

L'enseignement des mathématiques dans les écoles secondaires du Québec:

L'alignement entre les enseignants, les concepts mathématiques des programmes ministériels et les concepts mathématiques utilisés dans les emplois STIM

12 Janvier 2022

ANNIE SAVARD

ALEXANDRE CAVALCANTE

DANIELA CAPRIOARA

Avec la collaboration d'Amélie Poulin.

EN
AVANT!
MATH!

Les rapports de projet sont destinés plus spécifiquement aux partenaires et à un public informé. Ils ne sont ni écrits à des fins de publication dans des revues scientifiques ni destinés à un public spécialisé, mais constituent un médium d'échange entre le monde de la recherche et le monde de la pratique.

Project Reports are specifically targeted to our partners and an informed readership. They are not destined for publication in academic journals nor aimed at a specialized readership, but are rather conceived as a medium of exchange between the research and practice worlds.

Le CIRANO est un organisme sans but lucratif constitué en vertu de la Loi des compagnies du Québec. Le financement de son infrastructure et de ses activités de recherche provient des cotisations de ses organisations-membres, d'une subvention d'infrastructure du gouvernement du Québec, de même que des subventions et mandats obtenus par ses équipes de recherche.

CIRANO is a private non-profit organization incorporated under the Quebec Companies Act. Its infrastructure and research activities are funded through fees paid by member organizations, an infrastructure grant from the government of Quebec, and grants and research mandates obtained by its research teams.

Les partenaires du CIRANO – CIRANO Partners

Partenaires corporatifs – Corporate Partners

Autorité des marchés financiers
Banque de développement du Canada
Banque du Canada
Banque nationale du Canada
Bell Canada
BMO Groupe financier
Caisse de dépôt et placement du Québec
Énergir
Hydro-Québec
Innovation, Sciences et Développement économique Canada
Intact Corporation Financière
Investissements PSP
Manuvie Canada
Ministère de l'Économie, de la Science et de l'Innovation
Ministère des finances du Québec
Mouvement Desjardins
Power Corporation du Canada
Rio Tinto
Ville de Montréal

Partenaires universitaires – Academic Partners

École de technologie supérieure
École nationale d'administration publique
HEC Montréal
Institut national de la recherche scientifique
Polytechnique Montréal
Université Concordia
Université de Montréal
Université de Sherbrooke
Université du Québec
Université du Québec à Montréal
Université Laval
Université McGill

Le CIRANO collabore avec de nombreux centres et chaires de recherche universitaires dont on peut consulter la liste sur son site web.
CIRANO collaborates with many centers and university research chairs; list available on its website.

© Janvier 2022. Annie Savard, Alexandre Cavalcante et Daniela Caprioara. Tous droits réservés. *All rights reserved.* Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©. *Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.*

Les idées et les opinions émises dans cette publication sont sous l'unique responsabilité des auteurs et ne représentent pas nécessairement les positions du CIRANO ou de ses partenaires. *The observations and viewpoints expressed in this publication are the sole responsibility of the authors; they do not necessarily represent the positions of CIRANO or its partners.*

L'enseignement des mathématiques dans les écoles secondaires du Québec: L'alignement entre les enseignants, les concepts mathématiques des programmes ministériels et les concepts mathématiques utilisés dans les emplois STIM

*Annie Savard**, *Alexandre Cavalcante†* et *Daniela Caprioara‡*

Avec la collaboration d'Amélie Poulin.

Résumé

Ce rapport présente une étude portant sur les concepts et processus enseignés à l'école secondaire au Québec. Il étudie l'alignement entre les concepts enseignés et les concepts utilisés par des travailleurs de l'industrie STIM du Québec, l'alignement entre les motivations et les tensions des enseignants et les concepts mathématiques enseignés, ainsi que l'alignement entre l'épistémologie des enseignants de mathématiques du secondaire, les concepts mathématiques du programme de formation et les mathématiques utilisées par les travailleurs de l'industrie STIM. Dans un premier temps, nous avons fait une analyse des concepts et des processus mathématiques présents dans le programme de formation de l'école québécoise du secondaire, volet mathématique. Nous avons comparé cette analyse avec d'autres programmes de mathématiques. Nous avons étudié les métiers STIM représentés dans les manuels scolaires québécois. Dans un deuxième temps, nous avons interrogé des travailleurs STIM quant aux concepts mathématiques employés dans le cadre de leur travail. Nous avons comparé ces concepts mathématiques à ceux présents dans le Programme de formation de l'école québécoise. Dans un troisième temps, nous avons interrogé des enseignants de mathématiques du secondaire quant à leurs représentations des concepts mathématiques du programme. Nous leur avons fait parvenir un questionnaire et nous avons réalisé des groupes de discussion. Nous avons comparé leurs représentations de ces concepts mathématiques à ceux présents dans le Programme de formation de l'école québécoise. Nos résultats suggèrent que certains concepts mathématiques sont beaucoup utilisés par les travailleurs STIM, mais sont peu enseignés au secondaire. C'est le cas des statistiques qui sont principalement enseignées aux élèves du volet Culture Société Technique, volet qui ne conduit pas à se qualifier dans les programmes STIM du cégep et de l'université. Qui plus est, une grande proportion des enseignants rencontrés disent ne pas apprécier les statistiques. Ces résultats montrent un désalignement important qui pourrait conduire les élèves à une vision tronquée des mathématiques utilisées dans les carrières STIM.

* McGill University et CIRANO

† University of Toronto

‡ Ovidius University

Abstract

This report presents a study of the concepts and processes taught in high school in Quebec. It examines the alignment between the concepts taught and the concepts used by workers in the Quebec STEM industry, the alignment between teachers' motivations and tensions and the mathematical concepts taught, and the alignment between the epistemology of high school mathematics teachers, the mathematical concepts in the training program, and the mathematics used by workers in the STEM industry. First, we conducted an analysis of the mathematical concepts and processes present in the Quebec high school mathematics curriculum. We compared this analysis with other mathematics programs. We studied the STEM occupations represented in Quebec textbooks. Second, we interviewed STEM workers about the mathematical concepts used in their work. We compared these mathematical concepts to those found in the Quebec school curriculum. Third, we interviewed high school mathematics teachers about their representations of the mathematical concepts in the program. We sent them a questionnaire and conducted focus groups. We compared their representations of these mathematical concepts with those in the Quebec Education Program. Our results suggest that some mathematical concepts are used a lot by STEM workers, but are not taught much in high school. This is the case for statistics, which is mainly taught to students in the Culture Société Technique stream, a stream that does not lead to qualification in CEGEP and university STEM programs. Moreover, a large proportion of the teachers interviewed said they did not appreciate statistics. These results show a significant misalignment that could lead students to a truncated view of the mathematics used in STEM careers.

Mots clés / Keywords: programmes de mathématiques du secondaire; enseignants de mathématiques; mathématiques et STIM / high school math programs; math teachers; math and STEM

Pour citer ce document / To quote this document

Savard A., Cavalcante A. et Caprioara D. (2022). L'enseignement des mathématiques dans les écoles secondaires du Québec: L'alignement entre les enseignants, les concepts mathématiques des programmes ministériels et les concepts mathématiques utilisés dans les emplois STIM (2022RP-08, CIRANO). <https://doi.org/10.54932/MLDF5092>

Remerciements

Nous remercions les enseignants de mathématiques du secondaire et les conseillers pédagogiques pour leur participation à ce projet.

Nous remercions également le Groupe des responsables des mathématiques du secondaire, le GRMS pour nous avoir soutenus dans le cadre de ce projet de recherche.

Les auteurs remercient le partenaire financier, soit le Ministère des Finances du Québec dans le cadre du partenariat CRM-CIRANO ayant pour but l'établissement d'une stratégie visant à favoriser le développement d'une main-d'œuvre hautement qualifiée en mathématiques appliquées pour des domaines de pointe.

Les idées et les opinions émises dans cette publication sont sous l'unique responsabilité des auteurs et ne représentent pas nécessairement les positions du CIRANO ou de ses partenaires.

Table des matières

Résumé	2
Remerciements	3
Table des matières	4
1. Introduction	6
2. Problématique	7
2.1 Les buts de la recherche	8
2.2 Les questions de recherche.....	9
2.3 Les mathématiques dans les milieux STIM et leur enseignement : un cadre conceptuel	10
2.4 Le Programme de formation de l'école québécoise, volet Mathématiques au secondaire	12
3. Méthodologie.....	14
3.1 Recherche documentaire	14
3.1.1 Les programmes de formation.....	14
3.1.2 Les manuels scolaires.....	17
3.2 Recherche auprès des travailleurs STIM	19
3.3 Recherche auprès des enseignants de mathématiques	21
4. Présentation des résultats	25
4.1 Résultats de l'analyse des Programmes de formation mathématiques	25
4.1.1 Le Programme de formation de l'école québécoise	25
4.1.2 Analyse par domaine mathématique.....	26
4.1.3 Analyse par thèmes.....	29
4.1.3.1 Histoire des mathématiques/Culture	29
4.1.3.2 L'utilisation des technologies spécifiques.....	30
4.1.3.3 Pensée mathématique	30
4.1.3.4 Logique/Programmation n'est pas intégrée de façon unique	31
4.1.3.5 L'éducation financière.....	31
4.2 Résultats des Manuels	32
4.3 Résultats issus des travailleurs STIM.....	36
4.3.1 Analyse par thèmes.....	37
4.3.1.1 Les maths dans de nouvelles industries.....	37
4.3.1.2 Les mathématiques dans leur parcours de carrière changent.....	38

4.3.1.3 On peut accéder à une carrière STIM par des routes alternatives	39
4.4 Résultats des enseignants de mathématiques du secondaire	40
4.4.1 Leur épistémologie des mathématiques.....	40
4.4.2 Leur profond désir d’enseigner les mathématiques	42
4.4.3 Leur formation initiale	46
4.4.4 La motivation des élèves.....	47
4.4.5 Les domaines les plus intéressants à enseigner et ceux qui posent défi.....	51
4.4.6 L’importance accordée aux domaines mathématiques du programme.....	54
5. Sommaire des données.....	57
5.1 Sommaire des données des programmes et des manuels	57
5.2 Sommaire des données des professionnels STIM.....	57
5.3 Sommaire des données des enseignants de mathématiques du secondaire.....	58
6. Discussion des résultats	59
6.1 Enseignants-Programme	59
6.2 Enseignants-Professionnels	60
6.3 Programmes-Professionnels	61
6.4 Enseignants-Professionnels-Programme	62
6.5. Recommandations	63
7. Conclusion.....	65
Références	66
Annexe	67
1. Protocole d’entrevue avec les travailleurs STIM	67
2. Questionnaire des enseignants	70

1. Introduction

Ce rapport présente une étude portant sur les concepts et processus enseignés à l'école secondaire au Québec. Il étudie l'alignement entre les concepts enseignés et les concepts utilisés par des travailleurs de l'industrie STIM du Québec, l'alignement entre les motivations et les tensions des enseignants et les concepts mathématiques enseignés, ainsi que l'alignement entre l'épistémologie des enseignants de mathématiques du secondaire, les concepts mathématiques du programme de formation et les mathématiques utilisées par les travailleurs de l'industrie STIM. L'acronyme STIM signifie Science, Technologie, Ingénierie et Mathématique. En anglais, cet acronyme s'écrit STEM, le E référant aux ingénieurs (*engineers*). Ce terme englobe quatre disciplines et montre les liens interdisciplinaires entre eux (Vasquez, 2014, 2015). Par conséquent, l'enseignement de chacune des disciplines devrait idéalement impliquer une ou plusieurs autres disciplines STIM, pas nécessairement toutes à la fois (Vasquez, 2014, 2015). La définition de ce terme varie beaucoup entre les chercheurs (Martín-Páez, Aguilera, Perales-Palacios & Vílchez-González, 2019). Selon eux, certains chercheurs considèrent que le développement curriculaire devrait inclure des sujets reliés aux STIM tels que les sciences de la terre, les sciences de la vie, la psychologie et les sciences sociales. D'autres chercheurs ajoutent un A pour arts (STEAM) afin de reconnaître l'apport des autres disciplines. Au Canada, le Conseil des Ministres de l'Éducation utilise la terminologie STGM plutôt que STIM, le G signifiant Génie. Le Conseil utilise un autre acronyme pour les domaines non STGM : SACHES. Ce dernier domaine désigne spécifiquement les domaines suivants : la santé, les arts, le commerce, les sciences humaines, de l'éducation et les sciences sociales (Conseil des Ministres de l'Éducation du Canada, 2021). Dans le cadre de cette recherche, le sens accordé à STIM est celui qui réfère au sens originel, soit Science, Technologie, Ingénierie et Mathématique. Nous n'avons pas considéré les sciences de la santé, bien que certaines similitudes avec les mathématiques utilisées dans les carrières STIM soient possibles. Nous avons toutefois étudié la place des mathématiques financières, puisque celles-ci sont utilisées dans les fintechs.

2. Problématique

Ce projet de recherche s'inscrit dans le cadre d'une entente collaborative entre le CIRANO et le Centre de Recherches Mathématiques (CRM) intitulée *“Vers une stratégie pour favoriser l'augmentation du nombre de diplômés dans les STIM afin d'assurer une main-d'œuvre hautement qualifiée en mathématiques et autres domaines connexes.”* Ce projet s'inscrit plus particulièrement dans le volet 1, Projet 6 : Les enseignants, leur formation ainsi que les outils mis à leur disposition :

Plusieurs études ont mis de l'avant l'importance de l'enseignant sur l'apprentissage des mathématiques des élèves du primaire et du secondaire. Or, nous assistons depuis quelque temps à une pénurie d'enseignants tant au primaire qu'au secondaire qu'en adaptation scolaire. La pénurie est encore plus marquée au secondaire en mathématiques et en sciences et technologie. Dans un premier temps, un portrait de la situation des enseignants de mathématiques et des sciences sera fait, et dans un deuxième temps, une analyse des programmes d'études en STIM tant au primaire qu'au secondaire sera menée pour faire le point sur les domaines enseignés ainsi que relever les domaines qui pourraient être absents des programmes alors qu'ils se révèlent importants.

D'une part, le Québec fait face à une pénurie d'enseignants tant au primaire qu'au secondaire qu'en adaptation scolaire. Peu d'étudiants se destinent à ce choix de carrière et le taux de rétention des jeunes enseignants soulève une grande préoccupation. Selon différentes sources, plus de 40 % des enseignants quittent la profession dans les cinq premières années suivant leur entrée dans la profession (Létourneau, 2014 ; Kamanzi, Barroso Da Costa & NDinga, 2017). Dans ce contexte, il est pertinent de s'interroger sur leur formation, leur pratique et sur les contenus mathématiques des programmes québécois. La pénurie des enseignants est encore plus marquée au secondaire du côté des mathématiques et en science et technologie. Le cas des enseignants de mathématiques est davantage préoccupant, parce qu'il y a plus de cours de mathématiques offerts au secondaire qu'en science et technologie. De plus, les mathématiques sont considérées comme des prérequis pour suivre des cours de sciences. Il est alors pertinent de s'interroger sur les motivations et les tensions qui ont façonné le choix de carrière des enseignants de mathématiques actuels afin d'identifier des déterminants pour amener un plus grand nombre de jeunes à devenir enseignants de mathématiques.

D'autre part, le monde du travail a changé. Dans un monde où les technologies et le numérique sont de plus en plus présents et dans lequel le Québec fait figure de pionnier en ce qui a trait aux jeux vidéo et à l'intelligence artificielle, il devient urgent de mieux

préparer les jeunes québécois à occuper des emplois de pointe qui demandent une main-d'œuvre hautement qualifiée en mathématiques. Il est pertinent d'étudier les concepts mathématiques majoritairement utilisés dans les emplois de pointe et les concepts mathématiques enseignés à l'école secondaire. En effet, les concepts mathématiques nécessaires pour certains emplois aussi ont changé, notamment en ce qui a trait à la programmation, qui touche toutes les industries de pointe, alors que seule la programmation linéaire est mise de l'avant dans les programmes de deuxième cycle. Dans certains pays, comme la Grande-Bretagne, la programmation informatique débute dès la première année du primaire. Il convient donc de souligner que les programmes québécois n'ont pas nécessairement accompagné tous les changements du monde du travail.

Ce projet de recherche vise donc à jeter un éclairage sur un phénomène complexe. En ce sens, l'intention ici n'est pas de généraliser, mais plutôt d'interpréter un phénomène qui implique de nombreux acteurs : les enseignants de mathématiques du secondaire, des conseillers pédagogiques, des élèves, un programme de formation institutionnalisé et prescriptif et des gens qui travaillent dans des domaines STIM. Nous avons cherché à donner la voix à des enseignants et des travailleurs provenant de différentes régions du Québec, afin de faire un éclairage plus élargi. Cette mise en lumière se veut une première étape afin d'investiguer le phénomène sous différents angles.

2.1 Les buts de la recherche

Cette recherche vise à atteindre trois buts distincts, mais néanmoins reliés entre eux. Le premier but consiste à étudier l'adéquation entre les concepts mathématiques enseignés au secondaire et les concepts mathématiques utilisés dans les industries du Québec. Afin d'atteindre ce but, nous avons tout d'abord étudié les concepts mathématiques mis à l'avant dans les programmes du Québec et par la suite nous avons étudié les concepts mathématiques utilisés par des ingénieurs membres de l'Ordre des Ingénieurs du Québec, par des informaticiens et des programmeurs provenant de l'industrie du jeu et du domaine de l'intelligence artificielle, par des travailleurs en biotechnologies ou en fintechs (technologies financières).

Le deuxième but consiste à étudier l'adéquation entre les motivations et les tensions des enseignants de mathématiques du secondaire et les concepts mathématiques (épistémologie). Afin d'atteindre ce but, nous avons tout d'abord étudié les motivations et les tensions des enseignants de mathématiques du secondaire pour devenir enseignant de mathématiques. Nous avons ensuite étudié les représentations des enseignants de mathématiques du secondaire envers leur formation initiale et continue, les défis rencontrés dans leur pratique, ainsi qu'envers les concepts mathématiques présents dans les programmes et les manuels scolaires et la motivation des élèves envers ces concepts mathématiques.

Le troisième but consiste à étudier l'alignement ou le désalignement entre l'épistémologie des enseignants de mathématiques du secondaire, les concepts mathématiques du programme de formation et les mathématiques utilisées par les gens de l'industrie STIM.

La figure 1 présente l'alignement ou les adéquations présentes ou absentes entre le Programme de formation de l'école québécoise du secondaire, volet mathématique et les représentations des enseignants de mathématiques du secondaire et entre les professionnels des champs STIM.

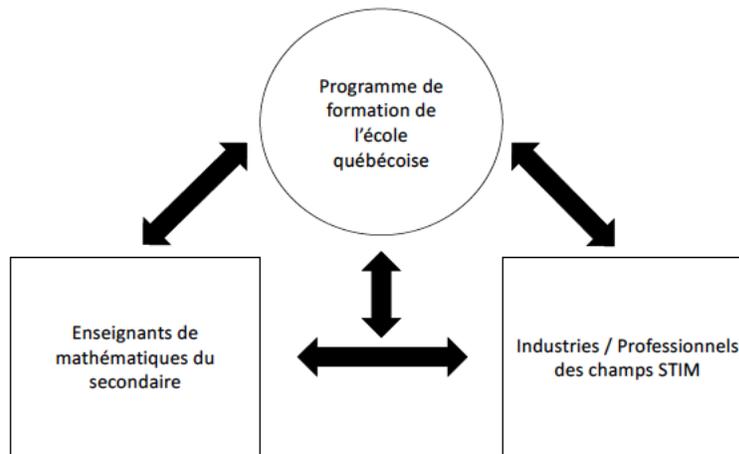


Figure 1. L'alignement entre les enseignants, les programmes ministériels et les mathématiques utilisées dans les emplois STIM

2.2 Les questions de recherche

1. Quelle est l'adéquation entre les concepts mathématiques du Programme de formation et les concepts mathématiques utilisés dans les industries du Québec ?

a) Quels sont les points forts et les points faibles (afin d'assurer une main-d'œuvre hautement qualifiée en STIM, en mathématiques et autres domaines connexes) des concepts mathématiques présents dans le Programme de formation, volet mathématique du secondaire ?

b) Quels sont les concepts mathématiques utilisés par les travailleurs de l'industrie STIM ?

2. Quelle est l'adéquation entre les motivations et les tensions des enseignants et les contenus mathématiques du Programme de formation de l'école québécoise, volet secondaire ?

c) Quelles sont les motivations et les tensions des enseignants de mathématiques du secondaire pour devenir enseignant de mathématiques ?

d) Quelles sont les représentations des enseignants de mathématiques du secondaire envers leur formation initiale et continue, envers les défis rencontrés dans leur pratique et la motivation des élèves du secondaire ?

e) Quelles sont les représentations des enseignants de mathématiques du secondaire envers les concepts mathématiques du Programme de formation, volet mathématique du secondaire, et qui sont aussi présents dans les manuels scolaires ?

3. Quel est l'alignement ou le désalignement entre l'épistémologie des enseignants de mathématiques du secondaire, les concepts mathématiques du programme de formation et les mathématiques utilisées par les gens de l'industrie STIM ?

2.3 Les mathématiques dans les milieux STIM et leur enseignement : un cadre conceptuel

Dans le cadre de cette recherche, nous abordons les mathématiques nécessaires pour les carrières STIM et les représentations des enseignants du secondaire. Il faut donc clarifier ce que nous considérons comme des mathématiques. Une vision traditionnelle des mathématiques est celle qui les regarde comme une discipline universitaire, des mathématiques produites par des mathématiciens professionnels. En ce sens, les professionnels des STIM appliquent simplement les connaissances mathématiques dans leurs domaines spécifiques ; la façon dont ils s'engagent avec ces connaissances n'a aucune valeur particulière et ne mérite pas un examen plus approfondi. De même, les enseignants de mathématiques ont pour tâche de reproduire simplement les connaissances universitaires dans leurs classes afin de que les étudiants maîtrisent une partie de cet ensemble de connaissances ; leur travail consiste donc à transposer les connaissances disciplinaires dans le primaire et secondaire de manière appropriée.

La recherche en enseignement des mathématiques, cependant, a depuis longtemps fait progresser notre compréhension de ce que sont les mathématiques et à quoi elles ressemblent dans différents contextes. Parmi les multiples perspectives, nous mobilisons la notion de la numératie pour donner du sens aux travaux menés par les professionnels

des STIM, les enseignants de mathématiques, ainsi que les représentations incorporées dans le programme québécois.

La numératie, parfois également appelée culture mathématique, fait référence à la production, à l'utilisation et à la communication d'informations mathématiques. Plus qu'un simple ensemble de concepts, elle englobe les connaissances, les compétences, la confiance et les attitudes mobilisées lorsque nous nous engageons avec des informations mathématiques dans des situations sociales. La numératie implique donc un large répertoire de concepts et de processus mathématiques. Selon l'OCDE (2012), à travers son évaluation sur les compétences des adultes (PIAAC), « la numératie est une compétence essentielle à une époque où les individus rencontrent une quantité croissante et un large éventail d'informations quantitatives et mathématiques dans leur vie quotidienne ».

Compte tenu d'une telle définition et sachant que les groupes sociaux et les communautés utilisent les informations mathématiques de manière distincte, nous pouvons maintenant conclure que chacune de ces interactions sociales est définie par une pratique de numératie distincte. Il convient donc d'affirmer que chaque groupe social s'engage dans ses propres pratiques de numératie, et l'étude de celles-ci mérite une attention si nous cherchons à favoriser certaines pratiques chez les élèves du secondaire (comme la poursuite d'une carrière en STIM).

L'approche de la numératie pour comprendre les carrières professionnelles et l'enseignement au secondaire a de nombreuses implications. Premièrement, elle rompt avec la notion traditionnelle selon laquelle les connaissances peuvent être apprises et simplement appliquées dans d'autres contextes (Street, 2001). Cette approche met en évidence l'importance d'aborder les contextes dans lesquels nous voulons que les élèves mobilisent des concepts mathématiques. Deuxièmement, si nous voulons favoriser les aspirations des étudiants à des carrières en STIM, il est important d'explorer les pratiques de numératie impliquées dans ces professions. Il ne suffit pas de traiter les mathématiques comme un corps monolithique et d'espérer que les élèves développent un désir de professions dont ils ignorent tout. En fait, des chercheurs ont proposé de changer la lettre M dans STIM pour la lettre N (Maas, Geiger, Ariza & Goos, 2019), en justifiant que les pratiques utilisées dans l'enseignement intégré semblent être de la numératie plutôt que des mathématiques comme discipline. Troisièmement, l'enseignement des mathématiques est également affecté par l'approche de la numératie. En tant que communauté, les enseignants et les élèves s'engagent dans des pratiques de numératie en classe qui méritent une attention particulière. Leurs pratiques sont particulièrement négociées par le programme et les manuels qu'ils utilisent. Ces dispositifs déterminent ce que l'on peut offrir en termes d'enseignement et d'apprentissage.

Les pratiques de numératie développées par les enseignants avec les élèves sont toujours étudiées par la didactique des mathématiques. Celle-ci s'intéresse aux conditions d'enseignement et d'apprentissage des mathématiques. Il s'agit de rendre accessibles les concepts et les processus mathématiques à divers apprenants en créant un milieu d'apprentissage. Ce milieu (Piaget, 1967 ; Brousseau, 1998) est constitué, entre autres, de personnes, de tâches, de matériels physiques (livres, ordinateurs), d'outils mathématiques. La sensibilité des enseignants envers différents milieux (DeBlois, 2006 ; Savard, 2017) ainsi que les représentations (Brun & Conne, 1990) qu'ils en ont peuvent nous informer quant à leur épistémologie envers les concepts mathématiques proposés (programmes) et enseignés (manuels) dans les classes. Ce cadre théorique pourra également nous informer quant aux représentations des professionnels STIM quant aux concepts mathématiques employés dans le cadre de leur profession.

2.4 Le Programme de formation de l'école québécoise, volet Mathématiques au secondaire

Le programme de formation de l'école québécoise est un document officiel du Ministère de l'Éducation du Québec. Il décrit en détail les compétences et les savoirs essentiels à enseigner. Il présente les grandes orientations et les fondements pédagogiques qui sous-tendent le Programme. Le programme du secondaire est découpé selon des domaines disciplinaires. Le programme de mathématiques fait partie du domaine de la mathématique, de la science et de la technologie. Ce domaine propose un découpage du parcours scolaire. En effet, alors que les trois premières années du secondaire partagent un parcours commun en mathématiques, les deux dernières années proposent trois séquences mathématiques distinctes : Culture Société et Technique ; Technico-Sciences ; et Sciences Naturelles. La figure 2 illustre bien le cheminement mathématique proposé aux élèves du secondaire, alors que la figure 3 montre les cheminements possibles entre les séquences du deuxième cycle.

PROGRAMMES DIVERSIFIÉS EN MATHÉMATIQUE, SCIENCE ET TECHNOLOGIE

	MATHÉMATIQUE			SCIENCE ET TECHNOLOGIE	
2^e cycle	Parcours de formation générale ou parcours de formation générale appliquée			Parcours de formation générale	Parcours de formation générale appliquée
1^{re} année	Formation de base commune 6 unités			Science et technologie 6 unités	Applications technologiques et scientifiques 6 unités
2^e année	<i>Séquences</i>			Science et technologie 4 unités	Applications technologiques et scientifiques 6 unités
	Culture, société et technique 4 unités	Technico-sciences 6 unités	Sciences naturelles 6 unités	<i>Options</i>	
3^e année	Culture, société et technique 4 unités	Technico-sciences 6 unités	Sciences naturelles 6 unités	Science et technologie de l'environnement 4 unités	Science et environnement 2 unités
				<i>Options</i>	
				Chimie 4 unités	Physique 4 unités

http://www.education.gouv.qc.ca/fileadmin/site_web/documents/education/jeunes/pfeq/PFEQ_domaines-apprentissage-deuxieme-cycle-secondaire.pdf

Figure 2 : Les parcours mathématique et scientifique au secondaire

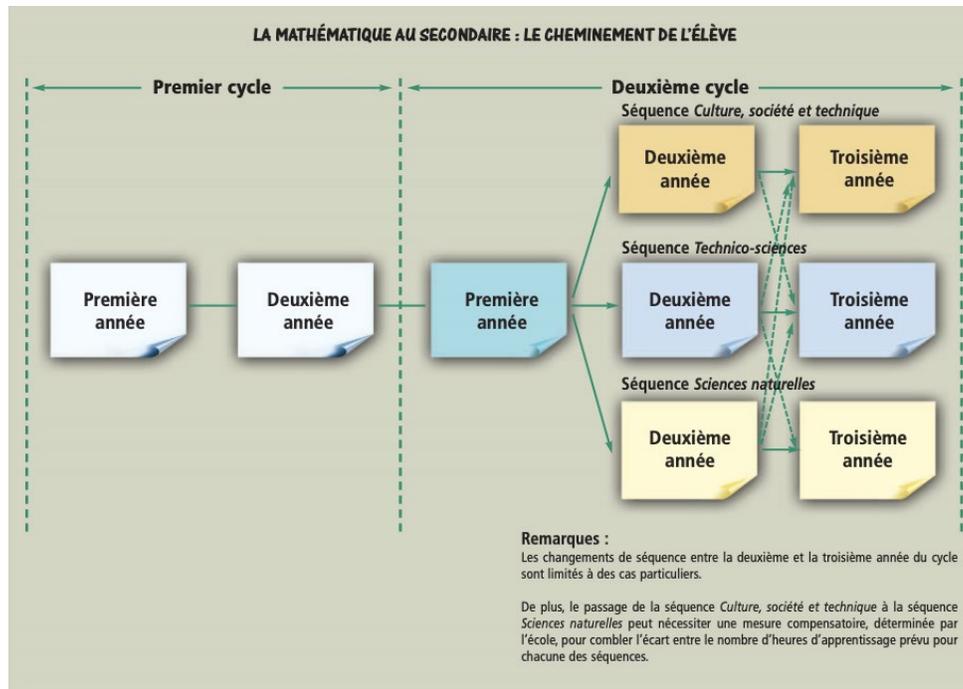


Figure 3 : Les séquences mathématiques (Gouvernement du Québec, 2011 p. 4)

3. Méthodologie

Ce projet de recherche a nécessité de collecter des données variées et provenant de différentes sources. La collecte de données s'est effectuée auprès de trois sources différentes. La première source de données est issue de la recherche documentaire faite dans les programmes de formation de mathématiques et de certains manuels. La deuxième source de données est issue de la recherche faite auprès de travailleurs STIM, alors que la troisième source de données est issue de la recherche faite auprès des enseignants de mathématiques du secondaire. Le protocole de recherche auprès de personnes adultes a été approuvé auprès du bureau de déontologie de la recherche de l'Université McGill.

3.1 Recherche documentaire

Deux types de documents ont été utilisés pour effectuer la recherche documentaire: les programmes de formation de mathématiques du Québec et les programmes de formation de quelques pays d'une part, et de certains manuels scolaires québécois d'autre part.

3.1.1 Les programmes de formation

Nous avons tout d'abord étudié les concepts et les processus issus du *programme de formation de l'école québécoise, Secondaire, volet mathématique*. Nous avons regardé les contenus pour le Cycle 1 du secondaire (première et deuxième secondaire) et le deuxième cycle du secondaire (troisième, quatrième et cinquième année du secondaire). Il est à noter que trois programmes distincts existent pour les quatrième et cinquième secondaire.

Nous n'avons pas fait une analyse poussée des compétences à développer, car notre regard portait plutôt sur les contenus à enseigner. C'est pourquoi nous avons aussi consulté le document ministériel intitulé *Progression des apprentissages au secondaire, Mathématique*. Ce document présente la progression des concepts et des processus mathématiques à enseigner dans le temps, selon une certaine séquence conceptuelle.

Afin de contraster la représentation des métiers STIM dans chaque domaine mathématique avec le programme scolaire, nous avons fait une analyse quantitative du programme selon les concepts de chaque domaine. Ce contraste est nécessaire parce que nous savons que les domaines mathématiques ne sont pas enseignés également :

l'arithmétique, par exemple, est plus importante dans les premières années du secondaire, tandis que l'algèbre devient plus présente lors des années finales.

En utilisant le document Progression des apprentissages au secondaire, nous avons estimé la distribution des concepts en comptant les mentions à chaque année du secondaire. Cette estimation nous donne une idée du pourcentage du temps consacré à chaque domaine mathématique dans les années du secondaire. Elle n'est pas parfaite, et nous reconnaissons que chaque concept peut prendre plus ou moins du temps à être enseigné. Par contre, elle nous a aidé à analyser les manuels et la représentation des métiers STIM.

Après l'analyse des documents québécois, nous avons sélectionné d'autres programmes de formation mathématique afin de pouvoir contraster les forces et les faiblesses du Programme du Québec. Cette analyse est pertinente, car elle permet de mettre en lumière les points forts et les points faibles (afin d'assurer une main-d'œuvre hautement qualifiée en STIM, en mathématiques et autres domaines connexes) du programme du Québec. Nous avons sélectionné ces autres programmes selon des similitudes et des différences marquées avec le Québec. Nous avons établi quatre critères de comparaison : l'âge du programme, la langue, la localisation du pays et le rendement de ce pays selon l'enquête Pisa (volet mathématique) réalisée en 2018.

L'âge des programmes est important, car la société et ses besoins évoluent dans le temps. Puisque les programmes du Québec ont été lancés en 2006 pour le premier cycle et 2009 pour le second cycle, ils datent d'une quinzaine d'années. Certains changements sociaux se sont produits, dont la crise économique de 2008. L'offre et l'utilisation des technologies a changé les pratiques de communication sociales. De plus, il y a eu la création de nouveaux types d'emplois STIM, par exemple l'ingénierie financière, ingénierie en analyse de données, ingénierie en cybersécurité. Nous pensons que les nouveaux programmes reflètent mieux la société de 2021 que les programmes des années 2000. Nous avons sélectionné deux programmes lancés autour des mêmes années que celui du Québec et trois programmes très récents lancés en 2019 ou en 2020.

La langue des programmes est un critère retenu, car le programme du Québec a été conceptualisé et développé en français. Nous voulions un autre programme en français et des programmes en d'autres langues afin de mieux comparer les différences et les similitudes.

La localisation des pays a été prise en compte, car nous voulions éviter que les programmes comparés ne proviennent uniquement du Canada. À cet effet, le rendement de l'enquête internationale Pisa (volet mathématique) réalisée par l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) en 2018 a été retenu comme un critère important, car il donne une certaine appréciation de l'enseignement des mathématiques. Cette enquête est réalisée auprès de jeunes de 15 ans et met en lumière

leur habileté à répondre à certaines tâches mathématiques. La moyenne internationale des résultats PISA Mathématiques 2018 est de 489. La moyenne canadienne est de 512, alors que celle du Québec est de 532. Nous avons sélectionné des pays qui font mieux ou moins bien que le Québec. Nous avons aussi sélectionné une province canadienne qui historiquement a fait seulement 8 points de moins que le Québec, afin de montrer un programme qui a fait presque pareil. Comme la France et Singapour, la Colombie-Britannique a reconceptualisé son programme de mathématiques après l'édition 2018 de l'évaluation PISA, donc il est raisonnable de penser que les résultats ont inspiré la nouvelle version du programme.

Certaines caractéristiques du programme du Québec :

- Programme développé et écrit en français ;
- Lancé en 2006, ajout en 2017 (seulement la séquence CST, cinquième secondaire) ;
- Province du Canada en Amérique du Nord qui performe bien (moyenne des résultats PISA de 532) ;

Pays du programme	Similitudes avec le Québec	Différences avec le Québec
Colombie-Britannique (Canada)	-Province Canadienne -Moyenne PISA de 504	-Programme lancé en 2020 -Développé et écrit en anglais
France	-Développé et écrit en français	-Programme lancé en 2019 -Moyenne PISA de 495
Singapour	-Moyenne PISA de 569	-Programme lancé en 2020 -Développé et écrit en anglais
Californie (USA)	-Programme lancé en 2010, 2013/2014	-Moyenne PISA de 478 -Développé et écrit en anglais
Roumanie	-Programme lancé en 2004, 2006, 2009	-Moyenne PISA de 430 -Développé et écrit en roumain

Tableau 1. Les programmes choisis pour comparer les concepts mathématiques

L'analyse des programmes s'est faite en comparant les forces des concepts et des processus mathématiques pour chacune des années du secondaire. Nous nous sommes attardés sur les forces des programmes, car les documents consultés ne permettent pas toujours de montrer tout le détail de chacun des concepts et processus. L'annexe X présente le tableau synthèse des forces des différents programmes.

3.1.2 Les manuels scolaires

Nous avons sélectionné des ensembles didactiques mathématiques provenant du Québec et qui ont été officiellement approuvés par le Ministère de l'Éducation du Québec. Des cadres servant à l'évaluation sont fournis par le Bureau d'Approbation du Matériel Didactique.

Afin qu'un ensemble didactique soit approuvé, il doit contenir un manuel et un guide de l'enseignant. Il peut aussi contenir un cahier pour l'élève. Toutefois, un ensemble didactique contenant seulement un cahier de l'élève et un guide de l'enseignant ne peut pas être approuvé, car la loi sur l'Instruction publique dit que l'école doit fournir des manuels aux élèves. Il est à noter qu'une forte tendance à n'utiliser que des cahiers a été observée empiriquement auprès des enseignants. Nous n'avons toutefois pas de données à présenter pour soutenir cette affirmation.

Dans le cadre de ce projet, six ensembles didactiques ont été évalués. Le tableau 2 présente la liste de collections et manuels collectés et analysés.

Tableau 2 : La liste des manuels collectés pour l'analyse documentaire

Collection	Années		Nom du manuel et quantité
A - Les Éditions CEC	Sec 1		Panoramath : 2 manuels
	Sec 2		Panoramath : 2 manuels
	Sec 3		Visions : 2 manuels
	Sec 4	CST	Visions : 2 manuels
		SN	Visions: 2 manuels
		TS	Visions: 2 manuels

	Sec 5	CST	Visions: 3 manuels
		SN	Visions: 2 manuels
		TS	Visions: 2 manuels
B - Éditions Grand Duc	Sec 1		Perspective : 2 manuels
	Sec 2		Perspective : 2 manuels
	Sec 3		Point de Vue : 2 manuels
	Sec 4	CST	Point de Vue : 2 manuels
		SN	Point de Vue : 2 manuels
		TS	Point de Vue : 1 manuels
	Sec 5	CST	Point de Vue : 2 manuels
		SN	Point de Vue : 1 manuels
		TS	Point de Vue : 1 manuels
C - Chenelière	Sec 1		A Vos Maths : 2 manuels
	Sec 2		A Vos Maths : 2 manuels
	Sec 4		Intersection : 2 manuels

Nous avons conduit une analyse quantitative et descriptive des manuels. Dans chaque manuel, nous avons regardé les moments dans lesquels des métiers professionnels sont mentionnés ou représentés. La liste de métiers codés a construit notre base de données brutes en tableau. Ensuite, nous avons catégorisé chaque code en identifiant l'item comme tâche (problème à résoudre) ou texte (typiquement une explication sur le métier en question), le domaine professionnel (STIM ou non), le domaine mathématique (selon le programme québécois), et le concept mathématique relié. Certaines tâches mettaient en scène plus d'un concept mathématique. Nous n'avons sélectionné qu'un seul concept, celui dont l'utilisation dominait. Par exemple, un problème à résoudre demande d'utiliser

l'algèbre. Par la suite, on demande à l'élève de représenter ses résultats dans un tableau ou un graphique. Nous avons sélectionné l'algèbre comme concept. De plus, nous avons aussi porté attention à l'utilisation de technologie dans chaque item. Nous n'avons pas analysé les guides de l'enseignant et les cahiers. Nous n'avons analysé que les manuels, car ce sont ces derniers que les élèves utilisent.

3.2 Recherche auprès des travailleurs STIM

Pour répondre à la question 2, nous avons aussi fait des entrevues avec des travailleurs des industries STIM du Québec. Nous avons décidé de nous concentrer sur les professionnels qui ont de l'expérience dans la formation de la nouvelle génération de main-d'œuvre STIM, car ils comprennent mieux les compétences et les connaissances nécessaires pour entrer et réussir dans un tel domaine. En bref, ils jouent un rôle d'éducateurs informels en mathématiques et ont beaucoup à contribuer à l'enseignement des mathématiques au secondaire. Nos participants étaient composés de professeurs d'université, d'instructeurs et de coordinateurs d'incubateurs de startups et de dirigeants de leurs associations professionnelles. Ils ont tous de l'expérience dans la création et la mise en œuvre de programmes de développement professionnel dans des domaines STIM tels que l'intelligence artificielle, la technologie financière, la biotechnologie et l'ingénierie. Il est à noter que nous n'avons pas sélectionné de participants provenant des sciences de la santé. Selon nous, ce domaine fait également partie des STIM. Toutefois, au moment d'entreprendre la recherche, nous voulions plutôt investiguer du côté de l'ingénierie et des technologies. À la lumière des retombées de la pandémie, il aurait été pertinent d'interroger des travailleurs de la santé humaine. Le tableau 3 présente un bref profil de nos participants.

Tableau 3 : Le profil des travailleurs dans les domaines STIM

Participant	Formation + Poste actuel	Expérience
A1	Professeur d'informatique dans une université à forte intensité de recherche. Associé à un laboratoire leader mondial en apprentissage automatique et intelligence artificielle.	+10 ans
C1	Diplôme d'études secondaires. Entré dans le domaine de la technologie il y a 30 ans et développé une carrière dans des start-ups technologiques autour de Montréal. Supervise actuellement un incubateur dans une université à forte intensité de recherche.	+30 ans

E1	Professeure d'ingénierie avec un programme innovant relié à la représentation des femmes dans le domaine. Principalement axé sur la carrière académique par opposition à une carrière professionnelle. Programme de recherche axé sur la formation en ingénierie.	+5 ans
F1	Doctorat en biotechnologie de Montréal. Il a créé une start-up avec un collègue de venant du monde de la gestion qu'il a rencontré lors de sa thèse. La start-up développe des solutions moléculaires et des produits de surveillance et de détection en oncologie. Basé en Estrie (via un incubateur de start-up local).	+15 ans
G1	Formée à l'origine en anthropologie en Allemagne, elle s'est lentement tournée vers l'industrie technologique au cours de sa carrière. Développe actuellement un programme pour former des professionnels de l'industrie à la fintech. Possède une vaste expérience de travail avec des techniciens et de navigation dans les aspects techniques de la programmation.	+5 ans
J1	Professeur d'informatique, spécialisé dans le domaine de la fintech. A développé toute sa carrière dans le milieu académique, mais a gardé des liens solides avec l'industrie à Montréal. Reconnu par les professionnels dans ce domaine grâce à l'engagement des médias et au financement de la recherche.	+10 ans
K1	Ingénieure chimiste + MBA, a une expérience dans les usines à travers le monde. Développement d'une expertise technique et finalement entrée dans la gestion. Travaille actuellement dans un incubateur de startups dédié aux sociétés d'ingénierie. Réseaute les étudiants, les professeurs et les entreprises pour développer des produits et de nouvelles entreprises. Fournit un soutien à la fois à l'innovation et à l'entrepreneuriat.	+20 ans
P1	Génie mécanique venant de France. Au début de sa carrière, il s'est tourné vers la technologie et la fintech. Crée actuellement un programme pour former des professionnels de l'industrie à la fintech. Travaille dans une entreprise leader dans le domaine à Montréal.	+5 ans

V1	Ingénieure civile, a déménagé au Canada pour poursuivre un doctorat. Possède une expérience de plusieurs années dans des usines du monde entier. Pour des raisons personnelles, elle a passé à la scène startup pour rester à Montréal. Travaille actuellement avec des entreprises d'ingénierie et comment favoriser la R&D en partenariat avec les universités.	+15 ans
Y1	Ingénieure chimiste, possède quelques années d'expérience dans l'industrie autour de Montréal (processus et recherche), et s'est éventuellement tourné vers un poste de direction. Travaille présentement au sein de l'association professionnelle des ingénieurs du Québec. Gère les relations entre les ingénieurs et le gouvernement	+15 ans

Nous avons interviewé un total de dix professionnels. L'objectif des entrevues (chacune ayant une durée moyenne de 45 minutes) a été de comprendre quel type de mathématiques est nécessaire pour le succès des industries STIM situées au Québec. Nous leur avons également posé des questions sur leur expérience professionnelle avant de devenir éducateurs, la nature de leur travail, les mathématiques utilisées dans leur milieu et les mathématiques qu'ils ont apprises à l'école par rapport aux mathématiques utilisées par les industries actuelles. Le protocole d'entrevue se trouve à l'annexe 1.

Les entretiens ont été enregistrés sur bande sonore puis retranscrits textuellement pour analyse. Nous avons ensuite codé les entretiens en utilisant un ensemble prédéterminé de catégories d'intérêt pour le projet. Ces catégories comprenaient leurs antécédents professionnels, les mathématiques utilisées dans le travail quotidien, les concepts et domaines mathématiques, l'utilisation de la technologie, leur expérience des mathématiques secondaires et les contrastes entre les mathématiques professionnelles et scolaires. Ces catégories ont facilité l'analyse croisée entre les enseignants, les programmes et les professionnels (notre question de recherche 3).

3.3 Recherche auprès des enseignants de mathématiques

Nous avons utilisé une méthodologie mixte pour collecter des données auprès des enseignants de mathématiques du secondaire. Nous avons utilisé un questionnaire en ligne pour une enquête statistique et des entrevues de groupes pour étudier en profondeur leurs perceptions quant aux concepts mathématiques enseignés.

Nous avons élaboré le questionnaire en se basant sur des travaux portant sur les motivations des enseignants de mathématiques à enseigner les mathématiques, sur les

concepts mathématiques, et sur le programme de mathématiques du secondaire. Le questionnaire complet est présenté sur en annexe 2.

Le questionnaire a été hébergé sur le serveur LimeSurvey de l'Université McGill. Nous avons recueilli 95 réponses des enseignants provenant de toutes les régions du Québec, incluant les régions plus éloignées. Le questionnaire a fait l'objet de publicité par les médias sociaux (le groupe québécois des enseignants du secondaire sur Facebook - Les Maths Autrement) ainsi que dans un kiosque lors du congrès du GRMS (Groupe des Responsables de Mathématiques au Secondaire) en octobre 2019. Pendant le congrès, nous avons donné l'opportunité aux enseignants de répondre au questionnaire en personne en utilisant des ordinateurs portables ou en papier, puisque nous étions sur place afin de rejoindre le plus grand nombre possible d'enseignants.

En plus du questionnaire en ligne, nous avons animé six groupes de discussion pour un total de 36 enseignants et de 6 conseillers pédagogiques en mathématiques. Un conseiller pédagogique est un enseignant expérimenté qui assure le rôle d'expert et de leader auprès des enseignants de sa Commission Scolaire, maintenant appelée Centre de Services Scolaires. Nous avons décidé de les intégrer à notre échantillon, car ils s'engagent souvent dans le développement professionnel des enseignants et connaissent les motivations et les tensions qui les animent. Cinq groupes de discussion ont été réalisés lors du Congrès en octobre 2019. Les enseignants qui ont participé aux groupes de discussion se sont montrés enthousiastes à l'idée de partager leurs opinions quant à l'enseignement de leur discipline. Ils ont dit espérer que le Ministère de l'Éducation lise le rapport. Une enseignante s'est montrée particulièrement enchantée par les discussions et a organisé un groupe de discussion avec tous les enseignants de mathématiques de son école. Nous nous sommes rendus en février 2020 dans cette grande école privée de la région de Montréal et nous y avons rencontré vingt enseignants de mathématiques. Tous les enseignants de mathématiques étaient là. Ce groupe enseignait à tous les niveaux du secondaire et nous offrait donc une belle représentativité en ce qui a trait aux niveaux enseignés. Tous ces enseignants ont aussi apprécié discuter des concepts et il nous a été très utile de les voir acquiescer ou pas à ce que disaient leurs collègues.

Les groupes de discussion nous ont aidé à clarifier des questions émergentes de l'analyse du questionnaire et à mieux comprendre les représentations que les enseignants ont envers leur formation initiale, les mathématiques et les défis d'enseignement.

Le tableau 4 présente les objectifs de la recherche, ses méthodes et les livrables du projet.

Tableau 4 : Synthèse du projet de recherche

Objectifs	Questions de recherche	Méthode et population
<p>1. Étudier l'adéquation entre les concepts mathématiques enseignés au secondaire et les concepts mathématiques utilisés dans les industries du Québec.</p>	<p>a) Quels sont les points forts et les points faibles (afin d'assurer une main-d'œuvre hautement qualifiée en STIM, en mathématiques et autres domaines connexes) des concepts mathématiques présents dans le Programme de formation, volet mathématique du secondaire ?</p>	<p>Analyse documentaire</p> <p><i>Programmes de mathématiques québécois</i></p> <p><i>Progression des apprentissages</i></p> <p><i>Manuels scolaires de mathématiques approuvés par le MEES</i></p>
	<p>b) Quels sont les concepts mathématiques utilisés par des ingénieurs membres de l'Ordre des Ingénieurs du Québec, par des informaticiens et des programmeurs provenant de l'industrie du jeu et du domaine de l'intelligence artificielle, par des travailleurs en biotechnologies ou en fintechs (technologies financières)?</p>	<p>Entrevues avec des <i>professionnels des industries du Québec</i></p>
<p>2. Étudier l'adéquation entre les motivations et les tensions des enseignants de mathématiques du secondaire et les concepts mathématiques (épistémologie).</p>	<p>c) Quelles sont les motivations et les tensions des enseignants de mathématiques du secondaire pour devenir enseignant de mathématiques ?</p>	<p>Questionnaires</p> <p>Groupes de discussion</p> <p><i>Enseignants de mathématiques</i></p>
	<p>d) Quelles sont les représentations des enseignants de mathématiques du secondaire envers leur formation initiale et continue et envers les défis rencontrés dans leur pratique ?</p>	<p>Questionnaires</p> <p>Groupes de discussion</p> <p><i>Enseignants de mathématiques</i></p> <p><i>Conseillers pédagogiques</i></p>

	e) Quelles sont les représentations des enseignants de mathématiques du secondaire envers les concepts mathématiques présents dans les programmes et les manuels scolaires et la motivation des élèves envers ces concepts mathématiques?	Questionnaires Groupes de discussion <i>Enseignants de mathématiques</i> <i>Conseillers pédagogiques</i>
3. Étudier l'alignement ou le désalignement entre l'épistémologie des enseignants de mathématiques du secondaire, les concepts mathématiques du programme de formation et les mathématiques utilisées par les gens de l'industrie STIM.	3. Quel est l'alignement ou le désalignement entre l'épistémologie des enseignants de mathématiques du secondaire, les concepts mathématiques du programme de formation et les mathématiques utilisées par les gens de l'industrie STIM ?	Utiliser les données recueillies lors des deux premières phases de la recherche

4. Présentation des résultats

4.1 Résultats de l'analyse des Programmes de formation mathématiques

4.1.1 Le Programme de formation de l'école québécoise

Le programme de mathématiques de l'école secondaire présente les concepts et les processus mathématiques à enseigner selon huit domaines mathématiques. Nous avons considéré la géométrie et la géométrie analytique comme un seul domaine, car les trois premières années du secondaire ne les distinguent pas l'une de l'autre. La géométrie analytique fait beaucoup appel à l'algèbre dans le plan cartésien, c'est pourquoi l'algèbre et la géométrie vont souvent de pair. Le tableau 5 présente la présence relative de chaque domaine présenté dans le Programme de formation, tel qu'illustré par le document Progression des apprentissages.

Tableau 5 : Présence relative de chaque domaine selon les Progressions des Apprentissages

Année	Arithmétique	Algèbre	Géométrie	Stats	Prob	Maths discrètes	Maths financières
Sec 1, 2, 3	25.47 %	22.98 %	34.78 %	9.94 %	6.83 %	NA	
Sec 4, 5 CST	5.88 %	17.65 %	24.71 %	14.12 %	14.12 %	11.76 %	11.76 %
Sec 4, 5 TS	4.69 %	35.94 %	35.94 %	10.16 %	10.16 %	3.13 %	NA
Sec 4, 5 SN	7.77 %	39.81 %	42.72 %	9.71 %	0.00 %	0.00 %	

L'arithmétique, l'algèbre et la géométrie sont les concepts dominants durant les trois premières années du secondaire. Il est utile de préciser qu'en ce qui concerne l'arithmétique, c'est davantage la réutilisation de connaissances déjà apprises qu'un nouvel apprentissage. L'algèbre et la géométrie dominent tous les volets de la quatrième et la cinquième année du secondaire. Les probabilités et les statistiques sont des concepts enseignés, mais leur importance semble être relative aux années et aux séquences.

Seul le volet CST de la quatrième et la cinquième année du secondaire permet d’aborder les mathématiques discrètes et les mathématiques financières. La figure 4 présente la présence relative des sept domaines mathématiques selon les années du secondaire et les séquences.

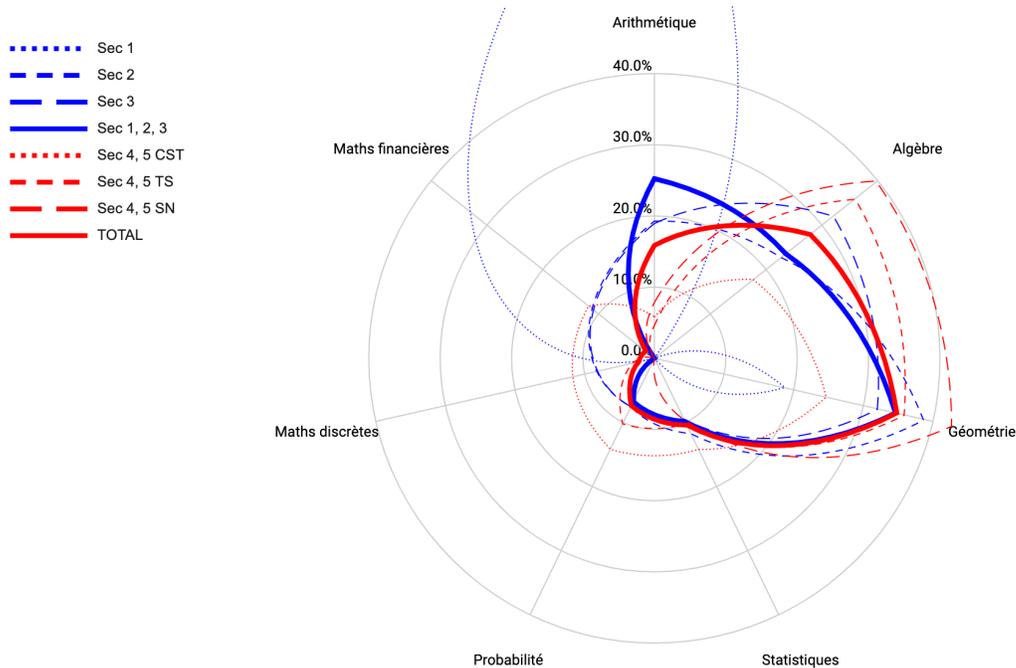


Figure 4 : Les domaines mathématiques du Programme de formation selon les années d’enseignement.

Le temps d’enseignement accordé aux domaines varie. Le graphique permet de montrer une décentralisation des concepts envers l’algèbre et la géométrie. Les concepts issus des mathématiques financières, des mathématiques discrètes, des probabilités et des statistiques sont très peu enseignés.

4.1.2 Analyse par domaine mathématique

Arithmétique

Les forces du programme du Québec portent sur les nombres réels, les opérations et la proportionnalité. Ces concepts et processus sont surtout présentés lors de la première année du secondaire et sont par la suite exploités plus faiblement lors des années subséquentes. En fait, ces concepts sont le plus souvent utilisés avec d'autres concepts provenant des autres domaines mathématiques.

Les forces des programmes anciens portent sur les systèmes de nombres réels et complexes. Les forces des programmes plus récents portent sur la maîtrise des opérations, sur la proportionnalité et la manipulation des nombres réels.

Les forces des programmes présentent peu de distinction, excepté le programme de France qui présente des applications en cryptographie ou codage dans la section histoire des mathématiques.

Algèbre

Les forces du programme du Québec portent sur l'algèbre formelle et incluent des concepts reliés aux liens de dépendance ; expressions algébriques ; équations et inégalités, systèmes d'équations ou inégalités. En plus, le programme québécois porte sur d'autres concepts moins traditionnels dans le domaine algébrique du secondaire : les mathématiques discrètes, l'optimisation, la prise de décision, et la théorie du choix social.

Les forces des programmes anciens, telles que celles du Québec, portent sur l'algèbre formelle en introduisant les fonctions, les équations, les structures algébriques, les matrices, les vecteurs. Il faut noter que les programmes présentent différents concepts aux élèves de séquences différentes. La Roumanie, par exemple, traite l'algèbre selon les séquences pédagogiques, sciences humaines, militaire, sportive, technique, etc.

Les forces des programmes plus récents portent sur l'algèbre formelle telles que pour les autres programmes. Cependant, ces programmes portent aussi sur les aspects de la pensée et du raisonnement algébrique. Ils proposent aux élèves d'explorer les régularités et les relations et fonctions linéaires discrètes, de définir la langue et la notation, de faire la résolution de problème et modélisation, de construire des algorithmes spécifiques et d'explorer l'histoire des mathématiques.

Géométrie

Les forces du programme du Québec portent sur le sens de l'espace et le sens de la mesure, illustrés par des concepts comme les figures géométriques en deux/trois dimensions et les unités de mesure. En revanche, le programme québécois porte surtout sur l'algébrisation de la géométrie. En commençant par la relation métrique du triangle

rectangle, le programme touche aussi les vecteurs dans le plan euclidien ou cartésien et arrive à la géométrie analytique rapidement.

Les forces des programmes anciens portent aussi sur l'algébrisation de la géométrie. En plus de la trigonométrie et de la géométrie analytique, les programmes anciens touchent la modélisation géométrique (en autres mots : l'expression des relations géométriques par des équations).

Les forces des programmes plus récents portent sur le sens physique de la géométrie en plus de son aspect algébrique. En France et en Colombie-Britannique, par exemple, la géométrie est présentée par des diagrammes ; par l'étude de l'invariance au milieu de la variation (propriétés de l'espace) ; par les perspectives (plan central, plan frontaux), et par l'histoire de la géométrie.

Probabilités et statistiques

Les forces du programme du Québec portent sur les expériences aléatoires, la signification, l'analyse et la prise de décision. Les statistiques inférentielles sont principalement enseignées dans le volet CST. Les forces des programmes anciens sont sensiblement les mêmes que celles du Québec.

Les forces des programmes plus récents sont sensiblement les mêmes que celles du Québec et celles des programmes plus anciens, mais elles comportent plus de détails sur les concepts. Par exemple, il est mentionné de probabilité binomiale dans le programme de la Colombie-Britannique et du triangle de Pascal dans le programme de France. De plus, le programme de France va beaucoup plus loin en ce qui concerne l'utilisation des technologies. Les apprentissages portent sur l'algorithme de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage machine ainsi que sur la programmation au tableur ou en langage Python.

Logique et programmation

Les forces du programme du Québec portent sur la programmation linéaire dans le cadre de l'algèbre. La logique et la programmation sont donc considérées comme des concepts de l'algèbre et pas comme un domaine séparé des mathématiques.

Les forces des programmes anciens portent sur le même aspect du programme québécois : la logique est traitée comme un sous-domaine de l'algèbre. Le programme roumain, par exemple, présente des éléments de logique mathématique.

Les forces des programmes plus récents portent sur la construction d'algorithmes et la modélisation mathématique à l'aide des langages de programmation. Le programme de

France, par exemple, mentionne la langage Python et l'utilisation des tableurs (comme l'Excel) pour initier les élèves à l'intelligence artificielle.

Mathématiques financières

Les forces du programme du Québec portent sur les intérêts simples et composés présentés par les formules standards (accent algébrique). Cependant, les maths financières sont enseignées seulement à certains élèves du secondaire 5 (séquence CST - typiquement regardée comme la séquence plus faible). De plus, les concepts ne sont pas présentés en fonction des contextes financiers.

Les forces des programmes anciens ne portent pas sur les mathématiques financières. Tandis que le programme roumain présente des mathématiques financières à certains élèves du secondaire, le programme de Californie ne fait aucune mention de ce domaine.

Les forces des programmes plus récents portent sur des représentations diversifiées des connaissances financières. La Colombie-Britannique et Singapour présentent les maths financières toutes les années. Les concepts (comme budget, intérêt, état financier) sont présentés en connexion avec des contextes financiers et incluent la planification, l'analyse et la prise de décisions financières. En France, des concepts financiers sont présentés seulement aux élèves choisissant des parcours appliqués (comme l'hôtellerie).

4.1.3 Analyse par thèmes

4.1.3.1 Histoire des mathématiques/Culture

Dans les nouveaux programmes de mathématiques (France, Singapour, Colombie-Britannique) on rencontre des recommandations pour la valorisation de la culture des Premières Nations (Colombie-Britannique), la contextualisation d'ordre historique (France), et les Smart Nation initiatives (Singapour) dans l'enseignement et l'apprentissage des mathématiques.

Implications : le Québec n'a pas une tradition mathématique, comme la France, par exemple, où des mathématiciens français sont des repères importants dans l'histoire des mathématiques universelles. À présent, dans les programmes des mathématiques, on peut mettre l'accent sur les industries du Québec et les mathématiques qui sont développées dans ce contexte (par exemple, l'intelligence artificielle à Montréal, qui est réputée partout dans le monde). Puis, pour pouvoir valoriser les opportunités culturelles/patrimoniales dans l'apprentissage des mathématiques prévues dans les programmes, les enseignants doivent posséder une bonne culture générale sur les

Premières Nations, ce qui leur permettrait l'intégration dans le processus d'enseignement.

4.1.3.2 L'utilisation des technologies spécifiques

Les nouveaux programmes de mathématiques mettent un accent évident sur l'utilisation des technologies pour faciliter la compréhension des mathématiques ou comme catalyseurs pour le développement des mathématiques (Singapour). Les utilisateurs (enseignants et élèves) y trouvent des recommandations diverses. D'un côté, on trouve des outils numériques non spécifiques pour la présentation des contenus mathématiques ou pour la communication/collaboration (outils de visualisation et de présentations, technologie dynamique interactive ; forum de discussion ; simulation et manipulation digitales, photographies numériques ; design logiciel 3D ; technologie graphique). D'autre part, on trouve des logiciels mathématiques, comme matériel didactique, qui permet la compréhension des concepts et processus (p. ex. calculatrices, logiciels de géométrie dynamique, applications ; outils graphiques ou tableaux/tableurs, logiciels de statistique, logiciels pour l'analyse graphique). Parmi les programmes étudiés, seul le programme de mathématiques de France propose un langage pour la programmation (le langage Python). Au Québec, la technologie (calculatrice, ordinateur, etc.) favorise l'émergence et la compréhension (traitement d'une situation donnée, exploration, simulation) et ils sont recommandés avec les logiciels de géométrie dynamique. Toutefois, l'enseignement et l'utilisation de tableurs numériques ne sont pas exigés, ce qui est problématique, car il est possible d'utiliser les tableurs dans une variété de situations d'enseignement et d'apprentissage.

Implications : L'intégration de la technologie dans les classes des mathématiques implique des compétences numériques pour les enseignants de mathématiques : des compétences numériques (utilisation des outils numériques-ordinateurs, calculatrices, logiciels), mais aussi des compétences des programmations (différents langages). Ainsi, des formations spécifiques sont nécessaires.

4.1.3.3 Pensée mathématique

Tous les programmes analysés recommandent le développement de la pensée mathématique des élèves (raisonnement inductif et déductif, abstraction et la généralisation, raisonnement logique et par analogie, etc.). Les nouveaux programmes des mathématiques mettent l'accent sur différentes façons de penser plus spécifiques. La Colombie-Britannique, par exemple, met l'accent sur la pensée proportionnelle, la pensée probabiliste, la pensée computationnelle (par la programmation) ou la pensée logique. Les programmes français encouragent le raisonnement numérique et par récurrence et, plus particulièrement, les automatismes, auxquels s'ajoutent des représentations

mentales solides. De plus, Singapour encourage la pensée créative et inventive, ainsi que le raisonnement critique et logique. Dans les programmes des mathématiques du Québec il est mentionné "raisonnement particulier à chaque champ mathématique", en précisant le raisonnement proportionnel probabiliste et statistique.

Implications : Le développement d'un type de raisonnement ou d'une pensée est possible par les interactions dans le cadre du processus d'apprentissage et par la nature des expériences, des activités d'apprentissage/situation-problème avec lesquelles les élèves sont confrontés dans les classes des mathématiques. Les programmes doivent proposer des stratégies et instruments appropriés. D'autre part, pour réussir à amorcer et à construire la pensée mathématique, générale ou spécifique, ou pour apprécier/évaluer le niveau de réalisation de cet objectif, les enseignants doivent avoir eux-mêmes ces caractéristiques. Ça veut dire, encore, des programmes de formation adéquats pour les (futurs) enseignants.

4.1.3.4 Logique/Programmation n'est pas intégrée de façon unique

La France intègre pour tous les élèves et de façon spécifique, la logique et la programmation pour faire des mathématiques (elle nomme Python, tableur, logiciel de géométrie dynamique). En plus, pour une grande partie des concepts, sont présentés des algorithmes spécifiques. Le programme français présente et argumente, d'une manière très claire, pour le vocabulaire ensembliste et logique que "les mathématiques discrètes jouent un rôle important dans le développement de l'informatique et l'intelligence artificielle". D'autre part, le programme de Singapour ne fait aucune référence à la programmation, et on peut penser que : hypothèse 1) comme le Québec, le système d'éducation de Singapour a aussi une institution comme le CÉGEP, donc les élèves apprennent après le secondaire ; hypothèse 2) les élèves ont un cours spécifique de logique/programmation, dans le plan d'enseignement du secondaire, enseigné par un enseignant spécialiste. La Colombie-Britannique assure la formation des compétences en programmation pour les élèves du secondaire par "Area of Learning: Mathematics-Computer Science" (programmation, décomposition, algorithmes). Les programmes du Québec assurent une initiation à la programmation linéaire.

Implications : La formation des enseignants doit être actualisée pour gérer les compétences mathématiques adéquates, pour enseigner les contenus spécifiques (programmation, divers langages de programmation, algorithmes spécifiques, etc.).

4.1.3.5 L'éducation financière

Ce thème assure la fonctionnalité de chaque individu comme citoyen responsable dans la société actuelle. Au Québec, l'initiation des élèves dans les mathématiques financières se fait par le programme de CST, à la dernière année du secondaire, mais cette limitation

nous autorise à dire que l'éducation financière n'est pas très privilégiée. Cependant, dans les programmes mathématiques de la Colombie-Britannique, on rencontre financial literacy, financial analysis, financial decisions, financial planning. À Singapour, les finances sont mentionnées dans la présentation des fonctions, comme applications et/ou contextes. On peut penser, comme dans le cas de programmation (ci-dessus), les deux hypothèses.

Implications : L'éducation financière est plus qu'un contenu mathématique à enseigner. Les mathématiques financières font aussi appel à des pratiques financières et à des concepts spécifiques. Les dimensions transdisciplinaire et culturelle sont évidentes, donc pour les enseignants de mathématiques, c'est un vrai défi à enseigner. La formation des enseignants devrait donc présenter les mathématiques financières en contexte et présenter des pratiques financières et les concepts théoriques qui les sous-tendent.

4.2 Résultats des Manuels

Nous nous sommes intéressés à la mise en scène des concepts et processus mathématiques dans les manuels scolaires. Plus spécifiquement, nous avons identifié des métiers STIM associés aux concepts et processus mathématiques.

À travers les différents manuels utilisés en classe de mathématiques au secondaire, on retrouve des tâches et des textes explicatifs qui mentionnent ou décrivent certains métiers. Pendant les cinq années du secondaire, incluant les trois séquences mathématiques (CST, TS et SN), on aborde différents métiers STIM et non-STIM. Il peut s'agir de métiers non-STIM même dans les séquences mathématiques plus scientifiques. Dans certaines collections, au début ou à la fin de certains chapitres, on explique sur une page complète les tâches directement liées à une profession. On fait la description d'un métier, par exemple « actuaire ». On indique de façon générale ce que fait un actuaire dans son travail et les quelques qualités et aptitudes qu'une personne doit posséder afin de se diriger vers ce métier.

On présente parfois un dossier complet sur les catégories de métier. Dans un manuel de secondaire 3 (Manuel Grand Duc), on présente aux élèves plusieurs catégories de métiers et on leur demande de les associer avec leur personnalité. On donne aussi beaucoup d'exemples et l'on inclut plusieurs métiers différents sur la théorie de chaque chapitre dans ce dossier. Nous pensons que cela peut être utile aux élèves, car c'est en secondaire 3 qu'ils doivent effectuer le choix des séquences pour les 4e et 5e secondaire.

Lors de l'analyse de ces manuels, nous avons pu tirer quelques conclusions face au manque de diversité des métiers STIM. Nous avons constaté que dans les manuels

analysés, il n’y avait pas une si grande variété de métiers STIM présentés et décrits. Ils sont souvent abordés par « domaine » et non par métier plus spécifiquement. Par exemple, on va dire “Des scientifiques analysent différents liquides dans un laboratoire”. Ici on identifie le côté « scientifique » d’un métier, mais on ne sait pas s’il s’agit de chimiste, biologiste, physicien, technicien en laboratoire, médecin, technologiste médical, etc.

Nous remarquons une tendance à l’utilisation multiple d’un métier en particulier. Il y a une légère diversification des métiers, mais la plupart reviennent fréquemment. Dans les manuels de secondaire 1, 2 et 3 des trois différentes collections, le métier de pilote d’avion est utilisé seize fois, alors que celui de biochimiste est utilisé seulement trois fois. Bien qu’il existe de nombreux types d’ingénieurs, ce métier est utilisé dans des tâches ou textes dix-neuf fois, toutes collections confondues. Toutefois, le métier d’astronome à lui seul est abordé vingt-deux fois. La tendance veut que certains métiers soient beaucoup plus abordés que d’autres, par contre il n’existe pas de justification quant au choix d’un métier provenant de la part des maisons d’édition des manuels analysés. Notons également que les manuels présentent des femmes occupant des métiers STIM. Le tableau 5 présente les métiers nommés dans les manuels de mathématiques analysés, regroupés par domaines STIM (Science, Technologie, Ingénierie, Mathématique). Nous avons gardé le genre des personnes qui occupaient le métier STIM.

Tableau 5. Les métiers STIM présentés dans les manuels de mathématiques

Manuels de mathématiques	
Domaines	Métier
Domaine de la Science	Agronome Analyste en environnement-Géographie Arpenteur-géomètre Astronaute Astronome Biochimiste Biologiste Chimiste Géologue

	Météorologiste Microbiologiste Physicien
Domaine de la Technologie	Architecte Bio-informaticien Informaticien
Domaine de l'Ingénierie	Ingénieur agricole Ingénieur alimentaire Ingénieur chimiste Ingénieur civile Ingénieur des mines Ingénieur électrique Ingénieur en aérospatiale/aéronautique Ingénieur en bâtiments Ingénieur en biotechnologie Ingénieur en environnement Ingénieur en industrie Ingénieur en informatique Ingénieur en logiciel Ingénieur en matériaux Ingénieur en production automatisée Ingénieur forestière Ingénieur géologue Ingénieur mécanique Ingénieur physicienne
Domaine des Mathématiques	Actuaire Agroéconomiste Économiste Mathématicien

	Statisticien
--	--------------

Les données nous montrent une différence de représentation des métiers STIM entre les premières années du secondaire (ou les élèves suivent les mêmes cours) par rapport aux dernières années (ou les élèves sont mis en séquence). Dans les premières années, nous avons trouvé un total de 379 mentions aux métiers STIM, pour une moyenne de 42,11 mentions dans chaque collection à chaque année. Dans les dernières années, par contre, nous avons trouvé un total de 43 mentions en CST et 84 en TS et SN, pour une moyenne de 10,75 et 21, respectivement, dans chaque collection à chaque année. En considérant que TS et SN sont les séquences qui donnent aux élèves accès aux programmes collégiaux des champs STIM, nous notons une coupe de 50 % sur la représentation de ces carrières lors de la transition entre les mathématiques unifiées et en séquence. Cette coupe est préoccupante parce que c'est dans les dernières années du secondaire que les élèves décident de leur choix de carrière, donc si on veut les stimuler envers les métiers STIM, il faudrait leur donner plus d'idées sur combien les mathématiques sont utilisées dans ces métiers.

Le tableau 6 présente la présence relative de chaque domaine mathématique du programme de formation dans les années du secondaire. Comme attendu, la représentation des métiers STIM se concentre sur l'algèbre et la géométrie. En considérant que le programme présente la géométrie de façon algébrique (comme la géométrie analytique), on dirait que les élèves reçoivent l'idée que les métiers STIM utilisent seulement les connaissances algébriques, ce qui n'est pas précis selon nos données des professionnels.

Nous notons aussi qu'il n'y a presque aucune mention de métiers STIM dans les domaines de la statistique et probabilité. Les mathématiques discrètes, par contre, ont beaucoup de mentions des métiers STIM (particulièrement avec les matrices et les graphes) malgré sa petite présence dans le programme (aucune en SN). Ces résultats donnent aux élèves une idée sur quels domaines mathématiques sont pertinents pour ces carrières.

En ce qui concerne la séquence CST, bien qu'elle ne soit pas considérée comme forte pour les carrières STIM (les élèves intéressés doivent suivre un cours de mise à niveau), les manuels représentent quand même des métiers dans leurs tâches. Ces représentations peuvent donner aux élèves une idée concrète des mathématiques dans la vie courante, mais elles peuvent aussi leur motiver à choisir des programmes reliés aux métiers STIM (comme technicien).

Fréquences de mention de métiers STIM dans des manuels de mathématiques du secondaire

Tableau 6. Données des manuels CEC, Grand Duc et Chenelière

	Arithmétique	Algèbre	Géométrie	Stats	Prob	Maths discrètes	Maths financières
Sec 1, 2, 3	101	96	115	33	34	N/A	
Sec 4, 5 CST	4	6	11	6	5	7	4
Sec 4, 5 TS	3	32	24	0	5	20	NA
Sec 4, 5 SN	2	31	26	2	1	22	

4.3 Résultats issus des travailleurs STIM

La majorité des professionnels interrogés dans le cadre de ce projet ont eu des difficultés à identifier les mathématiques qu'ils utilisent dans leur quotidien professionnel. Lorsque nous leur avons demandé de nommer les concepts mathématiques qu'ils utilisaient le plus, peu d'entre eux arrivaient à nommer un concept, ni même un domaine mathématique. Selon eux, la raison de ne pas être en mesure de nommer des concepts mathématiques est due à la nature implicite des mathématiques dans le milieu STIM. Les participants ont mentionné, par exemple, que tous les calculs sont déjà faits par des logiciels ou d'autres outils. Parfois, dans des industries plus spécialisées, les projets reçoivent l'aide d'un consultant d'ailleurs ; c'est le cas, par exemple, de la start-up (jeune pousse) en biotechnologie. Son fondateur nous a informé que les demandes quantitatives plus importantes sont analysées par un consultant, donc les professionnels de la compagnie utilisent les mathématiques de façon implicite. C'est-à-dire qu'ils utilisent les résultats mathématiques calculés par le consultant. On dirait qu'ils mettent en pratique un raisonnement mathématique (*mathematical thinking*) plutôt que d'utiliser des concepts mathématiques spécifiques.

Ce résultat - la difficulté à identifier les maths - n'est pas surprenant. En fait, c'est aligné avec la vision traditionnelle des mathématiques partagée par les enseignants. Cette vision montre les mathématiques comme une série de calculs logiques. L'application de formules algébriques est l'exemple type : résoudre un problème mathématique signifie choisir et appliquer la bonne formule et effectuer manuellement tous les calculs. L'utilisation des technologies est à éviter, car effectuer manuellement les calculs montre la compréhension mathématique¹. La pensée déterministe domine cette vision : il n'y a peu ou pas de place pour l'aléatoire et une seule réponse est attendue.

Il faudrait développer une vision plus large des mathématiques. Pour suivre une carrière de succès au 21e siècle, on devrait mettre l'accent envers les pratiques mathématiques : l'interprétation, la comparaison, l'estimation, la généralisation, etc. Ce n'est plus suffisant de regarder les mathématiques comme un contenu à enseigner composé de savoirs et de processus : il faut les voir comme une activité, une pratique de modélisation.

4.3.1 Analyse par thèmes

4.3.1.1 Les mathématiques dans de nouvelles industries

Malgré la difficulté à identifier les mathématiques qu'ils utilisent dans leur profession, les participants ont quand même discuté des domaines mathématiques et de leur pertinence pour leur carrière. Les domaines mathématiques les plus mentionnés sont la statistique, la géométrie et l'algèbre.

La statistique a surpris quatre participants. Ils n'avaient pas considéré ce domaine dans un premier temps. Le professeur de sciences informatiques, par exemple, nous a dit que, pour lui, la statistique était une discipline séparée des mathématiques. En l'informant qu'au secondaire on les enseigne ensemble, le professeur a souligné l'importance de la statistique. Cependant, il a distingué la statistique descriptive et la statistique inférentielle. À son avis, la statistique inférentielle est la plus pertinente pour des carrières STIM parce qu'on travaille avec des constructions de modèles complexes qui prennent beaucoup de données. De plus, l'aléatoire y joue un rôle prépondérant. Il serait donc pertinent d'enseigner aux élèves à discuter de la sélection des variables, l'interprétation des graphiques et la prise de décisions de modèles statistiques, etc. Il n'est plus suffisant d'arrêter à la statistique descriptive (par exemple, les mesures de tendance centrale).

¹ Cette vision des mathématiques nous semble largement répandue dans le monde universitaire. Récemment, une jeune actuaire diplômée en 2016 de l'UQAM a avoué n'avoir jamais utilisé de tableurs durant toutes ses études de baccalauréat : tous les calculs devaient être effectués manuellement. Lorsqu'elle a rejoint le marché du travail, elle s'est aperçue que le tableur était l'instrument de travail privilégié et elle ignorait comment s'en servir. Sa formation ne l'avait pas adéquatement préparée au marché du travail.

La géométrie et l'algèbre, en revanche, ont été mentionnées par les participants à cause de l'inconsistance entre ce qui est enseigné à l'école secondaire et ce qui est utilisé professionnellement. La majorité des participants ont dit qu'ils n'ont jamais fait de calculs ou d'équations comme tels à l'école. Ils mobilisent ces connaissances de façon implicite en utilisant des logiciels pour modéliser, par exemple, une réaction chimique. La procédure pour résoudre ces problèmes n'est pas importante pour eux ; ce qui importe c'est l'interprétation correcte des valeurs et leur application dans les problèmes en question. Par contre, les participants ont reconnu l'importance des savoirs de base en ce qui concerne la géométrie et l'algèbre.

En plus des domaines mathématiques connus, le domaine technologique a aussi changé l'utilisation des mathématiques par les professionnels du champ STIM. Selon nos participants, l'apprentissage le plus pertinent du secondaire n'était pas le contenu mathématique (les concepts), mais les compétences et les habiletés qu'ils ont développées en explorant les contenus mathématiques. Dans leur vie professionnelle, ils utilisent les mathématiques pendant l'interprétation et l'analyse des données, pas pour résoudre des problèmes à la main. Pour la majorité d'entre eux, c'est sur cet aspect interprétatif que devrait être mis l'accent dans les cours de mathématiques du secondaire. Selon la dirigeante d'un incubateur technologique à Montréal, par exemple, le contenu change rapidement dans le monde actuel grâce à l'intelligence artificielle. Pour elle, les élèves devraient apprendre les mathématiques de façon critique, pas procédurale. Ainsi, les mathématiques sont plus que des formules algébriques à appliquer. Les différents processus de pensée mathématiques devraient être plus exploités. De plus, un équilibre entre les différents domaines mathématiques serait souhaité, car l'algèbre occupe trop de place. Ces résultats montrent que les pratiques mathématiques doivent être mises de l'avant.

4.3.1.2 Les mathématiques dans leur parcours de carrière changent

Dans le cadre de nos entrevues, les professionnels STIM nous ont montré que, dans ce champ, le mouvement envers les postes de gestion est naturel, spécialement après certaines années d'expérience. Nous les avons interrogés sur l'impact de ce mouvement dans les mathématiques utilisées. Les résultats ne sont pas surprenants : les mathématiques semblent changer du niveau technique envers le raisonnement mathématique. La participante de l'OIQ et la dirigeante de l'incubateur, par exemple, ont dû suivre des formations sur les mathématiques de gestion pour leurs nouveaux postes. Les mathématiques de gestion correspondent aux mathématiques financières, ce qui est enseigné au Québec seulement aux élèves de la séquence CST. Les mathématiques financières proposent des modèles de valeur temps de l'argent et plusieurs de ces modèles utilisent l'aléatoire comme les probabilités et les statistiques pour calculer des rentabilités futures et des primes de risques.

La dirigeante de l'incubateur pense que ce type de mathématiques s'applique aussi aux jeunes entrepreneurs. Dans son incubateur, elle reçoit beaucoup d'étudiants universitaires venant des programmes STIM. Selon elle, les étudiants ont des idées pour entreprendre, mais ils ont des difficultés à mettre en pratique les mathématiques dans des contextes financiers. En préparant leur "pitch", la dirigeante doit les superviser pour faire les budgets, les estimations, les états financiers, etc. C'est en fait très surprenant qu'ils aient des difficultés à manipuler les mathématiques financières quand ces personnes proviennent des programmes forts en mathématiques comme ingénierie ou sciences informatiques.

L'utilisation des compétences financières a été mentionnée aussi par les professionnels en discutant de nouveaux formats de travail dans les entreprises. Selon eux, en ingénierie c'est normal aujourd'hui de travailler en projets qui changent tout le temps. Ça n'est plus commun d'avoir un bureau statique où tous les ingénieurs travaillent ensemble. Les projets sont interdisciplinaires et les gens viennent de différents champs pour résoudre des problèmes complexes. Les mathématiques utilisées dans ces groupes touchent quand même au niveau financier. Les groupes ont des budgets désignés et cela leur donne des limitations sur quelles solutions sont possibles. Selon nos participants, par contre, leur formation initiale ne leur donne pas les compétences pour travailler de cette façon, ce qui leur pose des défis professionnels.

4.3.1.3 On peut accéder à une carrière STIM par des routes alternatives

Le troisième thème qui a émergé dans l'analyse des entrevues touche à l'accès aux carrières STIM par les élèves du secondaire. Ce qui reste clair parmi nos participants, c'est qu'une carrière STIM n'est pas déterministe. Une personne peut arriver au champ STIM par différentes routes comme il a été démontré par les dirigeants des incubateurs. Bien que la majorité des personnes interrogées aient suivi un programme universitaire en STIM, quatre participants venaient d'autres champs (une participante n'avait même pas suivi un programme collégial ou universitaire, elle n'avait que son diplôme de l'école secondaire, volet scientifique de l'époque). Ce qu'ils nous montrent, c'est qu'une carrière STIM n'est pas nécessairement "high tech", c'est-à-dire qu'il faille posséder les mathématiques les plus poussées. Plusieurs postes dans les entreprises technologiques existent et sont essentiels pour le développement du champ au Québec. Les élèves du secondaire devraient avoir une attitude positive envers les mathématiques pour qu'ils soient capables d'aller travailler dans des entreprises technologiques, même s'ils ne suivent pas des programmes en science. C'est-à-dire que les mathématiques devraient les motiver à ces carrières, et pas être des obstacles.

En conclusion, nos participants sont d'accord avec l'idée que les mathématiques doivent soutenir le monde des possibilités de travail en STIM. Traditionnellement, les carrières

STIM sont associées aux élèves de la séquence SN, mais il faudrait que les autres séquences donnent aussi une représentation des carrières STIM. Elles devraient maintenir les portes ouvertes pour que les élèves envisagent leur avenir dans les entreprises technologiques du Québec.

4.4 Résultats des enseignants de mathématiques du secondaire

Deux thèmes émergent des données recueillies dans le cadre des groupes de discussion. La motivation des enseignants de mathématiques pour enseigner les mathématiques a trait à leur épistémologie des mathématiques et leur désir d'enseigner. Les enseignants rencontrés ont facilement identifié leur intérêt envers les mathématiques et envers l'enseignement.

4.4.1 Leur épistémologie des mathématiques

Les représentations des enseignants rencontrés quant à l'épistémologie des mathématiques semblaient faire l'unanimité quant au formalisme de la discipline. La majorité d'entre eux a dit qu'ils adoraient la logique interne des mathématiques. Cette logique correspond à suivre des règles et des axiomes bien définis qui sont reliés entre eux afin de résoudre des problèmes. Une réponse claire et sans ambiguïté, même si plusieurs chemins peuvent y conduire, est attendue. Ils ont dit aimer utiliser cette logique dans la résolution de problèmes. De plus, ils ont dit que les mathématiques aident à comprendre le monde qui nous entoure :

- Le développement de la pensée logique, du raisonnement proportionnel, ...

- À quel point tout est relié ! Quand on comprend bien les notions, on voit que tout se tient ! Le fait que nous sommes « confrontés » aux maths chaque jour dans notre quotidien.

- Il y a peu ou pas du tout de zone grise. C'est logique.

- La logique, la rigueur et la réflexion profonde qui sont autant de qualités nécessaires pour bien l'appliquer.

- Le côté pratique, logico-déductif, esthétique et culturel. C'est un langage universel, c'est celui de la science. C'est visuel, abstrait et créatif.

- C'est un domaine très cartésien. On peut prendre différents chemins, mais la réponse est souvent unique. On peut trouver plusieurs façons d'expliquer des phénomènes mathématiques. C'est très près des sciences.

D'autre part, lorsque nous leur avons demandé ce qu'ils n'aiment pas à propos des mathématiques, une grande majorité d'enseignants nous ont dit ne pas aimer les statistiques, car elles ne font pas partie du domaine mathématiques. Comme le montre cet extrait issu du groupe d'enseignants très nombreux provenant tous d'une école privée, leurs représentations à propos des statistiques questionnent la "subjectivité" des statistiques qui n'est pas selon eux, très rigoureuse :

– Comme on dit, la statistique c'est une science qui utilise les mathématiques pour interpréter des données, donc ce n'est pas comme les autres domaines mathématiques. Oui, on utilise les maths pour répondre à des questions. Donc on utilise des outils, des tests, juste pour voir si la tendance est là. Donc c'est moins de la rigueur.

– Les élèves aussi, ce n'est pas leur sujet préféré, on a la même opinion : "Madame, quand est-ce qu'on retourne à l'algèbre ?" Haha.

Annie : Pourquoi pas la probabilité ? Pourquoi ils n'ont pas la même difficulté ?

– Parce qu'il y a du calcul, c'est tangible la progression [des apprentissages]. C'est logique la probabilité, ça va bien.

– C'est aussi l'enseignement [des statistiques]. Dans la vraie vie, on utilise de grandes données, des millions, ce sont des outils technologiques. À l'école on fait semblant, on montre comment interpréter des choses, ce n'est pas rigoureux...

- Moi, j'enlèverais ça [les statistiques] et mettrais de la trigonométrie.

Tout monde rit.

Les probabilités et les statistiques reposent sur la variabilité et l'aléatoire, alors que la logique mathématique repose sur un raisonnement déterministe (Savard, 2014). Les probabilités et les statistiques, aussi appelées les stochastiques, sont parfois nommées avec les mathématiques dans les départements universitaires : Mathématiques et Statistiques. Il existe donc une distinction épistémologique entre les mathématiques et les stochastiques, mais ce sont les enseignants de mathématiques qui enseignent les deux branches à l'école secondaire :

- Les probabilités. J'ai toujours détesté cette partie des maths. Le pire, c'est que je finis probablement à transmettre ma "haine" aux élèves (même si je fais attention).

- [J'aime] Tout le contenu, sauf les statistiques et les probabilités et le chapitre sur les inéquations. Le programme est très lourd en Secondaire 3....

Ainsi, quelques enseignants ont mentionné aimer les mathématiques, mais ne pas aimer enseigner certains concepts :

- J'adore les maths. Je n'aime pas la programmation, la robotique et l'informatique en général.

- L'informatique et l'enseignement du programme de statistiques.

- J'aime moins enseigner les transformations géométriques et les statistiques.

D'autres enseignants ont mentionné des éléments qu'ils n'apprécient pas à propos de leur enseignement et non pas à propos des mathématiques elles-mêmes :

- Certaines matières dans la progression des apprentissages qui ne mettent pas toujours de l'avant la compréhension, mais seulement le par cœur.
- Parfois, le volet abstrait est trop élevé. Exemple : loi des exposants fractionnaires.
- La quantité [de concepts] à enseigner, manque de temps pour bien expliciter et faire des activités.

La représentation des mathématiques de ces enseignants est axée sur la logique, la déduction et l'application de formules pour trouver une réponse. Ils apprécient l'absence d'ambiguïté. Dans ce contexte, il n'est pas étonnant que la majorité d'entre eux n'apprécient pas les statistiques et les probabilités, puisque ces domaines reposent sur la variabilité et l'incertitude. Toutefois, malgré leur non-amour et parfois haine envers ces domaines, ils doivent tout de même les enseigner. Il semblerait que leur représentation influence leurs pratiques enseignantes, car les élèves peuvent se montrer sensibles quant à leur appréciation des probabilités et des statistiques.

4.4.2 Leur profond désir d'enseigner les mathématiques

Le profond désir d'enseigner les mathématiques des enseignants rencontrés possède deux origines distinctes : leur amour des mathématiques et leur amour de l'enseignement. Il est à noter que ces deux éléments ne sont pas mutuellement exclusifs.

L'amour profond ou la passion des mathématiques a été un fil conducteur important pour plusieurs enseignants de mathématiques. Cette passion s'est manifestée tôt lorsqu'ils étaient jeunes et certains ont mentionné des expériences familiales quant à l'utilisation des mathématiques quotidiennes. Pour ces enseignants, ils avaient beaucoup de facilité à apprendre les mathématiques et aimaient les utiliser dans leur vie courante. Cet amour s'est révélé une passion chez certains enseignants : ils se sont révélés intarissables sur leurs expériences des mathématiques et sur l'importance des mathématiques dans leur vie et dans la vie de tout citoyen.

- J'ai toujours aimé les mathématiques, acquérir des outils pour résoudre des problèmes complexes et le lien entre les mathématiques et le monde qui nous entoure.
- La logique, le lien avec la vie de tous les jours. Le développement d'une pensée ordonnée. Je vois les maths comme une énigme à résoudre. J'aime découvrir de nouvelles approches, de nouveaux "jeux" mathématiques. J'adore l'algèbre et la géométrie.
- Les défis intellectuels à relever. Que les mathématiques nous permettent d'expliquer et de comprendre les phénomènes qui nous entourent.
- C'est fascinant. C'est comme de la magie, sauf que nous sommes capables de tout expliquer, tout découvrir et tout reproduire. C'est logique. Il n'y a pas d'exceptions. Ça fonctionne tout le temps.

- Parce qu'on cherche à trouver une réponse à une question donnée. On peut utiliser des techniques, des calculs, pour arriver à une fin.

Cet amour profond envers les mathématiques a conduit certains à vouloir les enseigner :

- J'ai toujours aimé les maths et su que j'en ferais pour gagner ma vie !
- L'amour des nombres et les différentes façons de les utiliser dans la vie de tous les jours
- Depuis tout jeune (6 ans) que j'adore les maths, les nombres, la logique. Je ne pouvais pas envisager de vivre sans elles.
- L'amour de la pureté des maths et de ses capacités à définir notre monde.
- Les chiffres et l'algèbre, j'adore.
- J'ai toujours aimé les maths.
- Je suis passionnée des maths. En maths 436 j'ai réalisé comment j'aimais relier les concepts entre eux et comprendre.
- Pour faire des maths en socialisant ! J'aime aussi les jeunes !
- Parce que c'est fun les maths.
- J'ai toujours eu du plaisir à faire des mathématiques et je voulais partager ce plaisir aux élèves.
- C'est une matière que j'aimais et que je maîtrisais bien.
- La matière et le contenu sont faciles pour moi. Le déclencheur est la facilité et l'amour dans les yeux des élèves qui s'agrandissent lorsqu'ils comprennent.... la relation aussi avec les ados. J'adore les écouter les confronter leur enseigner.

Des enseignants ont dit qu'ils avaient de la facilité à apprendre les mathématiques et que c'est le fait d'aider leurs camarades de classe qui a motivé leur intérêt à devenir enseignants de mathématiques :

- Mes cours de mathématiques en 1re et 2e secondaire. Ayant de la facilité en mathématiques, je me présentais aux récupérations pour aider mes camarades de classe.
- J'avais de la facilité à rendre la matière accessible à mes amis. J'aimais ça expliquer des notions mathématiques.
- J'ai fait du tutorat en math au cégep. J'ai eu de bons commentaires des personnes à qui j'apportais mon aide et je me sentais bien là-dedans.
- Tout d'abord parce que je voulais transmettre ma passion aux jeunes et aussi parce que j'avais vraiment une facilité à expliquer aux autres.
- J'aimais les mathématiques et j'aimais aider mes amis, expliquer, donner mes trucs pour leur étude
- J'ai toujours eu une certaine facilité en mathématiques. J'ai commencé à donner des tutorats à mes amis et c'est ainsi que j'ai réalisé que j'étais très douée pour expliquer.

En secondaire 3 lorsqu'une enseignante m'a permis d'expliquer à d'autres élèves de la classe. De voir qu'ils comprenaient parfois mieux avec mes explications que celles de l'enseignante, qui pourtant disait la même chose.

Aider les autres à comprendre ce que l'enseignant ne prenait pas le temps d'expliquer.

Lorsque j'étais en secondaire 5, les autres élèves venaient ME voir pour avoir des explications plutôt qu'aller voir le prof. Je me suis rendu compte que j'aimais ça et que j'étais bon là-dedans.

Pour d'autres enseignants, c'est l'inspiration d'un enseignant de mathématiques qui a servi de déclencheur, alors que c'est le contraire dans certains cas :

- J'ai toujours aimé les mathématiques, c'était ma matière forte à l'école. J'ai eu une enseignante dynamique au secondaire qui nous enseignait les maths et qui prenait aussi le temps de jaser avec nous. J'adore l'algèbre et les choses un peu compliquées.

- J'ai eu un enseignant marquant qui m'a donné envie de transmettre mon amour des maths comme lui.

- Mon prof de math de secondaire 2. Il était passionné par ses cours. Il écrivait ses propres cahiers. J'ai d'ailleurs eu la chance de lui dire ! Lors de mon stage en milieu pénitencier (techniques d'intervention en délinquance), j'ai aidé un détenu avec son cours de math. Quelques mois plus tard, j'ai décidé de faire le saut.

- Un super prof de math m'a fait aimer les maths en premier lieu. Ensuite, ce fut ma première expérience, accidentelle, d'enseignement. J'ai aimé la relation avec les apprenants.

- Un enseignant qui m'a inspiré et qui m'a enseigné les maths de sec 2 et 4.

- Une enseignante de math au secondaire et mon enseignant de math au Cégep m'ont inspirée à devenir moi-même une enseignante de maths.

- Un super prof de math m'a fait aimer les maths en premier lieu. Ensuite ce fut ma première expérience, accidentelle, d'enseignement. J'ai aimé la relation avec les apprenants.

- Un enseignant de quatrième secondaire...

- Mon enseignant de mathématiques de secondaire 5.

- Mon enseignant de mathématiques de 4e secondaire qui m'a donné la piqûre des maths.

- L'amour de l'enseignement a été une profonde motivation chez certains enseignants. Ceux-ci ont mentionné que le choix des mathématiques est venu après le choix d'enseigner. Ils ont alors choisi les mathématiques, car ils appréciaient les mathématiques ou bien avaient une certaine facilité.

- Je voulais enseigner en premier. Et par la suite j'ai choisi les mathématiques.

- Donner des cours d'été et de voir l'importance et la fierté de réussir des élèves, cela m'a convaincu de changer de matière.

- Au début de ma carrière, j'étais titulaire [au primaire]. J'ai découvert que j'avais une préférence pour les maths. Avec la réforme, je suis devenue une prof d'adaptation scolaire qui enseigne les maths et les sciences (retour à l'UQAM pour un diplôme de deuxième cycle en enseignement des sciences au secondaire.)

- On me l'a offert pour compléter ma tâche. J'aime bien le sujet et je suis à l'aise avec les concepts, donc j'ai accepté.

- J'ai débuté dans un autre secteur, mais les maths m'ont été offert et j'ai eu un coup de foudre pour cette matière.

D'autre part, certains ont procédé par éliminer des choix d'enseignement. Il a été dit quelques fois qu'enseigner le français était ambigu et subjectif, qu'il y avait trop d'exceptions à apprendre pour que cela soit agréable à enseigner. Avec les mathématiques, il n'y avait pas différentes interprétations d'un texte et donc pas d'ambiguïté possible.

- C'était la matière la plus accessible à mes yeux, la plus logique... loin de l'illogisme des langues ou des bêtises humaines relatées dans l'histoire... Le sport, l'art et la musique c'est super, mais loin d'être une passion pour moi.... Toujours mieux comprendre la force que sont les mathématiques m'a souvent fait sourire et même impressionné....

- Parce que c'est une langue paternelle! Je suis plus à l'aise en maths qu'en français.

- Les mathématiques en particulier ? Parce que c'était là, mon talent. J'ai une pensée très cartésienne, je cherche à comprendre plutôt qu'à connaître. J'aurais pu décider d'aller vers les sciences, mais de mauvais choix de cours en sec 4 m'ont fermé ces portes. Pas grave. Je crois que j'aurais tout de même choisi les maths.

Un enseignant a dit que c'est le défi posé par l'apprentissage des mathématiques qui a conduit à vouloir les enseigner, afin de rendre cet apprentissage plus accessible :

- J'ai toujours trouvé les mathématiques difficiles... je voulais changer les choses avec les jeunes.

Cette affirmation montre que c'est possible de vouloir enseigner les mathématiques même si l'apprentissage des mathématiques s'est révélé difficile. Toutefois, ce n'est pas la majorité des enseignants rencontrés qui ont partagé cette vision.

Par ailleurs, plusieurs des enseignants ont reconnu le défi d'apprendre les mathématiques et ont souhaité leur partager leur amour des mathématiques :

- Parce que ce n'est pas une matière très aimée des élèves. C'est donc motivant de leur faire découvrir autrement !

- Pour transmettre ma passion et vulgariser afin d'augmenter la réussite chez les élèves.

- Pour aider les jeunes et moins jeunes à voir la beauté des mathématiques et aussi afin de rendre cette matière attrayante et non plus comme le cours qui donne des maux de ventre.

- C'est une matière qui entraîne beaucoup d'abandons parce que les élèves ne voient pas nécessairement le lien avec la vraie vie. Je me suis donc donné comme mission d'humaniser la classe de mathématiques en contextualisant au maximum les concepts enseignés (surtout avec les élèves en difficulté).

Pendant les groupes de discussion, les participants ont partagé leurs expériences professionnelles comme enseignants de mathématiques. Deux thèmes principaux ont émergé dans les groupes, ce que nous présentons maintenant.

4.4.3 Leur formation initiale

Tous les participants ont été formés de façon similaire à l'université : ils ont suivi un baccalauréat en enseignement des mathématiques. Typiquement, cette formation est partagée entre les composants didactique/pédagogique et les composantes mathématiques. La composante didactique/pédagogique inclut des cours offerts par des départements de l'éducation qui touchent le travail en enseignement : la gestion de classe, les lois de l'éducation, la psychologie de l'éducation, les approches didactiques pour l'enseignement des concepts mathématiques, etc. La composante mathématique inclut des cours de mathématiques pures à l'université, typiquement offert par un département de mathématiques. Les étudiants suivent ces cours avec ceux d'autres programmes comme le baccalauréat en mathématiques, statistique, ingénierie, ou sciences. En effet, souvent les cours de mathématiques pures ne servent pas aux besoins spécifiques des enseignants de mathématiques au secondaire. Nous avons constaté ce résultat en discutant avec les participants des groupes de discussion. Parmi la majorité des groupes, particulièrement celui de Montréal, les participants ont partagé leur frustration à propos des cours comme l'analyse réelle (un cours plus abstrait où on étudie les fondements théoriques du calcul : limites, continuités, séquences, dérivées, intégrales, etc.). Selon les participants, ces cours ne les ont pas aidés à comprendre l'enseignement des concepts au secondaire et, en plus, il leur a posé beaucoup de barrières dans leur parcours académique. Pour un enseignant en particulier :

"le prof du cours d'analyse ne faisait qu'écrire au tableau, il ne discutait aucune chose du contenu. Comment est-ce qu'on devient enseignant avec cet exemple ? C'était le pire cours de mon baccalauréat."

Dans le même sens, un autre participant voit les cours universitaires de mathématiques pures comme "tous inutiles : j'ai appris presque rien dans mes pratiques."

Les cours de mathématiques offerts par les Départements de mathématiques présentent exclusivement des contenus mathématiques, alors que les cours de didactique des mathématiques offerts par les Facultés des sciences de l'éducation présentent des mathématiques pour enseigner (Bednarz & Proulx, 2009). Ces derniers semblent mieux répondre aux besoins des enseignants de mathématiques.

Notre expérience de formateurs d'enseignants du primaire nous a montré que de futurs enseignants du primaire voulaient initialement être enseignants de mathématiques au secondaire, mais qu'ils n'ont pas réussi certains cours de mathématiques. Ils ont donc choisi le primaire, car ils voulaient de tout coeur enseigner les mathématiques. Il semblerait que certains cours de mathématiques offerts par les Départements de

mathématiques constituent des obstacles à la formation des enseignants de mathématiques au secondaire et empêchent des candidats motivés de devenir des enseignants de mathématiques.

Les comparaisons entre les mathématiques explorées à l'université et celles de la pratique professionnelle ont été faites par nos deux types de participants : les enseignants et les professionnels des industries STIM. Il nous semble, pourtant, que les programmes de mathématiques à l'université ne correspondent pas aux besoins de chaque groupe. Ce résultat, en fait, n'est pas surprenant quand on considère la structure en masse des cours de mathématiques universitaires. Dans les grandes universités, il n'est pas rare d'avoir des centaines d'étudiants dans une même classe de calcul différentiel et intégral ou d'algèbre linéaire. En effet, il devient impossible à un professeur d'adapter le contenu et son approche pour le rendre pertinent à la formation de chaque professionnel. On note un phénomène pareil au secondaire, ce n'est pas facile pour un enseignant de rendre les mathématiques attrayantes à tous les élèves ; chacun d'entre eux a ses propres intérêts. Dans le prochain thème, nous explorerons en détail les motivations des élèves selon nos participants.

4.4.4 La motivation des élèves

Les enseignants rencontrés ont été questionnés à propos de la motivation des élèves à apprendre les mathématiques. Les représentations qu'ils ont à cet effet ont trait à l'importance accordée aux mathématiques, leurs pratiques enseignantes, les difficultés d'apprentissage des élèves et la perception de difficulté reliée aux mathématiques. Les motivations des élèves qu'ils perçoivent sont très peu reliées aux concepts enseignés.

L'importance accordée aux mathématiques est un thème qui revient souvent. Cette importance est reliée à la compréhension de ce qu'ils apprennent, à une recherche de sens chez les élèves. Les élèves sont motivés lorsqu'ils comprennent les mathématiques :

- Certains sont motivés, car ils aiment comprendre et apprendre de leur erreur. D'autres ont de la difficulté à être motivés à l'école dans l'ensemble.
- Oui, s'ils sont impliqués dans leur apprentissage. S'ils sont dans l'action !
- Parfois oui dans certains chapitres, des chapitres préalables à leur futur travail/étude. Ils sont motivés le jour où ils comprennent.
- Quand on les met en résolution de problèmes, en contexte, oui.
- Oui, s'ils vivent des réussites et qu'ils comprennent le sens de ce qu'ils font.
- Oui, parce que la plupart [des élèves] aiment les défis et ils veulent comprendre le monde dans lequel ils vivent.

- Peu. Ils ont de la difficulté à voir l'utilité de ce qu'ils apprennent dans leur vie présente et future.
- Ceux qui ont de la facilité plus que ceux qui ont des difficultés. En général, oui. Il y a encore une « culture » des maths. C'est une matière qui est considérée importante par les élèves et les parents.
- Plus ou moins... J'ai la chance d'être une matière importante pour le DES ou pour la passation à une classe supérieure, mais sérieusement, c'est loin d'être une passion chez les élèves. Ils n'en voient pas souvent la nécessité dans l'immédiat. Peut-être que si on parlait plus des placements, des cartes de crédit, de la programmation des jeux vidéo... Mais il faudrait être formés pour ça et avoir du temps dans notre programme plus que chargé.
- Non, pas de manière suffisante. Il faut humaniser les mathématiques à notre réalité.
- Non, car ils ne voient pas toujours l'importance de ce qu'ils apprennent.
- Certaines années, mes groupes me disent que c'est leur matière préférée, d'autres années, non. Je crois que cela dépend de leur environnement, les parents, mais aussi les enseignants qu'ils ont au primaire. Ils nous demandent souvent à quoi ça va servir. Ils ne mettent pas d'effort si ça ne sert à rien à leurs yeux. Ils doivent voir l'application immédiate. Ils ne comprennent pas que ça développe leur logique.
- Pas toujours. Les élèves ont de la difficulté à comprendre à saisir pourquoi certaines notions sont vues au secondaire. Je crois aussi qu'étant donné que le "niveau" des élèves est très disparate ce qui peut occasionner un certain manque de motivation étant donné que le cours va soit "trop vite" ou "trop lent".
- En début d'année, les élèves sont peu motivés, car ils trouvent la matière trop difficile. En cours d'année, certains élèves développent des compétences et prennent plaisir à faire des maths.
- Oh non ! Ils ne voient pas le sens derrière les mathématiques.
- Plus ou moins, dès que l'on quitte le quotidien, c'est plus difficile.
- Souvent, les élèves ne comprennent pas et sentent peu d'ouverture pour répondre à leurs questions, ce qui les amène à se désinvestir.
- Je dirais qu'ils sont assez neutres. Ils savent que c'est important, mais ne sont pas nécessairement passionnés. Même en contextualisant, les élèves ont de la difficulté à construire un sens autour des notions.

La motivation des élèves dépendrait aussi des pratiques enseignantes mises en œuvre dans la classe de mathématiques pour aider les élèves dans leur quête de sens. L'enseignant y jouerait un rôle prépondérant :

- Mes élèves, oui, car je l'explique l'importance des maths au début de chaque chapitre. J'ai réalisé des activités avec mes élèves pour les convaincre que les maths sont importantes.
- CST-5 : Très peu motivés...programme très peu adapté à la clientèle. Ces élèves ont déjà les crédits de maths nécessaires pour graduer et ont souvent eu des difficultés en math dans le passé.
- SN-5 : Très motivés... Ces élèves sont habituellement dotés d'une motivation intrinsèque élevée pour « réussir », programme stimulant s'il est enseigné correctement.
- Plus ou moins, cela dépend de leur intérêt intrinsèque et aussi de notre capacité à générer du sens dans notre enseignement.
- Oui parce que je suis tellement motivée que c'est dur de ne pas l'être !

- Les élèves arrivent en classe avec une certaine opinion des maths. Ça peut venir du milieu familial ou d'anciens enseignants. C'est à moi, comme enseignante, de les prendre où ils sont et de leur faire voir la beauté des maths.
- Oui, ils le sont, quand on leur explique vraiment pourquoi on leur montre tout ça. Il ne faut pas leur faire accroire que tout ce qui est enseigné sert véritablement dans la vie de tous les jours, mais que ça sert plutôt à développer nos capacités mentales (rigueur, logique, abstraction, etc.).
- Plusieurs, oui. Certains à cause de leurs parents, certains à cause de leur motivation intrinsèque, certains "grâce à moi" (j'ose espérer). Mais il y a des élèves qui ne sont motivés par rien. On a beau faire un spectacle, faire des activités intéressantes, des preuves impressionnantes, parfois, il n'y a rien à faire.
- Oui, mais pour plusieurs c'est une motivation extrinsèque. Elle vient des parents et du fait que c'est une matière de base nécessaire pour certains emplois. Les jeunes doivent être dans ma classe pour que la motivation devienne différente.
- Moyen... la rigidité des personnes qui l'enseignent cristallisée dans leur routine...
- Oui, je crois que l'enseignant fait toute la différence.
- Pas tous, mais c'est à l'enseignant de nommer à quoi leur servira ce qu'ils s'appêtent à apprendre. De plus, je crois fermement que l'enseignement est affectif donc le lien est tout aussi important que la matière (rendre la matière intéressante, enseigner c'est aussi animer).
- Les enseignants font la différence. On doit être un tout : polyvalent, psychologue, maman, infirmière et prof de math !

Selon les enseignants rencontrés, les très grandes difficultés d'apprentissage des élèves est un obstacle à leur motivation :

- La motivation pour les maths est reliée à l'aisance de l'élève pour la matière d'après moi. Malheureusement beaucoup d'élèves possèdent de mauvaises bases et tout devient pénible : résoudre une équation, concept de nombre, fractions, sens des opérations, rapport et proportions. Tout ça est appris à géométrie variable au primaire, en secondaire 1, en secondaire 2. Moi je les reçois en secondaire 4 et tout serait à revoir... Pas trop motivant dans ce cas là...
- Non, s'ils font seulement des problèmes de maths sur papier. Les élèves en difficultés ne coopèrent pas du tout à cette méthode, rien ne les rejoint.
- Oui et non, ma clientèle est très motivée puisqu'elle est sélectionnée, mais en général l'école n'est pas valorisée surtout dans les milieux défavorisés ce qui nuit énormément. De plus, les classes d'élèves peu motivés sont trop nombreuses et démotivantes pour l'enseignant.
- Oui pour certains. Non pour d'autres. Je ne dirais pas que c'est uniquement un manque de motivation, je dirais que c'est un mauvais départ. Si tu arrives en secondaire 2 et que tu ne comprends pas les math en 3e année, c'est difficile de comprendre plus tard.
- C'est partagé. Mais les élèves démotivés sont souvent plus en difficulté et ne voient pas la lumière au bout du tunnel.

- Certains oui certains non. Non, car ils ont accédé au niveau supérieur sans réussite. Non, car ils ont des lacunes qui datent des années passées sans comprendre au primaire. Oui, car élèves assidus travaillant et faisant leur rôle d'étudiant comme il faut.

- Oui et non. Je pense que socialement, les élèves accordent de l'importance à cette matière et désirent réussir. Cependant, une série d'échecs peuvent mener à une démotivation complète et un sentiment d'incompétence.

- Non, je les sens désintéressés. J'enseigne en adaptation scolaire et le système conventionnel d'éducation a échoué avec eux.

- Non. Plusieurs ont vécu de mauvaises expériences plus tôt dans les années précédentes. Ils ont peur de l'algèbre entre autres sujets.

- Non, ils ont (traînent) des difficultés.

- Peu motivés à cause des difficultés et de leur estime de soi qui est basse en maths.

- Certains oui, d'autres non. Plusieurs ont malheureusement connu des difficultés et ça les suit longtemps.

- Oui s'ils sont en réussite.

Il semblerait que la réussite en mathématiques soit associée aux efforts fournis par les élèves et que ceux-ci ne sont pas motivés à fournir des efforts :

- Ceux qui ont de la facilité, oui. Pour les autres, il faut les convaincre qu'ils peuvent réussir. C'est un travail de longue haleine.

- De moins en moins. Ils sont très intéressés par les outils technologiques, les appareils électroniques. Ils ont de la difficulté à rester engagés dans une tâche, surtout lorsqu'ils ne voient pas de résultat immédiat.

- Peu motivés. Ils savent qu'ils devront faire des efforts pour comprendre et qu'ils devront apprendre un nouveau langage.

- Oui, mais ils ont été éteints par le système [d'éducation].

- Trop dans le moment présent, manque d'efforts et de préparation pour le futur.

- Moyen ! Ils savent que c'est une matière importante, mais se demandent souvent à quoi ça sert et se découragent de plus en plus vite face aux difficultés !

- Dans les groupes TS, ils ont beaucoup d'ouverture. Par contre, fournir des efforts en dehors des cours, c'est de plus en plus difficile.

Selon eux, le domaine des mathématiques véhicule l'idée que les mathématiques sont difficiles, ce qui peut jouer sur la motivation des élèves :

- Comme n'importe quelle matière, pas tous. Mais il me semble que les élèves arrivent déjà avec l'idée préconçue que les maths, c'est difficile.

- Pas toujours. Parfois, ils ont eu beaucoup de difficulté et dans leur tête, ils associent que les mathématiques, c'est compliqué.

- Oui, parce que c'est nécessaire pour le diplôme. Satisfaction de réussir dans un domaine qui a la réputation d'être ardu.

Les motivations des élèves perçues par les enseignants rencontrés sont peu reliées aux concepts enseignés. Le fait que les mathématiques doivent être comprises par les élèves, que leur importance doit être explicite et que leur enseignement doit être porteur de sens montre que les concepts et processus présentés se doivent d'être significatifs pour les élèves. Il semblerait que ces concepts et processus mathématiques soient inaccessibles aux élèves en très grande difficulté d'apprentissage, car ils accusent des retards en mathématiques, ils sont peu motivés et ne souhaitent pas fournir d'efforts supplémentaires. Toutefois, ce ne sont pas seulement les élèves en difficulté d'apprentissage qui ne sont pas motivés. Il semblerait que les enseignants font face à une majorité d'élèves peu ou pas motivés :

- Seulement une minorité, ceux qui ont de "l'intérêt" pour cette matière, sont réellement motivés à apprendre. Certes, l'enseignant peut rendre l'apprentissage plus facile, mais si d'emblée l'élève est "fermé" ou vit des échecs depuis plusieurs années (clin d'œil à la réforme qui "monte" les élèves de niveau même s'ils n'ont pas réussi. J'ai quelques élèves qui n'ont pas réussi leurs mathématiques depuis la 5e année primaire, mais comme ils ont réussi dans les autres matières, ils passent au niveau supérieur. Rendue en 3e secondaire, la réussite des cours n'est plus "par cycle", mais bien "par matière".) Il peut être moins motivant de "suivre le cours".

Nous avons posé des questions sur les représentations des enseignants envers les concepts mathématiques du programme dans les groupes de discussion ainsi qu'au questionnaire en ligne. Ce que nous avons noté, c'est que les participants étaient moins articulés dans les groupes de discussion par rapport aux questionnaires. Dans les groupes, les participants ne pouvaient pas déterminer les concepts qu'ils trouvaient plus ou moins pertinents immédiatement. Nous croyons qu'ils étaient surpris par la question et avaient besoin de temps pour réfléchir sur le développement de chaque concept au secondaire. Dans le questionnaire en ligne, par contre, les participants étaient capables d'ouvrir les documents du programme pour répondre à nos questions. Les résultats sont montrés selon deux thèmes liés aux domaines mathématiques du secondaire : les intérêts des enseignants et leurs perceptions du programme.

4.4.5 Les domaines les plus intéressants à enseigner et ceux qui posent défi

Selon les enseignants rencontrés, les trois domaines les plus attirants pour les élèves sont la géométrie, l'arithmétique et les mathématiques financières. Un total de quarante-trois enseignants a justifié ces choix en mentionnant la nature concrète ou authentique de ces domaines. Pour eux, il s'agit des mathématiques plus semblables à la vie réelle et les élèves peuvent voir l'application de ce qu'ils apprennent immédiatement. Pour certaines enseignantes, il s'agit d'être plus visuel avec les représentations en mathématiques.

Selon quinze participants, par contre, le programme et la structure des mathématiques présentés sont corrects. Ses enseignants aiment beaucoup le contenu et ils pensent qu'il n'y a aucune chose à changer. Ce résultat est aligné avec leur épistémologie des mathématiques discutée précédemment. Pour sept autres enseignants, il n'y a pas de domaine mathématique plus attirant. Leurs justifications nous montrent que les mathématiques dépendent d'autres facteurs aussi : pour eux, l'intérêt des élèves dépend de l'approche de l'enseignant, de la nouveauté du contenu (les élèves sont plus attirés aux nouveaux contenus), et aussi de la facilité qu'ils ont (si l'élève comprend le concept, il l'aime). Il nous semble que ces réponses ne contredisent pas la première catégorie de réponse. En fait, ces réponses nous donnent une perception plus nuancée de l'intérêt des élèves : comme les trois domaines mathématiques mentionnés sont plus concrets et visuels, c'est plus facile pour les enseignants de trouver des approches pédagogiques pertinentes. En effet, les domaines deviennent plus compréhensibles, ce qui rend les élèves plus attirés envers ce contenu mathématique.

En ce qui concerne les défis à enseigner, nos participants ont mentionné l'algèbre, les statistiques et la géométrie analytique qui sont considérées comme les trois domaines les plus difficiles. Ce résultat n'est pas surprenant si on considère le raisonnement présenté par les enseignants dans la question précédente. En plus, les enseignants ont indiqué d'autres facteurs qui leur posent des défis à l'enseignement. Trente-et-un participants ont mentionné l'inconsistance du programme. Pour eux, il y a une distribution inégale entre les concepts mathématiques enseignés dans chaque année du secondaire. Par exemple, le programme du secondaire 1 leur semble très facile (juste une révision du primaire), tandis que le secondaire 2 est trop chargé. En plus, le domaine de la probabilité leur semble inconsistant : plusieurs notions qui sont abordées en secondaire 2 et ne sont plus abordées dans les autres années du secondaire. Pour ces participants, la transition entre les deux cycles du secondaire leur pose un grand défi à cause de la formalisation et l'abstraction mathématiques qui émergent. Finalement, ces enseignants trouvent que le programme de la séquence CST n'a pas assez de concepts et processus mathématiques à enseigner, tandis que les deux autres séquences sont correctes pour eux.

De façon générale, les enseignants pensent que le programme de mathématiques du secondaire est trop dense, avec des concepts peu ou pas pertinents pour les élèves. S'ils pouvaient enseigner moins de concepts, il serait possible de les enseigner mieux et de rendre les élèves plus intéressés par les mathématiques. Parmi nos participants, neuf enseignants voient le programme trop abstrait et formel. Un participant a suggéré quand même d'avoir un cours final de mathématiques où les élèves apprendraient seulement les concepts qui sont pertinents pour la vie courante, ce qui nous semble très proche du cours CST.

Tableau 7. L'enseignement et apprentissage des concepts mathématiques

	À votre avis, quels domaines mathématiques sont les plus intéressants pour les élèves ? Sélectionnez tout ce qui s'y rapporte	À votre avis, quels domaines mathématiques sont les plus difficiles à enseigner ? Sélectionnez tout ce qui s'y rapporte.
Algèbre	22	51
Géométrie analytique	16	21
Arithmétique	37	7
Maths financières	33	2
Géométrie	48	9
Graphes	3	12
Matrices	0	19
Probabilités	15	31
Programmation linéaire	7	15
Théorie du choix social	9	6
Statistiques	19	10

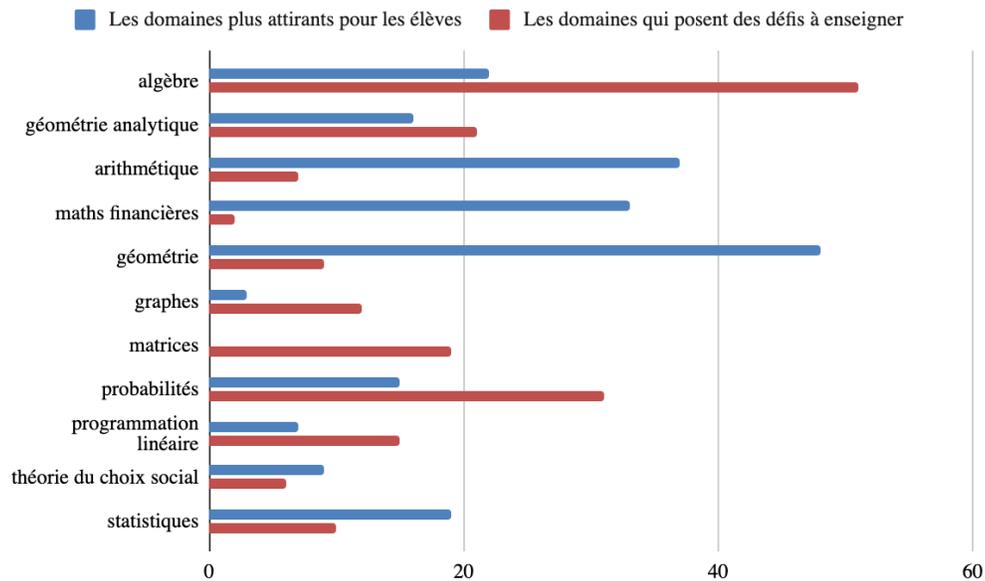


Figure 5. Les domaines mathématiques attirants pour les élèves et qui posent défis à enseigner

4.4.6 L'importance accordée aux domaines mathématiques du programme

Dans le questionnaire en ligne, les enseignants ont réfléchi sur l'importance accordée à chaque domaine mathématique dans le programme de formation. Pour chaque domaine, ils devaient répondre à la question en utilisant une échelle numérique où 1 correspond à une importance insuffisante, et 5 correspond que le domaine était trop représenté.

Le tableau 8 présente les données des enseignants selon la moyenne de chaque domaine. La figure 6 présente graphiquement ces données.

Tableau 8. L'importance accordée aux concepts mathématiques

Que pensez-vous de l'importance accordée à chaque domaine de mathématiques dans le curriculum québécois? 1 - insuffisant 5 - trop		
Domaine	Moyenne	Écart-type
Mathématiques financières	2.162	0.89
Programmation	2.721	0.90
Algèbre	2.794	0.84
Arithmétique	2.838	1.00
Matrices	2.853	1.07
Théories du choix social	2.912	1.05
Probabilités	2.971	1.11
Graphes	2.985	0.97
Statistiques	3.044	0.94
Géométrie	3.059	0.79
Géométrie analytique	3.059	0.73

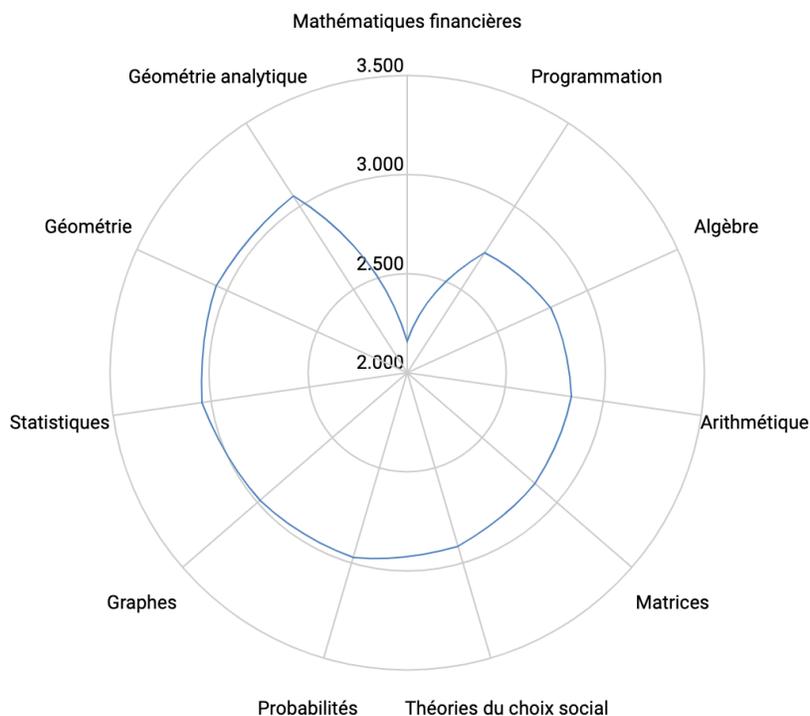


Figure 6. L'importance accordée aux concepts mathématiques

De façon générale, il nous semble que les enseignants ne trouvent pas les domaines mathématiques problématiques. Tous les domaines ont eu une moyenne entre 2,7 et 3,1 ce qui montre que les enseignants ne pensent pas qu'il y a un domaine en trop. Ce résultat est aligné avec les commentaires dans les groupes de discussions où les enseignants montraient une épistémologie positive des mathématiques. Comme ils aiment la discipline, c'est difficile pour eux de trouver quelque contenu en trop.

Le seul domaine avec une moyenne plus bas que 2.7 était les mathématiques financières. En fait, le graphique montre la disparité entre ce domaine et les autres. Ce résultat n'est pas surprenant si on considère que les mathématiques financières sont enseignées seulement aux élèves de la séquence CST. Sa pertinence et la motivation des élèves envers ce sujet sont deux raisons citées par les enseignants pour défendre l'inclusion des mathématiques financières à tous les élèves.

Dans les groupes de discussions, nous avons demandé aux participants de discuter quels sujets ou concepts devrait être ajoutés, étendus ou enlevés du programme mathématique. Parmi les concepts à ajouter, la programmation était la plus citée. Un total de douze enseignants pense que l'inclusion de la technologie au programme serait pertinente pour rendre la discipline plus attrayante aux élèves. Deux motifs justifient cette inclusion : 1) les technologies prennent en charge les calculs, ce qui dégage

l'attention des élèves envers le raisonnement mathématique et ; 2) la programmation est très présente dans la vie courante, et les élèves sont curieux d'en apprendre plus. Il est important de dire que les participants n'ont pas fait mention de la programmation comme à l'université où des milieux professionnels. Ils ont donné des exemples de technologies comme les tableurs (e.g. Excel) ou d'autres logiciels pour comprendre les fondements théoriques. Pour eux, ça peut être fait en utilisant un langage spécifique (comme Python), mais pas nécessairement.

Parmi les concepts à étendre, les mathématiques financières étaient les plus citées. Treize enseignants ont dit que des concepts financiers devraient être ajoutés à toutes les années du secondaire, pas seulement à la dernière année. Les participants ont mentionné des concepts comme le budget, les impôts, les taxes, les REEEs, et l'économie (inflation, marché, etc.). Parmi les réponses, on note aussi qu'il n'y avait aucune résistance à l'incorporation des mathématiques financières au programme. En plus, c'était surprenant pour nous de voir que ce sujet semble avoir un plus grand soutien des enseignants par rapport, par exemple, aux statistiques.

Les participants n'ont pas eu un consensus sur quoi enlever du programme. Ils ont donné plusieurs exemples de concepts à enlever : probabilités conditionnelles, les concepts de probabilité du secondaire 2, les mathématiques discrètes (matrices, graphes), la programmation linéaire, les ensembles de nombres, les notations scientifiques, les algorithmes de calcul, ou même l'algèbre des premières années du secondaire. Par contre, tous les exemples n'ont été mentionnés que par un ou deux participants. Ça nous montre que, apparemment, les enseignants de mathématiques du secondaire sont d'accord avec la révision du programme (pour ajouter des concepts pertinents à la vie), mais ils ne sont pas certains sur comment ajuster les besoins de chaque domaine mathématique.

5. Sommaire des données

5.1 Sommaire des données des programmes et des manuels

- 1) Au Québec, l'algèbre prend beaucoup d'espace dans le programme de mathématiques. Même dans d'autres domaines mathématiques comme la géométrie et les maths financières, l'attention est mise sur l'aspect algébrique du contenu. Par exemple, la géométrie est principalement enseignée par la construction des équations et des formules, c'est-à-dire par la trigonométrie.
- 2) Les nouveaux programmes internationaux incorporent davantage de programmation informatique. L'utilisation de tableurs et des langages comme Python sont des concepts et processus à enseigner explicitement aux élèves.
- 3) Les nouveaux programmes vont plus loin en ce qui a trait aux probabilités et aux statistiques. L'accès est mis sur l'algorithme de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage machine, liant ainsi les stochastiques à la programmation informatique.
- 4) L'incorporation des notions d'éducation financière dans les programmes plus récents nous montre que les mathématiques sont plus concentrées sur les contextes où cette connaissance émerge dans la vie réelle. Il nous semble que, dans les nouveaux programmes, ce n'est plus suffisant de présenter les concepts financiers abstraits (comme l'intérêt).
- 5) L'analyse des manuels de mathématiques du Québec a montré que les métiers STIM sont représentés majoritairement dans les domaines de l'arithmétique, l'algèbre et la géométrie. Les autres domaines, comme la statistique et la probabilité, ne sont pas reliés à ces métiers, ce qui peut donner aux élèves une idée erronée de leur pertinence aux carrières STIM.

5.2 Sommaire des données des professionnels STIM

- 1) L'identification des concepts mathématiques employés dans le cadre de leur travail a posé difficulté à la majorité des professionnels STIM interrogés.
- 2) Certains de ces professionnels ne reconnaissaient pas les statistiques comme faisant partie du domaine mathématique.
- 3) Plusieurs professionnels STIM ont mentionné que l'algèbre et la géométrie enseignées au secondaire ne se sont pas révélées très utiles dans le cadre de leur travail.
- 4) L'importance accordée aux calculs à l'école secondaire s'est révélée différente dans le cadre de leur travail. L'utilisation d'outils technologiques facilite les calculs et leur permet de mobiliser leurs compétences et habiletés mathématiques.

- 5) Les mathématiques financières font partie des mathématiques utilisées dans plusieurs emplois STIM. Même si ces personnes ont étudié des mathématiques poussées, elles éprouvent tout de même certaines difficultés à apprendre les mathématiques financières.

5.3 Sommaire des données des enseignants de mathématiques du secondaire

- 1) Il existe différents chemins qui mènent à devenir enseignant de mathématiques : ceux qui voulaient étudier les mathématiques, et ceux qui voulaient devenir enseignants au départ.
- 2) L'appréciation des mathématiques prend de multiples formes : ceux qui aiment la discipline et sa rigueur, et ceux qui aiment la pertinence sociale de cette connaissance pour comprendre le monde.
- 3) Il existe une dichotomie entre les mathématiques en tant que discipline et les mathématiques en tant que programme d'études : les enseignants semblent aimer le contenu disciplinaire, mais ils ont des problèmes avec la structure du programme présentée.
- 4) La formation initiale des enseignants à l'université a eu une pertinence limitée pour leur enseignement : les cours de mathématiques pures ne sont particulièrement pas pertinents à leurs pratiques d'enseignement.
- 5) La dichotomie déterministe/stochastique est très préoccupante dans la préparation de la prochaine génération de professeurs de mathématiques : les enseignants ne sont pas à l'aise avec l'enseignement des mathématiques d'une approche stochastique.
- 6) Les domaines mathématiques directement liés aux contextes de la vie quotidienne sont plus faciles à enseigner et plus motivants pour les élèves. C'est-à-dire l'arithmétique, la géométrie et les mathématiques financières.
- 7) Les principaux obstacles du programme de mathématiques du secondaire sont liés à ses incohérences envers les concepts mathématiques autour des années du secondaire.
- 8) Les enseignants valorisent la profondeur des concepts par rapport à la largeur du programme. Ils préféreraient dépenser plus du temps en explorant moins de concepts.
- 9) L'introduction des concepts de programmation (codage) et l'augmentation des concepts de mathématiques financières sont deux des principales priorités des enseignants.
- 10) Malgré un consensus général sur le fait que le programme doit changer, les enseignants ne s'entendent pas sur ce qui devrait être éliminé/réduit.

6. Discussion des résultats

6.1 Enseignants-Programme

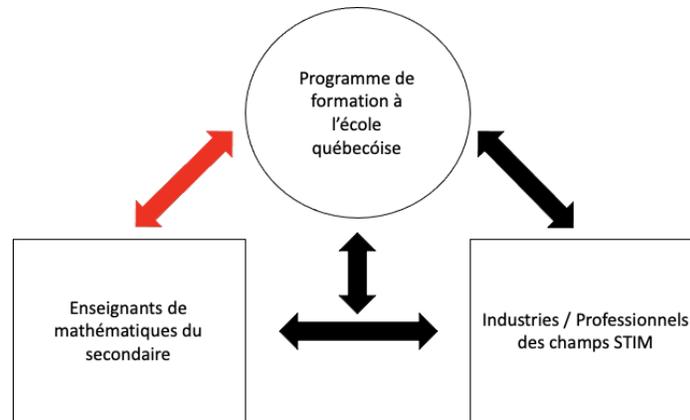


Figure 7. Alignement entre le programme et les enseignants de mathématiques du secondaire

Il semble y avoir un certain alignement entre les représentations des enseignants de mathématiques du secondaire et les concepts et les processus du Programme de formation de l'école québécoise, volet mathématique. La plupart des enseignants rencontrés disent apprécier les mathématiques formelles, c'est-à-dire les représentations traditionnelles de la discipline universitaire, particulièrement les plus anciens domaines mathématiques (l'algèbre, la géométrie et l'arithmétique). Ce résultat est aligné avec la structure du programme où ces trois domaines prennent beaucoup plus d'espace par rapport aux autres domaines dans les cinq années du secondaire. Par conséquent, les représentations des enseignants semblent être renforcées par celles du programme québécois. Par exemple, le fait que les statistiques ne soient pas enseignées dans les séquences "fortes", renforce leur conception que ce domaine ne fait pas vraiment partie des mathématiques.

Toutefois, nous rencontrons trois tensions entre les enseignants et le programme de formation. La première tension concerne la place de la programmation dans le programme. Comme nous l'avons vu dans les programmes internationaux plus récents, la programmation informatique commence à être intégrée dans les mathématiques, et les enseignants québécois sont à l'aise avec cette intégration. Le programme du Québec, par contre, ne propose pas de programmation.

La deuxième tension émerge parmi l'inconsistance entre les séquences mathématiques du deuxième cycle et les représentations des enseignants. Le programme a conceptualisé chaque séquence mathématique (SN, TS, CST) en tenant compte des différents parcours académiques des élèves et de leurs intérêts et du besoin des mathématiques pour chaque parcours. Les enseignants, par contre, semblent considérer les séquences comme des niveaux d'exigence et de rigueur mathématique, regardant la séquence CST comme la

plus "faible". Dans notre expérience, cette représentation est aussi partagée par les membres des communautés scolaires (élèves, parents, leaders, etc.), donc cette tension n'est pas particulière des enseignants, mais elle impacte les perceptions des élèves envers les mathématiques et, par conséquent, leurs choix de carrière (STIM ou non).

La troisième tension concerne la numératie représentée dans le programme québécois. Les mathématiques financières, la théorie du choix social, les recherches statistiques sont des pratiques mathématiques ancrées dans la vie réelle. Ces domaines sont présents dans le programme. Par contre, les enseignants ne semblent pas valoriser ces domaines malgré le fait qu'ils reconnaissent que les mathématiques financières et que les contextes de vie réelle motivent beaucoup les élèves. Ils semblent ignorer les pratiques de numératie et leur importance pour la citoyenneté des élèves, ce qui montre encore une fois les épistémologies de mathématiques formelles.

6.2 Enseignants-Professionnels

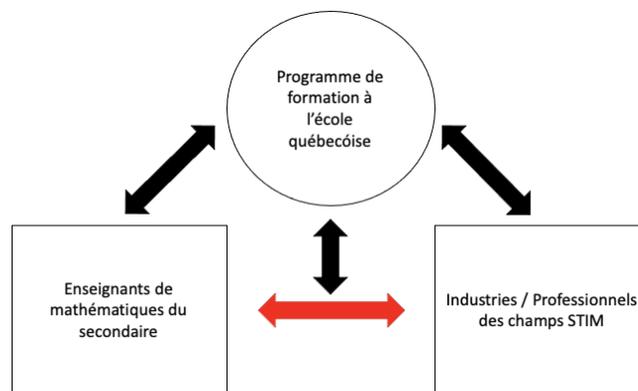


Figure 8. Alignement les enseignants de mathématiques du secondaire et les travailleurs STIM

Les représentations des mathématiques comme discipline formelle qu'ont plusieurs enseignants des mathématiques sont désalignées avec les mathématiques utilisées par les travailleurs STIM. D'un côté, les enseignants valorisent les mathématiques comme un ensemble de concepts abstraits. Les travailleurs STIM, par contre, nous montrent que leurs pratiques professionnelles sont d'abord des pratiques de numératie : ils produisent, utilisent et communiquent des informations mathématiques dans leur quotidien de façon implicite. Le désalignement est plus notable avec l'exemple des statistiques : les enseignants ne les considèrent même pas comme mathématiques, tandis que les travailleurs STIM nous ont dit que c'est le domaine le plus pertinent pour leur travail. Il est permis de se questionner, pourtant, comment soutenir les enseignants à changer

leurs représentations pour amener les élèves à comprendre de façon authentique les mathématiques du monde STIM.

6.3 Programmes-Professionnels

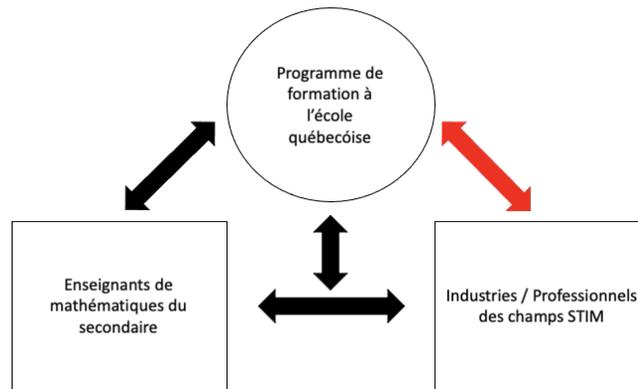


Figure 9. Alignement entre le programme et les travailleurs STIM

Les représentations des travailleurs STIM quant aux mathématiques du secondaire montrent un profond désalignement. Ils disent utiliser beaucoup les statistiques et les avoir peu apprises à l'école secondaire. Les mathématiques formelles apprises leur semblent peu utiles, car ils ont des technologies pour effectuer des calculs. Il semblerait donc que le fait d'axer l'apprentissage des mathématiques sur la maîtrise de calculs lors d'application de formules ne soit pas ce qui se révèle le plus utile pour travailler dans des métiers STIM. En fait, ce serait des pratiques de numératie combinées à des pratiques de mathématiques formelles qui se révéleraient le plus pertinent pour les travailleurs STIM. Il est dommage qu'ils ne puissent pas reconnaître le plein apport des mathématiques formelles dans leur formation, car il nous semble fondamental.

6.4 Enseignants-Professionnels-Programme

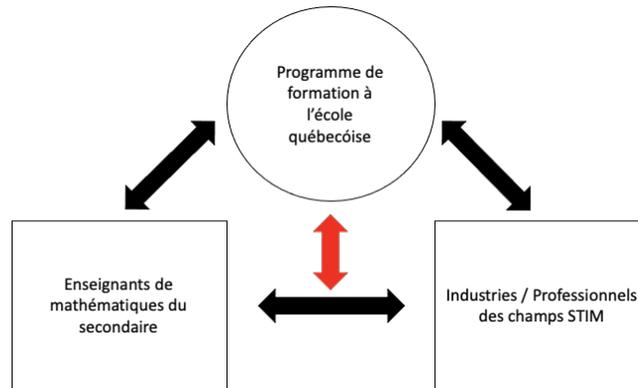


Figure 10. Alignement entre le programme et l'alignement entre les enseignants de mathématiques du secondaire et les travailleurs STIM

Nos résultats de recherche montrent que la représentation des mathématiques comme discipline formelle qu'ont plusieurs enseignants des mathématiques est alignée avec la dominance des domaines mathématiques algèbre et géométrie du programme de formation. Toutefois, il y a un sévère désalignement avec les mathématiques utilisées par les travailleurs STIM, ceux-ci utilisent davantage les statistiques que l'algèbre.

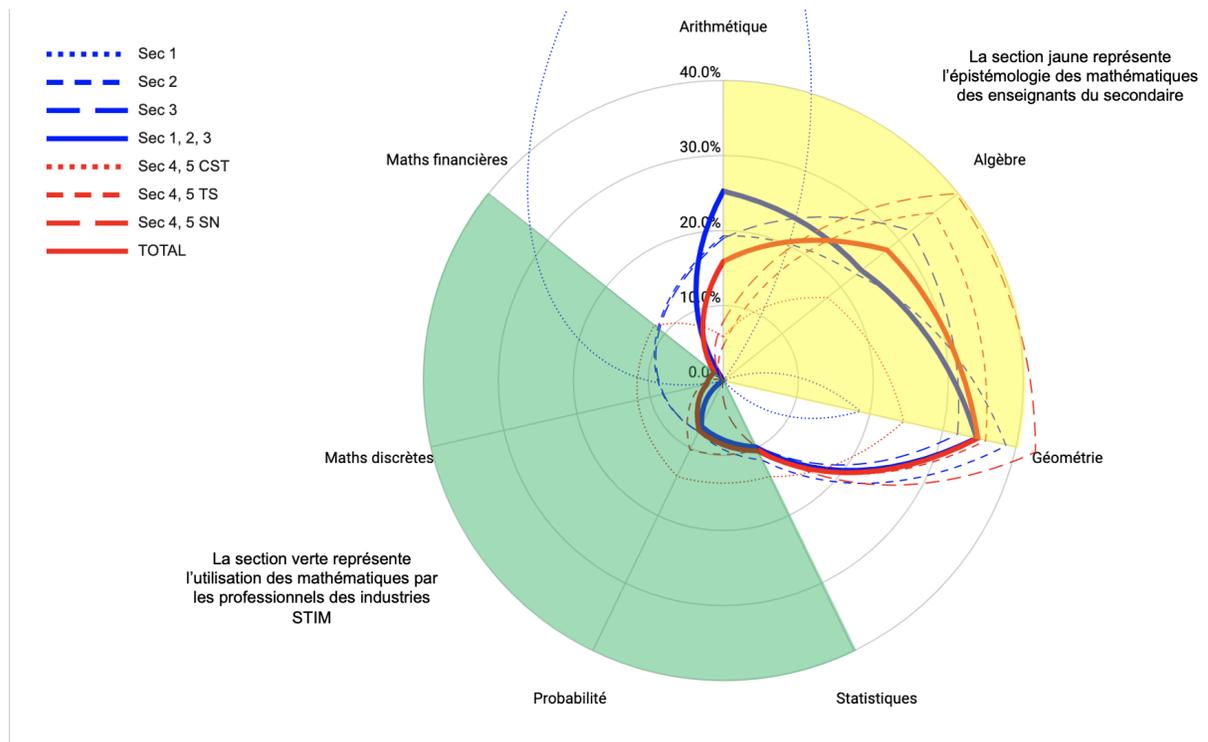


Figure 10. Alignement entre le programme, les enseignants de mathématiques du secondaire et les travailleurs STIM

6.5. Recommandations

- 1) Il conviendrait de proposer un meilleur arrimage des mathématiques du secondaire aux réalités des emplois STIM. Afin de susciter le désir d'occuper un métier STIM, il conviendrait de proposer des mathématiques qui répondent à des besoins importants.
- 2) Il conviendrait que le Ministère de l'Éducation du Québec investigue du côté des mathématiques nécessaires au monde du travail, plus spécifiquement auprès des travailleurs STIM. Ces données devraient être connues par les enseignants afin de tisser des liens avec ces emplois et susciter des vocations chez les élèves.
- 3) Il conviendrait de positionner les mathématiques comme des raisonnements accessibles plutôt que seulement des formules à appliquer.
- 4) Il conviendrait de revoir la conceptualisation des domaines mathématiques dans le programme de formation. Il serait pertinent de s'interroger sur la vision des mathématiques qui doivent être enseignées. Veut-on que les élèves soient en mesure d'apprendre le calcul différentiel et intégral, ou bien veut-on qu'ils apprennent des modèles stochastiques plus sophistiqués ? Ainsi, il conviendrait de revoir le rôle de l'algèbre, des probabilités et des statistiques.
- 5) Il conviendrait que des technologies soient expressément nommées comme objets d'enseignement tels le tableur, la calculatrice scientifique, des logiciels de géométries dynamiques, des simulateurs de phénomènes aléatoires.
- 6) Il conviendrait d'inclure la programmation informatique comme objet d'enseignement et outil d'apprentissage.
- 7) Dans les manuels de mathématiques, il conviendrait de montrer la pertinence des probabilités et des statistiques dans les métiers STIM.
- 8) Si possible, il conviendrait de revoir le rôle des cours de mathématiques pures dans la formation des enseignants en formation initiale. On devrait mettre davantage l'accent sur l'accessibilité des mathématiques au lieu de demander aux étudiants en éducation de maîtriser les mathématiques universitaires.
- 9) Bien qu'il soit possible de devenir enseignant de mathématiques par une maîtrise qualifiante, il conviendrait d'avoir des cheminements alternatifs pour ceux qui ont développé l'amour des mathématiques plus tard. Dans toutes les options existantes, les crédits en mathématiques purs leur posent un obstacle significatif.

10) Les programmes de développement professionnel devraient mettre l'accent sur les épistémologies stochastiques des mathématiques, y compris le renforcement de la confiance des enseignants dans les statistiques.

7. Conclusion

Cette étude portant sur les concepts et processus enseignés à l'école secondaire au Québec a montré que les concepts et processus mathématiques enseignés à l'école secondaire n'occupent pas nécessairement le même espace dans le cadre de certains métiers STIM. Cette étude a également montré que les enseignants de mathématiques de l'école secondaire considèrent davantage les mathématiques comme discipline formelle plutôt qu'une pratique de numératie. Le fait que la programmation informatique soit absente du Programme de formation du Québec ainsi que le recours à des tableurs et des simulateurs montre une vision plus figée des mathématiques. Le recours à des pratiques mathématiques de vie réelle, incluant la vie professionnelle STIM, implique aussi l'usage de technologies pour dégager les processus de raisonnement.

Bien que le nombre de participants puisse paraître peu élevé, il est assez représentatif puisque nous avons effectué notre collecte de données lors de la rencontre annuelle de l'association professionnelle des enseignants de mathématiques. Nous y avons rencontré des enseignants provenant de différentes régions administratives du Québec, provenant de milieux ruraux et urbains, et enseignant dans des écoles publiques ou privées. Les enseignants étaient heureux de se prononcer sur le Programme qu'ils enseignent, mais peu concernés par les métiers STIM. Il y a là matière à réflexion. Quelles mathématiques voulons-nous que les jeunes apprennent à l'école primaire et secondaire et pour quelles raisons? Est-ce que des pratiques de numératie enseignées à ces deux niveaux d'enseignement susciteraient un engouement pour les mathématiques? Est-ce que les mathématiques formelles enseignées au cégep et à l'université pourraient être plus accessibles à un plus grand nombre de jeunes qui ont le potentiel et la motivation nécessaire? Une consultation avec les acteurs concernés et les gens de la communauté est souhaitable.

Références

- Bednarz, N., & Proulx, J. (2009). Knowing and using mathematics in teaching: Conceptual and epistemological clarifications. *For the Learning of Mathematics*, 29(3), 11-17.
- Brousseau, G., 1998. *Théorie des situations didactiques*, Grenoble: La Pensée Sauvage.
- Brun, J., & Conne, F. (1990). Analyses didactiques de protocoles d'observation du déroulement de situations. *Éducation et Recherches* (3), 261-285.
- Conseil des Ministres de l'Éducation du Canada (2021). *Tendances concernant les personnes diplômées des domaines STGM et SACHES dans les établissements postsecondaires publics de l'ensemble des provinces et des territoires du Canada 2010-2018*. Rapport disponible au : https://www.cmec.ca/39/Recherche_et_publications.html
- DeBlois, L. (2006). Influence des interprétations des productions des élèves sur les stratégies d'intervention en classe de mathématiques. *Educational Studies in Mathematics*, 62(3), 307-309.
- Kamanzi, P. C., Barroso Da Costa, C & Ndinga, P. (2017). Désengagement professionnel des enseignants canadiens : de la vocation à la désillusion. Une analyse à partir d'une modélisation par équations structurelles. *McGill Journal of Education*, 52 (1), 115-134,
- Létourneau, E. (2014). *Démographie et insertion professionnelle : une étude sur le personnel enseignant des commissions scolaires du Québec*. Repéré à http://www.ciqss.umontreal.ca/Docs/Colloques/2014_ACFAS/Esther%20L%C3%A9tourneau.pdf
- OECD. (2012), *Literacy, Numeracy and Problem Solving in Technology-Rich Environments: Framework for the OECD Survey of Adult Skills*, OECD Publishing.
- Maas, K., Geiger, V., Ariza, M., Goos, M. (2019). The role of mathematics in interdisciplinary STEM education. *ZDM*, 51, 869-884.
- Martín-Páez T, Aguilera D, Perales-Palacios FJ, Vílchez-González JM. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*.103: 799–822. <https://doi.org/10.1002/sce.21522>
- Piaget, J. (1967). *La psychologie de l'intelligence*. Paris, France : Colin.
- Savard, A. (2008). *Le développement d'une pensée critique envers les jeux de hasard et d'argent par l'enseignement des probabilités à l'école primaire : Vers une prise de décision*. Thèse inédite. Université Laval, Québec.
- Savard, A. (2017). Implementing Inquiry-Based Learning Situation in Science and Technology: What Are Elementary School Teachers' Learning Intentions about Mathematics? *Philosophy of Mathematics Education Journal*, (32) Special Issue: *Mathematics Education and the Environment*.
- Street, B. (2001). *Literacy and Development: Ethnographic Perspectives*. London: Routledge.
- Teddlie, C. & Tashakkori, A. (2009). *Foundations of mixed methods research*. Los Angeles, CA: Sage.
- Vasquez, J. A. (2014/15). STEM: Beyond the acronym. *Educational Leadership*, Dec./Jan.,10-16.

Annexe

1. Protocole d'entrevue avec les travailleurs STIM

Information à collecter auprès de la compagnie avant l'entrevue

- *Nom de l'entreprise*
- *Champ professionnel*
- *Taille de l'entreprise*
- *Endroit où est situé le siège social de l'entreprise*

Information to collect about the company prior to the interview:

- *Name of the company*
- *Field of work*
- *Size of the company*
- *Place of the headquarter of the company*

Section 1 – Questions démographiques

1. Pourriez-vous me dire quel est le poste que vous occupez ?

Can you tell me what position you hold in the company?

2. Quelles sont vos principales fonctions ?

What are your main duties?

3. Depuis combien d'années travaillez-vous dans votre champ professionnel ? Dans cette entreprise ? Dans votre poste actuel ?

For how many years have you been working in your professional field? In this company? In your current position?

4. Quelle est votre formation universitaire et collégiale ?

What is your postsecondary education?

5. Quels sont les cours spécifiques de mathématiques que vous avez suivis dans le cadre de votre formation universitaire et collégiale ? Avez-vous suivi des cours de mathématiques (ou relié aux mathématiques) dans le cadre d'un développement professionnel ?

Which specific mathematics courses have you taken during your postsecondary education? Did you take any mathematics-related courses while doing professional development?

Section 2 – Trois thèmes principaux

1. Nature du travail

1. Vous m'avez dit vos principales fonctions. Pourriez-vous m'expliquer plus en détail ce que vous faites dans le cadre de ces fonctions ?

You told me about your main duties. Could you explain in more details what you do in your everyday work?

2. Pourquoi avez-vous choisi ce champ professionnel ? Quel a été l'élément déclencheur ?

Why did you choose this professional field?

Prompt (if they changed paths, or went into management) :

Pourquoi avez-vous décidé de devenir?

Why did you choose to become ?

3. Quand avez-vous fait votre choix de carrière ? Quel a été l'élément déclencheur ?

When did you choose to pursue this career ? What was the triggering factor ?

4. Quelles sont les principaux défis auxquels vous faites face dans le cadre de cette carrière ?

What was the biggest challenges you had to face in this career?

2. Les mathématiques utilisées au travail

1. Combien pensez-vous que vous utilisez les mathématiques dans votre quotidien professionnel ?

How much mathematics do you use daily?

2. Utilisez-vous des logiciels pour traiter les mathématiques dans votre travail ? Avez-vous éprouvé des défis à utiliser certains logiciels ?

Do you use software to treat mathematics in your work? Have you ever experienced difficulties with some softwares?

Prompt : Qu'est-ce qui posait le plus de défi : l'apprentissage du logiciel, ou la compréhension

des mathématiques dernière ?

What was the most challenging? Learning to use the software or understanding the math behind it?

3. Est-ce qu'il y a des concepts mathématiques qui vous ont posé des défis dans votre travail ?

Are there math concepts that you struggled with in your work?

3. Quels sont les concepts mathématiques que vous utilisez le plus ?

What kind of mathematics do you use the most?

4. Voici différents domaines mathématiques que les élèves du secondaire apprennent à l'école (algèbre, géométrie, calculus, statistique, probabilité, mathématiques financières, etc.). Pouvez-vous dire si vous les utilisez dans le cadre de votre travail et comment vous les utilisez ?

Here are the different branches of mathematics students learn (**algebra, geometry, calculus, statistics, probability, financial math, etc.**). Could you comment if, and how, you use each of them your work?

3. L'apprentissage des mathématiques

1. Quelle est votre expérience comme apprenant des mathématiques durant votre scolarité du secondaire ?

What is your experience learning mathematics in secondary school?

2. Aimiez-vous les mathématiques au secondaire ? Pourquoi ou pourquoi pas ?

Did you enjoy math in secondary school? Why or why not?

3. Quelle est la plus grande différence que vous voyez entre les mathématiques apprises au secondaire et les mathématiques que vous utilisez dans le cadre de votre travail ?

What is the biggest difference you notice between the math you learned in school and the math you currently use?

4. Est-ce qu'il y a de concepts mathématiques que vous aurez aimé d'apprendre à l'école ?

Are there math concepts you wish you had learnt in school?

2. Questionnaire des enseignants

Section 1 - informations actuelles

1. Quel niveau/séquence enseignez-vous ? Cochez toutes les réponses qui s'appliquent à vous.

1re secondaire, 2e secondaire, 3e secondaire, 4e secondaire, volet CST, 4e secondaire, volet TS, 4e secondaire, volet SN, 5e secondaire, volet CST, 5e secondaire, volet TS, 5e secondaire, volet SN

2. Enseignez-vous dans un programme spécial ? Cochez toutes les réponses qui s'appliquent à vous.

Programme régulier

Baccalauréat international

Programme spécialisé (expliquez, SVP)

Autre : _____

3. Dans quelle région administrative du Québec enseignez-vous ?

Abitibi-Témiscamingue

Bas-Saint-Laurent

Capitale-Nationale

Centre-du-Québec

Chaudière-Appalaches

Côte-Nord

Estrie

Gaspésie-Îles-de-la-Madeleine

Lanaudière

Laurentides

Laval

Mauricie

Montérégie

Montréal

Nord-du-Québec

Outaouais

Saguenay-Lac-Saint-Jean

Autre (incluant d'autres provinces) : _____

4. Dans quelle commission scolaire enseignez-vous ?

5. Selon vous, quel est le niveau socioéconomique dans lequel vit la majorité de vos élèves ?

- Très défavorisé
- Moyennement défavorisé
- Mixte
- Favorisé
- Très favorisé

Section 2 - Expérience professionnelle

1. Dans quel type d'école secondaire avez-vous étudié lorsque vous étiez adolescent. e ? Cochez toutes les réponses qui s'appliquent à vous.

École secondaire publique

École privée

Pensionnat religieux privé

École Internationale

École à l'extérieur du Québec (incluant l'étranger) : _____

Autre: _____

2. Quel programme de collégial avez-vous suivi ? Cochez toutes les réponses qui s'appliquent à vous.

Sciences humaines

Sciences humaines avec mathématiques

Sciences naturelles

Autre programme préuniversitaire : _____

Technique spécialisée: _____

Je n'ai pas suivi un programme de collégial

3. Quels programmes d'études universitaires avez-vous suivis ?

4. Quels cours de mathématiques avez-vous suivi à l'université ?

5. Quelle université a émis votre diplôme d'enseignement ?

6. Combien d'années d'expérience avez-vous comme enseignant. e de mathématiques ?

7. Avez-vous suivi des programmes ou des cours de développement professionnel sur l'enseignement des mathématiques ?

Coding ou robotique

TICs

Logiciels : _____

Éducation financière

Probabilité et Statistique

Autre : _____

Aucune

---Mathématiques

1. Qu'est-ce que vous aimez en ce qui concerne les mathématiques ?
2. Qu'est-ce que vous n'aimez pas en ce qui concerne les mathématiques ?
3. Comment définissez-vous les mathématiques ?
4. À quoi servent les mathématiques ?

Motivations

1. Pourquoi est-ce important d'enseigner les mathématiques au secondaire ?
2. Quand avez-vous décidé de devenir enseignant. e de mathématiques ?
3. Pourquoi vouliez-vous enseigner les mathématiques ?
4. Que diriez-vous à quelqu'un qui souhaite enseigner les mathématiques à l'école secondaire ?

Défis dans la pratique

1. Pensez-vous que les élèves sont motivés à apprendre les mathématiques ? Pourquoi ?

2. Selon vous, quels domaines mathématiques ou concepts et processus sont les plus attractifs pour les élèves ? Cochez toutes les réponses qui conviennent.

Algèbre

Algèbre - Programmation linéaire

Arithmétique

Géométrie

Géométrie analytique

Probabilité

Statistique

Mathématiques discrètes - Graphes

Mathématiques discrètes - Théorie du choix social

Mathématiques discrètes - Matrices

Mathématiques financières

Pourquoi ?

3. Selon vous, quels concepts ou domaines mathématiques posent le plus de défis lors de l'enseignement ? Cochez toutes les réponses qui conviennent.

Algèbre

Algèbre - Programmation linéaire

Arithmétique

Géométrie

Géométrie analytique

Probabilité

Statistique

Mathématiques discrètes - Graphes

Mathématiques discrètes - Théorie du choix social

Mathématiques discrètes - Matrices

Mathématiques financières

Pourquoi ?

Les mathématiques dans les programmes de formation et les perceptions des enseignants

1. Que pensez-vous du programme de formation de l'école québécoise, volet mathématique ?
2. Voici les domaines mathématiques qui sont actuellement enseignés dans les écoles secondaires du Québec. Que pensez-vous de leur pertinence et du temps alloué pour chacun d'entre eux ?

Les choix de réponse : 1 (insuffisant) - 2 - 3 (juste assez) - 4 - 5 (trop)

Algèbre

Algèbre - Programmation linéaire

Arithmétique

Géométrie

Géométrie analytique

Probabilité

Statistique

Mathématiques discrètes - Graphes

Mathématiques discrètes - Théorie du choix social

Mathématiques discrètes - Matrices

Mathématiques financières

4. Est-ce qu'il y a des concepts qui devraient être ajoutés ou modifiés dans le programme ? Lesquels et pourquoi ?