

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ÉVALUATION DE LA COMPÉTENCE À RÉSOUDRE UN PROBLÈME EN
SCIENCE ET TECHNOLOGIE DANS LE CONTEXTE QUÉBÉCOIS DE LA
RÉFORME DU RENOUVEAU PÉDAGOGIQUE À L'AIDE D'UNE
SIMULATION INFORMATISÉE

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN ÉDUCATION

PAR

JEAN-GUILLAUME DUMONT

SEPTEMBRE 2012

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

REMERCIEMENTS

Je veux d'abord remercier Patrice Potvin, mon directeur de recherche et professeur à l'Université du Québec à Montréal, pour son aide et son ouverture. Je remercie également Mohamed Izerroukene et Frédérick Fortin qui m'ont aidé à collecter les données. Je tiens enfin à exprimer toute ma gratitude envers le personnel et les élèves des établissements scolaires participants pour leur précieuse collaboration.

TABLE DES MATIÈRES

LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES TABLEAUX.....	viii
LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES	xi
RÉSUMÉ.....	xii
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I.....	3
PROBLÉMATIQUE.....	3
1.1 L'enseignement des sciences et de la technologie.....	3
1.2 La réforme du curriculum de l'école québécoise.....	4
1.2.1 L'enseignement des sciences et de la technologie à l'heure du <i>Renouveau pédagogique</i>	4
1.2.2 Une réforme controversée de l'enseignement des sciences et de la technologie	5
1.3 Évaluation de la performance des élèves en science et technologie	8
1.3.1 La performance générale des élèves en science et technologie	8
1.3.2 La performance inconnue des élèves en résolution de problème d'ordre scientifique ou technologique	11
1.4 Question de recherche	12
1.4.1 Hypothèses de recherche.....	12
1.4.2 Objectifs de recherche.....	13
1.4.3 Pertinence scientifique	13
1.4.4 Pertinence sociale.....	14

CHAPITRE II.....	15
CADRE THÉORIQUE	15
2.1 La réforme du curriculum de l'école québécoise.....	15
2.1.1 Le curriculum, selon la définition du Ministère.....	15
2.1.2 Le <i>Renouveau pédagogique</i> , de l'origine à la mise en place	16
2.1.3 Les leviers du changement du <i>Renouveau pédagogique</i>	19
2.1.4 Le <i>Programme de formation de l'école québécoise</i>	20
2.1.4 Le programme de science et de technologie	24
2.2 Compétence en résolution de problème selon le <i>Programme de formation de l'école québécoise</i>	26
2.2.1 Le sens général de la compétence	26
2.2.2 La compétence à résoudre un problème en science et technologie.....	31
2.3 L'évaluation de la compétence à résoudre des problèmes d'ordre scientifique et technologique	36
2.3.1 Les attentes de fin de cycle	36
2.3.2 La situation d'évaluation.....	37
2.3.3 Simulation informatisée	39
2.3.4 Situation d'évaluation en contexte « <i>extradisciplinaire</i> ».....	40
CHAPITRE III	44
MÉTHODOLOGIE.....	44
3.1 L'approche de la recherche	44
3.1.1 La nature de la recherche	44
3.1.2 Le devis de recherche.....	45

3.2 Les sujets.....	46
3.2.1 Populations.....	46
3.2.2 Échantillonnage.....	48
3.2.3 Consentement.....	49
3.2.4 Sujets de l'échantillon.....	50
3.3 Outil d'évaluation.....	50
3.3.1 Description de l'outil d'évaluation.....	50
3.3.2 La pertinence de l'outil d'évaluation.....	59
3.3.3 Description des indices composants le score de performance.....	63
3.4 Le déroulement.....	67
3.5 L'analyse des données.....	69
3.5.1 Données retenues.....	69
3.5.2 Analyses statistiques.....	69
CHAPITRE IV.....	71
RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS.....	71
4.1 Statistiques descriptives.....	71
4.1.1 Cohorte 2009.....	71
4.1.2 Cohorte 2011.....	72
4.1.3 Distribution atypique des scores.....	73
4.2 Résultats.....	75
4.2.1 Comparaison des scores agglomérés des cohortes 2009 et 2011.....	75
4.2.2 Comparaison des scores agglomérés en fonction du genre.....	76

4.2.3 Comparaison des scores des indices et des regroupements d'indices en fonction des cohortes.....	78
4.3 Interprétations des résultats.....	81
CHAPITRE V	84
DISCUSSION	84
5.1 Limites de la recherche	84
5.1.1 Une réforme encore trop jeune.....	84
5.1.2 Généralisabilité des résultats.....	85
5.1.3 Validation de l'outil d'évaluation	85
5.1.4 Mesure de la compétence à résoudre un problème d'ordre scientifique et technologique	86
5.1.5 Autres causes possibles de l'amélioration.....	87
CONCLUSION.....	90
APPENDICE A Déroulement et calendrier de la recherche.....	92
APPENDICE B Lettre d'information, invitation à participer à une recherche et formulaire de consentement	93
RÉFÉRENCES.....	95

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
3.1 Devis expérimental de recherche	46
3.2 Mise en contexte du jeu de cuisine	52
3.3 Choix de la quantité de légumes à couper.....	53
3.4 Coupe du légume.....	54
3.5 Appréciation du goûteur.....	55
3.6 Score d'appréciation du 1 ^{er} goûteur exprimé en pourcentage en fonction de la quantité de légumes coupés exprimé en gramme.....	56
3.7 Tableau et histogramme des scores en fonction des quantités réelles utilisées	57
3.8 Score d'appréciation du 2 ^e goûteur exprimé en pourcentage en fonction de la quantité de légumes coupés exprimé en gramme.....	59
4.1 Distribution des scores de la cohorte 2009	72
4.2 Distribution des scores de la cohorte 2011	73
4.3 Regroupements de la distribution atypique des scores de la cohorte 2009.....	74
4.4 Regroupements de la distribution atypique des scores de la cohorte 2011.....	75

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
2.1 Début de l'application obligatoire du PFEQ à chacun des cycles du primaire et des années scolaires du secondaire	19
2.2 Compétences d'ordre scientifique et technologique dans le <i>Programme de formation de l'école québécoise</i> au primaire et au secondaire	25
2.3 Composantes de la compétence 1 « Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique »	35
3.1 Taux de participation des sujets.	50
3.2 Sujets de l'échantillon.	50
3.3 Quantités idéales et seuils de passage en fonction du 1 ^{er} goûteur.....	58
3.4 Quantités idéales et seuils de passage en fonction du 2 ^e goûteur.....	58
3.5 Composantes de la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique mobilisées par les sujets pour réussir la tâche	62
3.6 Scores de vitesse pour les indices 3, 4 et 5	66
3.7 Tableau d'interprétation de la taille de l'effet du Test <i>d</i> de Cohen (1988).....	70
4.1 Statistiques descriptives pour la cohorte 2009	72
4.2 Statistiques descriptives pour la cohorte 2011	73
4.3 Comparaison des scores agglomérés des cohortes 2009 et 2011	76
4.7 Comparaison des scores agglomérés des garçons des cohortes 2009 et 2011	76

4.8 Comparaison des scores agglomérés des filles des cohortes 2009 et 2011.....	77
4.4 Comparaison des scores agglomérés en fonction du sexe de tous les sujets	77
4.5 Comparaison des scores agglomérés en fonction du sexe de la cohorte 2009.....	77
4.6 Comparaison des scores agglomérés en fonction du sexe de la cohorte 2011.....	78
4.9 Comparaison des scores pour l'indice 1 (Score maximum obtenu pour le 1 ^{er} goûteur un dimanche) des cohortes 2009 et 2011	79
4.10 Comparaison des scores pour l'indice 2 (Score maximum obtenu pour le 2 ^e goûteur un dimanche) des cohortes 2009 et 2011	79
4.11 Comparaison des scores pour l'indice 3 (Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour un légume a été obtenu ou dépassé un dimanche) des cohortes 2009 et 2011	79
4.12 Comparaison des scores pour l'indice 4 (Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour deux légumes a été obtenu ou dépassé un dimanche) des cohortes 2009 et 2011	80
4.13 Comparaison des scores pour l'indice 5 (Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour trois légumes a été obtenu ou dépassé un dimanche) des cohortes 2009 et 2011	80
4.14 Comparaison des scores pour l'indice 6 (Temps moyen passé par le sujet à observer les graphiques pour chaque journée d'exploration) des cohortes 2009 et 2011	80
4.15 Comparaison des scores pour l'indice 7 (Indice de stratégie de contrôle des variables) des cohortes 2009 et 2011	80

4.16 Comparaison des scores composés de la somme des indices 1 et 2 des cohortes 2009 et 2011	81
4.17 Comparaison des scores composés de la somme des indices 3, 4 et 5 des cohortes 2009 et 2011	81

LISTE DES ABRÉVIATIONS, DES SIGLES ET DES ACRONYMES

- AIE : Association internationale pour l'évaluation du rendement scolaire
- BIE : Bureau international d'éducation
- CSC : Conseil des sciences du Canada
- CSE : Conseil supérieur de la science et de la technologie
- CST : Conseil de la science et de la technologie du Québec
- FAE : Fédération autonome de l'enseignement
- MELS : Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec
- MEQ : Ministère de l'Éducation du Québec
- OCDE : Organisation de coopération et de développement économiques
- PFEQ : *Programme de formation de l'école québécoise*
- PISA : Programme international pour le suivi des acquis
- TEIMS : Tendances de l'enquête internationale sur la mathématique et les sciences
- UNESCO : Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture

RÉSUMÉ

Plus d'une décennie après les débuts de la mise en application du *Renouveau pédagogique*, c'est-à-dire la réforme du curriculum de formation de l'école québécoise, notre recherche a évalué, à l'aide d'une simulation informatisée, la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique d'élèves de la 5^e secondaire d'une cohorte formée avant la mise en application de la réforme, puis d'une autre cohorte formée après. Nos résultats laissent croire que les sujets formés dans le système éducatif québécois du *Renouveau pédagogique* sont plus compétents à résoudre un problème en science et technologie que ceux qui ne l'ont pas été. Cette recherche est l'une des rares études scientifiques qui permettent d'apporter des éléments de réponse à propos de l'impact de la réforme sur la compétence des élèves. Par ailleurs, elle pourrait également servir aux praticiens et aux chercheurs qui désirent développer des solutions alternatives d'évaluation de la compétence, notamment par l'intermédiaire de simulation informatisée.

Mots-clés : Compétence, Réforme, Évaluation, Simulation informatisée, Science et technologie

INTRODUCTION

Parmi les objectifs poursuivis par la dernière réforme du système éducatif québécois, le nouveau curriculum de formation du *Renouveau pédagogique* devait, en principe, favoriser le développement des compétences des élèves, notamment pour qu'ils soient plus aptes à relever les défis XXI^e siècle. Or, les défis de notre siècle consisteront, entre autres, à se servir des concepts et des méthodes de la science et de la technologie pour résoudre des problèmes d'envergure : réchauffement climatique, crise énergétique, pénurie alimentaire, maladies, pollution, etc.

Aujourd'hui, conscient de ces enjeux sociaux, économiques, environnementaux, technologiques et scientifiques, il est plus que jamais nécessaire de savoir si le *Renouveau pédagogique* a bel et bien permis aux élèves québécois d'être plus compétents, notamment en matière de résolution de problème d'ordre scientifique et technologique. Or, l'effet du *Renouveau pédagogique* sur les apprentissages des élèves demeure très difficile à évaluer, et ce, pour deux raisons majeures.

Premièrement, pendant la décennie de mise en application du nouveau curriculum, on peut raisonnablement penser qu'en plus de la réforme, de nombreux autres facteurs (sociaux, économiques, politiques, administratifs) ont possiblement influencé l'atteinte des cibles. Il devient alors logiquement difficile de savoir si les variations dans les performances des élèves sont attribuables uniquement (ou même principalement) à l'un ou l'autre de ces facteurs.

Le deuxième défi posé par l'étude de l'effet du *Renouveau pédagogique* consiste à comparer les apprentissages d'élèves formés à partir de deux programmes aux cibles différentes. En effet, les cibles désormais visées par le programme de formation, c'est-à-dire le développement de compétences, sont d'une nature différente des cibles

jadis visées, c'est-à-dire l'acquisition de connaissances. Évaluer les *connaissances* d'une cohorte d'élèves pour les comparer aux *compétences* d'une autre cohorte d'élèves semble aussi douteux que de comparer la performance chronométrique d'un patineur de vitesse à la performance technique d'un patineur artistique.

Pour éviter cet écueil, l'une des solutions consiste à prendre une mesure de la compétence d'élèves québécois, avant et après la réforme, pour éventuellement autoriser la tenue d'une comparaison. Cette idée a amené l'Équipe de Recherche en Éducation Scientifique et Technologique (EREST) de l'Université du Québec à Montréal (UQAM) à prendre une telle mesure en mai 2009, alors que les derniers élèves de la 5^e secondaire « non réformés » de l'histoire du Québec étaient encore sur les bancs d'école. Puis, l'opération a été répétée en mai 2011, cette fois auprès d'élèves de la 5^e secondaire « réformés ». Notre mémoire tâchera d'expliquer et de défendre cette démarche de comparaison entre ces deux cohortes.

Le premier chapitre posera notre problème de recherche en dévoilant le raisonnement logique et le contexte social qui mène à notre question de recherche. Nous y présenterons également nos hypothèses et nos objectifs, puis soutiendrons la pertinence scientifique et sociale de nos travaux. Le deuxième chapitre établira le cadre théorique des principaux concepts utilisés dans notre étude. Le troisième chapitre mettra en lumière la méthodologie de notre recherche (devis, sujets, instrument de mesure) et annoncera les analyses statistiques que nous réaliserons à partir des données afin d'obtenir les résultats qui répondront à notre question de recherche. Enfin, nous discuterons de nos résultats de recherche avant de conclure.

CHAPITRE I

PROBLÉMATIQUE

1.1 L'enseignement des sciences et de la technologie, un enjeu crucial

De grandes organisations internationales (BIE, 2000; OCDE, 2007; UNESCO, 2011a), de même que plusieurs conseils nationaux (CSC, 1984; CSE, 1984, 1989a, 1989b; CST, 1998), reconnaissent que les sciences et la technologie sont d'une importance capitale, car, plus que jamais, elles agissent comme les moteurs de l'innovation et du développement économique des sociétés modernes.

C'est pourquoi les sciences et la technologie sont appelées à devenir des éléments de plus en plus déterminants dans la formation de tout citoyen (CST, 1998; Fensham, 2008). En effet, les enjeux sociaux, économiques, environnementaux, technologiques et scientifiques de notre monde contemporain requièrent que les pouvoirs publics préparent les jeunes générations à faire face aux défis actuels et futurs en améliorant notamment la qualité et la pertinence de l'enseignement des sciences (UNESCO, 2011a, 2011b).

Au Québec, l'orientation de l'enseignement des sciences et de la technologie a longtemps été critiquée, comme en témoignent le rapport du Conseil des sciences du Canada (CSC, 1984) et les nombreux avis du Conseil supérieur de l'éducation (CSE), un organisme autonome de consultation et de réflexion critique sur l'éducation québécoise (CSE, 1982, 1984, 1986, 1989a, 1989b, 1994a, 1994b). Dans leurs rapports, le CSC et le CSE recommandaient, entre autres, de respecter ou d'augmenter le temps minimal d'enseignement des sciences, de rapprocher les sciences et la technologie de la vie quotidienne, de stimuler l'intérêt des étudiants

pour les sciences, particulièrement pour les filles et d'instaurer une véritable culture scientifique chez les jeunes.

L'occasion d'améliorer la situation s'est présentée à l'aube du XIX^e siècle, au moment de l'élaboration et de la mise en place de la réforme du curriculum de l'école québécoise. Le Québec se joignait alors aux nombreux autres pays à travers le monde qui à cette époque avaient eux aussi fait le choix d'adopter de nouveaux curriculums souvent caractérisés par : i) une approche par compétences, ii) une perspective socioconstructiviste, iii) une centration sur l'apprenant, iv) et une importance accrue accordée aux situations de formation (Jonnaert, Lafortune, et Ettayebi, 2007, p. 5). À cela, Braslavsky (2001, p. 13) ajoute : v) une structure plus souple, vi) des pratiques pédagogiques inter et multidisciplinaires, vii) plus d'options pour les élèves, et viii) une pédagogie par projets.

1.2 La réforme du curriculum de l'école québécoise

1.2.1 L'enseignement des sciences et de la technologie à l'heure du *Renouveau pédagogique*

La dernière réforme du curriculum de l'école québécoise, désignée par l'expression *Renouveau pédagogique* (MELS, 2008c), a été implantée à partir de 2000 dans les écoles primaires, puis graduellement à partir de 2005 dans les écoles secondaires, jusqu'à une transition complète en 2010 (MELS, 2004, 2006). Cette réforme majeure du système d'éducation (M.-F. Legendre, 2002; Martineau et Gauthier, 2002; MELS, 2008c) engendre d'importants changements d'ordre pédagogique, notamment par l'intermédiaire du *Programme de formation de l'école québécoise* (MELS, 2010e; MEQ, 2001a, 2003).

En effet, le *Programme de formation de l'école québécoise* s'inscrit en rupture avec les anciens programmes d'études formulés par objectifs en ce qu'elle propose plutôt une approche pédagogique axée sur le développement des compétences des élèves (Dionne, 2010; MELS, 2010e; MEQ, 2001a, 2003). Cette approche par compétence favorise et prescrit le décloisonnement disciplinaire, car les compétences font appel à des connaissances provenant de sources variées et qui ne répondent pas nécessairement à une logique disciplinaire, selon le ministère de l'Éducation du Québec (MEQ) (2001a, p. 5).

Ces changements d'ordre curriculaire ont profondément affecté l'enseignement des sciences et de la technologie (Caillé, 1998; Dionne, 2010). Ainsi, depuis le *Renouveau pédagogique*, les différentes matières mathématiques, scientifiques et technologiques ont été décloisonnées au secondaire afin de les regrouper en un seul et unique domaine d'apprentissage qui intègre plusieurs contenus de formation liés à l'univers matériel, à la Terre et à l'espace, à l'univers vivant et à l'univers technologique (MELS, 2010e; MEQ, 2003). De plus, le domaine de la science et de la technologie s'articule autour de compétences qui s'appliquent sans distinction à tous les champs disciplinaires. C'est ce qui fait dire à Dionne que « de toutes les disciplines touchées par le renouveau pédagogique, aucune autre n'a un mandat aussi lourd en termes d'intégration disciplinaire » (2010, p. 87).

1.2.2 Une réforme controversée de l'enseignement des sciences et de la technologie

L'enseignement de la science et de la technologie sous le régime du *Renouveau pédagogique* a suscité plusieurs critiques et inquiétudes (Caillé, 1998; CPE, 1998; CST, 1998; des Rivières, 1997; Sansfaçon, 1998; Thanh, 1998; Thanh et Caillé, 1998), et ce, dès que l'avant-projet du nouveau curriculum a été rendu public (MEQ, 1997a, 1997d, 2000). Ainsi, plusieurs doutent qu'à cours ou moyen terme les

enseignants soient adéquatement formés pour dispenser des cours intégrant toutes matières scientifiques. D'autres soutiennent que le temps d'enseignement accordé aux sciences soit encore insuffisant et que la séquence des cours de sciences devrait être réaménagée.

Malgré les aménagements effectués, notamment quant au régime pédagogique (MELS, 2005b, 2011b; MEQ, 2000; Québec, 2012) et au *Programme de formation de l'école québécoise* (MELS, 2010a), la plupart des critiques et des inquiétudes demeurent encore d'actualité, tant au primaire qu'au secondaire, parce que plusieurs éléments remis en question il y a plusieurs années sont toujours présents dans le système actuel.

Ainsi, certaines situations défavorables aux sciences et aux technologies persistent. En effet, contrairement aux dispositions prévues dans l'ancien régime pédagogique, la science et la technologie ne font plus partie des matières obligatoires à enseigner pour les deux premières années du primaire. De plus, au cours des quatre années suivantes, le temps d'enseignement des sciences et des technologies n'est plus prescrit formellement, mais varie selon les écoles et les enseignants (MELS, 2011b). Cela a pour effet de diminuer le temps consacré à ce domaine d'apprentissage, estime la Commission des programmes d'études (CPE) chargée de conseiller le ministre sur toute question relative aux programmes d'études (1998).

Au secondaire aussi le temps d'enseignement en science et technologie diminue pour les élèves suivant le parcours de formation générale. En comparant le régime pédagogique avec le précédent, ce nombre d'heures passe de 550, à 450, soit une diminution de 18 % (CPE, 1998; MELS, 2011b). Par ailleurs, l'absence de cours obligatoire dans ce domaine en 5^e secondaire constitue une erreur, selon Conseil de la science et de la technologie (CST), un organisme-conseil en matière développement scientifique et technologique du Québec. Le Conseil déplore que la 5^e secondaire, une

année de transition vers le cégep, corresponde pour trop d'étudiants à une cessation de toute éducation scientifique (CST, 1998).

Au-delà des reproches liés au nouveau régime pédagogique, c'est également l'approche intégrée des champs disciplinaires en science et technologie qui pose problème pour certains acteurs du milieu de l'enseignement des sciences (Bégin, 2010a, 2010b; CPE, 1998). « Les enseignants du secondaire n'ont pas été formés pour dispenser des cours de sciences où les notions de chimie, de physique, de biologie, de géologie, d'astronomie et de technologie seront décloisonnées et intégrées dans un programme de " sciences générales ", soutiennent Thanh et Caillé (1998, p. B3). C'est un peu comme si un cours de langue tentait d'intégrer les apprentissages de l'anglais, de l'allemand et du russe. »

Cependant, les plus vives critiques portent sur le choix des auteurs du programme de faire des compétences une cible de formation. Cette approche est mal acceptée par certains auteurs (Baillargeon, 2009; Bissonnette, 2005; Boutin et Julien, 2000; Comeau et Lavallée, 2008; Solway, 2008), par les syndicats d'enseignants affiliés à la Fédération autonome de l'enseignement (FAE) (2006, 2007) et par une partie de l'opinion publique, s'il faut en croire les journaux (Ouimet, 2003; Ricci, 2008). Les détracteurs de l'approche par compétence lui reprochent, entre autres, son manque de clarté, ses effets négatifs sur la réussite scolaire, en particulier pour les élèves en difficulté, et préconisent plutôt la transmission et l'évaluation systématiques des connaissances.

Quant aux partisans du *Renouveau pédagogique*, qu'ils soient professeurs d'université (Lafortune et collab., 2011) ou enseignants (C.-Larochelle, 2006), ils soutiennent cette réforme, croient en ses fondements, dénoncent les critiques non fondées et militent pour que l'approche par compétence soit mieux comprise et acceptée.

De part et d'autre, plusieurs auteurs appellent les chercheurs à effectuer des recherches scientifiques rigoureuses pour mieux comprendre les effets de cette réforme (Baillargeon, 2009; Lafortune et collab., 2011), sans se limiter à l'analyse du *Programme de formation de l'école québécoise* et du régime pédagogique, aux expériences personnelles anecdotiques ou encore aux arguments de nature épistémologique. Le jugement porté sur *Renouveau pédagogique* devrait s'appuyer sur des études scientifiques spécifiquement conçues pour évaluer l'influence systémique de la réforme sur la performance des élèves québécois. Certaines études l'ont fait, en mathématique notamment (Haeck, Lefebvre, et Merrigan, 2011; Théorêt, 2005), sans toutefois avoir fait l'objet jusqu'ici de publications scientifiques arbitrées. Malheureusement, d'après notre revue de la littérature, ces dernières sont pour le moment inexistantes dans le domaine des sciences et de la technologie.

Néanmoins, pour porter un jugement sur l'enseignement des sciences et de la technologie dans le contexte du *Renouveau pédagogique*, l'une des solutions consiste à comparer, à l'aide de tests, la performance dans ce domaine des élèves formés avant le *Renouveau pédagogique*, dits « non réformés », avec celle des élèves formés dans le système éducatif du *Renouveau pédagogique*, dits « réformés ». C'est ce que permettent certaines grandes enquêtes internationales qui ont évalué la performance des élèves en science et technologie à intervalles de trois ou quatre années.

1.3 Évaluation de la performance des élèves en science et technologie

1.3.1 La performance générale des élèves en science et technologie

Deux grandes enquêtes internationales peuvent servir à comparer les résultats des élèves québécois à des épreuves en sciences et technologie : i) Tendances de l'enquête internationale sur la mathématique et les sciences (TEIMS) de l'Association

internationale pour l'évaluation du rendement scolaire (AIE), et ii) Programme international pour le suivi des acquis (PISA) de l'Organisation de Coopération et de Développement Économiques (OCDE). Ces deux enquêtes se distinguent par leur approche d'évaluation de la performance.

En premier lieu, l'approche du TEIMS consiste à évaluer les *connaissances* des élèves dans le domaine des mathématiques et de la science et de la technologie. C'est donc sur cette base que les données des enquêtes TEIMS 1995, 1999, 2003 et 2007 ont été utilisées afin de comparer les performances des élèves québécois entre ces années de références (MELS, 2008d; MEQ, 1998, 2001c, 2004b). Malheureusement, le lien entre les items de l'épreuve à portée transnationale et les curriculums prescrits à vocation locale pose problème, surtout lorsque les questions posées font appel à des connaissances ou des notions absentes des programmes de formation. Selon Blais, cela affecte ainsi « la validité des scores, des comparaisons et des conclusions que l'on pourrait tirer à partir de statistiques utilisant ces scores » (2006, p. 12). De plus, l'échantillonnage, la nature et la construction de l'épreuve de cette enquête comportent de nombreux biais méthodologiques, estime Blais. C'est pourquoi, selon lui, on ne peut attribuer au *Renouveau pédagogique* la différence entre les résultats observés aux épreuves du TEIMS de 1995 et 2003 parce que « les données pertinentes à une compréhension de l'évolution de la situation ne sont pas disponibles ou accessibles » (Blais, 2006, p. 21).

En deuxième lieu, l'approche du PISA consiste plutôt à évaluer, dans une perspective plus « générale », des *connaissances*, des *compétences* et des *savoir-faire* en lecture, en mathématiques et en sciences (OCDE, 2003). Le PISA évite ainsi les écueils du TEIMS, car l'évaluation porte davantage sur les compétences mobilisant des connaissances qu'aux connaissances elles-mêmes (Rocher, 2003). En effet, la « priorité est donnée à l'aptitude à mettre en œuvre un certain nombre de processus fondamentaux dans des situations très diverses, en s'appuyant sur la compréhension

globale de concepts clés plutôt que sur l'accumulation de connaissances spécifiques » (Rocher, 2003, p. 4).

Ce principe directeur a guidé le cadre d'évaluation du PISA, notamment en matière de *culture scientifique*, définie comme :

La capacité d'utiliser des connaissances scientifiques pour identifier les questions auxquelles la science peut apporter une réponse et pour tirer des conclusions fondées sur des faits, en vue de comprendre le monde naturel ainsi que les changements qui y sont apportés par l'activité humaine et de contribuer à prendre des décisions à leur propos (OCDE, 2006).

À partir de cette définition, les concepteurs de l'enquête PISA ont élaboré un questionnaire et une méthodologie de recherche très élaborés qui permettent de porter un jugement général sur trois compétences scientifiques : « identifier des questions scientifiques », « explorer des phénomènes de manière scientifique » et « utiliser des faits scientifiques » (OCDE, 2007, p. 29).

Ces trois compétences et leurs composantes (OCDE, 2007, p. 33) sont si semblables aux compétences « mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques » et « communiquer à l'aide des langages utilisés en science et technologie » du PFEQ (MELS, 2010b) que les enquêtes PISA pourraient, selon nous, servir à les évaluer. Malheureusement, comme nous le verrons, les questionnaires du PISA ne permettent de pas de mesurer adéquatement la compétence des élèves à « chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ». Cette lacune explique en partie l'angle de notre de recherche qui étudiera plus spécifiquement cette compétence, plutôt que tout autre.

1.3.2 La performance inconnue des élèves en résolution de problème d'ordre scientifique ou technologique

Les limites du PISA relèvent de la forme de ses questionnaires. En effet, les questions à choix de réponses ou à court développement du PISA ne constituent pas des items optimaux pour l'évaluation de certaines compétences qui requièrent des contextes d'évaluation interactifs. C'est le cas notamment de la compétence à résoudre un problème en science et technologie, car cette compétence et ses composantes reposent sur un processus dynamique et non linéaire qui requiert une interaction entre l'élève et la situation d'évaluation (Blech et Funke, 2005; Elharrar, 2006; MELS, 2010e).

En 2006, une initiative a été entreprise en ce sens dans certains pays où plusieurs items à administration informatisée ont été ajoutés aux épreuves de sciences à titre d'expérience pilote. Le but étant « de poser aux élèves des questions qu'il serait difficile de leur administrer dans le cadre d'une épreuve papier-crayon, car les questions concernées contiennent des séquences vidéo, des simulations ou des animations » (OCDE, 2007, p. 28). Malheureusement, seulement trois pays ont inscrit ce volet dans leur campagne de collecte de donnée et le Québec n'en fait pas partie.

Avant cela, en 2003, l'un des volets de l'enquête PISA portait sur l'évaluation de la compétence *transdisciplinaire* en matière de résolution de problèmes (OCDE, 2003, 2004), une compétence très semblable à la compétence *transversale* de résolution de problèmes du *Programme de formation de l'école québécoise*. Malgré la présence de certains problèmes d'ordre scientifique, l'épreuve n'était pas adaptée pour mesurer la compétence des élèves en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique, telle que définie dans le *Programme de formation de l'école québécoise*. De plus, ce volet n'a pas été administré à nouveau par la suite, si bien qu'il ne peut servir à comparer la performance de deux cohortes.

Par conséquent, les enquêtes PISA ne peuvent servir à comparer la performance d'élèves « réformés » avec celle d'élèves « non réformés » pour obtenir une partie du portrait de l'effet du *Renouveau pédagogique* sur la performance des élèves en matière de résolution de problème d'ordre scientifique et technologique. De plus, d'après notre revue de la littérature, cette lacune n'est pas comblée par d'autres publications scientifiques.

1.4 Question de recherche

La nécessité de former une jeunesse apte à relever les défis scientifiques et technologiques de notre monde contemporain, le besoin d'obtenir plus d'indices sur les effets possibles du *Renouveau pédagogique* et les lacunes des enquêtes internationales appellent à réaliser une étude permettant de porter un jugement sur la compétence des élèves québécois à résoudre des problèmes d'ordre scientifique et technologique avant et après la mise en application de la réforme. Cette recherche tentera donc d'apporter des éléments de réponse à la question suivante : **les élèves formés dans le système éducatif québécois du *Renouveau pédagogique* sont-ils plus compétents à résoudre un problème en science et technologie que ceux qui ne l'ont pas été?**

1.4.1 Hypothèses de recherche

Notre question de recherche nous amène à vérifier l'*hypothèse nulle* (d) suivante : **il n'existe pas de différence statistiquement significative entre la performance en résolution de problème en science et technologie des élèves formés dans le système éducatif québécois du *Renouveau pédagogique* et ceux qui de ne l'ont pas été.** Elle se traduit par :

$$H_0 : E^1 - E^2 = 0$$

E^1 = Performance des élèves « réformés »

E^2 = Performance des élèves « non réformés »

Si l'hypothèse nulle est rejetée, nous tenterons de vérifier l'*hypothèse alternative* (H_1) : **il existe une différence statistiquement significative entre la performance en résolution de problème en science et technologie des élèves formés dans le système éducatif québécois du *Renouveau pédagogique* et ceux qui de ne l'ont pas été.** Cette hypothèse se traduit par :

$$H_1 : E^1 \neq E^2$$

1.4.2 Objectifs de recherche

La réponse à notre question de recherche et la vérification des hypothèses qui en découlent nous permettront d'atteindre les deux objectifs de recherche suivants :

- Mesurer la performance en résolution de problème en science et technologie d'élèves à l'aide d'une simulation informatisée.
- Comparer la performance en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique d'élèves « non réformés » avec celle d'élèves « réformés ».

1.4.3 Pertinence scientifique

L'évaluation de la compétence est une tâche complexe et exigeante (Depover et Noël, 1999; Scallon, 2007; Tardif, 2006). De nombreux chercheurs travaillent sur cette question pour faciliter cette tâche et perfectionner les outils d'évaluation (Dionne, 2010). L'utilisation d'un nouvel outil spécifiquement conçu pour évaluer la compétence résoudre un problème d'ordre scientifique et technologique inspirera certainement d'autres chercheurs dans ce domaine.

De plus, peu de recherches comparatives ont été menées au Québec pour évaluer la compétence des élèves non réformés et réformés. En mathématique, une étude fait état d'une régression du rendement des élèves en mathématiques (Haeck et collab., 2011), tandis qu'une autre présente des résultats mitigés (Théorêt, 2005). Or, d'après notre revue de la littérature, il n'y a pas d'étude dans le domaine de la science et de la

technologie, à l'exception du PISA et du TEIMS. Malheureusement, comme indiqué précédemment, l'enquête du PISA et du TEIMS n'évaluent pas toutes les compétences scientifiques et technologiques telles que définies par le *Programme de formation de l'école québécoise*, si bien que notre recherche répond à un besoin en proposant des résultats dans un champ de recherche encore inexploré.

1.4.4 Pertinence sociale

De l'aveu même du ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS), les données actuellement disponibles ne permettaient pas une évaluation scientifique des effets de la *Réforme* sur la performance des élèves (MELS, 2006). Pour pallier cette lacune, le Ministère a créé le Comité de travail, mais son mandat se limite à évaluer la mise en œuvre du *Renouveau pédagogique* au secondaire.

Les résultats de notre recherche permettront donc d'informer les décideurs et les praticiens en éducation relativement à l'évolution de la compétence des élèves québécois à résoudre un problème en science et technologie. Les processus d'implantation et d'administration qui sont liés à l'enseignement dans ce domaine pourraient ainsi être amendés ou maintenus à la lumière de nos résultats.

CHAPITRE II

CADRE THÉORIQUE

Le problème posé par notre recherche de même que l'utilisation d'une simulation informatique comme outil d'évaluation exigent de définir et de rendre compte des bases théoriques des principaux concepts avancés, ainsi que de faire état des connaissances sur le sujet. À cette fin, nous développerons notre cadre théorique en trois axes : 1) la réforme du curriculum de l'école québécoise, 2) la compétence en résolution de problème et 3) l'évaluation de la compétence.

2.1 La réforme du curriculum de l'école québécoise

2.1.1 Le curriculum, selon la définition du Ministère

Pour bien comprendre la nature des réformes curriculaires, il faut d'abord savoir ce qu'est un « curriculum ». Le sens de ce concept a beaucoup évolué depuis le Moyen Âge, s'élargissant de plus en plus. Ainsi, les acceptions plus étroites font référence au « plan de cours » ou à « l'ensemble des cours », tandis que les définitions plus larges font référence à « l'ensemble des expériences vécues par l'enfant » (R. Legendre, 2005). De plus, au XX^e siècle, deux visions différentes du curriculum coexistaient en éducation, explique Jonnaert : « Selon le point de vue anglophone, il y a un rapport d'inclusion hiérarchique entre le curriculum et les programmes d'études alors que dans la littérature francophone, les deux concepts sont souvent synonymes dans leur usage » (2008, p. 34).

Aujourd'hui, une conception élargie du curriculum semble s'être imposée à travers le monde (Braslavsky, 2001; Cerqua et Gauthier, 2010; Ettayebi, Operti, et Jonnaert,

2008; OCDE, 1994). Dans cette vision partagée par les pays occidentaux de l'OCDE, le curriculum ne se limite plus aux programmes d'études, mais désigne les dispositifs qui, dans le système éducatif, doivent assurer la formation des élèves (OCDE, 1994).

Cette perspective systémique du curriculum a guidé les travaux de réforme du curriculum de l'école québécoise (MEQ, 1997d). Mais, pour bien comprendre la nature des changements envisagés, il faut se référer à la définition retenue par le ministère de l'Éducation du Québec (MEQ) :

Le mot « curriculum » désigne ce qui est entrepris pour la formation des élèves dans un système d'éducation. Il désigne donc les choix adoptés concernant la place faite, selon une proportion donnée, aux différentes matières et disciplines enseignées, ce qui, au Québec, est cristallisé dans des articles du règlement concernant le régime pédagogique et qu'on a appelé traditionnellement « la grille-matières ». Mais, ce terme désigne aussi les contenus globaux de formation qui servent à déterminer les programmes. Par extension, il englobe trois des éléments qui ont un effet structurant sur le curriculum effectif, c'est-à-dire celui qui est appliqué dans la classe : le système d'établissement des programmes d'études, celui de l'évaluation des apprentissages, celui de la sanction des études (MEQ, 1997d, p. 13).

Selon cette définition, la réforme du curriculum de l'école québécoise affecte des pans importants du système éducatif : programmes de formation, évaluation des apprentissages, sanction des études et régime pédagogique. Ces dispositifs ne peuvent être modifiés sans un minimum de réflexion et de planification, un processus qui, dans le cas du *Renouveau pédagogique*, s'est échelonné sur plusieurs années.

2.1.2 Le *Renouveau pédagogique*, de l'origine à la mise en place

Une réforme des curriculums est « jugée nécessaire lorsque les contenus, les méthodes et les structures de l'éducation scolaire ne semblent pas répondre aux demandes sociales nouvelles induites par les changements culturels, politiques, économiques et technologiques », et ce, quelle que soit la société considérée, explique Tawil (2003, p. 2).

Au Québec, cet écart entre, d'une part, les aspirations de la société à l'égard de la formation des jeunes et, d'autre part, le curriculum de l'école québécoise ont été mis en lumière lors des consultations publiques de la Commission des États généraux sur l'éducation de 1995 à 1996 (MEQ, 1996). « L'insatisfaction de la population envers son système d'éducation », « la nécessité de remettre l'école sur ses rails en matière d'égalité des chances » et « l'urgence de redonner à tous les acteurs sociaux et scolaires la responsabilité qui leur incombe » (MEQ, 1996, pp. 1-2) ont amené la Commission à proposer dix chantiers prioritaires, ainsi que les tâches qui s'y rattachent, pour réformer la vie pédagogique et l'organisation du système éducatif du Québec (MEQ, 1997b).

Les observations, les conclusions et les recommandations de la Commission des États généraux sur l'éducation ont guidé les travaux du Groupe de travail sur la réforme du curriculum, présidé par Paul Inchauspé. Leur rapport, intitulé *Réaffirmer l'école* (MEQ, 1997d), contenait des recommandations en vue de changer le « curriculum du primaire et du secondaire pour rencontrer les exigences du XXI^e siècle » (MEQ, 1997d, p. 3).

Ces recommandations ont inspiré un énoncé de politique, *L'école, tout un programme* (MEQ, 1997a), qui précise et explique les changements dont fera l'objet l'école primaire et secondaire avec la réforme à venir. « Ce virage consiste à passer de l'accès à l'éducation du plus grand nombre d'élèves au succès du plus grand nombre », explique la ministre de l'Éducation (MEQ, 1997a, p. 3). Ce document prône une rénovation globale du curriculum de l'école québécoise en ce qui a trait à l'organisation de l'enseignement, aux parcours scolaires et aux programmes de formation afin d'atteindre la réussite pour tous (MEQ, 1997a).

Les États généraux sur l'éducation (MEQ, 1996, 1997c), le rapport du Groupe de travail sur la réforme du curriculum (MEQ, 1997d) et l'énoncé de politique du Ministère (MEQ, 1997a) ont été les pierres d'assises du *Renouveau pédagogique*, une réforme majeure du système d'éducation québécois (Cerqua et Gauthier, 2010; M.-F. Legendre, 2002; Martineau et Gauthier, 2002; MELS, 2008c).

La mise en place graduelle du *Renouveau pédagogique* se traduit par le calendrier d'implantation du nouveau *Programme de formation de l'école québécoise* (PFEQ). L'application obligatoire du PFEQ s'est faite par cycle au primaire à partir de l'année scolaire 2000-2001, puis graduellement à partir de 2005 dans les écoles secondaires (voir Tableau 2.1). Toutefois, l'application de la réforme a connu deux pauses. La première a eu lieu en 2002-2003 au primaire. Elle s'explique par le boycottage de la formation liée à la réforme par les enseignants qui négociaient à cette époque de leur convention collective (Chouinard, 2002). La deuxième pause a eu lieu en 2004-2005 au secondaire. Ce report d'un an résulte de la décision du ministre de l'Éducation de l'époque, Pierre Reid, de retarder la mise en application de la réforme au secondaire, le temps d'« évaluer les retombées positives et négatives » de ce qui a déjà été fait (Chouinard, 2003).

Tableau 2.1 Début de l'application obligatoire du PFEQ à chacun des cycles du primaire et des années scolaires du secondaire

Années scolaires		2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Primaire	Préscolaire	X									
	1 ^{er} cycle	1 ^{re}	X								
		2 ^e	X								
	2 ^e cycle	3 ^e		X							
		4 ^e		X							
	3 ^e cycle	5 ^e				X					
6 ^e					X						
Secondaire	1 ^{er} cycle	1 ^{re}					X				
		2 ^e						X			
	2 ^e cycle	3 ^e							X		
		4 ^e								X	
		5 ^e									X

(D'après Chouinard, 2002, 2003; MELS, 2004; MELS, 2006)

2.1.3 Les leviers du changement du *Renouveau pédagogique*

Le *Renouveau pédagogique* a profondément transformé l'école québécoise (MELS, 2005a, p. 4) en réformant les trois piliers du système québécois d'éducation préscolaire, primaire et secondaire : la *Loi sur l'instruction publique* (Québec, 2012), le régime pédagogique (MELS, 2011b) et les programmes d'études.

Ainsi, la *Loi sur l'instruction publique* (2000) (Québec, 2012), telle qu'amendée depuis le *Renouveau pédagogique*, détermine que la mission de l'école est désormais d'*instruire*, de *socialiser* et de *qualifier* les élèves dans le respect du principe de l'égalité des chances. Par ailleurs, d'autres changements ont été intégrés à cette loi après le début de la mise en application de la réforme, notamment avec le projet de Loi n°88 qui a permis de modifier en 2008, l'organisation, la gestion, la gouvernance et la démocratie scolaire (Assemblée nationale, 2010).

Quant au régime pédagogique (MELS, 2011b), les modifications issues de la *Réforme* affectent, entre autres, la nature, les objectifs et l'organisation des services éducatifs, ainsi que les éléments relatifs à la sanction des études.

Finalement, le *Renouveau pédagogique* a réformé l'intégralité des programmes d'études pour créer le *Programme de formation de l'école québécoise* (PFEQ) qui se divise en trois tomes : *Éducation préscolaire et enseignement primaire* (MEQ, 2001a), *Enseignement secondaire 1^{er} cycle* (MEQ, 2003) et *Enseignement secondaire 2^e cycle* (MELS, 2007a). La mise en place du PFEQ a amené des changements importants en matière de contenus de formation, d'évaluation des apprentissages, d'approches pédagogiques, d'organisation scolaire et de partage des responsabilités (MELS, 2008a). Le PFEQ constitue donc une référence incontournable aux fins de notre analyse.

2.1.4 Le Programme de formation de l'école québécoise

Le *Programme de formation de l'école québécoise* donne les grandes orientations éducatives, préconise une approche pédagogique et prescrit les contenus d'apprentissage. Il s'agit en quelque sorte du plan d'action à l'aide duquel l'école réalise sa triple mission. La présentation synthétique du programme et de ses différents chapitres sur les compétences transversales, les domaines généraux de formation et les cinq domaines d'apprentissage permettra de mieux comprendre le vocabulaire et les références que nous utiliserons ultérieurement.

2.1.4.1 La philosophie du programme de formation

Le premier chapitre du *Programme de formation de l'école québécoise* du primaire, du 1^{er} cycle du secondaire et du 2^e cycle du secondaire présente le programme de formation, ses origines, sa philosophie, ses objectifs. Ces trois chapitres, bien que

cohérents les uns avec les autres, varient néanmoins entre eux lorsqu'il s'agit de présenter les visées, les orientations et les intentions éducatives soutenant le programme de formation. Par exemple, la notion de *visées de formation* se limite aux programmes du secondaire (MELS, 2007c; MEQ, 2003), tandis que *la formation centrée sur le développement de compétences* est tantôt présentée comme une caractéristique (MEQ, 2001a), tantôt comme une orientation (MELS, 2007c; MEQ, 2003). Malgré ces différences, l'analyse du *Programme de formation de l'école québécoise* permet de dégager certains éléments communs aux trois documents et fondamentaux dans l'approche de formation préconisée : un paradigme d'apprentissage, une formation axée sur le développement des compétences et un décloisonnement disciplinaire.

Paradigme d'apprentissage

Le *Programme de formation de l'école québécoise* ne prescrit pas d'approche didactique aux enseignants, car « c'est aux intervenants scolaires qu'il revient d'en définir les modalités de mise en œuvre » (MEQ, 2003). Toutefois, la nature du programme et ses fondements théoriques sont porteurs d'incidences pédagogiques (MEQ, 2003). Parmi ces théories de l'apprentissage, on retrouve le constructivisme, le socioconstructivisme et le cognitivisme (Bissonnette, 2005; M.-F. Legendre, 2002; MEQ, 2003). Ces fondements théoriques ont orienté le programme de formation vers un paradigme de l'apprentissage où les connaissances sont construites par l'élève, plutôt qu'un paradigme de l'enseignement où les connaissances sont transmises par l'enseignant (Bissonnette, 2005; MEQ, 2003).

Formation axée sur le développement des compétences

En reconnaissant l'apprentissage comme un processus actif de l'élève, le programme de formation met en évidence son inadéquation avec une pédagogie de transmission des savoirs et justifie l'adoption d'une pédagogie axée sur le développement de compétences, définies comme un *savoir-agir* (MELS, 2007a; MEQ, 2001a, 2003).

Ce choix de développer des compétences se reflète, entre autres, dans l'organisation des savoirs sous forme de compétences, dans l'intégration de l'évaluation au processus d'apprentissage, dans les pratiques pédagogiques et dans le décloisonnement disciplinaire (MELS, 2007a; MEQ, 2001a, 2003).

Décloisonnement disciplinaire

Selon le programme de formation, le décloisonnement disciplinaire découle naturellement du fait que certaines compétences à développer ne répondent pas nécessairement à une logique disciplinaire (MEQ, 2001a). Ainsi, « il faut décloisonner les apprentissages et amener les élèves à découvrir les relations entre ces éléments pour qu'ils puissent construire leurs savoirs par la résolution de problèmes complexes » (MEQ, 2003, p. 11).

Ce décloisonnement disciplinaire est de deux ordres. D'une part, il se traduit par la volonté d'établir des relations entre tous les champs disciplinaires apparentés à l'intérieur de l'un des cinq grands domaines d'apprentissage. D'autre part, ce décloisonnement disciplinaire « se manifeste dans les liens qui peuvent être établis entre trois éléments du programme, à savoir les diverses compétences disciplinaires, les compétences transversales et les domaines généraux de formation » (MEQ, 2001a).

2.1.4.2 Compétences transversales

L'un des chapitres du *Programme de formation de l'école québécoise* porte sur les *compétences transversales*. Ces compétences sont dites « transversales » en raison de leur caractère générique et parce qu'elles ont une portée plus large que les compétences disciplinaires. En effet, elles peuvent s'appliquer à travers plus d'un domaine d'apprentissage et pour chacune des disciplines.

Le programme de formation comporte neuf compétences transversales, regroupées en quatre ordres (MELS, 2007a; MEQ, 2001a, 2003). Leurs formulations sont presque identiques dans les programmes du primaire et du secondaire :

1. ordre intellectuel : exploiter l'information; résoudre des problèmes; exercer son jugement critique; mettre en œuvre sa pensée créatrice;
2. ordre méthodologique : se donner des méthodes de travail efficaces; exploiter les technologies de l'information et de la communication;
3. ordre personnel et social : structurer son identité (primaire); actualiser son potentiel (secondaire); coopérer;
4. ordre de la communication : communiquer de façon appropriée.

2.1.4.3 Domaines généraux de formation

Un autre des chapitres du *Programme de formation de l'école québécoise* (PFEQ) porte sur les *domaines généraux de formation*. Il s'agit d'un ensemble de problématiques auxquels les jeunes seront confrontés dans leur vie. « Le Programme de formation retient cinq domaines généraux de formation qui recouvrent diverses facettes des intérêts ou des besoins de l'élève et qui répondent à des attentes sociales importantes en matière d'éducation : Santé et bien-être (sic); Orientation et entrepreneuriat; Environnement et consommation; Médias; Vivre ensemble et citoyenneté » (MEQ, 2001a, p. 42).

2.1.4.4 Domaines d'apprentissage

Le *Programme de formation de l'école québécoise* regroupe plusieurs disciplines scolaires en cinq grands domaines d'apprentissage :

1. Domaine des langues : Langue d'enseignement; Langue seconde; Langue tierce ;

2. Domaine de la mathématique, de la science et de la technologie :
Mathématique; Science et technologie; Science et environnement ; Chimie ;
Physique ;
3. Domaine de l'univers social : Géographie; Histoire et éducation à la
citoyenneté; Monde contemporain ;
4. Domaine des arts : Art dramatique; Arts plastiques; Danse; Musique;
5. Domaine du développement personnel : Éducation physique et à la santé;
Éthique et culture religieuse.

Chacun des domaines d'apprentissage se construit autour de trois compétences contextualisées en fonction des disciplines. Ces compétences reposent sur un large répertoire de connaissances, de repères culturels, de stratégies d'apprentissage, de notions et de concepts que l'on trouve dans le programme de formation pour chacune des disciplines.

2.1.4 Le programme de science et de technologie

Les compétences scientifiques et technologiques

Le *Programme de formation de l'école québécoise* vise à développer des compétences scientifiques et technologiques qui s'appliquent sans distinction à tous les champs de cette discipline. Comme le montre le tableau 2.2, la formulation et la nature de ces compétences varient légèrement entre le primaire et le secondaire.

Malgré ces variations, les similitudes des libellés de ces compétences mettent en évidence une certaine cohérence dans le *Programme de formation de l'école québécoise*. Les différentes formulations des compétences laissent sous-entendre une forme de gradation, selon le niveau scolaire. Cette perception de progression est renforcée par les *composantes* de la compétence « Explorer le monde de la science et

de la technologie », dont les descriptions s'apparentent fortement aux compétences des autres cycles de formation.

Tableau 2.2 Compétences d'ordre scientifique et technologique dans le *Programme de formation de l'école québécoise* au primaire et au secondaire

Compétence	Primaire		Secondaire
	1 ^{er} cycle Composantes	2 ^e et 3 ^e cycle Compétences	1 ^{er} et 2 ^e cycle Compétences
Explorer le monde de la science et de la technologie	Se familiariser avec des façons de faire et de raisonner propres à la science et à la technologie.	1) Proposer des explications ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.	1) Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique.
	S'initier à l'utilisation d'outils et de procédés simples.	2) Mettre à profit les outils, objets et procédés de la science et de la technologie.	2) Mettre à profit ses connaissances scientifiques et technologiques.
	Apprivoiser des éléments des langages propres à la science et à la technologie.	3) Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et technologie.	3) Communiquer à l'aide des langages utilisés en science et technologie.

(D'après MELS, 2010e; MEQ, 2001a, 2003)

Les contenus de formation

Le développement de ces compétences s'appuie, entre autres, sur la construction et la mobilisation de *contenus de formation*. Le programme de science et technologie les présente en deux parties. La première partie présente les démarches, les stratégies, les attitudes et les techniques. La deuxième partie présente les concepts prescrits, en d'autres mots, les *savoirs*. Ces concepts prescrits sont regroupés en quatre *univers* : l'univers vivant; l'univers matériel; la Terre et l'espace; et l'univers technologique.

Décloisonnement disciplinaire

La conception du programme de science et technologie favorise le décloisonnement disciplinaire de par le caractère « transversal » des compétences de cette discipline,

d'une part, et des stratégies, des attitudes et des techniques, d'autres part. Ce décloisonnement disciplinaire « est notamment motivé par le besoin fréquent de faire appel aux contenus et aux méthodes de plusieurs de ces champs pour résoudre des problèmes ou pour construire son opinion au regard de grandes problématiques scientifiques et technologiques » (MELS, 2010b, pp. 2-3).

2.2 Compétence en résolution de problème selon le *Programme de formation de l'école québécoise*

2.2.1 Le sens général de la compétence

2.2.1.1 Une référence à défaut d'un consensus

De plus en plus de programmes d'études à travers le monde sont élaborés selon une logique de compétences (Braslavsky, 2001; Ettayebi et collab., 2008; Wesselink, Dekker-Groen, Biemans, et Mulder, 2010), bien que ce concept demeure, encore aujourd'hui, ambigu et peu consensuel en sciences de l'éducation (Jonnaert, Barrette, Boufrahi, et Masciotra, 2004).

La difficulté à cerner et à traduire le concept de compétence donne lieu à une multitude de définitions approximatives et peu opérationnelles (Jonnaert et collab., 2004) couvrant un spectre étendu de sens différents (Wesselink et collab., 2010). Cette variété résulte de l'évolution de la notion de compétence, mais également de la diversité des interprétations de ce concept en sciences de l'éducation. Ce caractère polysémique a fait de la compétence un « concept faible » (De Ketele, 2000) ou un « concept-éponge » (Le Boterf, 1995), sans posture épistémologique clairement établie (Jonnaert et collab., 2004). « Cette notion n'est donc pas porteuse, en elle-même, d'une conception particulière de l'apprentissage puisqu'elle peut être

interprétée en prenant appui sur des perspectives très variées, aussi bien behavioriste que cognitiviste, constructiviste ou socioconstructiviste », constate M.-F. Legendre (2002, p. 32)

Dans ce contexte d'instabilité conceptuelle, aucune définition n'est encore parvenue à faire l'unanimité (Jonnaert et collab., 2004; M.-F. Legendre, 2002; Tardif, 2006). Par conséquent, il est logique que le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec ait formulé sa propre définition de la compétence dans le *Programme de formation de l'école québécoise*, afin de servir de référence en cette matière pour tous les enseignants du Québec. Nous retiendrons donc cette définition, de même que celle en résolution de problème en science et technologie, car notre recherche est liée au contexte de formation de système éducatif québécois.

Le choix de restreindre nos fondements théoriques aux seules définitions issues du *Programme de formation de l'école québécoise* ne traduit pas un parti-pris. Au contraire, toute autre tentative de synthèse des théories ou des définitions de la compétence aurait, à notre avis, mené à un biais épistémologique. Pis, elle nous aurait écartés de notre objectif d'évaluer les performances d'élèves en fonction des cibles de formation que le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport s'est fixées. Nous ne voulons pas non plus porter un jugement critique sur les définitions du Ministère. Autrement dit, nous ne sommes pas intéressés à savoir si notre recherche est basée sur la notion la plus juste de la compétence, mais plutôt de savoir si les élèves « réformés » sont plus performants dans les actions qui relèvent de la compétence telle que le Ministère la conçoit et la promeut.

Par conséquent, nous fondons notre démarche de recherche et d'évaluation sur le sens général de la compétence que le *Programme de formation de l'école québécoise* définit comme « **un savoir-agir fondé sur la mobilisation et l'utilisation efficaces d'un ensemble de ressources** » (MEQ, 2001a, p. 4). Cette définition, de nature

plutôt générique, ne se rattache pas spécifiquement à une école de pensée, estime M.-F. Legendre (2002, p. 33). Néanmoins, elle est constituée de trois éléments clés, soit *le savoir-agir, la mobilisation et l'utilisation efficace et les ressources*. Ces éléments seront développés à partir des explications contenues dans le programme et à l'aide des écrits de divers auteurs, afin d'éclairer le concept de compétence tel qu'il est prescrit par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport du Québec.

2.2.1.2 Le savoir-agir

Tout comme Le Boterf (1995), le *Programme de formation de l'école québécoise* situe le *savoir-agir* au cœur du concept de compétence. Le *savoir-agir* est présenté comme « la capacité de recourir de manière appropriée à une diversité de ressources » afin d'agir « dans des contextes d'une certaine complexité » (MEQ, 2001a, p. 5). La complexité des situations d'apprentissage permet, selon le programme, de distinguer une action de l'ordre du *savoir-agir* ou du *savoir-faire* (MEQ, 2001a). À cet effet, Tardif (2006) explique que le *savoir-faire* correspond à une démarche algorithmique, c'est-à-dire à une séquence d'actions de faible degré de complexité que l'on peut automatiser ou utiliser de manière décontextualisée. À l'opposé, le *savoir-agir* correspond à une démarche euristique au degré de complexité élevé que l'on ne peut automatiser et qui résulte en une production propre à chaque situation (Tardif, 2006). En ce sens, « le savoir-agir propre à la compétence dépasse le niveau du réflexe ou de l'automatisme » (MEQ, 2001a, p. 5). Néanmoins, « la notion de compétence n'implique cependant pas toujours le recours à l'innovation et n'exclut pas l'utilisation de stratégies parfois plus répétitives pour des raisons d'efficacité, d'urgence ou de sécurité dans l'exécution de procédures précises » (MELS, 2010c, p. 12). La personne compétente doit ainsi prendre en compte les contraintes issues du contexte, mobiliser les bonnes ressources et ajuster ses actions en conséquence (MELS, 2010c).

2.2.1.3 Les ressources

Dans le *Programme de formation de l'école québécoise*, la notion d'*ensemble de ressources* réfère « non seulement à l'ensemble des acquis scolaires de l'élève, mais aussi à ses expériences, à ses habiletés, à ses intérêts, etc. À cela, que l'on pourrait qualifier de ressources internes ou personnelles, s'ajoute une multitude de ressources externes auxquelles l'élève peut faire appel, tels ses pairs, son professeur, les sources documentaires, etc. » (MEQ, 2001a, p. 5).

Ici, l'utilisation de la conjonction *et caetera* laisse place à l'intégration d'une infinité de ressources, car « la plupart du temps (...) elles sont tellement nombreuses, qu'il est difficile d'analyser l'ensemble des ressources mobilisées lors de l'exercice de la compétence » (Roegiers, 2000, p. 68). Ainsi, selon Tardif (2006), l'étendue sémantique du mot « *ressources* » comporte de nombreux avantages. Cela évite de restreindre ce qui est mobilisé par une compétence au domaine cognitif ou à des connaissances, permet d'intégrer tous les types de composantes sans discrimination, pondère l'apport des composantes selon la sphère d'activité et fait en sorte que tout ce qui est extérieur à un individu soit considéré comme des expédients potentiels (Tardif, 2006, p. 20). Ces ressources peuvent aussi bien être internes (connaissances, attitudes, valeurs, schèmes, etc.) qu'externes (dictionnaire, matériel pédagogique, TIC, etc.) (Tardif, 2006). La disponibilité des ressources externes dépend toutefois du contexte et des restrictions inhérentes à la situation d'évaluation ou d'apprentissage.

2.2.1.4 La mobilisation et l'utilisation efficaces

La mobilisation et l'utilisation efficaces suggèrent « une appropriation et une utilisation intentionnelle de contenus notionnels et d'habiletés tant intellectuelles que sociales » (MEQ, 2001a, p. 5). En d'autres mots, Scallon (2007) explique que la *mobilisation* consiste pour un individu à faire appel à toutes les ressources dont il

dispose, les siennes comme celles qui l'entourent, pour affronter un défi ou résoudre un problème (Scallon, 2007). Cette mobilisation des ressources est indissociable du concept de compétence (Scallon, 2007).

Le rapport existant entre la compétence et la mobilisation fait l'objet d'une précision essentielle de la part de Le Boterf (1995) :

La compétence ne réside pas dans les ressources (connaissances, capacités...) à mobiliser, mais *dans la mobilisation même de ces ressources*. La compétence est de l'ordre du « savoir mobiliser ». Pour qu'il y ait compétence, il faut qu'il y ait *mise en jeu* d'un répertoire de ressources (connaissances, capacités cognitives, capacités relationnelles...). (...) Elle n'est pas de l'ordre de la simple application, mais de celui de la construction. (Le Boterf, 1995, p. 17).

L'*utilisation efficace* fait quant à elle référence à une « une réponse appropriée à une question ou à une solution adéquate à un problème » (MEQ, 2001a, p. 5). Cette *efficacité* peut être associée à la notion de *succès*, l'un des quatre aspects que Jonnaert a généralement retrouvé parmi toutes les définitions de la compétence qu'il a analysées (Jonnaert, 2009). Ici, l'*efficacité* implique la réussite ou la résolution d'une situation-problème, « dans le sens d'un ensemble contextualisé d'informations à articuler en vue d'une tâche déterminée » (Roegiers, 2000, p. 126).

2.2.1.5 Les situations

La définition générale de compétence du *Programme de formation de l'école québécoise* ne contient pas la notion de *situation*. Cette absence est frappante, car, selon Jonnaert (2009), la plupart des définitions font référence à une ou des « situations » (D'Hainaut, 1988; Jonnaert et collab., 2004; Perrenoud, 2008), à une « famille de situations » (Allal, 1999; Gillet, 1991; Le Boterf, 2002; Tardif, 2006) ou encore à des « situations-problèmes » (Roegiers, 2000).

Cependant, l'absence de mention explicite à la notion de *situation* n'invalide pas pour autant la définition du concept de compétence, estime Tardif : « On pourrait accepter de ne pas introduire explicitement l'idée de famille de situations. Celle-ci devrait toutefois être implicite parce qu'il est impossible de circonscrire une compétence sans se référer à une catégorie de situations » (2006, p. 22). Justement, dans le *Programme de formation de l'école québécoise*, les explications relatives à la compétence y font régulièrement allusion. En effet, le programme indique notamment que « le concept de savoir-agir renvoie ainsi à l'idée de *situations* où se développent et se manifestent les compétences et où elles pourront être évaluées » (MELS, 2010c, p. 12). Le programme fait également référence à la notion de « situation complexe » (MELS, 2010c, p. 13) ou à « des situations qui représentent un réel défi pour l'élève » (MEQ, 2001a, p. 5).

Néanmoins, « la mention explicite de " familles de situations ", qui en soi, ne change en rien la nature ni la portée de la compétence, présente l'avantage d'imposer, pour chaque compétence, des précisions quant à l'étendue de la famille et à la variété des situations », affirme Tardif (2006, p. 23). Or, ce cadre situationnel est présent dans chacun des énoncés des compétences disciplinaires du *Programme de formation de l'école québécoise*, comme en témoigne la compétence étudiée dans notre recherche : « chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique » (MELS, 2010b, p. 14). Pour cette compétence disciplinaire, la *famille de situations* inclut des « problèmes d'ordre scientifique ou technologique ».

2.2.2 La compétence à résoudre un problème en science et technologie

Si le *Programme de formation de l'école québécoise* développe peu le sens général de la compétence, il le fait en revanche beaucoup plus sur la compétence disciplinaire en résolution de problème en science et technologie. Ainsi, dans le programme de formation pour les élèves de 2^e cycle du secondaire (MELS, 2010b), on peut y lire

deux pages d'explications sur le sens de la compétence 1 « Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique ». Trois aspects y sont développés : *les situations d'apprentissage, le processus de résolution de problème et les ressources à mobiliser.*

2.2.2.1 Les situations d'apprentissage

Pour développer la compétence à résoudre des problèmes d'ordre scientifique et technologique, les situations d'apprentissage doivent être « relativement complexes » et comporter « des données initiales, un but à atteindre ainsi que des spécifications servant à en préciser la nature, le sens et l'étendue » du problème (MELS, 2010b, p. 12).

En principe, ces situations d'apprentissage ne peuvent se limiter à un exercice papier-crayon, car « la plupart des démarches mobilisées et articulées au cours du développement de cette compétence ne peuvent être mises en œuvre qu'en laboratoire ou en atelier » (MELS, 2010b, p. 13).

2.2.2.2 Le processus de résolution de problème

La compétence en résolution de problème d'ordre scientifique ou technologique « repose sur un processus dynamique et non linéaire » (MELS, 2010b, p. 12). À tout moment, l'élève doit effectuer un travail métacognitif de retours réflexifs pour favoriser un meilleur contrôle sur l'articulation des démarches et des stratégies, sur les ressources conceptuelles et techniques utilisées, sur leur adaptation aux exigences des différents contextes et sur les éléments de rétroaction de la situation d'apprentissage (MELS, 2010b).

Les diverses séquences du processus de résolution de problème sont décrites dans le programme. Ainsi, « la résolution d'un problème commence toujours par la construction de sa représentation à partir d'indices significatifs et d'éléments jugés pertinents » (MELS, 2010b, p. 12). Cette première représentation peut être appelée à changer à la lumière « de nouveaux apprentissages », « des connaissances antérieures qui n'avaient pas encore été prises en compte », « des échanges d'idées avec les pairs ou l'enseignant » ou « de résultats expérimentaux imprévus » (MELS, 2010b, p. 12).

Sur la base de la représentation du problème, l'élève doit explorer les diverses possibilités de résolution et, après avoir sélectionné l'une d'elles, il doit « élaborer un plan d'action qui tient compte, d'une part, des limites et des contraintes matérielles imposées par le milieu et, d'autre part, des ressources dont il dispose pour résoudre le problème » (MELS, 2010b, p. 13). « Lors de la mise en œuvre du plan, l'élève exécute les étapes en prenant soin de consigner toutes les observations pouvant être utiles ultérieurement » (MELS, 2010b, p. 13), notamment pour l'analyse des résultats.

L'analyse des résultats « consiste à repérer les tendances et les relations significatives qui les caractérisent, les relations qui s'établissent entre ces résultats ou encore entre ces résultats et les données initiales. Cette mise en relation permet de formaliser le problème, de valider ou d'invalider l'hypothèse et de tirer une conclusion » (MELS, 2010b, p. 13).

Au 2^e cycle du secondaire, un élève compétent dans la recherche de réponses ou de solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique doit savoir mettre en œuvre plusieurs démarches : une démarche d'observation, une démarche de modélisation et une démarche empirique (MELS, 2010b, p. 12). Malgré tout, « ces démarches ne sont pas à l'abri des erreurs et peuvent faire appel au tâtonnement » (MELS, 2010b, p. 12).

2.2.2.3 Les ressources à mobiliser

Les ressources internes ou externes à mobiliser impliquent, sans en exclure toutes autres, des *connaissances*, des *concepts*, des *attitudes*, des *démarches*, des *stratégies*, et des *techniques* propres au domaine scientifique et technologique (MELS, 2010b). Ces ressources sont toutes décrites ou évoquées dans le *Programme de formation de l'école québécoise*.

Ainsi, les *connaissances* et *concepts* à mobiliser sont prescrits dans la section *Contenus de formation* du programme (MELS, 2010b, pp. 35-73). De plus, les *démarches*, qui « correspondent essentiellement aux façons de faire dans un contexte de résolution de problèmes en science et en technologie », sont présentées sous leurs diverses formes : les démarches de modélisation, d'observation, de nature expérimentale ou empirique, de construction d'opinion, de même que les démarches technologiques de conception et d'analyse (MELS, 2010b, pp. 25-26). Le programme aborde également brièvement les stratégies d'exploration et d'analyse qui « soutiennent le développement des trois compétences de la discipline » (MELS, 2010b, p. 27). De la même manière, les attitudes intellectuelles et comportementales, qui « constituent ainsi un facteur important dans le développement des compétences », sont sommairement évoquées (MELS, 2010b, p. 28). Finalement, les techniques, qui « balisent la mise en pratique de connaissances théoriques », sont elles aussi succinctement mentionnées dans le programme (MELS, 2010b, p. 29).

2.2.2.4 Les composantes de la compétence

À partir du sens général de la compétence à chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique, le *Programme de formation de l'école québécoise* a cerné quatre composantes de cette compétence : 1) *Cerner un*

problème, 2) *Élaborer un plan d'action*, 3) *Concrétiser le plan d'action* et 4) *Analyser les résultats* (MELS, 2010b, p. 14).

Notre tableau synthèse basé sur le programme présente ces quatre composantes et les précise (Tableau 2.3). Notons que les composantes ne sont pas énumérées selon un ordre d'exécution de la tâche, elles devraient plutôt être présentées sous forme d'un réseau de concepts à structure rayonnante et non hiérarchique (Scallon, 2007). Par ailleurs, la mobilisation d'une composante peut se limiter à une ou plusieurs actions qui lui sont associées, sans qu'elles soient toutes impliquées à chaque fois. Les actions impliquées dans la résolution de problème dépendent de la situation à résoudre (Wirth et Klieme, 2003).

Tableau 2.3 Composantes de la compétence 1 « Chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique »

Composantes	Description
Cerner un problème	Considérer le contexte de la situation • S'en donner une représentation • Identifier les données initiales • Identifier les éléments qui semblent pertinents et les relations qui les unissent • Reformuler le problème en faisant appel à des concepts scientifiques et technologiques • Proposer des explications ou des solutions possibles
Élaborer un plan d'action	Explorer quelques-unes des explications ou des solutions provisoires • Sélectionner une explication ou une solution • Déterminer les ressources nécessaires • Planifier les étapes de sa mise en œuvre
Concrétiser un plan d'action	Mettre en œuvre les étapes planifiées • Faire appel aux techniques et aux autres ressources appropriées • Procéder à des essais, s'il y a lieu • Recueillir des données ou noter des observations pouvant être utiles • Apporter, si cela est nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action • Mener à terme le plan d'action
Analyser les résultats	Rechercher les tendances ou les relations significatives • Juger de la pertinence de la réponse ou de la solution apportée • Établir des liens entre les résultats et les concepts scientifiques et technologiques • Proposer des améliorations, si cela est nécessaire • Tirer des conclusions

(MELS, 2010b, p. 14)

L'élève compétent est celui qui maîtrise ces composantes et le démontre dans des situations qui posent un problème d'ordre scientifique ou technologique. Par

conséquent, les quatre critères d'évaluation sont directement inspirés de ces composantes : 1) Représentation adéquate de la situation, 2) Élaboration d'un plan d'action pertinent, adapté à la situation, 3) Mise en œuvre adéquate du plan d'action, et 4) Élaboration de conclusions, d'explications ou de solutions pertinentes (MELS, 2010b, p. 14).

Ces critères d'évaluation de la compétence à chercher des réponses ou des solutions à des problèmes d'ordre scientifique ou technologique sont accompagnés de quelques paragraphes décrivant les « attentes de fin de cycle », c'est-à-dire « ce qui peut être attendu d'un élève à la fin d'un cycle » en tenant compte des savoirs mobilisés et des types de situations dans lesquels ils le sont (MEQ, 2001a, p. 9). Malgré la description des critères d'évaluation et des attentes de fin de cycle, le *Programme de formation de l'école québécoise* ne précise ni les modalités d'évaluation, ni les situations d'évaluation auxquels les élèves devraient se soumettre, et ce, afin de respecter la liberté d'action des professionnels de l'enseignement. Nous devons donc nous référer à littérature scientifique pour les trouver.

2.3 L'évaluation de la compétence à résoudre des problèmes d'ordre scientifique et technologique

2.3.1 Les attentes de fin de cycle

Le *Programme de formation de l'école québécoise* du 2^e cycle du secondaire précise les attentes de fin de cycle, autrement dit ce que l'élève devrait être capable de faire à la fin de son parcours en matière de résolution de problème d'ordre scientifique et technologique :

À la fin du deuxième cycle du secondaire, l'élève est en mesure de mettre en œuvre un processus de résolution de problèmes. Il s'approprie le problème en dégagant le but à atteindre ou le besoin à cerner ainsi que les conditions à respecter. Il formule ou reformule des questions qui s'appuient sur des données

issues du problème. Il propose des hypothèses vraisemblables ou des solutions possibles, qu'il est en mesure de justifier.

Il élabore sa planification en sélectionnant les démarches qui lui permettront d'atteindre son but. Il contrôle les variables importantes qui peuvent influencer les résultats. Dans l'élaboration de son plan d'action, il choisit les outils conceptuels et le matériel pertinents parmi ceux qui sont mis à sa disposition.

Il concrétise son plan d'action en travaillant de façon sécuritaire et l'ajuste au besoin. Il recueille des données valables en utilisant correctement le matériel choisi. Il tient compte de la précision des outils ou des équipements. En tout temps, il se préoccupe des erreurs liées aux mesures. En science, il analyse les données recueillies et en tire des conclusions ou des explications pertinentes. En technologie, il procède à la mise à l'essai de sa solution en s'assurant que cette dernière répond au besoin ciblé ou aux exigences du cahier des charges. S'il y a lieu, il énonce de nouvelles hypothèses ou propose des améliorations à sa solution ou de nouvelles solutions. Il a recours, si cela est nécessaire, aux technologies de l'information et de la communication.

Tout au long du processus, l'élève inscrit au programme optionnel fait preuve de rigueur et recourt aux explications qualitatives et au formalisme mathématique requis pour appuyer son raisonnement. (MELS, 2010e, p. 16)

Pour juger si l'élève répond aux attentes de fins de cycle, le PFEQ énonce quatre critères d'évaluation généraux qui doivent être adaptés en fonction de la situation d'évaluation qui est au cœur du processus d'évaluation.

2.3.2 La situation d'évaluation

L'évaluation d'une compétence doit nécessairement se faire en *situation*, c'est-à-dire un ensemble contextualisé d'informations à articuler en vue d'une tâche complexe qui pose à l'élève des défis, dont celui de mobiliser ses ressources (Roegiers, 2000; Scallon, 2007).

Les situations utilisées pour inférer une compétence doivent aussi, selon Scallon (2007), dépasser en exigence celles qui servent à inférer une habileté :

Pour que le problème posé dépasse le niveau du savoir-faire ou de l'habileté, il faut que la solution soit non évidente au premier coup d'œil. Pour se démarquer de la situation d'habileté, la situation à créer pour inférer une compétence doit

être complexe quant au nombre de ressources à mobiliser. (Scallon, 2007, p. 159)

De plus, toute situation d'évaluation de la compétence doit amener l'élève à réaliser une production qui répond à des exigences ou respecte des contraintes inhérentes à la situation-problème présentée, explique Scallon (2007). Cette production constituée de réalités observables est porteuse des indices-clés pour inférer la compétence visée (Scallon, 2007).

Or, pour correctement inférer la compétence en résolution de problème, il faut tenir compte de ses multiples composantes qui sont soit d'ordre analytique (Cerner un problème, Élaborer un plan d'action, Analyser les résultats), soit de l'ordre dynamique (Concrétiser le plan d'action) (Wirth et Klieme, 2003).

Pour évaluer les composantes d'ordre analytique, Wirth (2003) présente plusieurs conditions inhérentes à une bonne situation d'évaluation. Ainsi, les buts de la situation d'évaluation sont bien définis et où toutes les informations nécessaires à la résolution de problème sont explicitement données où peuvent être inféré par le raisonnement. L'élève doit alors décider d'une séquence d'opérations pour être en mesure d'atteindre le but. Quant à l'évaluation des aspects dynamiques de la compétence en résolution de problème, Wirth (2003) explique que la situation complexe doit amener l'élève à tester ses opérations et à observer leurs impacts, afin de produire les informations nécessaires à la résolution du problème. Ce processus est généralement itératif, car il requiert souvent des ajustements. L'élève peut alors soit suivre une démarche qu'il a planifiée, soit procéder par essais-erreurs. Dans tous les cas, l'interaction dynamique est alors indispensable entre l'élève et la situation-problème pour pouvoir évaluer cet aspect des composantes de la compétence (Leutner, 2002).

Malheureusement, les évaluations traditionnelles (papier-crayon) se prêtent mal à cette interaction dynamique entre l'élève et la situation d'évaluation de compétence en résolution de problème. Quant aux situations d'évaluation qui impliqueraient des manipulations de matériel de laboratoire par exemple, elles posent de sérieux défis de collecte de données d'observation, car tous les élèves du groupe tenteraient simultanément de résoudre le problème qu'on leur a soumis.

À défaut d'une situation d'évaluation authentique, plusieurs chercheurs recommandent donc l'utilisation de simulations informatisées qui ont l'avantage de présenter des conditions expérimentales contrôlées et des outils intégrés de collecte de données (Anderson, 1982; Bennett, Persky, Weiss, et Jenkins, 2010; Funke, 2001; Kröner, Plass, et Leutner, 2005; Ridgway et McCusker, 2003).

2.3.3 Simulation informatisée

Kröner, Plass, et Leutner (2005) proposent une définition des simulations informatisées qui met de l'avant certaines caractéristiques fondamentales des situations d'évaluation de la compétence en résolution de problème :

Les simulations informatisées sont des programmes informatiques qui permettent aux utilisateurs d'explorer de nouvelles situations, de prendre des décisions concernant leurs stratégies d'exploration, d'acquérir des connaissances basées sur les réponses de la simulation en réaction à leurs actions et d'appliquer ces connaissances afin de contrôler les états changeants de la simulation. Bien que de telles simulations peuvent varier dans leur ressemblance à des situations réelles, toutes ces simulations demandent des actions de régulation, comme l'établissement d'objectif et l'intégration des rétroactions. [Traduction libre] (Kröner et collab., 2005, pp. 347-348)

Ces simulations informatisées sont de bons outils pour créer des situations d'évaluation de processus mentaux complexes et elles comportent certains avantages par rapport aux évaluations traditionnelles (Kröner et collab., 2005). En effet, cela permet non seulement de concevoir des outils de diagnostic qui peuvent fournir aux

élèves une rétroaction plus spécifique à l'égard de leur performance que les tests traditionnels, mais, en plus, cela permet aux chercheurs de mener des recherches expérimentales, dans des conditions contrôlées et avec des mesures de rendement flexibles, sur la relation entre les performances en simulation et les capacités cognitives des utilisateurs (Kröner et collab., 2005).

Ainsi, par leur nature, les simulations informatisées présentent un potentiel intéressant pour l'étude de la compétence à résoudre des problèmes (Funke, 2001; Kröner et collab., 2005; Lebow et Wager, 1994). De nombreux chercheurs ont opté pour cet outil pour mesurer cette compétence (Anderson, 1982; Bennett et collab., 2010; Hickey, Ingram-Goble, et Jameson, 2009; Ketelhut, Nelson, Clarke, et Dede, 2010; Kluge, 2008; Leutner, 2002; Rieber et Noah, 2008). D'autres ont préféré les jeux informatiques (Barab et collab., 2009; de Freitas et Oliver, 2006; Jaipala et Figg, 2009; Papastergiou, 2009; Zapata-Rivera, VanWinkle, Doyle, Buteux, et Bauer, 2009) dans la perspective où le jeu n'est qu'une autre forme de situation de résolution de problème (Ko, 2002).

2.3.4 Situation d'évaluation en contexte « *extradisciplinaire* »

L'interactivité n'est pas la seule dimension nécessaire à l'élaboration d'une bonne situation d'évaluation de la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique. Le contexte est lui aussi très important, mais son choix est difficile.

Cette difficulté renvoie au caractère « transversal » de la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique, car elle s'applique à l'ensemble des quatre univers de formation d'une même discipline. Par conséquent, le contexte d'évaluation pourrait tout aussi bien être liée à l'univers du vivant, de la technologie,

du matériel ou de la Terre et de l'espace. Or, le choix d'un univers plutôt qu'un autre est susceptible d'engendrer certains biais.

En effet, ces biais seraient en grande partie dus à l'influence induite des connaissances antérieures acquises dans des conditions non contrôlées (Kröner et collab., 2005). Ainsi, un élève très performant en physique et moins en chimie, par exemple, serait avantagé dans une situation d'évaluation présentant un contexte en physique et, à l'inverse, désavantagé avec un contexte en chimie.

L'une des solutions envisageables pourrait s'inspirer de l'étude de Dionne (2010) qui, pour « tenir compte du contexte interdisciplinaire », a créé trois situations d'évaluation différentes, l'une avec un contexte lié à la physique, l'autre avec un contexte associé à la biologie et la dernière avec un contexte lié à la mise en œuvre d'une démarche dans laquelle il n'y avait pas de contexte disciplinaire prédominant. Cette approche augmente en principe les chances qu'un élève ait à résoudre un problème dans un contexte avec lequel il est à l'aise, mais cela ne prévient pas l'influence induite des connaissances antérieures spécifiques au problème acquises dans des conditions non contrôlées.

Pour éviter que les connaissances des principes scientifiques nécessaires pour résoudre le problème occultent les autres facteurs déterminants, Adams (2007) suggère d'utiliser un instrument de mesure capable de distinguer entre ce qui relève de la compétence à résoudre un problème et ce qui relève des connaissances antérieures spécifiques au problème. L'essentiel, selon lui, c'est que la résolution du problème ne nécessite pas de l'élève qu'il utilise des connaissances spécifiques au problème acquises à l'extérieur du contexte de la situation d'évaluation. Toutes les informations utiles à la résolution du problème doivent être contenues ou créées dans la simulation elle-même, estime Kluge (2008). Les élèves n'auront alors pas d'autres choix que de baser leurs conclusions sur les données recueillies dans la simulation, au

lieu de se baser sur des idées préconçues ou sur ce qu'ils pensent « savoir » (Anderson, 1982).

Pour éviter tous biais engendrés par des connaissances antérieures acquises dans des conditions non contrôlées, plusieurs chercheurs (Anderson, 1982; Couture et Meyor, 2008; Kluge, 2008) ont mis au point des simulations informatisées dites *adisciplinaires* (Couture et Meyor, 2008), *knowledge-free* (Kluge, 2008) ou encore *contexte-free* (Anderson, 1982). Ces simulations sont exemptes de tout contexte disciplinaire. Les utilisateurs n'ont qu'à modifier des variables, souvent à l'aide d'un gradateur ou d'un panneau de réglages, pour observer leur effet sur un système et en déduire le mode de fonctionnement. Ce genre de situation est un bon moyen, selon Anderson (1982), de faire comprendre le contrôle de variables indépendantes, ou encore le principe de groupe contrôle, deux notions essentielles en science et technologie :

Si les étudiants sont forcés de travailler dans une situation exempte de tout contexte disciplinaire et qu'ils doivent se baser uniquement sur les données disponibles dans la simulation, je crois que l'on peut plus efficacement introduire le raisonnement soutenant la méthode expérimentale. [Traduction libre] (Anderson, 1982)

L'approche que nous préconisons consiste donc à utiliser une simulation informatisée *interactive* présentant une situation d'évaluation faisant appel à la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique dans un contexte *transversal* ne nécessitant *pas connaissances antérieures spécifiques au domaine disciplinaire* de la science et de la technologie (*knowledge-free*). Ainsi, toutes les informations spécifiques nécessaires à la résolution du problème sont soit contenues dans la situation elle-même, soit créées par l'élève à partir de ses interactions avec la simulation informatisée.

Nous qualifions ce type de contexte d'évaluation à l'aide du néologisme « extradisciplinaire » où le préfixe *extra* signifie « en dehors » et où l'adjectif *disciplinaire* désigne le domaine disciplinaire de la science et de la technologie. Avec une situation d'évaluation en contexte *extradisciplinaire*, l'élève devra, d'une part, mobiliser des démarches, des stratégies, des raisonnements, etc. propres à la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique (ressources internes) et, d'autre part, utiliser les connaissances créées partir des informations tirées de la simulation (ressources externes).

Nous admettons donc a priori que cette approche d'évaluation permet d'évaluer adéquatement la compétence et ses composantes en matière de résolution de problème d'ordre scientifique et technologique sans que les connaissances antérieures spécifiques à cette discipline influencent de manière indue la performance de l'élève. Une simulation informatisée conforme à ce principe a été utilisée pour mener notre recherche et sera décrite dans notre chapitre sur la méthodologie.

CHAPITRE III

MÉTHODOLOGIE

Notre cadre théorique du chapitre précédent se base principalement sur des documents publiés par le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS), notamment le *Programme de formation de l'école québécoise*, et sur une littérature scientifique se rapportant aux concepts fondamentaux de notre problématique de recherche. Cette recension des écrits a mis en lumière plusieurs travaux de recherche portant sur l'évaluation de la compétence à résoudre un problème en science et en technologie. Parmi ceux-ci, plusieurs études scientifiques, dont celles de Kröner (2005) et de Kluge (2008), corroborent la méthode utilisée pour trouver des éléments de réponse à notre question de recherche. Ces choix méthodologiques seront présentés et justifiés dans ce chapitre portant sur la méthodologie de notre recherche.

Par ailleurs, précisons d'emblée que nous n'avons pas nous même élaboré la méthodologie et l'outil d'évaluation qui seront décrits dans ce chapitre. Ils résultent plutôt du travail de plusieurs membres de l'Équipe de Recherche en Éducation Scientifique et Technologique (EREST) de l'Université du Québec à Montréal (UQAM). Pour notre part, nous avons assuré la collecte et l'analyse des données.

3.1 L'approche de la recherche

3.1.1 La nature de la recherche

La nature de notre question, de nos hypothèses et de nos objectifs de recherche orientent notre travail vers l'élaboration et la réalisation d'une recherche *quantitative*

que nous qualifions, en fonction des définitions de Legendre (2005), de *fondamentale*, d'*empirique* et de *descriptive*.

Ainsi, notre recherche est dite *fondamentale*, car elle permettra l'acquisition de connaissances nouvelles quant à la performance des élèves en résolution de problème depuis l'application du *Renouveau pédagogique*. De plus, nous la qualifions d'*empirique*, car elle repose sur des observations recueillies à l'aide d'une expérience dans le but d'évaluer la performance en résolution de problème d'élèves issus de deux cohortes différentes. Ces observations nous permettront de mener une *étude descriptive* qui peut, selon Fortin (2010), servir à rendre compte des différences observées entre des groupes. « Les statistiques descriptives peuvent être utilisées pour apprécier ces différences », conclut la chercheuse (2010, p. 293)

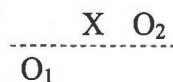
3.1.2 Le devis de recherche

Notre étude descriptive de nature comparative propose un devis de recherche avec post-test seulement. Il est inspiré du *devis de groupe de comparaison statique* de Campbell et Stanley (1963, p. 12) et de Ladouceur et Bégin (1980, p. 50). Ainsi, dans notre devis de recherche, un groupe d'élèves (O_2) qui a vécu la mise en application du *Programme de formation de l'école québécoise* sous le régime de formation du *Renouveau pédagogique* (X) est comparé à un autre groupe d'élèves (O_1) qui ne l'a pas vécue.

Malheureusement, la mise en application simultanée de la réforme dans toutes les écoles du Québec nous a empêché de constituer des groupes contrôles ou équivalents par distribution aléatoire des sujets, tel que le recommande Campbell et Stanley (1963, p. 25). Par conséquent, nous ne pouvons garantir l'équivalence des deux groupes, si ce n'est de l'âge moyen, de l'école d'appartenance et de la proportion de

garçons et de filles dans les groupes testés (Figure 3.2). Cette absence d'équivalence entre les groupes est représentée par une ligne pointillée dans la Figure 3.1.

La non-équivalence des deux groupes ne nous permettra pas de conclure que l'éventuelle différence de performance entre les deux serait exclusivement due à la mise en application de la réforme (X). Toutefois, cela ne nous empêche pas de comparer ces groupes, car nous utilisons exactement le même instrument de mesure et le même protocole expérimental. Ce type de comparaison entre des cohortes d'élèves est d'ailleurs fréquent, entre autres, dans les enquêtes PISA, par exemple.



O₁ : Groupe de la cohorte 2009 d'élèves de la 5^e secondaire

O₂ : Groupe de la cohorte 2011 d'élèves de la 5^e secondaire

X : Application du Programme de formation de l'école québécoise sous le régime de formation du *Renouveau pédagogique*

Figure 3.1 Devis expérimental de recherche

3.2 Les sujets

3.2.1 Populations

Notre recherche propose de comparer la performance en résolution de problème en science et technologie de deux *populations cibles* de même niveau scolaire, la première constituée d'élèves québécois « non réformés » et la deuxième d'élèves québécois « réformés ». Or, ces deux populations n'ont jamais coexisté, car la mise en application graduelle du *Programme de formation de l'école québécoise* à chacun des niveaux scolaires était obligatoire dans toutes les écoles québécoises. Par

conséquent, la collecte de données devait nécessairement se faire à deux époques, auprès de deux cohortes différentes du point de vue de la formation, mais issues d'écoles et de niveau scolaire identique.

Pour réaliser cette collecte de données, des membres de l'Équipe de Recherche en Éducation Scientifique et Technologique (EREST) ont planifié leurs expérimentations en fonction du calendrier ministériel prévoyant, pour chaque année, à quel niveau scolaire débutera la mise en application obligatoire du *Programme de formation de l'école québécoise* (Tableau 2.1). Au printemps 2009, au moment d'entreprendre une démarche de collecte de données auprès de la première population cible, il n'y avait plus sur les bancs d'école qu'une seule cohorte d'élèves « non réformés » au Québec : les élèves de la 5^e secondaire. Par conséquent, c'est également ce niveau de scolarité qui a été retenu pour tester la deuxième population cible, c'est-à-dire des élèves québécois « réformés ».

Cette contrainte ne nuit pas à notre recherche. Au contraire, elle comporte au moins un avantage. En testant des élèves « réformés » en fin de parcours scolaire, nous testons des élèves dont l'intégralité de la formation scolaire a été déterminée par le *Programme de formation de l'école québécoise*. Ces onze années de formation dans un système d'éducation réformé devraient, selon nous, augmenter les probabilités de détection d'un lien entre le *Renouveau pédagogique* et la performance des élèves en résolution de problème en science et technologie. Par contre, cette longue exposition au *Programme de formation de l'école québécoise* s'est probablement faite dans un contexte scolaire où les enseignants étaient encore dans une phase d'adaptation et d'incertitude par rapport à la nouvelle approche et aux nouveaux contenus du *Renouveau pédagogique*.

3.2.2 Échantillonnage

Pour trouver les sujets correspondants à nos deux populations cibles, l'EREST a entrepris des démarches auprès d'établissements scolaires et de commissions scolaires du Québec. Une école privée montréalaise et trois écoles publiques québécoises d'une commission scolaire dans la grande région de Montréal ont accepté d'ouvrir leurs classes pour nous permettre de tester leurs élèves. *L'échantillonnage par convenance* des écoles a par la suite mené à un *échantillonnage en grappes* (Fortin et Gagnon, 2010, p. 233) des sujets, les élèves de la 5^e secondaire des écoles participantes. Tous les élèves initialement ciblés de ces écoles ont été interpellés. Ce sont exactement les mêmes écoles qui ont participé à la collecte de données en 2009 et en 2011.

Les trois écoles publiques ont des indices de milieu socio-économique (IMSE) qui les situent soit au 6^e, 7^e ou 8^e rang décile (rang 1 étant considéré comme le moins défavorisé et le rang 10 comme le plus défavorisé). Cet indice « est constitué de la proportion des familles avec enfants dont la mère n'a pas de diplôme, certificat ou grade (ce qui représente les deux tiers du poids de l'indice) et la proportion de ménages dont les parents n'étaient pas à l'emploi durant la semaine de référence du recensement canadien (ce qui représente le tiers du poids de l'indice) » (MELS, 2011a).

De plus, les trois écoles publiques ont des indices de seuil de faible revenu (SFR) qui les situent soit au 5^e, 6^e ou 7^e rang décile (rang 1 étant considéré comme le moins défavorisé et le rang 10 comme le plus défavorisé). Cet indice « correspond à la proportion des familles avec enfants dont le revenu est situé près ou sous le seuil de faible revenu. Le seuil de faible revenu se définit comme le niveau de revenu selon lequel on estime que les familles consacrent 20 % de plus que la moyenne générale à la nourriture, au logement et à l'habillement. » (MELS, 2011a).

L'IMSE et le SFR des écoles montrent que le milieu socio-économique et le niveau de revenu familial des élèves sont moyennement défavorisés. Ces indices ne sont toutefois pas disponibles pour l'établissement privé.

Par ailleurs, nous ne sommes pas en mesure de porter un jugement sur la qualité de l'implantation du *Renouveau pédagogique* dans les établissements scolaires participants. Cependant, nous pouvons indiquer que les enseignants de ces écoles ne sont pas membres d'un syndicat ou d'une fédération syndicale réputés s'opposer à la réforme.

3.2.3 Consentement

Plusieurs semaines avant chaque période de collecte de données, tous les élèves de notre échantillon ont reçu, par le biais d'un de leurs enseignants, une lettre d'information qui les invitait à participer et qui contenait un formulaire de consentement.

Ce formulaire exigeait d'abord des parents d'élèves mineurs qu'ils autorisent leur enfant à participer à l'expérience. En suite, chaque élève était libre de donner ou non son consentement écrit. Avant chaque expérience, nous informions les groupes d'élèves qu'ils étaient libres de participer ou pas et que nous n'utiliserions que les données des élèves qui auront remis leur consentement écrit. La majorité des formulaires signés ont été récupérés, mais, malgré de nombreux rappels, il n'a pas été possible de tous les obtenir.

3.2.4 Sujets de l'échantillon

La définition de nos deux populations, le processus d'échantillonnage et l'obtention du consentement écrit des élèves nous ont permis de constituer deux échantillons de sujets pour notre recherche, soit 468 sujets pour la cohorte de 2009 et 383 sujets pour la cohorte de 2011 (Tableau 3.1).

Tableau 3.1 Taux de participation des sujets.

Échantillons	Nombre total de sujets testés	Nombre de sujets testés avec preuve écrite de consentement	Pourcentage de sujets retenus de l'échantillon pour l'analyse des données
2009	642	468	72,83 %
2011	518	382	73,74 %

Les deux cohortes peuvent être considérées comme relativement équivalentes du point de vue de l'âge moyen, de l'école d'appartenance et de la proportion de garçons et de filles dans les groupes testés (Tableau 3.2).

Tableau 3.2 Sujets de l'échantillon.

Échantillons	Nombre de sujets testés avec preuve écrite de consentement	Âge moyen	Pourcentage de filles	Pourcentage de garçons
2009	468	16,7	54,1 %	45,9 %
2011	382	16,7	53,4 %	46,6 %

3.3 Outil d'évaluation

3.3.1 Description de l'outil d'évaluation

Pour évaluer la compétence à résoudre un problème scientifique ou technologique, nous avons utilisé un prototype spécifiquement conçu à cette fin par Patrice Potvin et François Boucher-Genesse de l'Équipe de Recherche en Éducation Scientifique et

Technologique (EREST). Cet outil d'évaluation prend la forme d'une simulation informatisée ludique, baptisée simplement « Jeu de cuisine », avec un contexte *extradisciplinaire*.

3.3.1.1 La mise en contexte

Le jeu débute par une mise en contexte présentée sous forme d'un texte défilant lu au sujet par un narrateur (Figure 3.2). L'utilisateur découvre alors qu'il a été choisi parmi plusieurs apprentis d'une cuisine vietnamienne pour préparer une soupe *Taki* à partir de trois ingrédients. Il devra alors découvrir par lui-même les proportions exactes des trois ingrédients en se fiant à l'appréciation juste et constante d'un goûteur expert, le maître Matsuda.

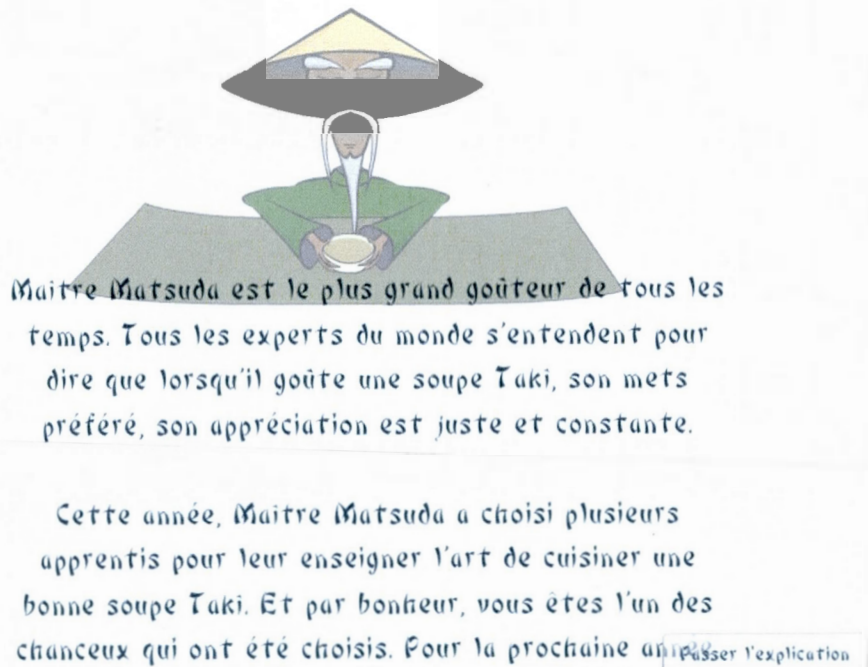


Figure 3.2 Mise en contexte du jeu de cuisine

3.3.1.2 Le choix de la quantité de chaque ingrédient

L'utilisateur débute l'activité à partir d'une interface où lui sont présentés trois ingrédients dont l'apparence est déterminée aléatoirement entre un poivron, une carotte et un oignon vert. Pour commencer, le sujet doit choisir à l'aide d'un gradateur la quantité du premier légume (0 à 100 g) qu'il pourra couper pour préparer la soupe (Figure 3.3).

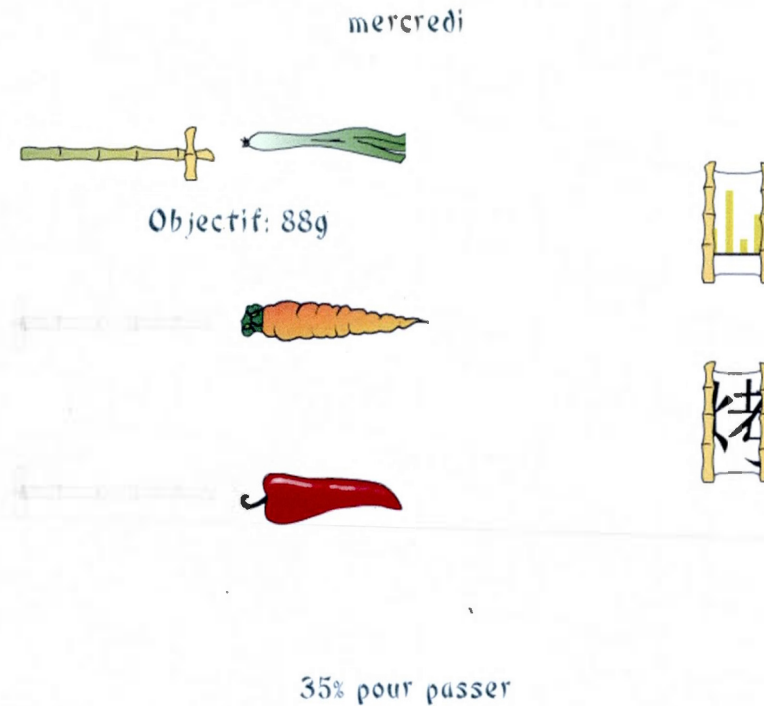


Figure 3.3 Choix de la quantité de légumes à couper

3.3.1.3 La coupe des ingrédients

L'étape suivante consiste à utiliser la souris de l'ordinateur pour manipuler un couteau virtuel afin de couper le légume en suivant les lignes de coupe pointillées qui apparaissent sur le légume (Figure 3.4). La précision de la coupe est déterminée par la distance entre le passage du couteau et la ligne de coupe. Lorsque la coupe est parfaite, le sujet entend trois légers tintements de cloche et voit simultanément trois caractères chinois apparaître brièvement. Si la coupe est moins bonne, il n'y aura qu'un ou deux éléments de rétroaction (tintements et caractères chinois). Si la coupe est très mauvaise, un petit bruit d'erreur est émis. Ainsi, le sujet reçoit constamment des rétroactions pour lui indiquer la qualité de ses manipulations en fonction de la précision de ses manipulations. Cette précision est importante parce que plus les

coupes sont mauvaises, plus la quantité de matière utilisée dans la soupe sera inférieure à la quantité de matière sélectionnée au départ. En d'autres mots, si la coupe est mauvaise, il perd de la matière. Par exemple, il peut avoir sélectionné un objectif de 60 g du premier légume, mais après quelques mauvais coups de couteau, il ne pourra utiliser que 54 g dans sa soupe. Il y a cinq coupes par légume et chaque coupe ne peut être effectuée qu'une seule fois.

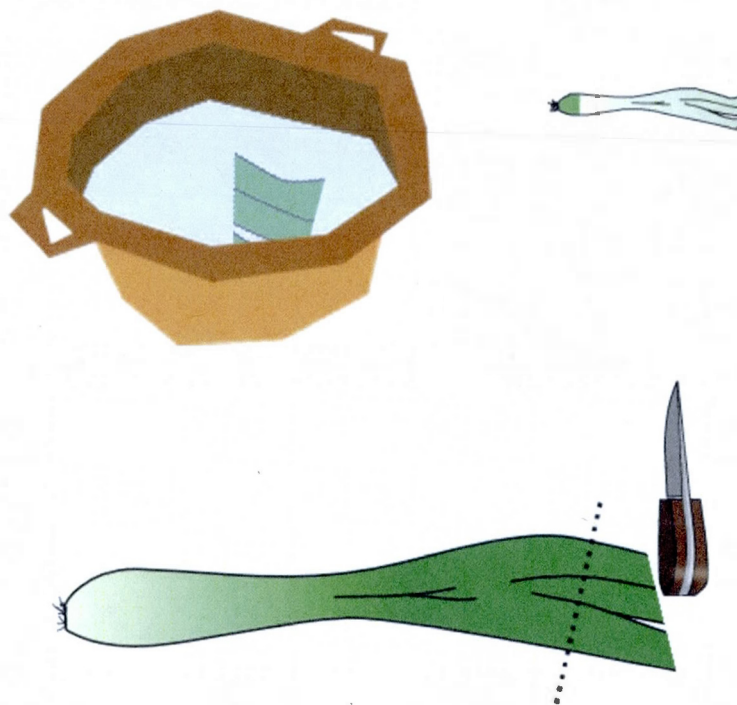


Figure 3.4 Coupe du légume

3.3.1.4 L'appréciation du goûteur et son score

Après avoir complété la coupe du légume, le maître goûte la soupe et attribue un score en fonction de son appréciation sur la quantité réelle des ingrédients introduits dans la soupe (Figure 3.5).

lundi



Cette soupe mérite la note de 23%

Figure 3.5 Appréciation du goûteur

Le score attribué par le 1^{er} goûteur est composé de la somme des scores qu'il attribue pour chaque légume en fonction d'une courbe d'appréciation présentée dans la Figure 3.6. Par exemple, si le sujet coupe 100 g du 1^{er} légume (40 %), 20 g du 2^e légume (10 %) et 21 g du 3^e légume (30 %), il aura un score total de 80 %. Ces courbes d'appréciations ont été programmées dans le jeu à partir de différentes valeurs de référence qui agissent comme points d'inflexion dans les courbes.

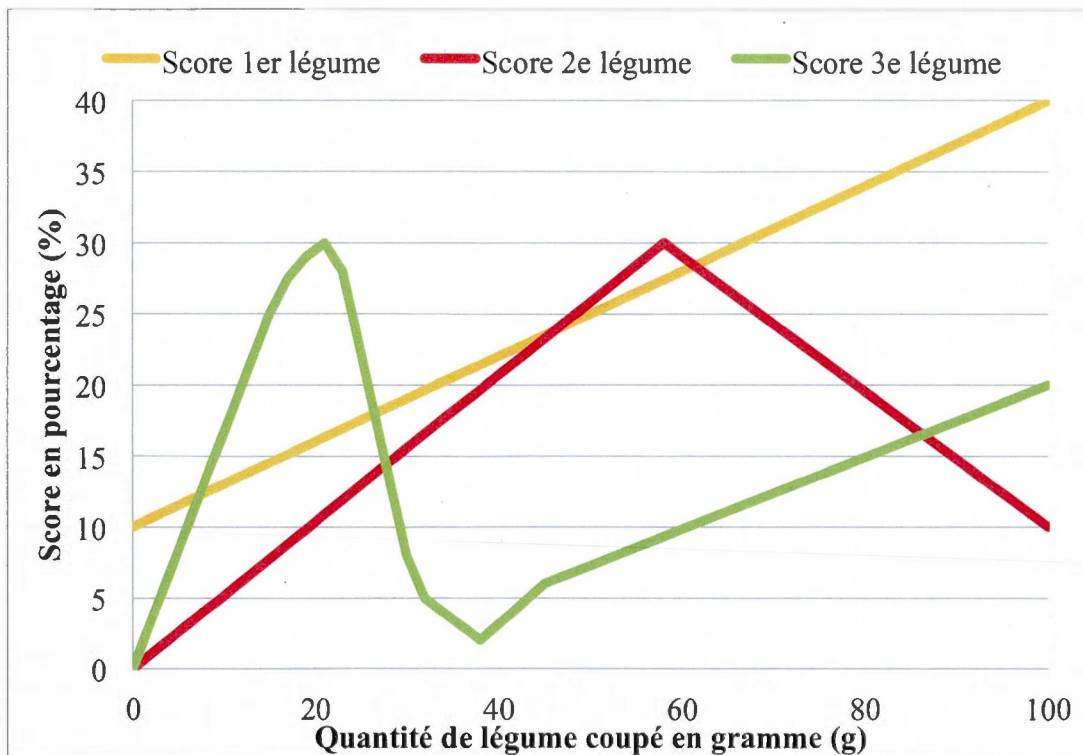


Figure 3.6 Score d'appréciation du 1^{er} goûteur exprimé en pourcentage en fonction de la quantité de légumes coupés exprimé en gramme

3.3.1.5 La collecte et l'analyse des scores pour chaque essai

Dans le contexte du jeu, le sujet peut réaliser un essai par jour, du lundi au samedi. À la fin de chaque jour, le goûteur donne son appréciation à l'aide d'un score. Un tableau et un histogramme colligent tous ces scores en fonction des quantités réelles utilisées dans la soupe (Figure 3.7). Grâce à cette interface, le sujet peut interpréter ses résultats, ajuster sa stratégie et planifier son prochain essai pour satisfaire au mieux le goût du maître. Pour aider le sujet dans l'interprétation des données, la simulation lui offre la possibilité de classer en ordre croissant ou décroissant ses scores ou ses quantités. Il peut également masquer les essais qu'il juge peu utiles à l'interprétation des données.

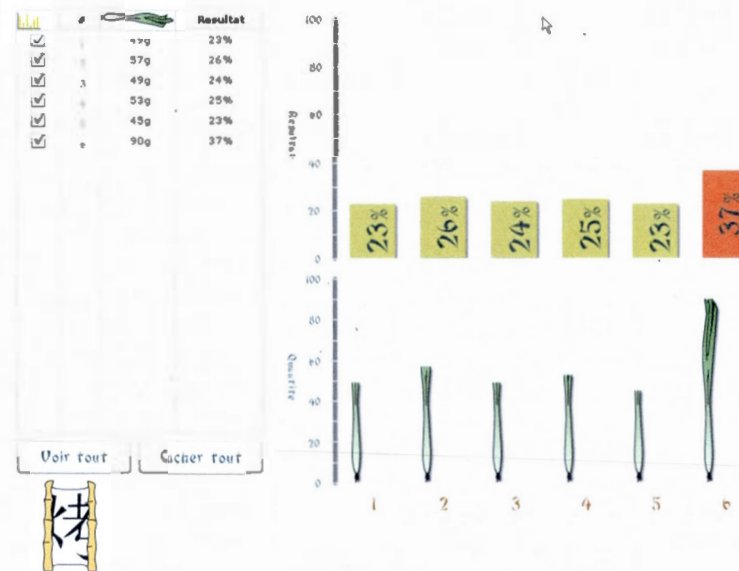


Figure 3.7 Tableau et histogramme des scores en fonction des quantités réelles utilisées

3.3.1.6 Les conditions de réussite des étapes intermédiaires et finales

Pour débloquer la première étape intermédiaire et utiliser un deuxième légume, le sujet doit atteindre ou dépasser le seuil de réussite de 35 % le dimanche, jour de l'examen (Tableau 3.3). S'il échoue, il devra refaire une semaine d'essais avec un légume. S'il y parvient, le sujet pourra modifier les quantités de deux ingrédients durant une autre semaine d'essais, avant de tenter d'atteindre ou de dépasser le nouveau seuil de réussite de 65 % le dimanche, jour de l'examen. S'il y parvient, il pourra modifier la quantité de trois légumes pour atteindre ou dépasser le seuil de réussite de 98 % le dimanche, jour de l'examen.

Tableau 3.3 Quantités idéales et seuils de passage en fonction du 1^{er} goûteur

Goûteur	Quantités idéales	Seuils de réussite
1 ^{er}	1 ^{er} légume : 100 g	Examen avec un légume : 35 %
	2 ^e légume : 58 g	Examen avec deux légumes : 65 %
	3 ^e légume : 21 g	Examen avec trois légumes : 98 %

3.3.1.7 Le second niveau du jeu avec le 2^e goûteur

Au second niveau du jeu, un nouveau goûteur, maître Grossada, est présenté au sujet. Ce 2^e goûteur possède des goûts complètement différents, mais son appréciation est toujours juste et constante. Ce niveau, plus complexe, propose au sujet de choisir d'emblée les quantités des trois légumes et de réaliser plusieurs essais durant une semaine pour satisfaire au mieux le 2^e goûteur. Pour réussir l'examen du dimanche, le sujet devra obtenir un score d'appréciation de 98 % (Tableau 3.4).

Tableau 3.4 Quantités idéales et seuils de passage en fonction du 2^e goûteur

Goûteur	Quantités idéales	Seuils de passage
2 ^e	1 ^{er} légume : 45 g	Examen avec trois légumes : 98 %
	2 ^e légume : 57 g	
	3 ^e légume : 100 g	

Le score attribué par le 2^e goûteur est composé de la somme des scores qu'il attribue pour chaque légume en fonction d'une courbe d'appréciation présentée dans la Figure 3.8.

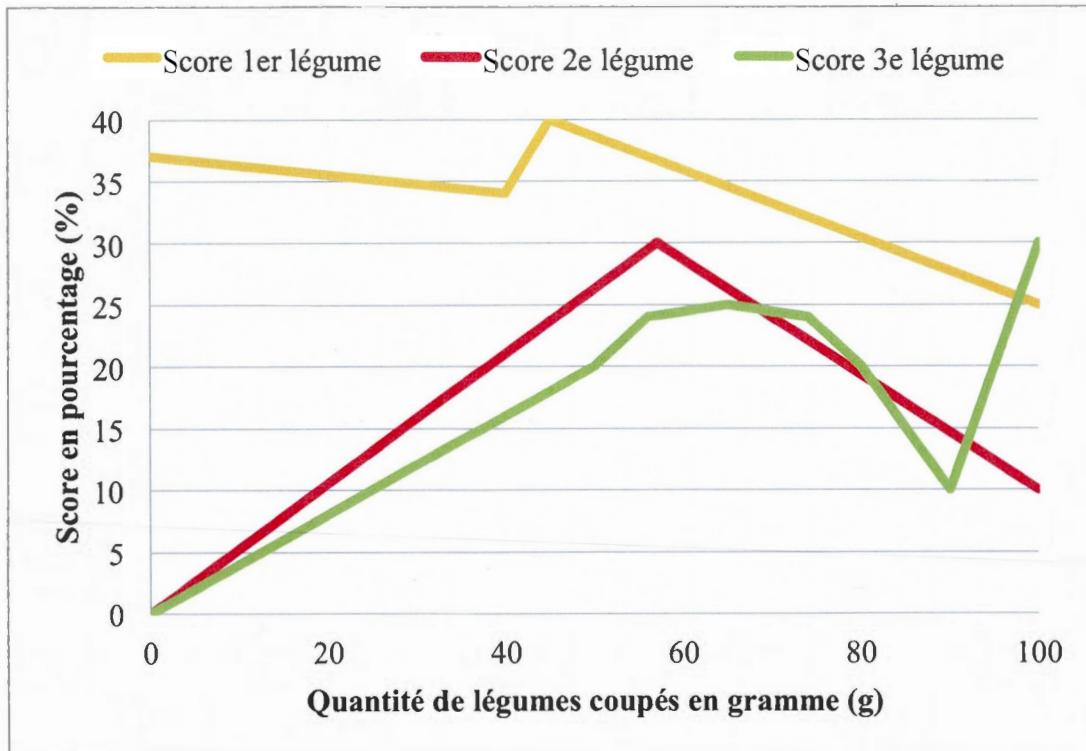


Figure 3.8 Score d'appréciation du 2^e goûteur exprimé en pourcentage en fonction de la quantité de légumes coupés exprimé en gramme

3.3.2 La pertinence de l'outil d'évaluation

3.3.2.1 Le contexte *extradisciplinaire*

Notre simulation informatisée propose un contexte *extradisciplinaire* qui, a priori, n'a pas toutes les caractéristiques d'un problème « typiquement » du domaine de la science et de la technologie. Mais ce qui est apparu comme pertinent, c'est d'offrir un contexte qui fait appel à la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique ou technologique. Le lien avec la physique, la biologie, la chimie, etc. n'est pas nécessaire et risque même de biaiser la démarche de l'élève face à la tâche à résoudre.

Pour s'en convaincre, il suffit d'imaginer la même situation d'évaluation, mais avec un contexte lié à la biologie, par exemple. Dans cette situation fictive, le sujet aurait pu devoir faire pousser une plante exotique en ayant à découvrir les quantités optimales de trois variables : la lumière, la terre et l'eau. Or, si nous avons choisi ce contexte, il est probable que les élèves auraient eu des idées préconçues sur les quantités de chacun des éléments à fournir pour que la plante pousse correctement.

3.3.2.2 La manipulation qui génère des erreurs

La manipulation d'un couteau virtuel pour couper les légumes a été intégrée à la simulation, entre autres, pour reproduire certains aspects propres aux expérimentations réelles, notamment la nécessité de manipuler avec précision les outils de laboratoire.

Ainsi, la précision de la coupe joue un rôle important parce que plus les coupes sont éloignées du trait pointillé, plus la quantité de matière utilisée dans la soupe sera inférieure à la quantité de matière sélectionnée au départ, comme si de la matière était perdue. L'utilisateur devra donc interpréter avec prudence ses résultats et manipuler avec soin le couteau virtuel pour pouvoir reproduire avec exactitude les manipulations précédentes qui ont obtenu un bon score ou un score qui permet une analyse plus complète.

Ainsi, la coupe des ingrédients est aussi importante que la manipulation de liquides avec des pipettes ou des béchers peut l'être dans un hypothétique laboratoire de chimie. Il faut éviter les erreurs de manipulation pour interpréter correctement les résultats et être en mesure de les reproduire au besoin. Malgré son contexte *extradisciplinaire*, notre simulation informatisée reproduit donc de manière

intéressante certaines conditions d'expérimentation scientifique réalisée en laboratoire.

3.3.2.3 La mobilisation des éléments pertinents de la compétence

L'essentiel du problème posé par notre situation d'évaluation consiste à contrôler et à modifier les variables (quantité de légume) pour comprendre leurs effets sur le système (goût de la soupe) dans le but d'atteindre un état optimal (seuil de réussite). Le jeu permet au sujet de tester de manière itérative plusieurs hypothèses en procédant par tâtonnements. Tous ces « essais-erreurs » constituent un corpus de données à analyser et à interpréter pour en déduire la solution. Cette démarche est typique de l'exercice de la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique ou technologique.

Pour réussir la tâche, le sujet doit mobiliser certains éléments de trois composantes de la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique issus du *Programme de formation de l'école québécoise* (MELS, 2010b, p. 14). Nous avons contextualisé ces éléments en fonction de notre simulation afin de bien mettre en évidence de quelle manière notre situation d'évaluation fait appel à des actions qui relèvent de la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique (Tableau 3.5).

Tableau 3.5 Composantes de la compétence en résolution de problème d'ordre scientifique et technologique mobilisées par les sujets pour réussir la tâche

Composantes de la compétence	Éléments pertinents à mobiliser	Contextualisation des actions
Élaborer un plan d'action	Explorer quelques-unes des explications ou des solutions provisoires...	en coupant différentes quantités pour chaque légume.
	Sélectionner une explication ou une solution...	en déterminant la quantité à couper pour chaque légume.
	Planifier les étapes de sa mise en œuvre...	en déterminant les différentes quantités de légumes à couper lors des journées d'essais (lundi au samedi).
Analyser les résultats	Rechercher les tendances ou les relations significatives...	en observant les graphiques et les relations existant entre les quantités de légumes et le score d'appréciation.
	Tirer des conclusions...	en identifiant les quantités optimales de chaque légume.
Concrétiser le plan d'action	Mettre en œuvre les étapes planifiées...	en sélectionnant la quantité et en coupant chaque légume.
	Procéder à des essais...	en modifiant les quantités de légumes à couper lors des journées d'essais (lundi au samedi).
	Recueillir les données ou noter des observations pouvant être utiles...	en sélectionnant uniquement les informations utiles à afficher dans l'histogramme.
	Apporter, si cela est nécessaire, des corrections liées à l'élaboration ou à la mise en œuvre du plan d'action...	en modifiant la quantité de légumes à couper en fonction des scores précédemment obtenus.
	Mener à terme le plan d'action...	en atteignant ou en dépassant le seuil de réussite des étapes intermédiaires et finales.

3.3.3 Description des indices composants le score de performance

Notre simulation informatisée a été programmée pour enregistrer en temps réel de nombreux *témoins* (ou *cookies*, en anglais) lorsque le sujet joue au « Jeu de cuisine ». Ces témoins constituent les données brutes recueillies après chaque session d'utilisation. Les valeurs numériques de ces témoins représentent des scores ou ont été transformées en score pour constituer des *indices*.

Les indices retenus pour notre analyse ont été additionnés afin de constituer un score de performance qui servira à comparer les élèves non réformés avec les élèves réformés. Dans un premier lieu, nous décrirons la nature des sept indices retenus afin de présenter la composition exacte de notre score de performance. Dans un deuxième temps, nous expliquerons en quoi ces indices peuvent servir à inférer l'une ou l'autre des composantes de la compétence à résoudre un problème en science et technologie. Il est important de savoir que pour pouvoir comparer les sujets entre eux, nous ne retenons les données que des 38 premières minutes du jeu. Cette durée a été déterminée en fonction du temps alloué par période de cours pour prendre les présences et présenter l'expérimentation aux élèves.

1. *Score maximum obtenu pour le 1^{er} goûteur un dimanche*

L'indice 1 est borné entre 0 et 1. Il correspond au meilleur score attribué par le 1^{er} goûteur, maître Matsuda, un dimanche, journée d'examen. Ainsi, cet indice permet de mesurer le résultat de l'exercice de la compétence. Plus l'indice est élevé, plus le sujet a été capable d'interpréter les scores du goûteur avec un grand nombre de légumes.

2. *Score maximum obtenu pour le 2^e goûteur un dimanche*

L'indice 2 est borné entre 0 et 1. Il correspond au meilleur score attribué par le 2^e goûteur, maître Grossada, un dimanche, journée d'examen. Cet indice permet

d'accentuer la mesure de l'exercice de la compétence. Les sujets qui n'auront pas réussi à atteindre le 2^e goûteur auront 0, tandis que les autres auront un indice qui améliorera leur score de performance global.

3. Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour un légume a été obtenu ou dépassé un dimanche

L'indice 3 est borné entre 0 et 1 et résulte d'un calcul. Ce calcul consiste à diviser 7 par le nombre de jours (par cycle de 7) écoulés avant que le sujet ait été capable d'obtenir ou de dépasser le seuil de réussite pour un légume (35 %) un dimanche, journée d'examen (Tableau 3.6). Ainsi, les sujets qui parviennent à dépasser le seuil de réussite en 7 jours auront un meilleur score que les sujets qui y parviendront en 14 ou en 21 jours, par exemple. Cet indice témoigne de l'efficacité du sujet à comprendre le fonctionnement du jeu parce qu'il lui suffit de ne contrôler qu'une seule variable en fonction des scores obtenus.

4. Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour deux légumes a été obtenu ou dépassé un dimanche

L'indice 4 est borné entre 0 et 1 et résulte d'un calcul. Ce calcul consiste à diviser 7 par le nombre de jours (par cycle de 7) écoulés entre le début des essais à deux légumes et l'obtention ou le dépassement du seuil de réussite pour deux légumes (65 %) un dimanche, journée d'examen (Tableau 3.6). Cet indice témoigne de l'efficacité du sujet à résoudre un problème simple.

5. Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour trois légumes a été obtenu ou dépassé un dimanche

L'indice 5 est borné entre 0 et 1 et résulte d'un calcul. Ce calcul consiste à diviser 7 par le nombre de jours (par cycle de 7) écoulés entre le début des essais à trois légumes et l'obtention ou le dépassement du seuil de réussite pour trois légumes

(98 %) un dimanche, journée d'examen (Tableau 3.6). Cet indice témoigne de l'efficacité de la démarche du sujet à résoudre le problème complexe.

6. Temps moyen passé par le sujet à observer les graphiques pour chaque journée d'exploration

L'indice 6 est borné entre 0 et 1 et résulte d'un calcul. Ce calcul consiste à faire la moyenne du rapport entre le nombre de secondes passées à regarder les graphiques sur le nombre de secondes passées à jouer pour chaque journée d'expérimentation. Ainsi, un sujet qui ne prend pas le temps d'observer les graphiques pour les analyser aura un moins bon score que celui qui s'attarde à les lire. Cet indice témoigne de l'importance accordée par le sujet à l'analyse du corpus de données pour résoudre le problème.

Toutefois, cet indice demeure difficile à interpréter, car il est possible qu'un élève passe peu de temps à observer un graphique parce qu'il l'a rapidement et correctement interprété ou qu'un élève passe beaucoup de temps à observer un graphique parce qu'il ne le comprend pas. L'inverse est aussi vrai. Conscients de cette lacune, nous avons quand même fait le choix de retenir cet indice parce qu'il témoigne, même imparfaitement, d'une composante importante de la compétence à résoudre d'ordre scientifique ou technologique.

7. Indice de stratégie de contrôle des variables

L'indice 7 est borné entre 0 et 1 et résulte d'un calcul. Ce calcul est effectué à partir du moment où le sujet réalise ses expérimentations avec trois légumes. Pour chaque jour d'exploration, autre que le dimanche, nous attribuons un score de 1 si le sujet ne change la quantité visée que d'un légume, de 0,5 s'il la change pour deux légumes et de 0 s'il la change pour trois légumes. Nous calculons ensuite la moyenne de tous ces scores pour composer l'indice 7. Ainsi, si un sujet change constamment les quantités de tous les légumes à chaque essai, il aura un moins bon score que celui qui ne

change la quantité que d'un légume à la fois. Cet indice témoigne de la démarche du sujet qui isole ou non ses variables pour en comprendre les effets.

Tableau 3.6 Scores de vitesse pour les indices 3, 4 et 5

Nombre de jours écoulés avant que le sujet ait été capable d'obtenir ou de dépasser le seuil de réussite	Score
7	1
14	0,5
21	0,33
28	0,25
35	0,2
...	...
Non atteinte	0

À défaut de pouvoir observer les pensées des élèves, les sept indices retenus sont les meilleures « traces » enregistrables laissées par les élèves pour mesurer leur performance ou inférer des stratégies de résolution de problème. Ces indices ne reflètent pas toutes les composantes de la compétence qui ont été mobilisées par l'élève, mais ils constituent néanmoins au moins les reflets fidèles et objectifs de certaines actions contribuant ou non à la réussite de la tâche et conformes aux attentes des programmes.

Ainsi, les indices 1 et 2 témoignent du rendement de l'élève à la première et à la deuxième tâche de résolution de problème de notre situation d'évaluation. Plus ce rendement est élevé, plus l'élève est compétent à résoudre le problème.

Les indices 3, 4 et 5 traduisent l'efficacité de l'élève à résoudre le problème. Si un élève est capable de bien cerner le problème, d'adopter les bonnes stratégies et de bien analyser ses données, alors il sera plus efficace et mettra donc moins de temps à résoudre le problème.

L'indice 6 indique la proportion de temps que l'élève consacre à l'analyse des graphiques. Impossible de savoir si cette analyse est bonne ou pas, mais le temps qui y est consacré montre que l'élève emprunte cette démarche, une des composantes essentielles de la compétence à résoudre un problème d'ordre scientifique et technologique.

Finalement, l'indice 7 témoigne d'une démarche scientifique de contrôle des variables qui consiste à ne modifier qu'une seule variable à la fois pour comprendre son effet sur un système.

3.4 Le déroulement

Pour mener à bien nos expérimentations, un technicien informatique et un animateur responsable ont suivi un protocole expérimental précis, le même pour les deux années de collecte de données. Exception faite d'une seule journée au début du mois de juin 2009 et de deux journées au début du mois de juin 2011, la collecte de donnée a eu lieu durant les mois de mai 2009 et mai 2011. Pour chaque journée d'expérimentation, nous avons déployé les ordinateurs portables du Laboratoire mobile pour l'étude des cheminements d'apprentissage en science (LabMECAS) dans la classe d'une école participante. Sur chaque ordinateur, le jeu était lancé en mode plein écran avant l'arrivée des sujets.

Les sujets arrivaient en groupe, accompagnés de leur enseignant. Une fois les présences colligées par l'enseignant, l'animateur accueillait les sujets et présentait sommairement les objectifs de la recherche et le déroulement de l'activité d'expérimentation. Il leur rappelait également qu'ils étaient tout à fait libres de participer ou pas à cette expérimentation.

Au signal de l'animateur, les sujets mettaient les casques d'écoute reliés au portable sur leur bureau et commençaient l'expérimentation. Dès que le formulaire était rempli, le jeu de cuisine débutait.

À partir du moment où tous les sujets avaient commencé le jeu de cuisine, l'animateur déclenchait un chronomètre. Ce chronomètre nous permettait de nous assurer que les sujets avaient joué au moins 38 minutes, la durée minimum pour que nous puissions utiliser les données enregistrées par l'ordinateur. Après une quarantaine de minutes, l'animateur invitait tous les sujets à cesser de jouer et à déposer les casques d'écoute. L'animateur remerciait les sujets pour leur participation et leur demandait de ne surtout pas parler du contenu ou de la nature de cette expérimentation aux autres élèves de leur école pour éviter que les sujets des prochains groupes soient influencés. Les sujets étaient par la suite libres de parler entre eux en restant assis à leur place jusqu'à la fin de la période.

L'attitude des sujets et les discussions informelles avec eux nous laissent croire qu'au moment de commencer à jouer ils ignoraient pour la plupart tout de la simulation. Certains, cependant, avaient une vague idée qu'il s'agissait d'un jeu de coupes de légumes. Les résultats d'un seul sujet ont été retirés de la base de données en 2009, parce que celui-ci avait systématiquement fixé les quantités optimales pour chaque légume, ce qui indiquait sans l'ombre d'un doute que quelqu'un lui avait soufflé les bonnes réponses.

Après chaque groupe de sujets, le technicien récupérait les données de chaque ordinateur pour réaliser une sauvegarde de sécurité. Puis, à la fin de chaque journée d'expérimentation, les données de chaque ordinateur étaient téléversées sur les serveurs du LabMECAS pour s'ajouter à la base de données.

3.5 L'analyse des données

3.5.1 Données retenues

Nos analyses statistiques ont été effectuées avec la 18^e version du logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences, 2009) sur les variables nominales et quantitatives que nous avons retenus.

Après une opération de filtrage pour exclure de nos analyses les sujets qui n'avaient pas remis leur formulaire ou qui avaient refusé que l'on utilise leurs données, nous avons retenu des variables qui nous indiquent le sexe des sujets et l'année à laquelle ils ont participé à notre expérimentation.

Les autres variables retenues sont toutes quantitatives et bornées entre 0 et 1. Il s'agit des indices 1, 2, 3, 4, 5, 6 et 7.

Finalement, nous avons créé un score aggloméré pour chaque sujet en additionnant les valeurs numériques de chacun des sept indices. Le choix de la composition du score aggloméré par l'addition des indices relève de l'arbitraire et s'explique l'absence, dans littérature scientifique sur la compétence telle que définie par le *Programme de formation de l'école québécoise*, d'éléments justifiant une quelconque pondération de ces indices retenus. Ce choix n'est pas dépourvu de sens, car la cohérence interne de ce score aggloméré donne un coefficient d'alpha de Cronbach de 0,682.

3.5.2 Analyses statistiques

Pour pouvoir répondre à notre question de recherche, nous avons comparé la performance des élèves non réformés avec celle des élèves réformés. Cette

comparaison sera réalisée à l'aide d'un Test t sur les scores agglomérés des élèves des cohortes de 2009 et de 2011.

Nous fixons le seuil de significativité à $p \leq 0,05$. Ainsi, si ce seuil n'est pas dépassé, nous aurons moins de 5 % de chance d'observer une différence due au hasard. S'il y a une différence statistiquement significative entre la performance moyenne de la cohorte 2009 et celle de la cohorte 2011, nous pourrions rejeter l'hypothèse nulle et admettre l'hypothèse alternative.

Pour porter un jugement sur cette différence, nous avons évalué la taille de l'effet à l'aide du Test d de Cohen (1988). L'indice de la magnitude de l'effet ($\theta = \frac{\mu^1 - \mu^2}{\sigma}$) varie entre 0 et 1 et représente la proportion de variance de la variable dépendante expliquée par la variable indépendante (Tabachnick et Fidell, 2007). Dans l'équation suivante, μ^1 représente le score moyen de la cohorte 2011, μ^2 représente le score moyen de la cohorte 2009 et σ l'écart type moyen.

$$(\sigma = \sqrt{\frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}{2}})$$

Pour guider notre interprétation de cet indice, nous nous référons aux balises élaborées par Cohen (1988) et présentées par Kinnear et Gray (2011) (Tableau 3.7).

Tableau 3.7 Tableau d'interprétation de la taille de l'effet du Test d de Cohen (1988)

$0,2 \leq \theta < 0,5$	Effet de taille modeste
$0,5 \leq \theta < 0,8$	Effet de taille modéré
$\theta \geq 0,8$	Effet de taille fort

(Kinnear et Gray, 2011, p. 183)

CHAPITRE IV

RÉSULTATS ET INTERPRÉTATIONS

Le premier objectif de cette recherche était de mesurer la performance en résolution de problème en science et technologie à l'aide d'une simulation informatisée. Cette mesure sera présentée à l'aide d'un ensemble de statistiques descriptives qui donnent un portrait global de la performance de chacune des cohortes d'élèves.

Le deuxième objectif de cette recherche est de comparer la performance en résolution de problème en science et technologie d'élèves « non réformés » avec celle d'élèves « réformés ». Pour y parvenir, les données recueillies seront soumises aux analyses statistiques nécessaires.

4.1 Statistiques descriptives

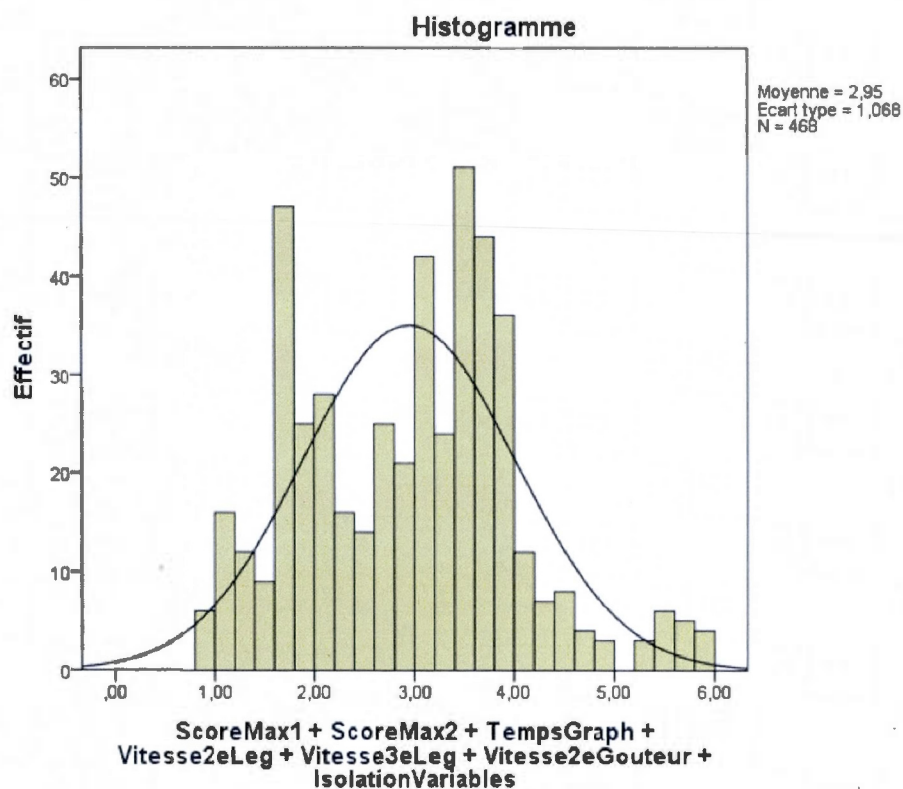
4.1.1 Cohorte 2009

Les résultats combinés des scores agglomérés des 468 sujets de la cohorte 2009 sont présentés dans le Tableau 4.1. D'après ces statistiques descriptives, la dispersion des scores est relativement symétrique, car la médiane est proche de la moyenne et le coefficient d'asymétrie est proche de 0. Le coefficient de variation est quant à lui de 36,27 %.

$$\text{Coefficient de variation} = \left(\frac{\text{écart-type}}{\text{moyenne}} \times 100 \right)$$

Tableau 4.1 Statistiques descriptives pour la cohorte 2009

N	Moyenne	Médiane	Écart-type	Variance	Asymétrie	Aplatissement	Min.	Max.
468	2,95	3,06	1,07	1,14	0,25	-1,73	0,83	5,89

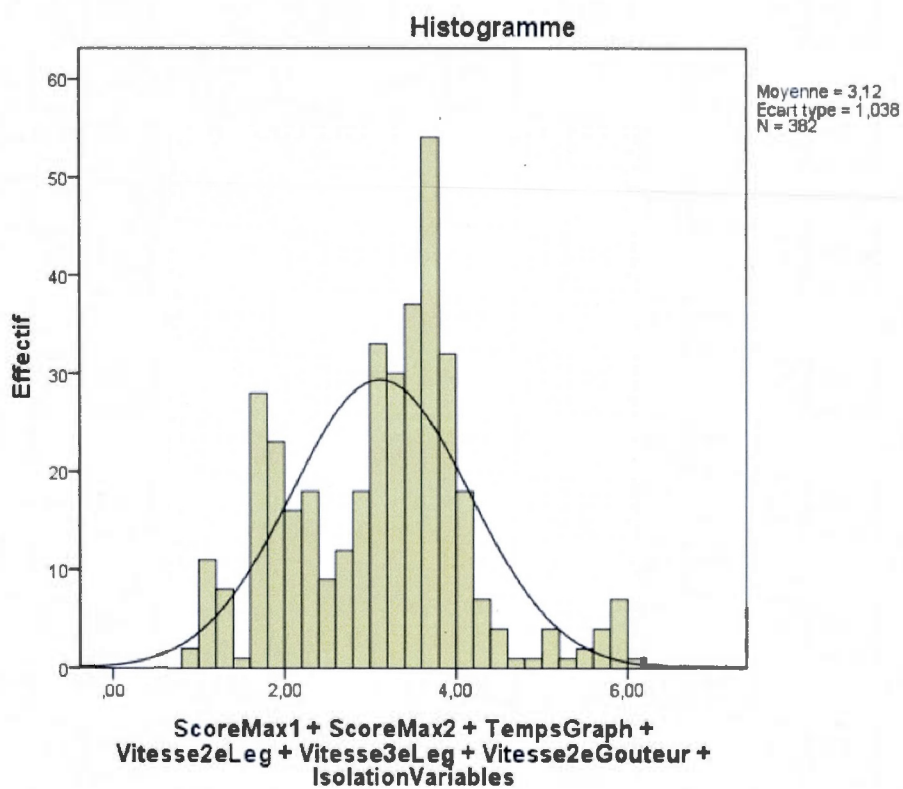
Figure 4.1 Distribution des scores de la cohorte 2009

4.1.2 Cohorte 2011

Les résultats combinés des scores agglomérés des 382 sujets de la cohorte 2011 sont présentés dans le Tableau 4.2. D'après ces statistiques descriptives, la dispersion des scores est encore une fois relativement symétrique, car la médiane est proche de la moyenne et le coefficient d'asymétrie est proche de 0. Le coefficient de variation est quant à lui de 33,33 %.

Tableau 4.2 Statistiques descriptives pour la cohorte 2011

N	Moyenne μ	Médiane	Écart-type	Variance	Asymétrie	Aplatissement	Min.	Max.
382	3,12	3,25	1,04	1,08	0,15	0,12	0,98	6,02

Figure 4.2 Distribution des scores de la cohorte 2011

En somme, nous constatons que les deux cohortes présentent des scores moyens différents et qu'en plus leurs répartitions diffèrent.

4.1.3 Distribution atypique des scores

Bien que relativement symétrique, la dispersion des scores ne correspond pas à la Loi normale gaussienne. En effet, en observant la Figure 4.1 et 4.2, nous constatons une

dispersion atypique des scores causée par certains indices qui composent le score aggloméré. Ainsi, l'indice 2 et les indices de vitesse 3, 4 et 5 dépendent du dépassement du seuil réussite le dimanche, journée d'examen. En cas, d'échec, les sujets doivent recommencer une semaine d'essais. Par conséquent, la distribution des scores reproduit des « bonds » qui correspondent aux niveaux intermédiaires de la simulation lorsque des légumes sont déverrouillés ou lorsque le deuxième goûteur est atteint. Nous avons identifié ces « bonds » en les regroupant en quatre ensembles sur les figures 4.3 et 4.4.

Figure 4.3 Regroupements de la distribution atypique des scores de la cohorte 2009

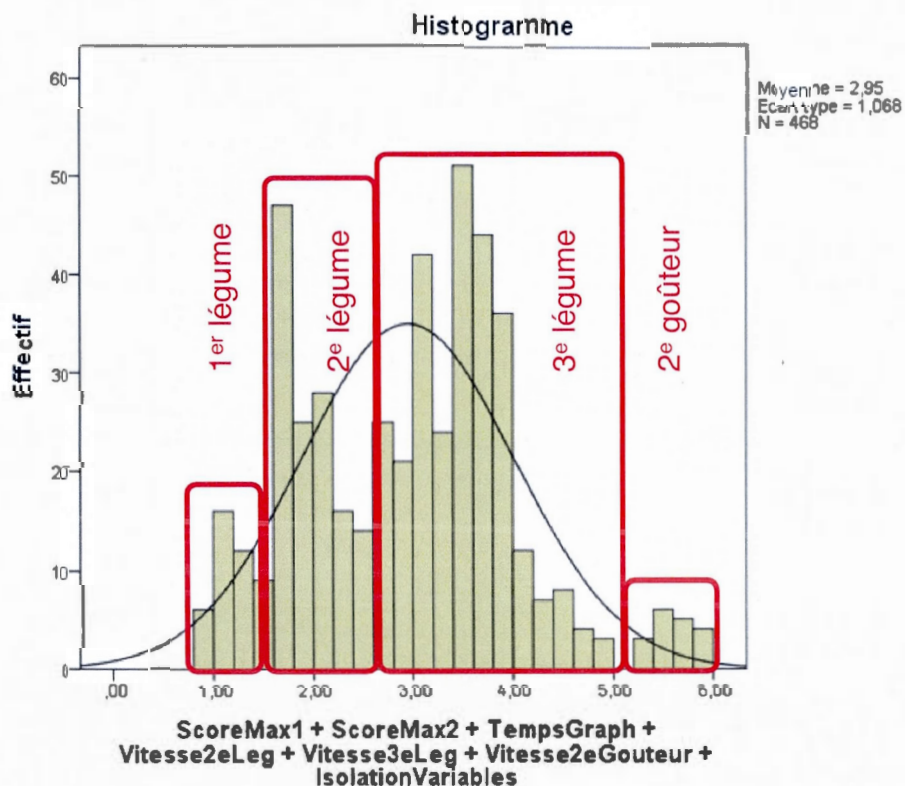
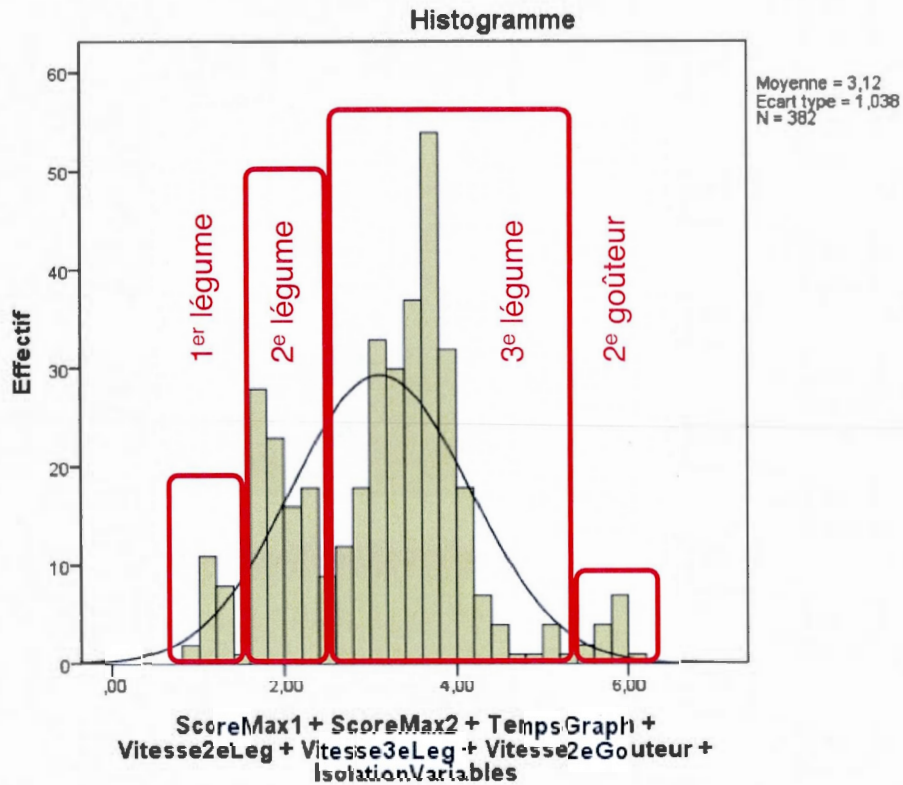


Figure 4.4 Regroupements de la distribution atypique des scores de la cohorte 2011



4.2 Résultats

4.2.1 Comparaison des scores agglomérés des cohortes 2009 et 2011

En comparant la moyenne des scores (μ) des élèves de la cohorte 2009 ($\mu = 2,95$) avec celle des élèves de la cohorte 2011 ($\mu = 3,12$), on observe une légère différence. Pour pouvoir en juger, il faut cependant réaliser des analyses statistiques plus poussées à l'aide d'un Test t présenté dans le Tableau 4.3.

Tableau 4.3 Comparaison des scores agglomérés des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	N	Moyenne μ	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	468	2,9475	1,06793	0,04937	0,018*	0,1633
2011	382	3,1195	1,03814	0,05312		

Note. * $p < 0,05$, ** $p < 0,005$

Les résultats présentés dans le Tableau 4.3 indiquent que la moyenne des scores agglomérés de la cohorte 2009 est supérieure à celle de 2011 et que cette différence est statistiquement significative ($p < 0,05$). Le calcul de l'indice de la magnitude de l'effet θ nous permet d'interpréter ce résultat à partir balises élaborées par Cohen (1988) et de juger que cet effet est très modeste (voir Tableau 3.7).

4.2.2 Comparaison des scores agglomérés en fonction du genre

Lorsque les performances des cohortes sont comparées en distinguant les genres des sujets, les résultats sont un peu moins probants pour les sujets masculins que pour les sujets féminins. En effet, la différence entre la performance moyenne des garçons de la cohorte de 2009 et de 2011 n'est pas statistiquement significative, contrairement à celle des filles de ces mêmes cohortes. Toutefois, dans les deux cas, les performances moyennes sont supérieures en 2011 comparativement à 2009.

Tableau 4.7 Comparaison des scores agglomérés des garçons des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	Sexe	N	Moyenne μ	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	M	215	3,2544	1,02390	0,06983	0,181	N/A
2011	M	178	3,3944	1,03770	0,07778		

Note. * $p < 0,05$, ** $p < 0,005$

Tableau 4.8 Comparaison des scores agglomérés des filles des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	Sexe	N	Moyenne μ	Écart-type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	F	253	2,6868	1,03665	0,06517	0,043*	0,19116
2011	F	204	2,8796	0,97967	0,06859		

Note. * $p < = 0,05$, ** $p < = 0,005$

Les dernières enquêtes internationales du PISA et du TEIMS ont observé des différences entre la performance moyenne des élèves québécois masculins et féminins dans le domaine des sciences (MELS, 2007b, 2008d, 2010d; MEQ, 2001c, 2004a, 2004b). Ces études montrent que les garçons ont généralement de meilleures moyennes, mais pas toujours. Cette disparité n'est pas propre au Québec, elle s'observe également dans d'autres pays (OCDE, 2007).

Dans le cas de notre étude, les données montrent que la moyenne des sujets masculins est significativement supérieure à celle des sujets féminins (voir tableaux 4.4, 4.5 et 4.6).

Tableau 4.4 Comparaison des scores agglomérés en fonction du sexe de tous les sujets

Sexe	N	Moyenne μ	Écart-type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)
F	457	2,7729	1,01506	0,04748	0,000**
M	393	3,3178	1,03122	0,03122	

Note. * $p < = 0,05$, ** $p < = 0,005$

Tableau 4.5 Comparaison des scores agglomérés en fonction du sexe de la cohorte 2009

Sexe	N	Moyenne μ	Écart-type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)
F	253	2,6868	1,03665	0,06517	0,000**
M	215	3,2544	1,02390	0,06983	

Note. * $p < = 0,05$, ** $p < = 0,005$

Tableau 4.6 Comparaison des scores agglomérés en fonction du sexe de la cohorte 2011

Sexe	N	Moyenne μ	Écart-type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)
F	204	2,8796	0,97967	0,06859	0,000**
M	178	3,3944	1,03770	0,07778	

Note. * $p < = 0,05$, ** $p < = 0,005$

4.2.3 Comparaison des scores des indices et des regroupements d'indices en fonction des cohortes

L'autre type d'analyse effectué porte sur la comparaison des deux cohortes pour chacun des sept indices suivants :

1. *Score maximum obtenu pour le 1^{er} goûteur un dimanche*
2. *Score maximum obtenu pour le 2^e goûteur un dimanche*
3. *Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour un légume a été obtenu ou dépassé un dimanche*
4. *Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour deux légumes a été obtenu ou dépassé un dimanche*
5. *Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour trois légumes a été obtenu ou dépassé un dimanche*
6. *Temps moyen passé par le sujet à observer les graphiques pour chaque journée d'exploration*
7. *Indice de stratégie de contrôle des variables*

Généralement, les résultats des Test t effectués ne sont pas statistiquement significatifs, exception faite de l'indice 4 (Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour deux légumes a été obtenu ou dépassé un dimanche) et de l'indice 6 (Temps moyen passé par le sujet à observer les graphiques pour chaque journée d'exploration). Pour ces deux cas, le score moyen de la cohorte de 2011 est supérieur à celui de 2009, avec

toutefois un effet de taille minime pour l'indice 4 ($\theta = 0,18605$) et modeste pour l'indice 6 ($\theta = 0,30474$).

Tableau 4.9 Comparaison des scores pour l'indice 1 (Score maximum obtenu pour le 1^{er} goûteur un dimanche) des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	N	Moyenne μ	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	468	0,7811	0,14041	0,00649	0,255	N/A
2011	382	0,7920	0,13848	0,00709		

Note. * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,005$

Tableau 4.10 Comparaison des scores pour l'indice 2 (Score maximum obtenu pour le 2^e goûteur un dimanche) des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	N	Moyenne μ	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	468	0,0391	0,18086	0,00836	0,624	N/A
2011	382	0,0454	0,19381	0,00992		

Note. * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,005$

Tableau 4.11 Comparaison des scores pour l'indice 3 (Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour un légume a été obtenu ou dépassé un dimanche) des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	N	Moyenne μ	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	468	0,8991	0,22170	0,01025	0,326	N/A
2011	382	0,9135	0,19903	0,01018		

Note. * $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,005$

Tableau 4.12 Comparaison des scores pour l'indice 4 (Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour deux légumes a été obtenu ou dépassé un dimanche) des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	N	Moyenne μ	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	468	0,5486	0,39151	0,01810	0,007*	0,18605
2011	382	0,6215	0,39213	0,02006		

Note. * $p < = 0,05$, ** $p < = 0,005$

Tableau 4.13 Comparaison des scores pour l'indice 5 (Vitesse à laquelle le seuil de réussite pour trois légumes a été obtenu ou dépassé un dimanche) des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	N	Moyenne μ	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	468	0,0801	0,24080	0,01113	0,871	N/A
2011	382	0,0829	0,25322	0,01296		

Note. * $p < = 0,05$, ** $p < = 0,005$

Tableau 4.14 Comparaison des scores pour l'indice 6 (Temps moyen passé par le sujet à observer les graphiques pour chaque journée d'exploration) des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	N	Moyenne	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	468	0,1754	0,06965	0,00322	0,000**	0,30474
2011	382	0,1978	0,07717	0,00395		

Note. * $p < = 0,05$, ** $p < = 0,005$

Tableau 4.15 Comparaison des scores pour l'indice 7 (Indice de stratégie de contrôle des variables) des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	N	Moyenne μ	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	468	0,4241	0,34483	0,01594	0,071	N/A
2011	382	0,4665	0,33385	0,01708		

Note. * $p < = 0,05$, ** $p < = 0,005$

Finalement, un dernier type d'analyse a été effectué sur des regroupements d'indices. Le regroupement des indices de performance 1 et 2 n'a pas permis de donner des résultats statistiquement significatifs. Cependant, le regroupement des indices de vitesse 3, 4 et 5 donne un score composé dont la différence est statistiquement significative. Ainsi, la cohorte de 2011 présente un score composé de vitesse supérieur à la cohorte de 2009, mais cette différence a un effet de taille minimale ($\theta = 0,15376$).

Tableau 4.16 Comparaison des scores composés de la somme des indices 1 et 2 des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	N	Moyen μ	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	468	0,8201	0,26199	0,01211	0,349	N/A
2011	382	0,8374	0,27296	0,01397		

Note. * $p < = 0,05$, ** $p < = 0,005$

Tableau 4.17 Comparaison des scores composés de la somme des indices 3, 4 et 5 des cohortes 2009 et 2011

Cohorte	N	Moyenne μ	Écart- type	Erreur standard moyenne	Sig. (bilatérale)	Magnitude de l'effet θ
2009	468	1,5278	0,59755	0,02762	0,026*	0,15376
2011	382	1,6178	0,57284	0,02931		

Note. * $p < = 0,05$, ** $p < = 0,005$

4.3 Interprétations des résultats

Nos résultats montrent que la cohorte d'élèves réformés performe mieux au test de la simulation informatisée que la cohorte d'élèves non réformés. En effet, la moyenne des scores agglomérés en 2011 ($\mu = 3,1195$) est significativement supérieure à celle de 2009 ($\mu = 2,9475$), même si la magnitude de l'effet demeure très modeste ($\theta = 0,1633$). Par conséquent, les élèves réformés de 5^e secondaire des écoles

échantillonnées ont davantage développé les éléments de la compétence à résoudre un problème scientifique et technologique évalués par notre simulation que les élèves non réformés. De plus, la différence entre l'écart-type de 1,0679 en 2009 et de 1,0381 en 2011, indique que le groupe d'élèves réformés est légèrement plus uniforme, car leurs scores sont généralement plus près de la moyenne. Ces différences entre les deux cohortes pourraient être attribuées, entre autres, aux effets du Renouveau pédagogique.

Lorsque les analyses statistiques sont réalisées en fonction des genres, nos résultats montrent que les sujets masculins obtiennent de manière significative un meilleur score ($\mu = 3,3178$) que les sujets féminins ($\mu = 2,7729$). Ces résultats corroborent de nombreuses études qui ont observé des différences significatives de performance entre les garçons et les filles dans le domaine des sciences et de la technologie (Alexakos, 2003; MELS, 2007b, 2010d; MEQ, 2001b, 2004a; OCDE, 2007; Tindall et Hamil, 2004). Cette différence est observée au sein même des élèves de chaque cohorte, toujours à l'avantage des garçons. La différence des scores moyens (μ) entre les garçons et les filles est de 0,5676 en 2009 et de 0,5148 en 2011. Par conséquent, l'écart entre la performance des garçons et des filles est moins important pour les élèves réformés de la cohorte de 2011 que pour les élèves non réformés de la cohorte de 2009.

Les analyses statistiques réalisées spécifiquement pour chacun des sept indices ou regroupements d'indices montrent que les sujets de 2011 ont un score μ systématiquement supérieur à ceux de 2009. Faute de résultats statistiquement significatifs pour les indices 1, 2, 3, 5 et 7, nous devons suspendre notre jugement. Toutefois, nous observons que les élèves de 2011 passent significativement plus de temps à observer les graphiques et les tableaux que ceux de 2009 et que cette différence a une magnitude de l'effet modeste ($\theta = 0,30474$). Nous ne pouvons pas conclure que les élèves qui passent plus de temps à analyser les graphiques et les

tableaux réussissent mieux, car cet indice présente un α de Cronbach faible. Cependant, nous pouvons constater qu'en passant plus de temps à observer leurs résultats, les sujets de 2011 ont une stratégie de résolution différente de celle de leurs homologues de 2009.

CHAPITRE V

DISCUSION

Globalement, tous les résultats présentés suggèrent que les élèves formés dans le système éducatif québécois du *Renouveau pédagogique* ont légèrement mieux développé certains éléments de la compétence à résoudre un problème scientifique que ceux qui ne l'ont pas été. Toutefois, cette conclusion doit être jugée à la lumière de certaines limites inhérentes à notre recherche.

5.1 Limites de la recherche

5.1.1 Une réforme encore trop jeune

Nous sommes conscients que les élèves de la cohorte de 2011 ne sont pas les plus représentatifs des élèves « réformés ». En effet, tout au long de son parcours scolaire, cette cohorte a certainement été prise en charge par des enseignants qui vivaient une phase d'incertitude inhérente à l'implantation de la réforme. En général, du primaire au secondaire, leurs enseignants ne s'étaient approprié le *Programme de formation de l'école québécoise* que depuis deux ans. Nous convenons donc qu'il aurait mieux fallu attendre quelques années avant de réaliser une deuxième collecte de données. Les élèves auraient alors côtoyé des enseignants plus familiers avec le programme de la réforme.

Le choix de cette cohorte, rappelons-le, s'est imposé de lui-même à cause des contraintes temps inhérentes au programme universitaire de maîtrise dans lequel s'inscrivent ces travaux. Toutefois, les résultats issus de cette collecte de données demeurent pertinents, car ils seraient essentiels à un éventuel projet de recherche

complémentaire qui aurait comme objectif de réaliser une troisième collecte de données en 2013.

5.1.2 Généralisabilité des résultats

Bien que certains journalistes aient affirmé à partir de notre étude que le Renouveau pédagogique a eu des effets positifs sur les compétences scientifiques des élèves québécois (Guillemette, 2012; Métro, 2012; UQAM, 2012), notre devis expérimental ne permet pas tirer pareilles conclusions.

En effet, nos résultats ne peuvent être généralisés à d'autres disciplines scolaires, ni même à d'autres compétences en science et technologie du *Programme de formation de l'école québécoise* ou à d'un autre curriculum de formation. De plus, le processus d'échantillonnage par convenance des quatre écoles ne permet pas d'extrapoler nos observations à l'ensemble des élèves du Québec. Finalement, nos conclusions sont également circonscrites dans le temps, car nous ne pouvons pas présumer que l'amélioration observée se maintiendra dans le l'avenir. Il faudrait pour cela réaliser au moins une autre collecte de données en 2013.

5.1.3 Validation de l'outil d'évaluation

En prenant conscience en 2008 que les derniers élèves « non réformés » de l'histoire du Québec quitteraient les bancs d'école au printemps 2009, notre équipe a cherché un outil d'évaluation de la compétence à résoudre un problème d'ordre scientifique ou technologique, telle que définie par le *Programme de formation de l'école québécoise*. Faute d'avoir trouvé un outil d'évaluation validé par la communauté scientifique, notre équipe de recherche a développé son propre outil d'évaluation.

Après plusieurs mois, de conception, de développement et de programmation, une première version de notre simulation informatisée a été testée auprès d'une

quarantaine d'élèves. L'objectif de ces essais était de mettre à l'épreuve l'ergonomie du jeu, sa séquence, ses instructions et l'enregistrement des données. À l'hiver 2009, avec l'imminence de la première phase de la collecte de donnée, les essais ont pris fin. Ce jeu n'a donc pas la même valeur qu'un test pleinement validé, si bien qu'il faut interpréter nos résultats avec prudence.

5.1.4 Mesure de la compétence à résoudre un problème d'ordre scientifique et technologique

Faute de validation du Jeu de cuisine, certains peuvent contester sa capacité à évaluer la compétence à résoudre un problème d'ordre scientifique ou technologique. Pareille prétention est évidemment toujours contestable étant donné qu'il existe une multitude de définitions du concept de compétence et, qu'à l'heure actuelle, elles ne font toujours pas l'unanimité en sciences de l'éducation.

Dans ce contexte, notre objectif avec le Jeu de cuisine n'est pas de proposer un outil d'évaluation absolu de la compétence à résoudre un problème d'ordre scientifique ou technologique. Au contraire, notre démarche est ancrée dans le contexte québécois de la réforme éducative et elle vise à concevoir un outil d'évaluation spécifique aux cibles de formation du *Programme de formation de l'école québécoise*. En d'autres mots, nous voulons vérifier si Renouveau pédagogique parvient à atteindre ses cibles, notamment en améliorant la compétence des élèves à résoudre un problème d'ordre scientifique ou technologique. Par conséquent, la nature de notre outil d'évaluation découle directement de la définition même du programme du ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.

Certains argueront également que nous avons évalué une compétence générique, plutôt que spécifique au domaine des sciences et de la technologie. Selon nous, cette éventualité ne pose pas de problème fondamental, car l'apprentissage par le

développement de compétences assume l'idée que certains apprentissages, en particulier les stratégies de résolution de problèmes complexes, sont transférables d'un domaine à un autre dans une perspective de décloisonnement disciplinaire (MELS, 2007a, 2008b). Nous assumons donc le caractère transversal de cette compétence.

Malgré tout, nous estimons avoir élaboré un outil de mesure qui ne fait que peu de compromis en matière d'évaluation compte tenu du nombre d'éléments de la compétence sollicités par la simulation et des contraintes liées à la nature de l'évaluation, au temps, au contrôle des conditions, à la collecte des données et aux problèmes inhérents à la comparaison d'élèves formés selon des programmes différents. Il est vrai cependant que dans l'idéal, nous aurions pu proposer aux élèves plusieurs situations d'évaluation pour avoir un portrait plus complet de leur compétence. Les contraintes temporelles, logistiques et financières nous en ont malheureusement empêchés.

Si nous ne pouvons pas affirmer hors de tout doute que le Jeu de cuisine permet d'évaluer la compétence à résoudre un problème d'ordre scientifique ou technologique, telle que définie par le *Programme de formation de l'école québécoise*, notre test a néanmoins mesuré quelque chose. Et cette « chose », que nous prétendons être la compétence à résoudre un problème d'ordre scientifique ou technologique, a permis à nos sujets de la cohorte de 2011 de mieux performer par rapport à ceux de la cohorte de 2009.

5.1.5 Autres causes possibles de l'amélioration

Si nous supposons que l'amélioration de la performance des élèves réformés est attribuable aux effets du Renouveau pédagogique, nous n'en avons ni la preuve, ni la

certitude. D'autres hypothèses ont été envisagées, certaines plus probables que d'autres.

D'aucuns peuvent aussi penser que les sujets de la cohorte de 2011 ont mieux performé parce qu'ils utiliseraient davantage les technologies de l'information et de la communication (TIC) que ceux de la cohorte de 2009 et que, de ce fait, ils auraient un quelconque avantage en étant testés avec une simulation informatisée. Il est vrai que l'enquête PISA 2006 a révélé que les performances moyennes les plus élevées en science étaient associées à une plus grande fréquence d'utilisation des ordinateurs (Dumont, 2011; OCDE, 2010). Toutefois, l'OCDE n'est pas parvenue à faire un lien de cause à effet entre la performance en science et la fréquence d'utilisation des TIC. Par ailleurs, il serait surprenant d'observer qu'en deux ans seulement le rapport aux TIC ou la fréquence d'utilisation des TIC ait significativement changé pour les élèves de la cohorte de 2011 par rapport à ceux de la cohorte de 2009. Ces deux cohortes faisant partie de la génération des apprenants du nouveau millénaire qui sont nés et qui ont grandi dans un environnement caractérisé par l'omniprésence des TIC (CERI-OCDE, 2006), nous estimons, sans être en mesure de le démontrer, qu'elles entretiennent un rapport relativement équivalent avec les TIC. De plus, notre simulation présentait une ergonomie extrêmement simple, proche de celle des simulations des années 1990, ce qui, à notre avis, ne pouvait pas dérouter les sujets.

L'amélioration de la performance des élèves pourrait aussi résulter d'un engagement plus important des enseignants dans l'enseignement à cause de la nouveauté du programme et de l'approche pédagogique. Toutefois, rien ne nous permet de le vérifier. À vrai dire, avant de connaître les résultats, nous avons d'abord cru que cet effet de nouveauté allait diminuer la performance des élèves de la cohorte de 2011, car les enseignants de cette cohorte étaient encore plongés dans une période d'adaptation. Une troisième collecte de données serait nécessaire en 2013 et en 2015, pour mieux suivre le phénomène.

Les performances des élèves de la cohorte de 2011 par rapport à celles de la cohorte de 2009 sont peut-être dues, du moins en partie, à leurs enseignants en 5^e secondaire, mais également aux enseignants précédents. D'importants changements au sein du corps professoral pourraient ainsi expliquer la différence observée. Nous n'avons pas pu retracer tous les enseignants qui ont accompagné chacun des élèves afin de comparer les cheminements scolaires des sujets. Cependant, selon les informations transmises par nos contacts dans les écoles, le corps professoral en sciences et technologie de 4^e et 5^e secondaire n'a que peu changé entre 2009 et 2011. Sur 13 enseignants de 2^e cycle du secondaire, il y en a eu trois en congé de maternité. De plus, les suppléants sont demeurés généralement les mêmes. Par conséquent, nous estimons que ce ne sont pas des variations majeures dans le corps professoral en sciences et technologie au 2^e cycle du secondaire qui peuvent expliquer l'augmentation de la moyenne des sujets de la cohorte de 2011.

Finalement, l'autre cause possible de l'écart observé dans les deux cohortes, c'est que la cohorte de 2011 était « naturellement » plus performante à notre test parce qu'elle était en moyenne plus performante à l'école. Nous avons tenté de le vérifier en colligeant les résultats scolaires des élèves pour chacun de leurs cours liés au domaine des mathématiques, des sciences et de la technologie. Malheureusement, nous n'avons pas pu réaliser d'analyse statistique, car les données étaient insuffisantes ou manquantes. Cette dernière hypothèse demeure donc invérifiée.

CONCLUSION

Avec le Renouveau pédagogique et le *Programme de formation de l'école québécoise*, le ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport croit pouvoir améliorer les compétences des élèves, notamment en matière de résolution de problème d'ordre scientifique et technologique. Notre recherche a voulu le vérifier de la manière la plus convaincante possible et en fonction de notre compréhension de cette réforme. Pour y parvenir, nous avons testé à l'aide d'une simulation informatisée une cohorte d'élèves non réformés en 2009, pour la comparer à une autre cohorte d'élèves réformés testée en 2011.

Nos résultats nous laissent croire que la réforme a eu un impact positif très modeste sur la compétence des élèves à résoudre un problème d'ordre scientifique et technologique. L'ampleur de cet impact s'explique peut-être par la récente mise en application de la réforme en 5^e secondaire. Dans ce cas, il est raisonnable de croire que ces effets seront plus importants lorsque la mise en application de la réforme aura atteint une certaine maturité. Toutefois, si les effets modestes s'expliquent par la nature même de la réforme, certains pourraient alors remettre en question toutes les ressources investies jusqu'à ce jour pour son développement et sa mise en application.

C'est pourquoi il est essentiel de mieux comprendre les impacts du Renouveau pédagogique sur le développement des élèves québécois en réalisant davantage de recherches scientifiques sur cette question. Parmi les recherches à entreprendre, il pourrait être pertinent de combler certaines lacunes de notre étude, notamment en réalisant une autre collecte de données en 2013. De plus, des entrevues pourraient être menées auprès des sujets afin qu'ils verbalisent les stratégies de résolution de problème utilisées durant le Jeu de cuisine. Aussi, une autre recherche pourrait, pour

un nouvel échantillon de sujets, comparer les scores qu'ils obtiennent à notre simulation avec leurs résultats scolaires en sciences et technologie.

Au-delà des recherches complémentaires à réaliser, il nous semble que nos résultats pourraient s'avérer encourageants pour les concepteurs de programmes, car ils peuvent les interpréter comme un signe qu'il est possible d'orienter un système scolaire par le biais de changements curriculaires, et ce, même si ce changement est difficile à mettre en œuvre et provoque une « crise » (médias, forums, conférences) pareille à celle qu'a connue le Québec au cours des dernières années.

En plus des concepteurs de programmes, les praticiens aussi accueilleraient sans doute favorablement notre étude, car elle fait la démonstration, une fois de plus, que des simulations informatisées peuvent soutenir le processus extrêmement complexe de l'évaluation des compétences. À l'avenir, d'autres simulations informatisées pourraient être développées pour combler certains besoins en matière d'évaluation dans les écoles.

APPENDICE A
DÉROULEMENT ET CALENDRIER DE LA RECHERCHE

Évènements	Date	Période	
Développement de la simulation informatisée		Juillet 2008	Avril 2009
Accord avec les écoles participantes		Octobre 2008	Mai 2009
Obtention du certificat de conformité éthique	8 mai 2009		
Envoi des formulaires de consentement pour la première collecte de données	9 avril 2009		
Première collecte de données		8 mai 2009	4 juin 2009
Rédaction du projet de recherche		Janvier 2011	Février 2011
Envoi des formulaires de consentement pour la seconde collecte de données	1 ^{er} mars 2011		
Seconde collecte de données		4 mai 2011	6 juin 2011
Rédaction du mémoire		Janvier 2012	...
Exposé oral	Janvier 2012		

APPENDICE B
LETTRE D'INFORMATION, INVITATION À PARTICIPER À
UNE RECHERCHE ET FORMULAIRE DE CONSENTEMENT

« Étude de l'évolution de la compétence en résolution de problèmes scientifiques (S&T) d'élèves en fin de parcours secondaire à l'aide d'une simulation informatisée »

Chercheur principal et contact :
Patrice Potvin, Ph. D., Professeur-chercheur, Université du Québec à Montréal
potvin.patrice@uqam.ca (514) 987-3000 #1290

Chers parents,

Je sollicite la participation de votre enfant à un projet de recherche. Ce projet vise à évaluer les compétences en résolution de problèmes des élèves qui sont en fin de parcours secondaire par le moyen d'une simulation informatisée. Il permettra de connaître le niveau de certaines compétences de l'ensemble des élèves et de soutenir les enseignants, les directeurs et les commissions scolaires dans l'élaboration de leurs politiques visant à améliorer la formation et l'évaluation des élèves. La direction de l'école de votre enfant ainsi que son professeur ont donné leur accord à ce projet. La participation de votre enfant favorisera l'avancement des connaissances dans le domaine de l'évaluation des compétences scolaires et permettra, en définitive, d'améliorer la formation et la réussite des élèves. Avec votre autorisation et l'accord de votre enfant, il sera invité à remplir en classe ou au laboratoire, une fiche signalétique (court questionnaire sur ses données sociologiques) et à participer à une simulation informatisée pendant 75 minutes aux heures de classe permettant d'évaluer la résolution des problèmes en sciences et en technologie.

La participation de votre enfant à cette recherche est volontaire. Cela signifie que même si vous consentez aujourd'hui à ce que votre enfant participe à cette recherche, il demeure entièrement libre de ne pas participer ou de mettre fin lui-même à sa participation en tout temps et sans devoir fournir de justification, ni de subir de pénalité. Vous pouvez également retirer votre enfant du projet en tout temps. Pour les enfants qui ne participent pas au projet, des exercices leur seront proposés en classe par le professeur responsable du groupe, ou s'ils le souhaitent, pourraient tout de même vivre cette l'expérience de la simulation informatisée sans que les données ne soient recueillies. Cette expérience ne nuira pas au parcours scolaire de votre enfant et les activités proposées sont en lien direct avec ce

qu'il vit dans une journée de classe ordinaire ou dans un laboratoire. Seuls les chercheurs et l'enseignant de votre enfant seront informés des résultats obtenus par votre enfant aux tests. Les résultats communiqués à l'enseignant pourront l'aider à poser de meilleurs diagnostics pédagogiques sur leurs élèves.

Si vous souhaitez recevoir des renseignements additionnels concernant cette étude, avant de donner votre autorisation ou même après, n'hésitez pas à me contacter. Il me fera plaisir de répondre à vos questions. Sachez aussi que notre étude a reçu l'approbation du Comité institutionnel d'éthique de la recherche avec des êtres humains de l'UQAM (CIÉR). Tout commentaire, toute inquiétude ou plainte relativement aux questions d'éthique de la recherche peuvent être adressées au président du CIÉR, M. Joseph Josy Lévy. (514) 987-3000 poste 4483 ou au poste 7753.



AUTORISATION PARENTALE

J'autorise mon enfant (_____) à participer à cette recherche. Oui/Non (Encerclez)
Nom (écrire lisiblement svp)

Signature du parent: _____ Date : _____

Je suis d'accord à participer à cette recherche. (Encerclez) Oui/Non

Signature de l'élève : _____ Date : _____

Veillez retourner ce formulaire à l'enseignant de votre enfant et conserver les coordonnées utiles du chercheur et celles du président du CIÉR.

RÉFÉRENCES

- Adams, W. K. (2007). *Development of a Problem Solving Evaluation Instrument; untangling of specific problem solving assets*. Doctor of Philosophy Dissertation, University of Colorado, Colorado. (3303822)
- Alexakos, K. (2003). The Gender Gap in Science Education. *Science Teacher*, 70(3), 30-33.
- Allal, L. (1999). Acquisition et évaluation des compétences en situation scolaire. In J. Dolz et E. Ollagnier (Eds.), *L'énigme de la compétence* (pp. 77-94). Paris - Bruxelles: De Boeck & Larcier.
- Anderson, D. E. (1982). Computer Simulations in the Psychology Laboratory. *Simulation Gaming*, 13(1), 13-36.
- Assemblée nationale. (2010, 4 novembre). « Projet de loi n°88 : Loi modifiant la Loi sur l'instruction publique et d'autres dispositions législatives ». En ligne <<http://www.assnat.qc.ca/fr/travaux-parlementaires/projets-loi/projet-loi-88-38-1.html>>. Consulté le 11 mai, 2012.
- Baillargeon, N. (2009). *Contre la réforme : la dérive idéologique du système d'éducation québécois*. Montréal: Presses de l'Université de Montréal.
- Barab, S. A., Scott, B., Siyahhan, S., Goldstone, R., Ingram-Goble, A., Zuiker, S. J. et collab. (2009). Transformational Play as a Curricular Scaffold: Using Videogames to Support Science Education. *Journal of Science Education and Technology*, 18(4), 305-320.
- Bégin, R. (2010a). Compétences et formation scientifique des jeunes Québécois *Promesses et ratés de la réforme de l'éducation au Québec* (pp. 253-276). Québec: Presses de l'Université Laval.
- Bégin, R. (2010b). Réforme des programmes : les sciences, des disciplines perdantes. In M. Chevrier (Ed.), *Par-delà l'école-machine : critiques humanistes et modernes de la réforme pédagogique au Québec* (pp. 57-84). Québec: Éditions MultiMondes.
- Bennett, R. E., Persky, H., Weiss, A. et Jenkins, F. (2010). Measuring Problem Solving with Technology: A Demonstration Study for NAEP. *The Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 8(8), 45.
- BIE. (2000). Science Education for Contemporary Society Problems, Issues and Dilemmas (pp. 1-134). Beijing, Chine: Bureau international d'éducation (BIE) de l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).
- Bissonnette, S. (2005). *Échec scolaire et réforme éducative : quand les solutions proposées deviennent la source du problème*. Sainte-Foy: Sainte-Foy : Presses de l'Université Laval.

- Blais, J.-G. (2006). *Avis au Ministère de l'Éducation des Loisirs et du Sport du Québec: Les résultats de l'échantillon d'élèves québécois du primaire ayant participé à l'enquête TIMSS 2003 en mathématiques*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport.
- Blech, C. et Funke, J. (2005). *Dynamis review: An overview about applications of the Dynamis approach in cognitive psychology*. Bonn: German Institute for Adult Education (DIE).
- Boutin, G. et Julien, L. (2000). *L'obsession des compétences son impact sur l'école et la formation des enseignants*. Montréal: Montréal Éditions nouvelles.
- Braslavsky, C. (2001). *Tendances mondiales et développement des curricula*. Article présenté à la Colloque international : L'éducation dans tous ses états - influences européennes et internationales sur les politiques nationales d'éducation et de formation, Bruxelles.
- C.-Larochelle, J. (2006, 23 mai). Contre la vague anti-pédagogique, *Le Devoir*, p. A9.
- Caillé, A. (1998). La politique éducative de la ministre de l'Éducation : Un manque de vision par rapport à l'enseignement des sciences et de la technologie. *Spectre*, 27(3), 10-12.
- Campbell, D. T. et Gage, N. L. (1963). *Experimental and quasi-experimental designs for research*. Chicago: Rand McNally.
- CERI-OCDE. (2006). *The New Millenium Learners : Challenging our Views on ICT and Learning*. Centre pour la recherche et l'innovation dans l'enseignement - Organisation de coopération et de développement économiques (CERI-OCDE).
- Cerqua, A. et Gauthier, C. (2010). *Esprit, es-tu là? : une analyse du discours de la réforme de l'éducation au Québec*. Québec: Presses de l'Université Laval.
- Chouinard, M.-A. (2002, 13 juin). Simard confirme le retard d'un an, *Le Devoir*, p. A1.
- Chouinard, M.-A. (2003, 6 mai). Reid reporte la réforme du secondaire, *Le Devoir*, p. A3.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, N.J. L.: Erlbaum.
- Comeau, R. et Lavallée, J. (2008). *Contre la réforme pédagogique*. Montréal: Montréal : VLB.
- Couture, M. et Meyor, C. (2008). Simulations informatiques adisciplinaires et résolution de problèmes ouverts : une étude exploratoire auprès d'étudiants en formation des maîtres. *Revue internationale des technologies en pédagogie universitaire*, 5(2), 50-67.
- CPE. (1998). *L'enseignement des sciences et de la technologie dans le cadre de la réforme du curriculum du primaire et du secondaire : avis à la ministre de l'éducation*. Québec: Commission des programmes d'études (CPE) En ligne <<http://www.ccpe.gouv.qc.ca/sc-tech.htm> - nintro>.
- CSC. (1984). *À l'école des sciences : La jeunesse canadienne face à son avenir*. Ottawa: Conseil des sciences du Canada (CSC).

- CSE. (1982). *Le sort des matières dites « secondaires » au primaire ; Avis au ministre de l'Éducation*. Québec: Conseil supérieur de l'éducation (CSE).
- CSE. (1984). *La formation scientifique des jeunes du secondaire*. Québec: Conseil supérieur de l'éducation (CSE).
- CSE. (1986). *Projets d'amendements au régime pédagogique du secondaire* Québec: Conseil supérieur de l'éducation (CSE).
- CSE. (1989a). *Améliorer l'éducation scientifique sans compromettre l'orientation des élèves : Les sciences de la nature et la mathématique au deuxième cycle du secondaire* Québec: Conseil supérieur de l'éducation (CSE).
- CSE. (1989b). *L'initiation aux sciences de la nature chez les enfants du primaire*. Québec: Conseil supérieur de l'éducation (CSE).
- CSE. (1994a). *Rapport annuel 1993-1994 sur l'état et les besoins de l'éducation : Les nouvelles technologies de l'information et de la communication : des engagements pressants*. Québec: Conseil supérieur de l'éducation (CSE).
- CSE. (1994b). *Rénover le curriculum du primaire et du secondaire*. Québec: Conseil supérieur de l'éducation (CSE).
- CST. (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*. Québec: Conseil de la science et de la technologie (CST).
- D'Hainaut, L. (1988). *Des fins aux objectifs de l'éducation un cadre conceptuel et une méthode générale pour établir les résultats attendus d'une formation*. Bruxelles: Labor.
- de Freitas, S. et Oliver, M. (2006). How Can Exploratory Learning with Games and Simulations within the Curriculum Be Most Effectively Evaluated? *Computers and Education*, 46(3), 249-264.
- De Ketele, J.-M. (2000). En guise de synthèse: convergences autour des compétences. In F.-M. Gerard, X. Roegiers et C. Bosman (Eds.), *Quel avenir pour les compétences?* Bruxelles: De Boeck-Wesmael.
- Depover, C. et Noël, B. (1999). *L'évaluation des compétences et des processus cognitifs modèles, pratiques et contextes*. Bruxelles: Bruxelles De Boeck.
- des Rivières, P. (1997). De l'enseignement des sciences : Le français et les mathématiques, c'est bien beau, mais... *Le Devoir*, p. A2.
- Dionne, É. (2010). Expérimentation d'un modèle d'évaluation certificative dans un contexte d'enseignement scientifique. *Revue canadienne de l'éducation*, 33(1).
- Dumont, J.-G. (2011). Miser sur les TIC pour favoriser l'apprentissage en science : les indices d'une stratégie prometteuse. *Spectre*, 40(3), 23-27.
- Elharrar, Y. (2006). Évaluation des pratiques d'évaluation et des perceptions des enseignants : l'utilisation d'évaluations alternatives dans le cadre de la réforme d'éducation au Québec. *Thèse de doctorat en psychologie*, 120.
- Ettayebi, M. M., Operti, R. et Jonnaert, P. (2008). *Logique de compétences et développement curriculaire : débats, perspectives et alternative pour les systèmes éducatifs*. Paris: Harmattan.

- FAE. (2006). La FAE demande d'arrêter la réforme pour la corriger. Gatineau: Fédération autonome de l'enseignement (FAE).
- FAE. (2007). L'évaluation des compétences au détriment des connaissances est toujours problématique. Montréal: Fédération autonome de l'enseignement (FAE).
- Fensham, P. J. (2008). *Science Education Policy-making : Eleven emerging issues*. UNESCO.
- Fortin, M.-F. et Gagnon, J. (2010). *Fondements et étapes du processus de recherche : méthodes quantitatives et qualitatives*. Montréal: Chenelière Éducation.
- Funke, J. (2001). Dynamic systems as tools for analysing human judgement. *Thinking & Reasoning*, 7(1), 69-89.
- Gillet, P. (1991). Élaboration d'un plan de formation. In P. Gillet (Ed.), *Construire la formation*. Paris: ESF éditeur.
- Guillemette, M. (2012, 19 avril). Réforme - Les élèves sont plus compétents en sciences, *Le Devoir*, p. A4.
- Haeck, C., Lefebvre, P. et Merrigan, P. (2011). *All students left behind: an ambitious provincial school reform in Canada, but poor math achievements from grade 2 to 10*. Montréal.
<<http://www.econ.kuleuven.be/ces/discussionpapers/Dps11/DPS1128.pdf>>
- Hickey, D. T., Ingram-Goble, A. A. et Jameson, E. M. (2009). Designing Assessments and Assessing Designs in Virtual Educational Environments. *Journal of Science Education and Technology*, 18(2), 187-208.
- Jaipala, K. et Figg, C. (2009). Using Video Games in Science Instruction: Pedagogical, Social, and Concept-Related Aspects. *Canadian Journal of Science, Mathematics and Technology Education*, 9(2), 117-134. doi: 10.1080/14926150903047780
- Jonnaert, P. (2009). *Compétences et socioconstructivisme : un cadre théorique* (2e éd.). Bruxelles: De Boeck.
- Jonnaert, P., Barrette, J., Boufrahi, S. et Masciotra, D. (2004). Contribution critique au développement des programmes d'études : compétences, constructivisme et interdisciplinarité. *Revue des sciences de l'éducation*, 30(3), 667-696.
- Jonnaert, P. et Ettayebi, M. M. (2008). Curriculum, cadres organisateurs curriculaires et logique des objets d'apprentissage. In M. M. Ettayebi, R. Poerti et P. Jonnaert (Eds.), *Logique de compétences et développement curriculaire : débats, perspectives et alternative pour les systèmes éducatifs* (pp. 29-40). Paris: Harmattan.
- Jonnaert, P., Lafortune, L. et Ettayebi, M. M. (2007). Un regard sur les réformes en éducation. In L. Lafortune, M. M. Ettayebi et P. Jonnaert (Eds.), *Observer les réformes en éducation* (pp. 1-14). Québec: Presses de l'Université du Québec.
- Ketelhut, D. J., Nelson, B. C., Clarke, J. et Dede, C. (2010). A Multi-User Virtual Environment for Building and Assessing Higher Order Inquiry Skills in Science. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 56-68.

- Kinnear, P. R. et Gray, C. D. (2011). *IBM SPSS Statistics 18 Made Simple*. New York: Psychology Press.
- Kluge, A. (2008). Performance Assessments with Microworlds and Their Difficulty. *Applied Psychological Measurement*, 32(2), 156-180.
- Ko, S. (2002). An Empirical Analysis of Children's Thinking and Learning in a Computer Game Context. *Educational Psychology*, 22(2), 219-233.
- Kröner, S., Plass, J. L. et Leutner, D. (2005). Intelligence Assessment with Computer Simulations. *Intelligence*, 33(4), 347-368.
- Ladouceur, R. et Bégin, G. (1980). *Protocoles de recherche en sciences appliquées et fondamentales*. Saint-Hyacinthe, Québec: Edisem.
- Lafortune, L., Prud'homme, L., Sorin, N., Aitken, A., Archambault, J., Barma, S. et collab. (2011). *Manifeste pour une école compétente*. Québec: Presses de l'Université du Québec
- Le Boterf, G. (1995). *De la compétence - Essai sur un attracteur étrange*. Paris: Les éditions d'organisation.
- Le Boterf, G. (2002). *Développer la compétence des professionnels. Construire des parcours de professionnalisation*. Paris: Éditions d'Organisation.
- Lebow, D. G. et Wager, W. W. (1994). Authentic Activity as a Model for Appropriate Learning Activity: Implications for Design of Computer-Based Simulations. (pp. 8).
- Legendre, M.-F. (2002). Le programme des programmes : le défi des compétences transversales. In C. Gauthier et D. Saint-Jacques (Eds.), *La réforme des programmes scolaires au Québec* (pp. 24-57). Sainte-Foy: Presses de l'Université Laval.
- Legendre, R. (2005). *Dictionnaire actuel de l'éducation*. Montréal: Montréal : Guérin.
- Leutner, D. (2002). The fuzzy relationship of intelligence and problem solving in computer simulations. *Computers in human behavior*, 18(6), 685-697.
- Martineau, S. et Gauthier, C. (2002). Introduction : Évolution des programmes scolaires au Québec : un aperçu historique pour mieux comprendre la réforme actuelle. In C. Gauthier et D. Saint-Jacques (Eds.), *La réforme des programmes scolaires au Québec* (pp. 1-21). Sainte-Foy: Presses de l'Université Laval.
- MELS. (2004). *Calendrier d'implantation du Programme de formation*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS).
- MELS. (2005a). *Le renouveau pédagogique : ce qui définit le "changement" : préscolaire, primaire, secondaire*. Québec: Ministère de l'éducation, du loisir et du sport.
- MELS. (2005b). *Projet de règlement modifiant le Régime pédagogique de l'éducation préscolaire, de l'enseignement primaire et de l'enseignement secondaire*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS).
- MELS. (2006). *Bilan de l'application du programme de formation de l'école québécoise - Enseignement primaire*. Québec: Ministère de l'Éducation du Loisir et du Sport (MELS).

- MELS. (2007a). *Programme de formation de l'école québécoise — Enseignement secondaire, 2e cycle*. Québec: Ministère de l'éducation, du Loisir et du Sport (MELS) En ligne
<<http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/secondaire2/>>.
- MELS. (2007b). *Programme international pour le suivi des acquis - (PISA) 2006 : La performance des jeunes en sciences, en lecture et en mathématique*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS).
- MELS. (2007c). *Un programme de formation pour le XXIe siècle - Chapitre 1*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS).
- MELS. (2008a). « Programme de formation de l'école québécoise ». En ligne.
<<http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/>>. Consulté le 22 août, 2011.
- MELS. (2008b). « Programme de formation de l'école québécoise : Secondaire, premier cycle ». Dans *Ministère de l'éducation, du loisir et du sport (MELS)*. En ligne.
<<http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/secondaire1/>>. Consulté le 21 juillet, 2011.
- MELS. (2008c). « Renouveau pédagogique ». Dans *Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport*. En ligne.
<<http://www.mels.gouv.qc.ca/renouveau/index.asp?page=accueil>>. Consulté le 17 décembre, 2010.
- MELS. (2008d). *Tendances de l'enquête internationale sur la mathématique et les sciences TEIMS 2007*. Québec.
- MELS. (2010a). « Mises à jour ». Dans *Ministère de l'éducation, du loisir et du sport (MELS)*. En ligne.
<<http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/programmeFormation/secondaire2/index.asp?page=miseajour>>. Consulté le 21 juillet, 2011.
- MELS. (2010b). *Programme de formation de l'école québécoise — Enseignement secondaire, 2e cycle : Science et technologie*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS).
- MELS. (2010c). *Programme de formation pour le XXIe siècle - Chapitre 1 : Programme de formation de l'école québécoise — Enseignement secondaire, 2e cycle*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS).
- MELS. (2010d). *Programme international pour le suivi des acquis - (PISA) 2009 : La performance des jeunes en sciences, en lecture et en mathématique*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS).
- MELS. (2010e). *Science et technologie (2e année du 2e cycle du secondaire), science et technologie de l'environnement [programme de formation de l'école québécoise : domaine de la mathématique, de la science et de la technologie]*. Québec: Ministère de l'éducation, du loisir et du sport (MELS).
- MELS. (2011a). « Indices de défavorisation 2010-2011 ». Dans *Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS)*. En ligne.

- <<http://www.mels.gouv.qc.ca/sections/publications/index.asp?page=fiche&id=956>>. Consulté le 20 avril, 2012.
- MELS. (2011b). *Régime pédagogique de l'éducation préscolaire, de l'enseignement primaire et de l'enseignement secondaire*. Québec: Ministère de l'Éducation, du Loisir et du Sport (MELS) En ligne
<http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=3&file=/I_13_3/I13_3R8.HTM>.
- MEQ. (1996). *Les États généraux sur l'éducation 1995-1996 : Exposé de la situation*. Québec: Ministère de l'éducation du Québec (MEQ) - Commission des États généraux sur l'éducation.
- MEQ. (1997a). *L'école, tout un programme*. Québec: Ministère de l'Éducation.
- MEQ. (1997b, 16 juillet). « Les États généraux sur l'éducation - Fin des travaux ». En ligne. <<http://www.mels.gouv.qc.ca/etat-gen/rapfinal/fin.htm>>. Consulté le 16 août, 2011.
- MEQ. (1997c, 16 juillet). « Les États généraux sur l'éducation - Fin des travaux ». En ligne. <<http://www.mels.gouv.qc.ca/etat-gen/rapfinal/fin.htm>>. Consulté le 15 juillet, 2011.
- MEQ. (1997d). *Réaffirmer l'école, Prendre le virage du succès : rapport du Groupe de travail sur la réforme du curriculum*. Québec: Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ).
- MEQ. (1998). *Une comparaison internationale des résultats des élèves québécois en mathématique et en sciences*. Québec: Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ).
- MEQ. (2000). *Projet - Régime pédagogique de l'éducation préscolaire, de l'enseignement primaire et de l'enseignement secondaire* Québec: Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ).
- MEQ. (2001a). *Programme de formation de l'école québécoise — Éducation préscolaire, Enseignement primaire*. Québec: Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ).
- MEQ. (2001b). *Programme international pour le suivi des acquis - (PISA) 2000 : La performance des jeunes en sciences, en lecture et en mathématique*. Québec: Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ).
- MEQ. (2001c). *Troisième enquête internationale sur la mathématique et les sciences — TEIMS-99 : Rapport du Québec*. Québec: Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ).
- MEQ. (2003). *Programme de formation de l'école québécoise — Enseignement secondaire, 1er cycle*. Québec: Ministère de l'éducation du Québec (MEQ).
- MEQ. (2004a). *Programme international pour le suivi des acquis - (PISA) 2003 : La performance des jeunes en mathématiques, en lecture, en sciences et en résolution de problèmes*. Québec: Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ).

- MEQ. (2004b). *Tendances de l'enquête internationale sur la mathématique et les sciences TEIMS 2003 : Résultats obtenus par les élèves québécois aux épreuves de mathématique et de sciences de 2003*. Québec: Ministère de l'Éducation du Québec (MEQ).
- Métro. (2012, 19 avril). Réforme scolaire - Compétences améliorées, *Métro*, p. 38.
- OCDE. (1994). *Redéfinir le curriculum : un enseignement pour le XXI^e siècle*. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).
- OCDE. (2003). *Cadre d'évaluation de PISA 2003 — Connaissances et compétences en mathématiques, lecture, science et résolution de problèmes*. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).
- OCDE. (2004). *PISA 2003 — Résoudre des problèmes, un atout pour réussir : Premières évaluations des compétences transdisciplinaires issues de PISA 2003*. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).
- OCDE. (2006). *Compétences en sciences, lecture et mathématiques : Le cadre d'évaluation de PISA 2006* (pp. 206). Paris: Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).
- OCDE. (2007). *PISA 2006 : les compétences en sciences, un atout pour réussir* (pp. 419). Paris: Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).
- OCDE. (2010). *Are the New Millenium Learners Making the Grade? Technology use and educational performance in PISA*. Paris: Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE).
- Ouimet, M. (2003). Réformer la réforme, *La Presse*, p. A12.
- Papastergiou, M. (2009). Digital Game-Based Learning in High School Computer Science Education: Impact on Educational Effectiveness and Student Motivation. *Computers & Education*, 52(1), 1-12.
- Perrenoud, P. (2008). *Construire des compétences dès l'école*. Paris: ESF éditeur.
- Québec. (2012, 1er mai). « Loi sur l'instruction publique ». En ligne. <http://www2.publicationsduquebec.gouv.qc.ca/dynamicSearch/telecharge.php?type=2&file=/I_13_3/I13_3.html>. Consulté le 11 mai, 2012.
- Ricci, S. (2008). Examens de fin d'année au secondaire - Se croiser les doigts pour la réussite à l'école, *Le Devoir*, p. A9.
- Ridgway, J. et McCusker, S. (2003). Using Computers to Assess New Educational Goals. *Assessment in Education*, 10(309-328).
- Rieber, L. P. et Noah, D. (2008). Games, Simulations, and Visual Metaphors in Education: Antagonism between Enjoyment and Learning. *Educational Media International*, 45(2), 77-92.
- Rocher, T. (2003). La méthodologie des évaluations internationales de compétences. *Psychologie et psychométrie*, 24(2-3), 117.
- Roegiers, X. (2000). *Une pédagogie de l'intégration compétences et intégration des acquis dans l'enseignement*. Bruxelles: Bruxelles De Boeck.
- Sansfaçon, J.-R. (1998). La guerre n'est pas gagnée, *Le Devoir*, p. A8.

- Scallon, G. (2007). *L'évaluation des apprentissages dans une approche par compétences* (2e éd.). Saint-Laurent: Saint-Laurent : Éditions du Renouveau pédagogique Inc.
- Solway, D. (2008). *Le bon prof : essais sur l'éducation*. Montréal: Bellarmin.
- Statistical Package for the Social Sciences. (2009). *Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) (Version 18)*. Chicago: SPSS Inc.
- Tabachnick, B. G. et Fidell, L. S. (2007). *Using multivariate statistics* (5e éd. éd.). Boston ; Montreal: Pearson/A & B.
- Tardif, J. (2006). *L'évaluation des compétences : Documenter le parcours de développement*. Montréal: Chenelière-éducation.
- Tawil, S. (2003). Évolution du curriculum : Introduction au dossier. *Perspectives - Revue trimestrielle d'éducation comparée*, 13(1), 1-11.
- Thanh, T. K. (1998). Les professeurs de sciences face à la réforme du curriculum. *Spectre*, 27(3), 4-6.
- Thanh, T. K. et Caillé, A. (1998, 16 juin). Enseignement des sciences et de la technologie: un manque de vision, *La Presse*, p. B3.
- Théorêt, M. (2005). Analyse de l'appropriation de la réforme du curriculum par des enseignants et évaluation d'impact sur la réussite en mathématiques d'élèves à risque - Projets Transmaths - (pp. 109). Montréal: Université de Montréal.
- Tindall, T. et Hamil, B. (2004). Gender Disparity in Science Education: The Causes, Consequences, and Solutions. *Education*, 125(2), 282-295.
- UNESCO. (2011a). « Enseignement des sciences et de la technologie ». Dans *UNESCO : Education*. En ligne.
<<http://www.unesco.org/new/fr/education/themes/strengthening-education-systems/science-and-technology/>>. Consulté le 8 juillet, 2011.
- UNESCO. (2011b). « Mission ». Dans *UNESCO : Education*. En ligne.
<<http://www.unesco.org/new/fr/education/themes/strengthening-education-systems/science-and-technology/mission/>>. Consulté le 8 juillet, 2011.
- UQAM. (2012, 19 avril). « Les élèves post-réforme sont plus compétents en sciences et technologie ». Dans *UQAM*. En ligne.
<<http://www.nouvelles.uqam.ca/2012/2138-les-eleves-post-reforme-sont-plus-competents-en-sciences-technologie>>. Consulté le 23 avril, 2012.
- Wesselink, R., Dekker-Groen, A. M., Biemans, H. J. A. et Mulder, M. (2010). Using an instrument to analyse competence-based study programmes: experiences of teachers in Dutch vocational education and training. *Journal of Curriculum Studies*, 42(6), 813-829.
- Wirth, J. et Klieme, E. (2003). Computer-based Assessment of Problem Solving Competence. *Assessment in Education*, 10(3), 329-345.
- Zapata-Rivera, D., VanWinkle, W., Doyle, B., Buteux, A. et Bauer, M. (2009). Combining Learning and Assessment in Assessment-Based Gaming Environments: A Case Study from a New York City School. *Interactive Technology and Smart Education*, 6(3), 173-188.