mauvais temps. »

- Enkidou a un rôle très important à jouer pour aider les gens de la ville d'Ourouk. Il va nous aider à mieux comprendre le conte de Gilgamesh.

Utilisez la fiche 1 et réalisez les deux activités proposées.

Première activité: complétez les espaces libres dans le texte.

Deuxième activité: imaginez et dessinez Gilgamesh.

Suggestion: le dessin peut être fait à la maison.

Étape 2 - L'observation du temps**Temps:** 15 minutes**Objectif:** Apprendre à observer le temps (premier Savoir).**Matériel:** Fiche 2 – L'observation du temps**Tâches:**

- A) Échanger avec les élèves sur le temps qu'il fait.
- B) Distribuer une copie de la fiche 2 à chaque élève, l'expliquer et amorcer l'activité d'observation.

**Étape 2 - L'observation du temps**

- A) Les sept Savoirs nous permettront de découvrir le secret de Gilgamesh. Découvrons le premier Savoir: l'observation du temps.

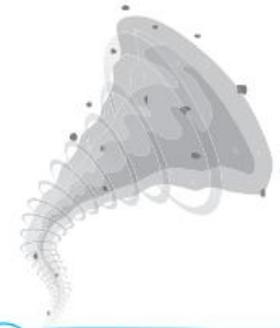
Quel temps fait-il aujourd'hui? Fait-il chaud ou froid? Pleut-il ou neige-t-il? Quelle est la saison?

Suggestion: aller à l'extérieur pour observer le temps qu'il fait en groupe ou demander aux élèves de regarder à l'extérieur, puis échanger avec eux à ce sujet.

- B) Enkidou nous demande de compléter, comme le fait Gilgamesh, la fiche d'observation du temps (*fiche 2*).

Chaque jour, nous observerons le temps et noterons nos découvertes sous forme de dessins. Commençons par remplir la première case de la fiche et apportons-la à la maison pour continuer nos observations.

Note: Faire cette activité pendant quelques jours.



Étape 3 - L'air et les saisons

Temps: 15 minutes

Objectif: Apprendre à connaître l'air et les saisons
(Deuxième et troisième Savoirs).

Matériel:

- Fiche 3 – L'air et les saisons
- Annexe 2 – Les saisons

Tâches:

- A) Distribuer une copie de la fiche 3 à chaque élève et compléter la première activité.
- B) Discuter du phénomène des saisons.
- C) Réaliser la deuxième activité.



Étape 3 - L'air et les saisons

Découvrons maintenant d'autres Savoirs qui vont nous permettre de connaître le secret de Gilgamesh.

A) Le deuxième Savoir porte sur l'air.

Première activité de la fiche 3. *Bonnes réponses:*

Dans l'air, il y a:

- de l'oxygène (O), de l'azote (N) et des gaz invisibles;
- de la poussière et de la fumée, c'est-à-dire des particules si petites que nous pouvons les respirer;
- de la vapeur d'eau, autrement dit de l'eau sous forme de gaz invisible.

Il y a ce qui compose l'air et ce que nous retrouvons dans l'air comme les oiseaux, des feuilles, les avions.

B) Le troisième Savoir est consacré aux saisons.

Est-ce que l'air est toujours à la même température?

Parfois l'air est chaud et parfois il est froid, ça dépend de la saison à laquelle on se trouve.

Voici l'explication: la Terre fait le tour du Soleil en une année et cela donne naissance à quatre saisons au Canada et dans plusieurs autres pays.

Note : dans certains pays il n'y a que deux saisons, la saison des pluies et la saison sèche comme à Cuba et au Sénégal par exemple. Pour plus de renseignements sur les saisons, consultez l'annexe 2.

C) Complétons la deuxième activité de la fiche 3.

À quoi ressemble un érable à chaque saison? Dessine-le, puis écris le nom de la saison sous chacun d'eux.

Étape 4 - Bientôt le secret de Gilgamesh**Temps:** 10 minutes**Objectif:** Donner le goût de découvrir le secret de Gilgamesh.**Matériel:**

- Fiche 2 – L'observation du temps
- Annexe 3 – Glossaire

Tâches:

- Partager les observations du temps de la semaine précédente.
- Échanger avec les élèves sur la sortie de classe à la Biosphère.

**Étape 4 - Bientôt le secret de Gilgamesh**

A) Partageons ensemble ce que nous avons observé.

Réponse attendue : le temps change au cours de la semaine et même au cours de la journée. Ce qui change est la température, l'ensoleillement, les nuages, les vents, les précipitations, etc.

Lorsque nous observons ces phénomènes, nous observons les conditions météorologiques. Celles-ci changent à chaque saison.

Note : Consultez le glossaire en annexe 4 au besoin.

B) Maintenant, savez-vous où nous pourrions trouver plus de renseignements sur la météorologie? À la Biosphère*! Qui a déjà visité la Biosphère? À quoi ressemble-t-elle? Qu'est-ce que vous avez fait là-bas?

Nous connaissons maintenant trois Savoirs: l'observation du temps qu'il fait, l'air et les saisons.

À la Biosphère, nous allons découvrir les quatre derniers Savoirs et enfin percer le secret de Gilgamesh.

** Située sur l'Île Sainte-Hélène, la Biosphère sensibilise les jeunes et leur famille aux grands enjeux environnementaux, dont ceux relatifs à l'eau et aux changements climatiques, ainsi qu'au développement durable de l'écosystème Grands Lacs – Saint-Laurent.*



LE SECRET DE GILGAMESH - 2^e cycle du primaire (3^e et 4^e années)

<p>Post-visite (45 minutes)</p>	<p>Post-visite (scénario suggéré)</p>
<p>Étape 1 - Retour sur la visite</p>	<p>Étape 1 - Retour sur la visite</p>
<p>Temps: 15 minutes Objectif: Faire un retour sur la visite à la Biosphère. Matériel:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Annexe 4 – Glossaire • Annexe 5 – L’effet de serre • Annexe 6 – Les nuages et les instruments météorologiques <p>Tâche: Poser des questions aux élèves pour retenir les trois éléments du secret de Gilgamesh.</p>	<p>Vous avez apprécié notre visite à la Biosphère? Je vais vous poser quelques questions pour vérifier si vous avez une bonne mémoire. <i>Suggestions de questions: Qu’avons-nous fait? Qu’avons-nous appris à propos du secret de Gilgamesh?</i></p> <p>Le secret de Gilgamesh est qu’il possède des Savoirs qui lui permettent de prévoir le temps :</p> <ul style="list-style-type: none"> - il a développé une grande habileté à observer le temps; - il utilise des instruments météorologiques (<i>Annexe 6</i>); - il a acquis des connaissances sur la météorologie (<i>annexes 4, 5 et 6</i>). <p>N’oublions pas que les prévisions météorologiques annoncent le temps qu’il fera dans les prochains jours. <i>Par exemple : « Demain, on prévoit un temps chaud, humide, ensoleillé avec peu de vent. »</i></p> <p>Le climat, c’est le temps qu’il a fait à un endroit depuis plusieurs années. C’est la moyenne des conditions météorologiques d’une région sur plusieurs années, au minimum depuis 30 ans. <i>Par exemple : « Dans le désert, il ne pleut presque jamais tandis qu’aux aux pôles, il fait toujours froid. »</i></p> <p>Nous avons vu à la Biosphère qu’actuellement dans la ville d’Ourouk et sur la Terre :</p> <ul style="list-style-type: none"> - nous subissons des changements climatiques à cause du réchauffement du climat; - certaines activités humaines sont responsables du réchauffement du climat; - il y a beaucoup de gestes que nous pouvons poser pour protéger le climat.

Étape 2 - Les gardiens du climat en action**Temps:** 30 minutes et plus**Objectif:** Agir pour protéger le climat.**Matériel:**

- Fiche 4 – Attention GES!
- Annexe 7 – Actions climat

Tâches:

- Placer les élèves en équipe, les amener à trouver des gestes protecteurs du climat et mettre en commun les résultats.
- Regrouper les gestes par thème au tableau ou sur un carton pour les conserver.
- Lancer la semaine thématique du transport et compléter l'activité Attention GES! à l'aide de la fiche 4.
- Amorcer une deuxième semaine en choisissant un autre thème et compléter une nouvelle activité Attention GES!

Étape 2 - Les gardiens du climat en action

A) Pour trouver des solutions en tant que gardiens du climat, formez des équipes de quatre ou cinq élèves et imaginez les gestes que vous pouvez faire à l'école et à la maison pour protéger le climat. Écrivez un geste sur un morceau de papier. Ensuite, collez vos papiers au tableau. *Suggestion: faire ce tableau sur un carton pour le conserver.*

B) Regroupons les gestes de protection du climat en fonction des quatre thèmes suivants : le transport, la nourriture, l'énergie et les déchets.

C) Maintenant que nous avons complété le tableau des gestes protecteurs du climat, nous allons passer à l'action en commençant par le transport. Pourquoi le transport? Parce que c'est l'activité humaine qui produit le plus de gaz à effet de serre (GES) et que même les enfants peuvent améliorer la situation.

Quand on se déplace, la meilleure façon de réduire les émissions de GES, c'est la marche. Pour souligner le début de la semaine du transport, marchons!

Suggestions: marcher dans les corridors, dans le gymnase ou dehors, marcher avec entrain, en chantant ou en jouant du tambour.

Utilisez maintenant la fiche 4. Elle contient deux billets Bravo! et deux billets Attention!

Expliquez les consignes.



À la fin de la semaine, demandez aux enfants comment ils ont utilisé leurs billets. Pensent-ils que cette activité a eu un impact? Selon eux, est-ce que leur famille va garder leurs bonnes habitudes?

Note: utilisez la fiche 4 de la même façon pour les semaines thématiques suivantes.

D) Si vous désirez vivre une nouvelle semaine thématique avec vos élèves, choisissez un autre thème et faites à nouveau l'activité.

Suggestions d'activités de lancement pour les différents thèmes.

Semaine de la nourriture

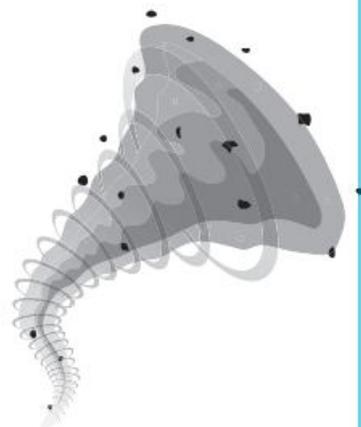
« Autopsie de la boîte à lunch » ou « Entrevue avec le cuisinier ». Vérifier les éléments suivants : suremballage, contenants à usage unique ou réutilisables, articles produits dans la région et méthodes de production de la nourriture respectueuses de l'environnement.

Semaine des déchets

« Autopsie de la poubelle de classe ». Analyser le contenu de la poubelle : recyclage, réutilisation, compostage; ou « Un sac pas comme les autres » : décorer un sac de tissu dans lequel vous transporterez vos achats.

Semaine de l'énergie

« La chasse aux fuites ». Faire le tour de son appartement ou de sa maison pour trouver les endroits où l'air froid peut s'infiltrer en hiver, par exemple autour des fenêtres, des portes et des plinthes. Faire une liste des endroits où il y a des fuites et la remettre à ses parents. Ils pourront alors faire du calfeutrage et installer des coupe-bises.

LE SECRET DE GILGAMESH - 2^e cycle du primaire (3^e et 4^e années)**Conclusion**

Nous espérons que vous et vos élèves avez apprécié vivre l'activité « Le secret de Gilgamesh » et que nous avons contribué à faire cheminer les jeunes vers des valeurs de respect de soi, de l'autre et de l'environnement.

Pour poursuivre l'exploration du thème, vous pouvez consulter l'Annexe 8 : Ressources et activités complémentaires. Si vous êtes à la recherche de plus de renseignements, n'hésitez pas à communiquer par Internet avec notre centre de documentation à info.biosphere@ec.gc.ca

Lorsque vous aurez complété l'activité, veuillez nous retourner le **questionnaire d'évaluation** qui vous a été remis lors de votre visite à la Biosphère. Nous souhaitons avoir le plaisir de vous accueillir à nouveau.

Merci!

L'équipe de la Biosphère et ... Enkidou!

Enkidou et Gilgamesh

Fiche 1

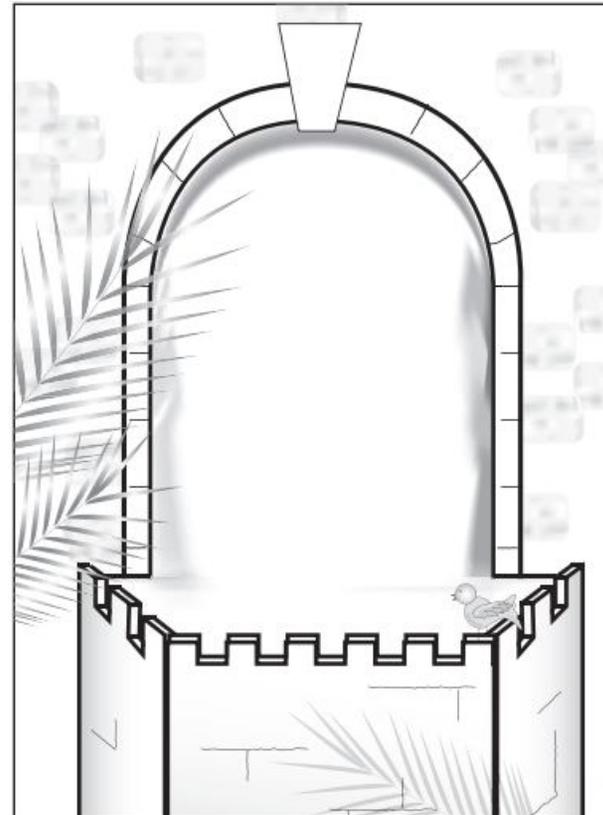
Mon NOM: _____

💧 Complète le texte suivant en utilisant les mots de l'encadré.

magiques - Enkidou - humeur - Ourouk - mauvais - beau -
secret - temps - Gilgamesh - chance.

Bonjour, je suis _____ et j'habite _____ .
Je suis l'ami du roi _____. Gilgamesh a des
pouvoirs _____. Il contrôle le _____
qu'il fait. Quand il est de bonne humeur, il fait _____ .
Et quand il est de mauvaise _____ , il y a des
tempêtes! Nous avons besoin d'aide: le temps est de plus en
plus _____. Moi, je connais le _____
de Gilgamesh et je peux le dévoiler à ceux qui veulent nous aider.
Mais, avant tout, tu dois découvrir 7 Savoirs!
Bonne _____ !

💧 Comment imagines-tu Gilgamesh?
Dessine-le sur son balcon.



L'observation du temps

Fiche 2

Mon NOM: _____

💧 Chaque jour, prends quelques minutes pour étudier les conditions météorologiques à l'extérieur.

💧 Que vois-tu? Que ressens-tu?

💧 Note tes découvertes sous forme de dessins dans le calendrier ci-dessous.

Savais-tu que...
comme les conditions météorologiques changent souvent, on dit qu'elles sont variables.



Picrogramme	Légende
	ensoleillé
	ciel variable
	nuageux
	pluie
	neige
	orage
	venteux

Jour: _____	Jour: _____	Jour: _____	Jour: _____	Jour: _____
Date: _____	Date: _____	Date: _____	Date: _____	Date: _____
 _____ °C	_____ °C	_____ °C	_____ °C	_____ °C

💧 Les conditions météorologiques sont-elles les mêmes chaque jour? _____

L'air et les saisons

Fiche 3

Mon NOM: _____

Première activité: l'air

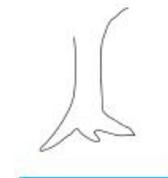
L'air est un mélange de différentes choses. Respire profondément. Que respires-tu?

 Encerle les bonnes réponses parmi les éléments ci-dessous:

Deuxième activité: les saisons

À quoi ressemble un érable à différentes saisons?

 Dessine un érable à chaque saison, puis écris le nom de la saison sous chacun d'eux.



Savais-tu que...
les saisons existent parce que la Terre tourne autour du Soleil?

Attention GES!

Fiche 4

Mon NOM: _____

- 💧 Sur chaque billet, inscris le thème de la semaine dans la case appropriée et fais un dessin qui le représente.
- 💧 Colorie les billets *Bravo!* en vert et les billets *Attention!* en rouge, et découpe-les.
- 💧 Observe les membres de ta famille cette semaine. S'ils font des gestes qui réduisent les émissions de GES, remets-leur un billet *Bravo!* et s'ils peuvent faire mieux, donne-leur un billet *Attention!*

Thème: _____



Bravo!
Je contribue à
diminuer les GES
(gaz à effet de serre).



Thème: _____



Bravo!
Je contribue à
diminuer les GES
(gaz à effet de serre).



Thème: _____



Attention!
Je peux faire plus pour
diminuer les GES
(gaz à effet de serre).



Thème: _____



Attention!
Je peux faire plus pour
diminuer les GES
(gaz à effet de serre).



Conte de Gilgamesh



Annexe 1

Il était une fois un roi nommé Gilgamesh. Il vivait dans un immense palais dans la ville d'Ourouk. Cette ville était entourée d'un énorme mur construit par Gilgamesh avec des cèdres qu'il avait lui-même coupés. Ces murs étaient tellement hauts qu'ils dominaient les maisons et les commerces d'Ourouk et projetaient de grandes ombres sur les rues pavées. Ils servaient à protéger les gens contre les bêtes qui, disait-on, rôdaient dans les forêts environnantes.

Les habitants d'Ourouk vivaient simplement et s'aventuraient rarement à l'extérieur des murs protecteurs de la ville. Ils passaient plutôt leurs journées dans les ateliers, au marché ou dans les champs, également situés à l'intérieur des murs. La vie eût été agréable, si ce n'avait été d'une chose. Voyez-vous, le roi Gilgamesh n'était ni bon, ni sympathique; il était réputé pour son horrible caractère et ses sautes d'humeur fréquentes. Il lui arrivait souvent de parcourir son royaume à pied, et quiconque était assez malchanceux pour croiser sa route risquait d'être puni ou même jeté en prison pour la plus futile des raisons. Les gens n'aimaient pas que leur roi soit aussi rude, mais ils n'osaient pas lui tenir tête parce qu'ils en avaient peur. C'est que Gilgamesh, en plus d'être roi, avait des pouvoirs magiques. Il pouvait commander les forces naturelles.

Tous les matins, Gilgamesh apparaissait au balcon de son palais, dont la hauteur lui permettait de voir la ville entière et au-delà. Pendant quelques minutes, il observait les environs vers l'est, vers l'ouest et on aurait dit chaque personne circulant dans les rues d'Ourouk. Si tout était comme il le voulait, il acquiesçait et souriait avant de retourner à l'intérieur. Le temps était alors clair et ensoleillé toute la journée. Mais si Gilgamesh n'aimait pas ce qu'il voyait, son visage devenait rouge de colère et se renfrognait. Il se retournait alors rapidement et entrait dans le palais, en fermant bien les portes du balcon derrière lui, et avec raison. En effet, presque chaque fois que Gilgamesh avait un de ces accès de rage, ce qui semblait assez fréquent, le temps empirait et bientôt la pluie, la neige ou même pire s'abattait sur Ourouk. Et pour comble de malheur, Gilgamesh était imprévisible. Personne ne savait pourquoi il se fâchait certains jours et d'autres pas, mais en fin de compte, tous ses sujets subissaient les conséquences de sa mauvaise humeur.

À l'époque même où le peuple d'Ourouk se mit à penser que cela ne pouvait plus continuer, il se passa quelque chose d'extraordinaire: un étranger vint habiter dans la ville. Ce nouveau venu, nommé Enkidou, ne savait rien du caractère du roi Gilgamesh, et cela donna lieu à un événement très particulier.

Un jour, peu après l'arrivée de Enkidou dans la ville, Gilgamesh effectuait une de ses patrouilles habituelles. Il était d'une humeur particulièrement exécrable, alors il n'était pas surprenant qu'il pleuve abondamment. Un homme avait des ennuis avec sa charrette. Les roues de sa charrette s'étaient enlisées dans la vase et il bloquait le passage de Gilgamesh. Alors que la plupart des gens auraient offert leur aide à ce pauvre homme, Gilgamesh, fidèle à sa nature, trouva la situation tout à fait inacceptable. Il se mit à crier et à hurler contre le malheureux. Enkidou, qui passait par là, fut témoin de la scène. Ne pouvant croire que quelqu'un pût être aussi intraitable et antipathique, il accourut pour prendre la défense de l'homme et l'aider. Des passants s'arrêtèrent sur les lieux

Conte de Gilgamesh

Annexe 1 (suite)

et observèrent la scène. Jamais personne n'avait défié le roi. Choqué et enragé parce que Enkidou osait le confronter, Gilgamesh dégaina son épée et Enkidou fit de même. S'engagea alors au milieu de la rue un combat qui dura longtemps sans pour autant qu'il n'y ait de vainqueur. Fatigué, mais impressionné, Gilgamesh dut reconnaître le courage de son adversaire. Il se passa alors quelque chose d'étrange. Gilgamesh oublia complètement l'homme à la charrette et invita Enkidou à manger à son palais.

À partir de ce jour, Enkidou fut le héros de la ville. Le roi Gilgamesh ne terrorisait plus son peuple lors de ses patrouilles. Cependant, il continuait d'user de ses pouvoirs sur le temps. On aurait même dit qu'il était encore plus imprévisible qu'auparavant, et les vagues de chaleur, les orages, les tornades et les sécheresses étaient de plus en plus fréquents. Ne sachant plus que faire, un groupe de gens de la ville rendit visite à Enkidou.

« Cher Enkidou, nous te remercions pour tout ce que tu as fait pour nous. Tu nous as protégés de la colère de notre roi lors de ses patrouilles et nous t'en serons éternellement reconnaissants. Toutefois, sa mauvaise humeur se fait de plus en plus fréquente et ainsi en est-il du mauvais temps qu'elle entraîne. Les tempêtes de vent détruisent nos maisons, et nous craignons que la sécheresse nous empêche de cultiver assez de nourriture pour survivre pendant l'hiver. Si nous demandons à Gilgamesh de cesser ses agissements, nous redoutons qu'il use de ses pouvoirs magiques pour déclencher des tempêtes encore pires afin de nous punir. Puisque tu lui as déjà prouvé que tu étais courageux et que tu ne le craignais pas, pourrais-tu lui parler? »

« Ah! c'est donc ce que vous croyez!, dit Enkidou. Vous pensez que Gilgamesh se sert de ses pouvoirs magiques pour déchaîner les éléments quand il est de mauvaise humeur. Je ne crains pas Gilgamesh parce que j'ai le « Savoir » me permettant de pénétrer son secret. Aimerez-vous connaître son secret? »

PAUSE

Aimeriez-vous connaître son secret?

PAUSE

Enkidou vous aidera à acquérir le « Savoir » permettant de pénétrer le secret des pouvoirs magiques du roi Gilgamesh. Bonne chance à vous toutes et à vous tous.

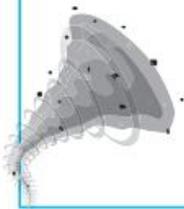
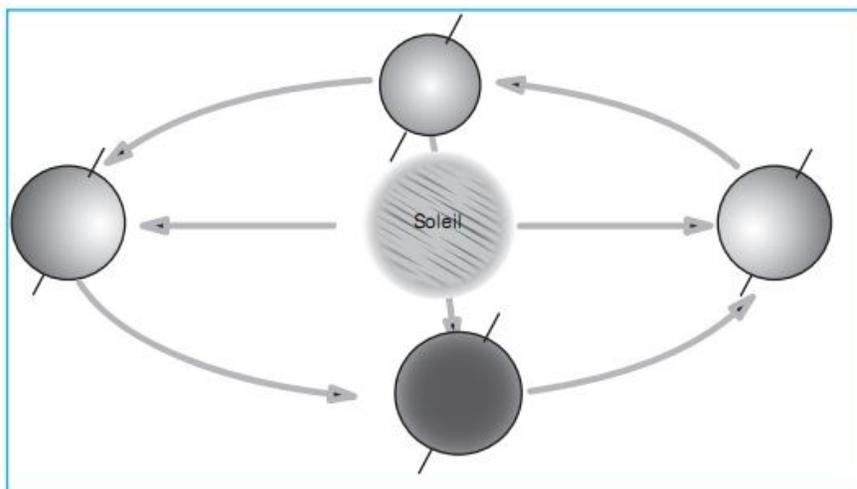


Les saisons

Annexe 2

En un an, la Terre parcourt une orbite autour du Soleil tout en tournant sur elle-même. Les saisons se suivent parce que chaque hémisphère est penché tantôt du côté du Soleil, tantôt du côté opposé.

Les régions tempérées ont quatre saisons : le printemps, l'été, l'automne et l'hiver. Situées à proximité de l'équateur, les zones tropicales sont chaudes en permanence et elles ont en général une saison humide et une saison sèche.



Liste des savoirs

Annexe 3

Le secret de Gilgamesh est la possession de sept Savoirs qui lui permettent de prévoir le temps. Trois seront vus en classe et quatre à la Biosphère.

Le Savoir 1 est l'observation du temps.

Le Savoir 2 porte sur l'air.

Le Savoir 3 est consacré aux saisons.

Le Savoir 4 explore le cycle de l'eau.

Le Savoir 5 concerne les instruments météorologiques.

Le Savoir 6 jette un regard sur les événements météorologiques extrêmes.

Le Savoir 7 s'applique aux changements climatiques.

À la fin de l'activité, les Savoirs seront regroupés en trois compétences :

- il a développé une grande habileté à observer le temps (Savoir 1) ;
- il utilise des instruments météorologiques (Savoir 5) ;
- il a acquis des connaissances sur la météorologie (Savoirs 2, 3, 4, 6 et 7)





Glossaire



Annexe 4

Changements climatiques: Les activités humaines modifient la composition chimique de l'atmosphère en favorisant l'accumulation de gaz à effet de serre qui retiennent la chaleur et la renvoient vers la surface terrestre. En conséquence, le climat change en élevant la température de la planète et les phénomènes météorologiques violents deviennent alors plus fréquents.

Climat: Moyenne à long terme des conditions météorologiques caractéristiques d'une zone, d'une région, d'une province ou d'un pays. Le climat est représenté par un ensemble de statistiques rassemblées pendant une certaine période, souvent de 30 ans.

Effet de serre: (voir l'annexe 5).

Humidité: Une mesure de la quantité de vapeur d'eau dans l'air.

Météorologie: Science de l'atmosphère et des changements qui y surviennent.

Nuage: Amas visible de minuscules particules de poussière, de gouttelettes d'eau ou de particules de glace qui survolent la surface terrestre (voir l'annexe 6 pour les dessins).

Ouragan: Dans l'océan Atlantique et dans l'est du Pacifique, on appelle ouragans les tempêtes tropicales intenses dont les vents ont une vitesse d'au moins 120 km à l'heure. Quand ces tempêtes sévissent ailleurs, on leur donne le nom de typhons ou de cyclones. Indépendamment de leur nom, ces tempêtes tropicales peuvent s'étendre sur des milliers de kilomètres carrés et durer plusieurs jours.

Temps: Le temps est l'état de l'atmosphère à un moment et à un endroit donnés utilisant la température, la pression atmosphérique, l'humidité, le vent, la nébulosité et les précipitations comme critères descriptifs. Le terme « temps » sert surtout à désigner des conditions météorologiques à court terme.

Tornado: Colonne d'air qui tourne violemment sur elle-même et le plus souvent suspendue à la base des nuages orageux. Les tornades ne sont pas fréquentes mais en terme de violence, elles sont les plus destructrices.

Les définitions sont tirées et adaptées des deux glossaires suivants :

http://www.ec.gc.ca/glossary_f.html et http://www.weatheroffice.pyr.ec.gc.ca/skywatchers/swGlossary_f.html

L'effet de serre

Annexe 5



« Quels sont les gaz à effet de serre ? »

La vapeur d'eau est le gaz à effet de serre le plus répandu. Cependant, trois autres gaz sont particulièrement importants pour les changements climatiques, car ils sont étroitement liés à l'activité humaine.



Dioxyde de carbone

Le dioxyde de carbone (CO_2) est relâché dans l'atmosphère par des processus naturels de la vie végétale et animale ainsi que par l'activité humaine, notamment le brûlage des combustibles fossiles et d'autres matériaux. Il est le principal responsable des changements climatiques. La photosynthèse, c'est-à-dire le processus par lequel les plantes absorbent le dioxyde de carbone, élimine celui-ci de l'atmosphère.



Méthane

Le méthane (CH_4) n'est pas aussi abondant que le dioxyde de carbone, mais c'est un gaz à effet de serre puissant qui retient plus efficacement la chaleur. Il est produit lorsque de la végétation est brûlée, digérée ou pourrie dans un environnement sans oxygène. Les marécages, les rizières, les processus digestifs des animaux et les déchets en pourriture constituent les plus importantes sources de méthane dans notre atmosphère.



Oxyde nitreux

L'oxyde nitreux (N_2O) est un élément naturel qui fait partie de l'environnement, mais dont les quantités augmentent en raison de l'activité humaine. L'oxyde nitreux est relâché lorsque des engrais chimiques et du fumier sont utilisés en agriculture.



L'effet de serre

Les gaz de notre atmosphère, la vapeur d'eau (H_2O), le dioxyde de carbone (CO_2), le méthane (CH_4) et l'oxyde nitreux (N_2O), agissent comme une serre pour conserver la chaleur du Soleil près de la surface terrestre. Ce phénomène contribue à rendre notre planète habitable. Sans cette isolation naturelle, la surface de la Terre serait beaucoup plus froide qu'aujourd'hui. En fait, la température moyenne sur la Terre serait de -18°C au lieu de 15°C , donc trop froide pour permettre la diversité de vie qui existe actuellement.

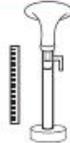
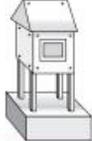
L'augmentation de l'effet de serre

Depuis la révolution industrielle, les pays développés ont produit des quantités croissantes de gaz à effet de serre en brûlant des combustibles fossiles tels que le charbon, le pétrole et le gaz naturel pour propulser nos véhicules, faire fonctionner nos industries ainsi que chauffer et climatiser nos maisons. D'autres activités humaines telles que le défrichement des terres pour l'agriculture et le développement urbain ainsi que la mise en décharge des ordures tout comme les autres méthodes d'évacuation des déchets contribuent aussi aux concentrations de gaz à effet de serre dans notre atmosphère.

Source : Fiche du Projet Agent X, Environnement Canada, numéro de catalogue M27-01-1697F

Les nuages et les instruments météorologiques

Annexe 6

	<p>Cirrus Ce sont des nuages retrouvés très haut dans le ciel. Ils peuvent souvent être observés dans un ciel bleu. Parfois, ils peuvent annoncer l'arrivée de précipitations au cours des prochains jours.</p>	Nivomètre		Il mesure la quantité de neige tombée dans un endroit donné pendant une période donnée.
	<p>Stratus Généralement observés assez bas dans le ciel, ces nuages sont souvent responsables des journées « grises » et ils peuvent apporter des averses ou une pluie fine.</p>	Pluviomètre		Il mesure la quantité de pluie qui est tombée dans un endroit donné, pendant une période donnée.
	<p>Cumulus Ce sont généralement des nuages situés bas dans le ciel, ils accompagnent souvent le beau temps. Par contre, l'été quand il fait chaud et humide, ces nuages peuvent se transformer dans l'espace de quelques heures en cumulonimbus.</p>	Héliographe		Il mesure les heures d'ensoleillement dans une journée.
	<p>Cumulonimbus Ces nuages annoncent les orages.</p>	Anémomètre		Il mesure la vitesse du vent.
		Baromètre		Il mesure le poids de l'air appelée la pression atmosphérique.
		Filtre à air		Il renseigne sur la qualité de l'air ainsi que sur la pollution contenue dans l'air.

Actions climat¹

Annexe 7

Énergie

- Éteignez les lumières, les ordinateurs et les téléviseurs quand vous quittez une pièce.
- Ne laissez pas les portes ouvertes quand il fait froid. Gardez la chaleur à l'intérieur!
- Faites participer votre école. Demandez à votre enseignant comment votre école pourrait réduire sa consommation d'énergie.
- Baissez le thermostat à la maison et si la température est un peu fraîche, enfilez un chandail.
- Prenez des douches plus courtes, avec de l'eau un peu moins chaude. Il faut beaucoup d'énergie pour chauffer l'eau.
- Soyez à l'affût de toute perte d'énergie dans votre maison; calfeutrez les fenêtres ou les portes pour éviter les fuites d'air.
- Utilisez la machine à laver et le lave-vaisselle seulement quand ils sont pleins.

Déchets

- Placez les bouteilles et les canettes de boisson gazeuse dans les bacs de recyclage à la maison et à l'école. Le recyclage permet d'économiser l'énergie.
- Mettez en pratique les 3R : réduire, réutiliser, recycler!
- Apprenez comment préparer du compost avec les déchets organiques. Une réduction des déchets au dépotoir se traduit par une réduction de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.
- Faites durer vos vêtements le plus longtemps possible.

Transport

- Prenez l'autobus ou votre vélo ou encore, allez à l'école ou chez vos amis à pied quand c'est possible.
- Encouragez les personnes de votre entourage à marcher davantage, à utiliser la bicyclette et le transport en commun, à faire du covoiturage et à ne pas laisser le moteur de leur voiture tourner au ralenti.

Nourriture

- N'achetez pas de produits suremballés. Il faut beaucoup d'énergie pour fabriquer ces emballages qui sont jetés aux poubelles par la suite.
- Utilisez le moins d'engrais chimique possible.

N'oubliez pas : « Moins nous consommons d'énergie, moins nous émettons de gaz à effet de serre! »

¹ Idées adaptées du site Internet : http://www.climatechangenorth.ca/section-BGF/BG_I_03_S_F.html



Ressources et activités complémentaires

Annexe 8

A) Activités d'enrichissement

1. Faire une sortie de classe pour découvrir le milieu naturel.
2. Expérimenter le programme Météo à l'oeil offert à l'adresse Internet suivante:
http://www.weatheroffice.pyr.ec.gc.ca/skywatchers/quebec/default_f.html
 - Familiarisez vos élèves à la météorologie avec du matériel d'enseignement, des explications, des expériences et des activités. Vous avez accès au Guide des météophiles et vous pourrez vous procurer la trousse complète d'instruments et de documents imprimés! Ce programme peut occasionner des frais.
3. Vivre le programme Le Projet Agent X de la Biosphère suggéré à l'adresse Internet suivante: <http://biosphere.ec.gc.ca>
 Information aussi disponible au (514) 496-8282.
 - Participez à différentes missions environnementales et trouvez des solutions visant à réduire vos émissions de gaz à effet de serre. Formation et encadrement scientifique fournis. Ce projet est contingenté. Le matériel est gratuit si les enseignants s'engagent à fournir les résultats de leurs recherches au ministère de l'Environnement du Canada.

B) Ressources pour l'enseignant

Sites Web

Sujet	Contenu	Adresse
Les changements climatiques	Le gouvernement du Canada vous offre une mine de renseignements sur les changements climatiques et certaines des pages de son site Internet sont consacrées aux enseignants.	http://www.changementsclimatiques.gc.ca/francais/
Les changements climatiques	La Centrale des syndicats du Québec présente À l'école des changements climatiques, un site Internet qui propose des activités pédagogiques.	http://www.csq.qc.net/eav/inventaire/accueil.htm
L'environnement	La Biosphère propose des renseignements sur ses expositions, ses activités et une liste de sites Internet traitant des sciences et de l'environnement pour les jeunes qui s'y intéressent.	http://biosphere.ec.gc.ca



Ressources et activités complémentaires

Annexe 8 (suite)

Livres

Titre	Contenu	Auteur / Maison d'édition / Année d'édition
<i>La météo</i>	<i>La météo</i> vous fait découvrir les grands phénomènes météorologiques qui influencent les climats et les écosystèmes de la Terre..	Collectif, Québec Amérique, 2001
<i>Météorologie guide visuel</i>	Abondamment illustré, cet ouvrage explique la météorologie en abordant des sujets passionnants tels que les mécanismes du temps, les tempêtes, les changements climatiques, etc.	Bruce Buckley, Edward J. Hopkins et Richard Whitaker, Sélection du Reader's Digest, 2004

C) Ressources pour élèves

Sites Web

Sujet	Contenu	Adresse
Défi d'une tonne	Les enfants peuvent aussi lutter contre les changements climatiques en envoyant les cartes postales proposées par le site Internet du <i>Défi d'une tonne</i> .	http://www.climatechange.gc.ca/onetonne/francais/tellAFriend.asp
Défi d'une tonne	L'Office de l'efficacité énergétique du Canada propose des jeux et des chasses aux indices pour s'engager dans les activités du Défi d'une tonne.	http://oee.nrcan.gc.ca/clubducalendrier/uneTonne/uneTonne.cfm

Ressources et activités complémentaires

Annexe 8 (suite)

Livres

Titre	Contenu	Auteur / Maison d'édition / Année d'édition
<i>Le temps, climats et météo</i>	Des réponses aux questions les plus courantes à l'aide d'illustrations, de textes clairs et de renseignements accessibles.	Scott Forbes, Larousse, 2002
<i>La météo</i>	La collection Coups d'œil vous propose dix sujets clés sur la météorologie. Une façon simple d'aborder cette science.	John Farndon, Gründ, 2005
<i>Les climats, pourquoi changent-ils ?</i>	Des expériences étonnantes à faire chez soi avec du matériel très simple pour comprendre les phénomènes climatiques.	Pascal Desjours, Albin Michel Jeunesse, 2004

Films

Sujet	Contenu	Adresse
L'Arctique	Îlot est un court métrage d'animation. Au beau milieu de l'Arctique, des baleines tombent du ciel et des poissons se transforment en ballons. Un conte qui rend hommage au Grand Nord et qui lance un appel à la vigilance... Réalisé par Nicolas Brault et diffusé par l'ONF, 2003. Durée: 7 min.	http://www.onf.ca/

Biosphère

160, chemin Tour-de-l'Isle

Île Sainte-Hélène, Montréal (Québec) H3C 4G8

Tél.: 514-283-5000

Télec.: 514-283-5021

Courriel: info.biosphere@ec.gc.ca

ANNEXE 3
Le secret de Gilgamesh – Fiche descriptive

Le secret de Gilgamesh



Fiche descriptive

Activité « Environnement et science »

Clientèle : 2^e cycle du primaire (3^e et 4^e années)

Durée de la visite : 90 minutes

Ratio : 30 élèves par animateur

Contexte

La Biosphère a pour mandat de sensibiliser les jeunes aux grands enjeux environnementaux dont ceux liés à l'eau, aux écosystèmes, aux changements climatiques et au développement durable. Elle est située au cœur du magnifique parc Jean-Drapeau sur l'île Sainte-Hélène.

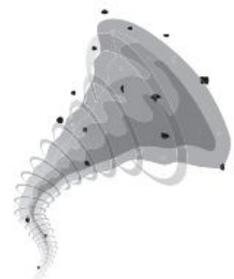
Inscrite dans une démarche d'éducation relative à l'environnement, l'activité « Le secret de Gilgamesh » contribue à faire cheminer l'élève vers des valeurs de respect de soi, de l'autre et de l'environnement. Un guide à l'intention de l'enseignant est disponible pour préparer les élèves à la visite et maximiser l'impact de celle-ci.

Résumé de l'activité

Le roi Gilgamesh semble contrôler le temps : sa bonne humeur fait présage de beau temps tandis que ses colères précèdent la pluie et les orages. Une suite d'événements météorologiques extrêmes amène son ami Enkidou à convaincre le roi de dévoiler son secret aux habitants d'Ourouk. C'est alors que les jeunes découvrent l'utilité des instruments météorologiques, les étapes du cycle de l'eau et certains phénomènes extrêmes. Un jeu d'association d'objets leur permet de trouver différentes actions qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre. Ils deviennent ainsi des gardiens du climat.

Objectif général de l'activité

- Devenir gardien du climat



Objectifs spécifiques de la Biosphère

1. Cognitifs

Au cours de l'activité, l'élève:

- S'initie aux rudiments de la météorologie.
- Comprend le principe de l'effet de serre.
- Fait le lien entre les activités humaines et l'augmentation des émissions de gaz à effet de serre (GES).

2. Sensitifs

Au cours de l'activité, l'élève:

- Expérimente les étapes du cycle de l'eau.
- Se familiarise avec des instruments de mesure météorologique.

3. Émotifs

Au cours de l'activité, l'élève:

- Développe une curiosité face à la météorologie.
- S'implique pour adopter des comportements qui réduisent les émissions de gaz à effet de serre.

Détails de la visite à la Biosphère

Cette activité comporte trois parties distinctes:

Le cycle de l'eau (*Savoir 4*) – 30 minutes

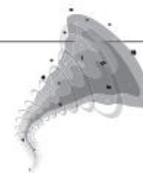
Dans l'*Aqualab*, l'activité débute avec une courte introduction à la météorologie et ses notions de base, incluant le rôle du soleil et de l'atmosphère. Par la suite, les élèves expérimentent les phénomènes liés au cycle de l'eau, notamment : l'évaporation, la condensation et la précipitation. Le nouveau savoir des élèves est mis à l'épreuve par l'intermédiaire d'un jeu sur l'identification des nuages et le temps qu'ils annoncent.

Instruments météorologiques et phénomènes extrêmes (*Savoirs 5 et 6*) – 30 minutes

En équipe, les élèves utilisent leurs connaissances et leur sens d'observation pour identifier des instruments météorologiques et leur utilité. Dans la deuxième partie de l'activité, les élèves sont initiés à la science derrière les phénomènes météorologiques plus rares ou extrêmes : les orages, la grêle, les tornades et les ouragans. L'activité se déroule dans la salle multimédia.

Les changements climatiques (*Savoir 7*) – 30 minutes

Après une courte présentation sur l'effet de serre et son impact sur les changements climatiques, les élèves explorent différentes actions qui contribuent à diminuer les émissions de gaz à effet de serre à l'aide d'un jeu d'association. Ce jeu les stimule à devenir des gardiens du climat. L'activité se termine avec du temps libre pour explorer l'exposition *Planète Bucky*.



Liens avec le Programme de formation de l'école québécoise

Domaines d'apprentissage		
Domaines	Compétences disciplinaires	Savoirs essentiels
Mathématique, de la science et de la technologie	<p><i>Science et technologie</i></p> <p>Compétence 1 : Proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique</p>	<p>La Terre et l'espace :</p> <p>Matière :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les propriétés et caractéristiques de la matière terrestre • La transformation de la matière <p>Énergie :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les sources d'énergie <p>Systèmes et interactions :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les systèmes météorologiques et les climats • Technologies de la Terre, de l'atmosphère et de l'Espace <p>Techniques et instrumentation :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Utilisation d'instruments de mesure simples <p>Langage approprié :</p> <ul style="list-style-type: none"> • Terminologie liée à la compréhension de la Terre et de l'Univers
Développement personnel	<p><i>Enseignement moral</i></p> <p>Compétence 1 : Comprendre des situations de la vie en vue de construire son référentiel moral</p>	<p>Repères culturels : associer des éléments du référentiel moral à des situations de vie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Une vision de l'humain que l'élève se donne par sa réflexion et son questionnement sur des situations de vie

Compétences transversales

Ordres	Compétences
D'ordre intellectuel	Compétence 2: Résoudre des problèmes

Domaines généraux de formation

Environnement et consommation

ANNEXE 4

Prétest

- 1 – Version de la chercheuse
- 2 – Version destinée aux élèves

Prétest – Version de la chercheuse**Concept 1 : observation du temps (au sens météorologique)**

1. À quoi servent les prévisions météorologiques ?
2. Connais-tu différentes formes de précipitations ?

Concept 2 : air

3. Pourquoi pourrait-on mourir, si on ne respirait pas ?
4. De quoi est composé l'air ?

Concept 3 : saisons

5. Peux-tu nommer les saisons qui existent au Québec ?
6. Quelle est la cause des saisons ?

Concept 4 : cycle de l'eau

7. De quoi sont faits les nuages ?
8. Où vont la pluie et la neige lorsqu'elles sont tombées ?

Concept 5 : instruments météorologiques

9. Connais-tu des instruments utiles pour la météo ? Nomme-les et indique leur fonction.

Concept 6 : événements météorologiques extrêmes

10. Connais-tu des phénomènes météorologiques extrêmes qui ont lieu au Québec ou ailleurs dans le monde ? Nomme-les et explique-les.

Concept 7 : changements climatiques

11. Qu'est-ce qui cause le réchauffement de la Terre ?

Prétest – Version destinée aux élèves

Nom : _____

1. À quoi servent les prévisions météorologiques ?

2. Connais-tu différentes formes de précipitations ?

3. Pourquoi pourrait-on mourir, si on ne respirait pas ?

4. De quoi est composé l'air ?

5. Peux-tu nommer les saisons qui existent au Québec ?

6. Quelle est la cause des saisons ?

7. De quoi sont faits les nuages ?

8. Où vont la pluie et la neige lorsqu'elles sont tombées ?

9. Connais-tu des instruments utiles pour la météo ? Nomme-les et indique leur fonction.

10. Connais-tu des phénomènes météorologiques extrêmes qui ont lieu au Québec ou ailleurs dans le monde ? Nomme-les et explique-les.

11. Qu'est-ce qui cause le réchauffement de la Terre ?

ANNEXE 5

Post-test

- 1 – Version de la chercheuse
- 2 – Version destinée aux élèves

Post-test – Version de la chercheuse**Concept 1 : observation du temps (au sens météorologique)**

1. Pourquoi fait-on des prévisions météorologiques ?
2. Connais-tu différentes formes de précipitations ?

Concept 2 : air

3. Pourquoi est-il important de respirer ?
4. Peux-tu nommer différents gaz que l'on retrouve dans l'air ?

Concept 3 : saisons

5. Peux-tu nommer les saisons qui existent au Québec ?
6. Quelle est la cause des saisons ?

Concept 4 : cycle de l'eau

7. D'où viennent les nuages ?
8. Peux-tu nommer et expliquer les étapes du cycle de l'eau ?

Concept 5 : instruments météorologiques

9. Connais-tu des instruments utiles pour la météo ? Nomme-les et indique leur fonction.

Concept 6 : événements météorologiques extrêmes

10. Connais-tu des phénomènes météorologiques extrêmes qui ont lieu au Québec ou ailleurs dans le monde ? Nomme-les et explique-les.

Concept 7 : changements climatiques

11. Qu'est-ce que l'effet de serre ?
12. Peux-tu nommer les gaz que l'on associe à l'effet de serre ?

Post-test – Version destinée aux élèves

Nom : _____

1. Pourquoi fait-on des prévisions météorologiques ?

2. Connais-tu différentes formes de précipitations ?

3. Pourquoi est-il important de respirer ?

4. Peux-tu nommer différents gaz que l'on retrouve dans l'air ?

5. Peux-tu nommer les saisons qui existent au Québec ?

6. Quelle est la cause des saisons ?

7. D'où viennent les nuages ?

8. Peux-tu nommer et expliquer les étapes du cycle de l'eau ?

9. Connais-tu des instruments utiles pour la météo ? Nomme-les et indique leur fonction.

10. Connais-tu des phénomènes météorologiques extrêmes qui ont lieu au Québec ou ailleurs dans le monde ? Nomme-les et explique-les.

11. Qu'est-ce que l'effet de serre ?

12. Peux-tu nommer les gaz que l'on associe à l'effet de serre ?

ANNEXE 6
Questionnaire de l'entrevue avant
la séquence didactique

Entrevue avec les élèves avant l'expérimentation

Durée envisagée : 10 minutes

1. Aimes-tu l'école ?
2. Quelle est ta matière préférée ?

Concept 1 : observation du temps (au sens météorologique)

3. Quel temps fait-il aujourd'hui ?

Concept 2 : air

4. Que contient ce que tu respires ?

Concept 3 : saisons

5. Quels changements observes-tu dans un érable d'une saison à une autre ?

Concept 4 : cycle de l'eau

6. Connais-tu le cycle de l'eau ? Peux-tu me l'expliquer ?

Concept 5 : instruments météorologiques

7. Connais-tu ces instruments ? Nomme-les et indique leur fonction (voir annexe A).

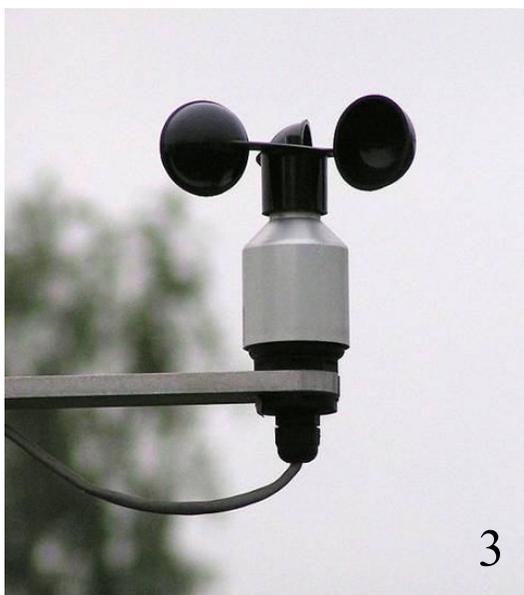
Concept 6 : événements météorologiques extrêmes

8. Voici différents phénomènes liés à la météo. Nomme-les et indique quand ils peuvent se produire (voir annexe B).

Concept 7 : changements climatiques

9. Que sais-tu à propos de l'effet de serre ?

Annexe A





5



6

Annexe B





Sources des images – Annexe A

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Anémomètre>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Baromètre>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Girouette>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Héliographe>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Nivomètre>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Pluviomètre>

Sources des images – Annexe B

<http://en.wikipedia.org/wiki/Flood>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Foudre>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Grêle>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Nuage>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Ouragan>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Pluie>

<http://fr.wikipedia.org/wiki/Tornade>

ANNEXE 7
Questionnaire de l'entrevue après
la séquence didactique

Entrevue avec les élèves après l'expérimentation

Durée envisagée : 10 minutes

1. As-tu aimé ta visite à la Biosphère ? Pourquoi ?
2. Qu'est-ce que tu y as appris ?

Concept 1 : observation du temps (au sens météorologique)

3. Quel temps fait-il aujourd'hui ? Explique.

Concept 2 : air

4. Que contient ce que tu respirez ?

Concept 3 : saisons

5. Quels changements observes-tu dans un érable d'une saison à une autre ?

Concept 4 : cycle de l'eau

6. Nomme et explique les étapes du cycle de l'eau.
7. Est-ce que les nuages sont tous identiques ? Explique.

Concept 5 : instruments météorologiques

8. Est-ce que la visite à la Biosphère t'a permis de connaître de nouveaux instruments utiles pour la météo ? Lesquels ?

Concept 6 : événements météorologiques extrêmes

9. Est-ce que la visite à la Biosphère t'a permis de connaître de nouveaux phénomènes météorologiques extrêmes ? Lesquels ?

Concept 7 : changements climatiques

10. D'où proviennent les gaz à effet de serre ?
11. Quelles sont les conséquences des gaz à effet de serre ?
12. Que pouvons-nous faire pour éviter l'augmentation des gaz à effet de serre ?

ANNEXE 8
Formulaire de consentement
pour le responsable éducatif

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

Directeur de recherche : Dr Marcel Thouin, professeur titulaire, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal.

A) RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

1. Objectif de la recherche

L'objectif de cette étude est de déterminer l'impact des services d'animation pédagogique dans un musée scientifique sur l'évolution de certaines conceptions scientifiques d'élèves du primaire.

2. Participation à la recherche

Votre participation à cette recherche consiste à présenter à la chercheuse les différentes activités éducatives que le musée scientifique pour lequel vous travaillez offre. Cette activité nécessitera une période de 30 à 45 minutes environ. La chercheuse notera ses observations personnelles.

De plus, vous accueillerez au musée la chercheuse, accompagnée d'un enseignant et de son groupe d'élèves pour une visite éducative. Il y aura un enregistrement vidéo de la visite muséale afin que la chercheuse puisse visionner à nouveau le comportement des élèves lors de la séquence d'enseignement.

Par ailleurs, vous rencontrerez la chercheuse pour une entrevue de 30 minutes environ. Elle portera sur votre expérience personnelle en tant que responsable éducatif au sein du musée, sur la création des activités éducatives et sur votre perception des visites offertes aux groupes scolaires. Il y aura un enregistrement audio de chaque entrevue afin que la chercheuse puisse s'assurer de bien comprendre vos propos. L'entrevue sera ensuite transcrite.

3. Confidentialité

La chercheuse s'assurera que les renseignements divulgués par les participants demeureront confidentiels. Les entrevues seront transcrites et les enregistrements seront effacés. Chaque participant à la recherche se verra attribuer un numéro et seule la chercheuse principale aura la liste des participants et des numéros qui leur auront été attribués. De plus, les renseignements seront conservés dans un classeur sous clé situé dans un bureau fermé. Aucune information permettant d'identifier les participants d'une façon ou d'une autre ne sera publiée. Ces

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

3. Confidentialité (suite)

renseignements personnels seront détruits sept ans après la fin du projet. Seules les données ne permettant pas d'identifier les participants seront conservées après cette date, le temps nécessaire à leur utilisation.

4. Avantages et inconvénients

En participant à cette recherche, vous ne courez pas de risques particuliers et vous pourrez contribuer à l'avancement des connaissances sur l'évolution des conceptions scientifiques des élèves du primaire dans un contexte muséal.

5. Droit de retrait

Votre participation est entièrement volontaire. Vous êtes libre de vous retirer en tout temps sur simple avis verbal, sans préjudice et sans devoir justifier votre décision. Si vous décidez de vous retirer de la recherche, vous pouvez communiquer avec la chercheuse, au numéro de téléphone indiqué ci-dessous. Si vous vous retirez de la recherche, les renseignements qui auront été recueillis au moment de votre retrait seront détruits.

6. Indemnité s'il y lieu

Aucune compensation financière ne sera versée pour votre participation à la présente recherche.

7. Diffusion des résultats

Un résumé des conclusions générales de la recherche vous sera transmis au cours de l'année prochaine, lorsque les analyses seront effectuées.

B) CONSENTEMENT

Section pour le responsable éducatif

Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus, avoir obtenu les réponses à mes questions sur ma participation à la recherche et comprendre le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de cette recherche.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens à participer à cette recherche. Je sais que je peux me retirer en tout temps, sur simple avis verbal, sans aucun préjudice et sans devoir justifier ma décision.

Signature : _____ Date : _____
 Nom : _____ Prénom : _____

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

B) CONSENTEMENT

Section pour le responsable éducatif (suite)

Je consens à ce que les données anonymisées recueillies dans le cadre de cette étude soient utilisées pour des projets de recherche subséquents de même nature, conditionnement à leur approbation éthique et dans le respect des mêmes principes de confidentialité et de protection des informations.

Oui

Non

Signature : _____ Date : _____

Nom : _____ Prénom : _____

Section pour la chercheuse

Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées.

Signature de la chercheuse : _____ Date : _____

Nom : _____ Prénom : _____

Pour toute question relative à la recherche ou pour vous retirer du projet, vous pouvez communiquer avec Caroline Lanoue (chercheuse).

Toute plainte relative à votre participation à cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal.

ANNEXE 9
Formulaire de consentement
pour l'enseignante

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

Directeur de recherche : Dr Marcel Thouin, professeur titulaire, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal.

A) RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

1. Objectif de la recherche

L'objectif de cette étude est de déterminer l'impact des services d'animation pédagogique dans un musée scientifique sur l'évolution de certaines conceptions scientifiques d'élèves du primaire.

2. Participation à la recherche

Votre participation à cette recherche consiste à demander aux élèves de votre classe de remplir deux questionnaires sur leurs connaissances scientifiques (un avant l'expérimentation et un autre après l'expérimentation). Cette activité nécessite à chaque fois une période de 30 minutes environ. La chercheuse analysera les questionnaires.

De plus, avec le soutien de la chercheuse, vous participerez à une séquence d'enseignement d'une durée approximative de 5 heures. Pour ce faire, il y aura trois volets. Une première activité vise à préparer vos élèves à un nouveau contenu scientifique (mise en situation). Ensuite, vos élèves seront confrontés à la résolution d'un problème scientifique dans un musée scientifique. Enfin, il y aura une activité d'intégration afin de permettre la synthèse des connaissances apprises. Toutes ces activités se dérouleront pendant les heures régulières de cours. Il y aura un enregistrement vidéo des trois volets de la séquence d'enseignement, afin que la chercheuse puisse visionner à nouveau le comportement des élèves lors de la séquence d'enseignement. La chercheuse notera ses observations personnelles.

Par ailleurs, vous rencontrerez la chercheuse pour 2 entrevues de 30 minutes environ (une avant et une après l'expérimentation) au moment que vous jugez opportun. La première entrevue portera sur votre expérience personnelle d'enseignement des sciences et de la technologie, sur votre intérêt et votre perception des sciences. La seconde entrevue vise à vérifier si vous constatez des changements concernant l'évolution des conceptions de vos élèves en ce qui concerne les sciences et la technologie. Il y a aura un enregistrement audio de chaque entrevue afin que la chercheuse puisse s'assurer de bien comprendre vos propos. L'entrevue sera ensuite transcrite.

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

3. Confidentialité

La chercheuse s'assurera que les renseignements divulgués par les participants demeureront confidentiels. Les entrevues seront transcrites et les enregistrements seront effacés. Chaque participant à la recherche se verra attribuer un numéro et seule la chercheuse principale aura la liste des participants et des numéros qui leur auront été attribués. De plus, les renseignements seront conservés dans un classeur sous clé situé dans un bureau fermé. Aucune information permettant d'identifier les participants d'une façon ou d'une autre ne sera publiée. Ces renseignements personnels seront détruits sept ans après la fin du projet. Seules les données ne permettant pas d'identifier les participants seront conservées après cette date, le temps nécessaire à leur utilisation.

4. Avantages et inconvénients

En participant à cette recherche, vous ne courez pas de risques particuliers et vous pourrez enrichir votre méthode d'enseignement dans le domaine des sciences et de la technologie, et ce, en visitant un musée scientifique. De plus, vous contribuerez à l'avancement des connaissances sur l'évolution des conceptions scientifiques des élèves du primaire dans différents contextes.

5. Droit de retrait

Votre participation est entièrement volontaire. Vous êtes libre de vous retirer en tout temps sur simple avis verbal, sans préjudice et sans devoir justifier votre décision. Si vous décidez de vous retirer de la recherche, vous pouvez communiquer avec la chercheuse, au numéro de téléphone indiqué ci-dessous. Si vous vous retirez de la recherche, les renseignements qui auront été recueillis au moment de votre retrait seront détruits.

6. Indemnité s'il y lieu

Aucune compensation financière ne sera versée pour votre participation à la présente recherche.

7. Diffusion des résultats

Un résumé des conclusions générales de la recherche vous sera transmis au cours de l'année prochaine, lorsque les analyses seront effectuées.

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

B) CONSENTEMENT

Section pour l'enseignant

Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus, avoir obtenu les réponses à mes questions sur ma participation à la recherche et comprendre le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de cette recherche.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens à participer à cette recherche. Je sais que je peux me retirer en tout temps, sur simple avis verbal, sans aucun préjudice et sans devoir justifier ma décision.

Signature : _____ Date : _____
 Nom : _____ Prénom : _____

Je consens à ce que les données anonymisées recueillies dans le cadre de cette étude soient utilisées pour des projets de recherche subséquents de même nature, conditionnement à leur approbation éthique et dans le respect des mêmes principes de confidentialité et de protection des informations.

	Oui	Non
	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Signature : _____ Date : _____
 Nom : _____ Prénom : _____

Section pour la chercheuse

Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude et avoir répondu au meilleur de ma connaissance aux questions posées.

Signature de la chercheuse : _____ Date : _____
 Nom : _____ Prénom : _____

Pour toute question relative à la recherche ou pour vous retirer du projet, vous pouvez communiquer avec Caroline Lanoue (chercheuse).

Toute plainte relative à votre participation à cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal.

ANNEXE 10
Formulaire de consentement
pour les élèves

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

Directeur de recherche : Marcel Thouin, professeur titulaire, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal.

A) RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

1. Objectif de la recherche

L'objectif de cette étude est de vérifier si la visite d'un musée scientifique favorise l'apprentissage de concepts scientifiques chez des élèves du primaire.

2. Participation à la recherche

Dans le cadre de cette recherche, votre enfant participera à une séquence d'enseignement d'une durée approximative de 5 heures. Pour ce faire, il y aura trois volets. Une première activité en classe vise à préparer votre enfant à un nouveau contenu scientifique (mise en situation). Ensuite, votre enfant sera confronté à la résolution d'un problème scientifique dans un musée scientifique. Enfin, il y aura une activité d'intégration en classe afin de permettre la synthèse des connaissances apprises. Il y aura un enregistrement vidéo de la séquence d'enseignement, afin que la chercheuse puisse visionner à nouveau le comportement de votre enfant lors de la séquence d'enseignement. La chercheuse notera ses observations personnelles. Si votre enfant ne participe pas à ce projet de recherche, il pourra tout de même bénéficier de la séquence d'enseignement et visiter un musée scientifique, mais il ne sera pas dans le champ de vision de la caméra.

De plus, votre enfant devra remplir en classe deux questionnaires sur ses connaissances scientifiques (un avant l'expérimentation et un autre après l'expérimentation). Cette activité nécessite à chaque fois une période de 30 minutes environ. La chercheuse analysera les questionnaires.

Par ailleurs, il est possible que votre enfant rencontre la chercheuse en classe pour deux entrevues de 10 minutes environ (une avant l'expérimentation et une après l'expérimentation). Chaque entrevue portera sur ses connaissances scientifiques. Il y aura un enregistrement audio de l'entrevue afin que la chercheuse puisse s'assurer de bien comprendre les propos de votre

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

2. Participation à la recherche (suite)

enfant. L'entrevue sera ensuite transcrite. Toutes ces activités se dérouleront pendant les heures régulières de cours. Enfin, afin de vérifier la progression de votre enfant dans ses apprentissages scientifiques, la chercheuse pourra consulter son bulletin scolaire.

3. Confidentialité

La chercheuse s'assurera que les renseignements divulgués par les participants demeureront confidentiels. Les entrevues seront transcrites et les enregistrements audio et vidéo seront effacés. Chaque participant à la recherche se verra attribuer un numéro et seule la chercheuse principale aura la liste des participants et des numéros qui leur auront été attribués. De plus, les renseignements seront conservés dans un classeur sous clé situé dans un bureau fermé. Aucune information permettant d'identifier les participants d'une façon ou d'une autre ne sera publiée. Ces renseignements personnels seront détruits sept ans après la fin du projet. Seules les données ne permettant pas d'identifier les participants seront conservées après cette date, le temps nécessaire à leur utilisation.

4. Avantages et inconvénients

En participant à cette recherche, votre enfant ne court pas de risques particuliers et il pourra enrichir ses connaissances personnelles dans le domaine des sciences et de la technologie, et ce, en visitant un musée scientifique. De plus, il contribuera à l'avancement des connaissances sur l'évolution des conceptions scientifiques des élèves du primaire dans différents contextes.

5. Droit de retrait

La participation de votre enfant est entièrement volontaire. Vous êtes libre de retirer votre enfant en tout temps sur simple avis verbal, sans préjudice et sans devoir justifier votre décision. Si vous décidez de retirer votre enfant de la recherche, vous pouvez communiquer avec la chercheuse, au numéro de téléphone indiqué ci-dessous. Si vous retirez votre enfant de la recherche, les renseignements qui auront été recueillis avant son retrait seront détruits.

6. Indemnité s'il y lieu

Les participants ne recevront aucune indemnité.

7. Diffusion des résultats

Un résumé des conclusions générales de la recherche sous forme écrite vous sera transmis au cours de l'année prochaine, lorsque les analyses seront effectuées.

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

B) CONSENTEMENT

Section pour les parents

Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus, avoir obtenu les réponses à mes questions sur la participation de mon enfant à la recherche et comprendre le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de cette recherche.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens à ce que mon enfant participe à cette recherche. Je sais que mon enfant peut se retirer en tout temps, sur simple avis verbal, sans aucun préjudice et sans devoir justifier sa décision.

J'autorise la chercheuse à prendre connaissance du bulletin scolaire de mon enfant. Oui Non

Signature : _____ Date : _____
Nom : _____ Prénom : _____

Section pour l'élève

On m'a expliqué le projet de recherche et j'accepte d'y participer. Je sais que je peux me retirer en tout temps, sans avoir à donner de raison.

Signature : _____ Date : _____
Nom : _____ Prénom : _____

Section pour la chercheuse

Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude et être disponible pour répondre au meilleur de ma connaissance aux questions des participants ainsi que de leurs parents.

Signature de la chercheuse : _____ Date : _____
Nom : _____ Prénom : _____

Pour toute question relative à la recherche ou pour vous retirer du projet, vous pouvez communiquer avec Caroline Lanoue (chercheuse).

Toute plainte relative à votre participation à cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal.

ANNEXE 11
Formulaire de consentement pour les élèves
Validation des outils

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Vérification d'outils de collecte de données. Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

Directeur de recherche : Marcel Thouin, professeur titulaire, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal.

A) RENSEIGNEMENTS AUX PARTICIPANTS

1. Objectif de la recherche

L'objectif de cette recherche est de valider des instruments de mesure qui seront utilisés dans une étude subséquente portant sur l'apprentissage des sciences des élèves du primaire lors d'une visite dans un musée scientifique.

2. Participation de votre enfant

Dans le cadre de cette étude de validation, votre enfant répondra à deux entrevues et à deux questionnaires portant sur ses connaissances scientifiques. Le but de cet exercice est de vérifier la compréhension de votre enfant quant à la structure et au contenu des questionnaires et des entrevues. Les données recueillies dans le cadre de cette étude de validation ne seront pas analysées. Toutes ces activités se dérouleront pendant les heures régulières de classe.

3. Confidentialité

La chercheuse s'assurera que les renseignements divulgués par les participants demeureront confidentiels. Les entrevues seront transcrites. Chaque participant à la recherche se verra attribuer un numéro et seule la chercheuse principale aura la liste des participants et des numéros qui leur auront été attribués. De plus, les renseignements seront conservés dans un classeur sous clé situé dans un bureau fermé. Aucune information permettant d'identifier les participants d'une façon ou d'une autre ne sera publiée. Ces renseignements personnels seront détruits sept ans après la fin du projet. Seules les données ne permettant pas d'identifier les participants seront conservées après cette date, le temps nécessaire à leur utilisation.

4. Avantages et inconvénients

En participant à cet exercice, votre enfant ne court pas de risques particuliers. De plus, il contribuera à l'avancement des connaissances sur l'évolution des conceptions scientifiques des élèves du primaire dans différents contextes.

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

5. Droit de retrait

La participation de votre enfant est entièrement volontaire. Vous êtes libre de retirer votre enfant en tout temps sur simple avis verbal, sans préjudice et sans devoir justifier votre décision. Si vous décidez de retirer votre enfant de la recherche, vous pouvez communiquer avec la chercheuse, au numéro de téléphone indiqué ci-dessous. Si vous retirez votre enfant de la recherche, les renseignements qui auront été recueillis avant son retrait seront détruits.

6. Indemnité s'il y lieu

Les participants ne recevront aucune indemnité.

B) CONSENTEMENT

Section pour les parents

Je déclare avoir pris connaissance des informations ci-dessus, avoir obtenu les réponses à mes questions sur la participation de mon enfant à la recherche et comprendre le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de cette recherche.

Après réflexion et un délai raisonnable, je consens à ce que mon enfant participe à cette recherche. Je sais que mon enfant peut se retirer en tout temps, sur simple avis verbal, sans aucun préjudice et sans devoir justifier sa décision.

Signature : _____ Date : _____
 Nom : _____ Prénom : _____

Section pour l'élève

On m'a expliqué le projet de recherche et j'accepte d'y participer. Je sais que je peux me retirer en tout temps, sans avoir à donner de raison.

Signature : _____ Date : _____
 Nom : _____ Prénom : _____

Section pour la chercheuse

Je déclare avoir expliqué le but, la nature, les avantages, les risques et les inconvénients de l'étude et être disponible pour répondre au meilleur de ma connaissance aux questions des participants ainsi que de leurs parents.

Signature de la chercheuse : _____ Date : _____
 Nom : _____ Prénom : _____

FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

Titre de la recherche : Impact de la visite d'un musée scientifique sur l'apprentissage des élèves du primaire.

Chercheuse : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise, Département de didactique, Faculté des sciences de l'éducation, Université de Montréal

Pour toute question relative à la recherche ou pour vous retirer du projet, vous pouvez communiquer avec Caroline Lanoue (chercheuse).

Toute plainte relative à votre participation à cette recherche peut être adressée à l'ombudsman de l'Université de Montréal.

ANNEXE 12
Certificat d'éthique

COMITÉ PLURIFACULTAIRE D'ÉTHIQUE DE LA RECHERCHE (CPÉR)

CERTIFICAT D'ÉTHIQUE

Le Comité plurifacultaire d'éthique de la recherche a examiné le projet de recherche intitulé :

«L'impact des services d'animation pédagogique d'un musée scientifique sur l'évolution des conceptions des élèves du deuxième cycle du primaire »

Soumis par : Caroline Lanoue, étudiante à la maîtrise en didactique
Directeur de recherche : Marcel Thouin

Le Comité a conclu que le projet respecte les normes de déontologie énoncées à la « Politique sur la recherche avec les êtres humains » de l'Université de Montréal.

Tout changement anticipé au protocole de recherche doit être communiqué au CPÉR qui devra en évaluer l'impact au chapitre de l'éthique afin de déterminer si une nouvelle demande de certificat d'éthique est nécessaire.

Toute interruption prématurée du projet ou tout incident grave devra être immédiatement signalé au CPÉR.

François Bowen, Président
Comité plurifacultaire d'éthique de la recherche
Université de Montréal

ANNEXE 13

Tableaux des conceptions des élèves relatives aux concepts scientifiques

- 1 - Tableau IX : Conceptions des élèves relatives au temps
(au sens météorologique)
- 2 - Tableau X : Conceptions des élèves relatives à l'air
- 3 - Tableau XI : Conceptions des élèves relatives aux saisons
- 4 - Tableau XII : Conceptions des élèves relatives
au cycle de l'eau
- 5 - Tableau XIII : Conceptions des élèves relatives
aux instruments météorologiques
- 6 - Tableau XIV : Conceptions des élèves relatives
aux phénomènes météorologiques extrêmes
- 7 - Tableau XV : Conceptions des élèves relatives
aux changements climatiques

Tableau IX : Conceptions des élèves relatives au temps (au sens météorologique)

Sujets	Concept scientifique : Temps											
	Prévisions météorologiques				Précipitations				Observation du temps			
	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.
	Q1	O	Q2		Q1		Q2		E1	O	E2	
1	perr		inc	inc	perr		perr	stable	inc	corr perr	inc	stable
2	abs ling		err	nsat	inc		abs	regr	perr ling	corr inc	corr	comp
3	inc	inc	abs	regr	inc		abs	regr	perr ling	inc	inc	inc
4	inc	inc	abs	regr	inc		err	nsat	inc	corr	inc	stable
5	inc		inc	stable	perr		err	regr	inc	corr	inc	stable
6	inc		inc	stable	inc		perr	nsat	perr	corr	corr	comp
7	corr		inc	regr	inc		inc	stable	inc ling	corr	corr	comp
8	inc		inc	stable	inc		perr	nsat	corr ling	corr	inc	regr
9	inc	corr	inc	stable	inc		inc	stable	inc	corr	inc	stable
Légende												
Conceptions				Description des conceptions								
CI : conception initiale				Abs : absente				Corr : correcte				
CP : conception intermédiaire				Inc : incomplète				Err : erronée				
CF : conception finale				Perr : partiellement erronée				Ling : difficulté linguistique				
Transf : transformation des conceptions												
Outils de collecte de données												
E1 : entrevue avant				Q1 : questionnaire avant				O : observations				
E2 : entrevue après				Q2 : questionnaire après								
Transformation des conceptions (comparaison CF vs CI)												
Comp : évolution complète				Inc : évolution incomplète				Régr : régression				
Stable : identique				Nsat : évolution non satisfaisante								

Tableau X : Conceptions des élèves relatives à l'air

Sujets	Concept scientifique : Air							
	Importance				Composition			
	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.
	Q1	O	Q2		Q1	O	Q2	
				E1		E2		
1	corr		corr	stable	perr	corr	perr	stable
					inc		perr	nsat
2	abs		inc	inc	err		abs	regr
					perr ling		ling	stable
3	inc		inc	stable	perr		err	regr
					inc		inc	stable
4	corr		inc	regr	abs		err	nsat
					inc		perr	nsat
5	inc		inc	stable	perr	corr	inc	inc
					perr		perr	stable
6	inc	corr	inc	stable	err	corr	perr	inc
					perr		inc	inc
7	inc		inc	stable	inc	inc	inc	stable
					inc ling		inc ling	stable
8	perr		err	regr	inc	corr abs	perr	nsat
					inc		inc	stable
9	inc		abs	regr	inc	corr	err	nsat
					inc		err	nsat
Légende								
Conceptions					Description des conceptions			
CI : conception initiale					Abs : absente			
CP : conception intermédiaire					Inc : incomplète			
CF : conception finale					Perr : partiellement erronée			
Transf : transformation des conceptions					Corr : correcte			
					Err : erronée			
					Ling : difficulté linguistique			
Outils de collecte de données								
E1 : entrevue avant					Q1 : questionnaire avant			
E2 : entrevue après					Q2 : questionnaire après			
O : observations								
Transformation des conceptions (comparaison CF vs CI)								
Comp : évolution complète					Nsat : évolution non satisfaisante			
Stable : identique					Régr : régression			
Inc : évolution incomplète								

Tableau XI : Conceptions des élèves relatives aux saisons

Sujets	Concept scientifique : Saisons											
	Identification				Cause				Changements			
	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.
	Q1		Q2		Q1		Q2		E1	O	E2	
1	corr		corr	stable	corr		corr	stable	corr		corr	stable
2	corr		corr	stable	err		err	stable	corr ling		corr ling	stable
3	inc		corr	comp	abs		err	nsat	perr		perr	stable
4	corr		corr	stable	corr		corr	stable	inc	inc	corr	comp
5	corr		corr	stable	abs		abs	stable	perr	corr	corr	comp
6	corr		corr	stable	perr		corr	comp	corr	corr	corr	stable
7	corr		corr	stable	inc		corr	comp	corr		corr	stable
8	corr		corr	stable	err		corr	comp	perr	corr	perr ling	stable
9	corr		corr	stable	inc		err	nsat	perr	corr	corr	comp
Légende												
Conceptions				Description des conceptions								
CI : conception initiale				Abs : absente				Corr : correcte				
CP : conception intermédiaire				Inc : incomplète				Err : erronée				
CF : conception finale				Perr : partiellement erronée				Ling : difficulté linguistique				
Transf : transformation des conceptions												
Outils de collecte de données												
E1 : entrevue avant				Q1 : questionnaire avant				O : observations				
E2 : entrevue après				Q2 : questionnaire après								
Transformation des conceptions (comparaison CF vs CI)												
Comp : évolution complète				Inc : évolution incomplète				Régr : régression				
Stable : identique				Nsat : évolution non satisfaisante								

Tableau XII : Conceptions des élèves relatives au cycle de l'eau

Sujets	Concept scientifique : Cycle de l'eau															
	Étapes du cycle de l'eau				Composition des nuages				Identification des nuages				Caractéristiques des nuages			
	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.
	Q1	O	Q2		Q1		Q2			O	E2			O	E2	
E1	E2															
1	perr		err	regr	perr		err	regr			corr				perr	
	abs		inc ling	inc												
2	inc		abs	regr	err		err ling	stable			inc				inc	
	abs		abs	stable												
3	perr		err	regr	abs		inc	inc			inc				inc	
	abs		perr ling	nsat												
4	abs		abs	stable	perr		inc	inc		inc	inc				perr	
	abs		inc	inc												
5	err	corr	abs	regr	perr		err ling	regr			inc				perr	
	abs		inc	inc												
6	inc	corr	inc	stable	inc		perr	nsat			inc				inc	
	perr		inc	inc												
7	inc		abs	regr	abs		inc	inc			inc				perr	
	abs		inc	inc												
8	inc	inc	abs	regr	inc		inc	stable		corr	inc			corr	perr	
	inc		inc	stable												
9	inc		abs	regr	inc		inc	stable			inc				perr	
	abs		abs	stable												

Légende

Conceptions	Description des conceptions	
CI : conception initiale	Abs : absente	Corr : correcte
CP : conception intermédiaire	Inc : incomplète	Err : erronée
CF : conception finale	Perr : partiellement erronée	Ling : difficulté linguistique
Transf : transformation des conceptions		
Outils de collecte de données		
E1 : entrevue avant	Q1 : questionnaire avant	O : observations
E2 : entrevue après	Q2 : questionnaire après	
Transformation des conceptions (comparaison CF vs CI)		
Comp : évolution complète	Inc : évolution incomplète	Régr : régression
Stable : identique	Nsat : évolution non satisfaisante	

**Tableau XIII : Conceptions des élèves relatives
aux instruments météorologiques**

Sujets	Concept scientifique : Instruments météorologiques							
	Identification				Fonction			
	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.
	Q1	O	Q2		Q1	O	Q2	
	E1		E2		E1		E2	
1	err		inc	inc	abs		inc	inc
	perr		inc		inc		err	
2	abs		abs	stable	abs		abs	stable
	abs		abs		stable		abs	
3	abs		inc	inc	abs		inc	inc
	err		inc		inc		perr	
4	abs		err	nsat	abs		abs	stable
	perr		err		regr		perr	
5	abs		inc	inc	abs		inc	inc
	abs		inc		inc		perr	
6	err		inc	inc	abs		err	nsat
	abs		inc		inc		perr	
7	err	corr	inc	inc	abs	corr	inc	inc
	perr		inc		inc		err	
8	err	corr	inc	inc	abs		perr	nsat
	err		inc		inc		perr	
9	err		inc	inc	abs		inc	inc
	perr		inc		inc		perr	

Légende	
Conceptions	Description des conceptions
CI : conception initiale	Abs : absente
CP : conception intermédiaire	Inc : incomplète
CF : conception finale	Perr : partiellement erronée
Transf : transformation des conceptions	Corr : correcte
	Err : erronée
	Ling : difficulté linguistique
Outils de collecte de données	
E1 : entrevue avant	Q1 : questionnaire avant
E2 : entrevue après	Q2 : questionnaire après
O : observations	
Transformation des conceptions (comparaison CF vs CI)	
Comp : évolution complète	Nsat : évolution non satisfaisante
Stable : identique	Régr : régression
Inc : évolution incomplète	

**Tableau XIV : Conceptions des élèves relatives
aux phénomènes météorologiques extrêmes**

Sujets	Concept scientifique : Phénomènes météorologiques extrêmes							
	Identification				Explications			
	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.
	Q1	O	Q2		Q1	O	Q2	
E1	E2		E1		E2			
1	err	corr	perr	inc	abs		perr	nsat
	perr		perr	stable	perr		perr	stable
2	abs		abs	stable	abs		abs	stable
	perr		inc ling	inc	inc		inc ling	stable
3	abs		abs	stable	abs		abs	stable
	perr		inc ling	nsat	err		inc ling	inc
4	perr		perr	stable	perr		inc	inc
	inc		perr	nsat	perr		perr	stable
5	inc		perr	nsat	perr		perr	stable
	perr		perr	stable	inc		perr	nsat
6	perr		perr	stable	abs	corr	abs	stable
	inc		perr	nsat	abs		perr	nsat
7	abs		inc	inc	abs		abs	stable
	perr		inc	inc	perr		inc	inc
8	inc	err	corr	comp	abs		inc	inc
	inc		inc	stable	inc		inc	stable
9	abs		abs	stable	abs		abs	stable
	perr		perr ling	stable	perr		perr ling	stable

Légende	
Conceptions	Description des conceptions
CI : conception initiale	Abs : absente
CP : conception intermédiaire	Inc : incomplète
CF : conception finale	Perr : partiellement erronée
Transf : transformation des conceptions	Corr : correcte
	Err : erronée
	Ling : difficulté linguistique
Outils de collecte de données	
E1 : entrevue avant	Q1 : questionnaire avant
E2 : entrevue après	Q2 : questionnaire après
O : observations	
Transformation des conceptions (comparaison CF vs CI)	
Comp : évolution complète	Nsat : évolution non satisfaisante
Stable : identique	Régr : régression
Inc : évolution incomplète	

Tableau XV : Conceptions des élèves relatives aux changements climatiques

Sujets	Concept scientifique : Changements climatiques																			
	Définition des GES				Cause des GES				Conséquences				Composition des GES				Gestes			
	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.	CI	CP	CF	Transf.
	Q1	E1	E2				Q2			O	E2				Q2			O	E2	
1	perr abs		err	regr			inc				perr				perr				inc	
2	err abs		abs	regr			abs				abs				abs				abs	
3	err abs		abs	regr			inc ling				abs				perr				inc	
4	err abs		abs	regr			inc ling				inc				err				inc	
5	err abs		abs	regr			perr			inc corr	inc ling				abs				inc ling	
6	err abs		abs	regr			inc ling				inc				perr			corr	inc	
7	err abs		inc	inc			perr				err				abs			corr	abs	
8	perr abs		inc	inc			inc ling			corr	inc				perr			corr	inc	
9	err abs		abs	regr			err				abs				abs			corr	inc	
Légende																				
Conceptions										Description des conceptions										
CI : conception initiale					CF : conception finale					Abs : absente				Corr : correcte						
CP : conception intermédiaire					Transf : transformation des conceptions					Inc : incomplète				Err : erronée						
										Perr : partiellement erronée				Ling : difficulté linguistique						
Outils de collecte de données																				
E1 : entrevue avant					E2 : entrevue après					Q1 : questionnaire avant				Q2 : questionnaire après						
O : observations																				
Transformation des conceptions (comparaison CF vs CI)																				
Comp : évolution complète					Stable : identique					Inc : évolution incomplète				Nsat : évolution non satisfaisante						
Régr : régression																				

