

ÉTAT DES LIEUX ET RECOMMANDATIONS STRATÉGIQUES POUR FAVORISER LE DÉVELOPPEMENT DES TALENTS EN MATHÉMATIQUES AU QUÉBEC

Rapport de synthèse des projets de
recherche de l'initiative
EN AVANT MATH!

NATHALIE DE MARCELLIS-WARIN

GENEVIEVE DUFOUR

MOLIVANN PANOT

LOUISE POIRIER

Avec la participation de Laïla Oubenaïssa



EN
AVANT!
MATH!

Décembre 2022

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 l'Innovation et de l'Énergie
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.

© Février 2023. Nathalie de Marcellis-Warin, Geneviève Dufour, Molivann Panot et Louise Poirier. 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 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 represent the positions of CIRANO or its partners.*

État des lieux et recommandations stratégiques pour favoriser le développement des talents en mathématiques au Québec

Rapport de synthèse des projets de recherche de l'initiative

EN AVANT MATH!

Nathalie de Marcellis-Warin^{*}, Geneviève Dufour[†], Molivann Panot[‡]
et Louise Poirier[§]

Avec la participation de Laïla Oubenaïssa

Résumé

Le CIRANO et le Centre de recherches mathématiques sont partenaires d'En avant math!, une initiative d'envergure nationale pour promouvoir les mathématiques et accroître la numératie. Depuis trois ans, plusieurs travaux ont permis d'identifier des pistes de solutions afin d'assurer le développement d'une main-d'œuvre hautement qualifiée en mathématiques appliquées et favoriser une meilleure adéquation entre les compétences des personnes et les besoins du marché du travail, particulièrement dans les secteurs des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques (STEM). Les auteurs présentent ici les principaux enseignements et recommandations qui se dégagent des travaux de la première phase d'En avant math!.

CIRANO and the Centre de recherches mathématiques are partners in En avant math!, a national initiative to promote mathematics and increase numeracy. Over the past three years, several studies have identified possible solutions to ensure the development of a highly qualified workforce in applied mathematics and to promote a better adequacy between the skills of individuals and the needs of the labour market, particularly in the science, technology, engineering and mathematics (STEM) sectors. The authors present here the key lessons and recommendations that emerged from the work of the first phase of En avant math!.

Mots-clés : Compétences éducation marché du travail STEM revenu mathématiques numératie/ Skills education labour market STEM income math numeracy

Pour citer ce document

De Marcellis-Warin N., Dufour G., Panot M. et Poirier L. (2023). État des lieux et recommandations stratégiques pour favoriser le développement des talents en mathématiques au Québec. Rapport de synthèse des projets de recherche de l'initiative: EN AVANT MATH!. (2023RP-04). <https://doi.org/10.54932/GQIH7311>

^{*} Professeure titulaire, Polytechnique Montréal, présidente-directrice générale, Fellow CIRANO

[†] Directrice des grands projets de collaboration et directrice de projets, CIRANO

[‡] Professionnel de recherche, CIRANO

[§] Professeure honoraire, Université de Montréal et Responsable Projet Numératie En avant Math!, CRM

Table des matières

CONTEXTE	3
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES	4
INTRODUCTION	5
1 CONCEPT DE NUMÉRATIE ET ÉTAT DE LA SITUATION DU QUÉBEC EN MATHÉMATIQUES	7
1.1 DÉFINITION DE LA NUMÉRATIE	7
1.2 PORTRAIT DU QUÉBEC POUR LE DOMAINE DES MATHÉMATIQUES	8
1.3 EXPÉRIENCES EN NUMÉRATIE DANS D'AUTRES JURIDICTIONS ET COMPARAISON AVEC LE QUÉBEC	11
1.4 PISTES DE RECOMMANDATIONS FORMULÉES SUITE À L'ÉTAT DE LA SITUATION DU QUÉBEC EN MATHÉMATIQUES	14
2 ÉDUCATION ET DÉVELOPPEMENT DES COMPÉTENCES EN MATHÉMATIQUES ET EN SCIENCES AU QUÉBEC, DU PRIMAIRE JUSQU'AU MARCHÉ DU TRAVAIL	15
2.1 AU NIVEAU DES ENSEIGNEMENTS PRIMAIRE ET SECONDAIRE	15
2.1.1 PROGRAMMES D'ÉTUDES, FORMATION INITIALE ET OUTILS POUR L'ENSEIGNEMENT AU PRIMAIRE	15
2.1.2 ALIGNEMENT ENTRE LES CONCEPTS MATHÉMATIQUES ENSEIGNÉS AU SECONDAIRE ET CEUX UTILISÉS DANS LES EMPLOIS STIM	17
2.1.3 PISTES DE RECOMMANDATIONS FORMULÉES AU NIVEAU DES ENSEIGNEMENTS PRIMAIRES ET SECONDAIRES	21
2.2 AU NIVEAU DES ENSEIGNEMENTS COLLÉGIAL ET UNIVERSITAIRE	22
2.2.1 DÉTERMINANTS DU CHOIX DU DOMAINE D'ÉTUDES UNIVERSITAIRES	22
2.2.2 RENDEMENT PRIVÉ ET SOCIAL DE L'ÉDUCATION UNIVERSITAIRE	24
2.2.3 PISTES DE RECOMMANDATIONS FORMULÉES AU NIVEAU DES ENSEIGNEMENTS COLLÉGIAL ET UNIVERSITAIRE	28
2.3 COMPÉTENCES SUR LE MARCHÉ DU TRAVAIL	29
2.3.1 COMPÉTENCES EN NUMÉRATIE ET RENDEMENTS SUR LE MARCHÉ DU TRAVAIL	29
2.3.2 DEMANDE DE COMPÉTENCES LIÉES AUX STIM	33
2.3.3 PISTES DE RECOMMANDATIONS FORMULÉES DANS LES RAPPORTS DE PROJET AU NIVEAU DU MARCHÉ DU TRAVAIL	36
3 PRINCIPAUX ÉLÉMENTS À METTRE EN PLACE POUR CONSTRUIRE UNE STRATÉGIE AFIN D'AVOIR UNE POPULATION AINSI QUE DES TRAVAILLEURS QUALIFIÉS EN MATHÉMATIQUES	38

4 CONCLUSION **39**

5 RÉFÉRENCES CITÉES DANS LES RAPPORTS DE PROJET *EN AVANT MATH!* **43**

Contexte

Dans un contexte de transformation du marché du travail, avec l'utilisation grandissante des nouvelles technologies, les compétences des individus en matière de littératie numérique sont de plus en plus importantes afin d'être en mesure de participer activement au développement de la société. De plus, dans la situation actuelle de pénurie de main-d'œuvre dans certains domaines d'activité, il est nécessaire d'identifier des pistes de solutions afin d'assurer une meilleure adéquation entre les compétences des travailleurs et les besoins du marché du travail, particulièrement dans les secteurs des STIM.

C'est pour servir ces objectifs qu'a été lancée en 2019 l'initiative conjointe *En avant math!* par le Centre de recherches mathématiques (CRM) et le Centre interuniversitaire de recherche en analyse des organisations (CIRANO) avec le soutien du ministère des Finances du Québec.

En avant math! vise à promouvoir les mathématiques et accroître la numératie en « établissant une stratégie visant à favoriser le développement d'une main-d'œuvre hautement qualifiée en mathématiques pour des domaines de pointe ».

Les projets initiés dans le cadre de cette première phase du partenariat visent à contribuer à l'élaboration de recommandations pour développer une main-d'œuvre compétente¹.

¹ <https://enavantmath.org/>

Liste des abréviations et acronymes

BCI	Bureau de la Coopération interuniversitaire
ELIA	Enquête longitudinale et internationale des adultes
IA	Intelligence artificielle
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
O*NET	Occupational Information Network
PEICA	Programme pour l'évaluation internationale des compétences des adultes
PISA	Programme for International Student Assessment
SACHES	Sciences de la santé, arts, administration et commerce, (sciences) humaines, éducation et sciences sociales
STGM	Science, technologie, génie et mathématiques
STIM	Science, technologie, ingénierie et mathématiques
TIMSS	Trend in International Mathematics and Science Study

Introduction

Ce rapport de synthèse vise à présenter l'essentiel des conclusions et recommandations formulées par l'équipe conjointe de chercheurs CIRANO-CRM dans neuf rapports de projets de recherche produits et publiés au cours de la période 2020-2022 dans le cadre de l'initiative *En avant math!*². Chacun de ces rapports traite d'une thématique particulière en lien avec l'enseignement ou le développement des compétences en mathématiques et domaines connexes des STIM.

Ce document est divisé en deux grandes parties. La première présente les rapports de projet qui proposent une vue d'ensemble de la situation sur la numératie au Québec et dans d'autres juridictions. La seconde présente les rapports de projet dont la thématique aborde des points plus spécifiques dans le parcours d'éducation ou de formation, à savoir 1) l'enseignement primaire et secondaire, 2) l'enseignement collégial et universitaire ou 3) les compétences en demande sur le marché du travail.

À la fin de chaque section, un tableau énumère les principales recommandations tirées des rapports, qu'elles concernent des thématiques de recherche ou des actions de politiques publiques. Nous soulignons le fait que l'objectif de la présente synthèse est de restituer les résultats et analyses des auteurs de ces rapports de projet tels qu'ils ont été présentés dans les publications originales.

² Les références sont présentées dans l'encadré de la page suivante.

LISTE DES RAPPORTS DE PROJETS *EN AVANT MATH!* CONSIDÉRÉS POUR CETTE SYNTHÈSE

Rapports de projet publiés par le CIRANO :

- Montmarquette, C. (2020). Les déterminants du choix du domaine d'études universitaires. Une revue de la littérature et identification de pistes d'interventions. CIRANO, 2020RP-11. <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2020RP-11>
- Montmarquette, C., Vaillancourt, F. & Milord, B. (2021). Le rendement privé et social de l'éducation universitaire au Québec en 2015. CIRANO, 2021RP-05. <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2021RP-05>
- Fonseca, R., Fontaine, M-M. & Haeck, C. (2021). Le lien entre les compétences en numératie et les rendements sur le marché du travail au Québec. CIRANO, 2021RP-11. <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2021RP-11>
- Deutsch-Heng, M., Dostie, B. & Dufour, G. (2022). Documenter l'évolution de la demande des compétences liées aux STIM. CIRANO, 2022RP-03. <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2022RP-03>
- Savard, A., Cavalcante, A. & 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. CIRANO, 2022RP-08. <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2022RP-08>

Rapports de projet publiés par le CRM:

- Oubenaïssa, L. & Poirier, L. (2022). Numératie-Définition (2022 À paraître)
- Poirier, L. (2022). Les enseignants, leur formation ainsi que les outils mis à leur disposition. CIRANO, 2022RP-01. <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2022RP-01>
- Oubenaïssa, L. & Poirier, L. (2021). Projet : Portrait du Québec pour le domaine des mathématiques. CIRANO, 2021RP-19. <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2021RP-19>
- Oubenaïssa, L. & Poirier, L. (2022). Expériences en numératie : Exploration des cas Royaume-Uni, Australie, France, Singapour, Ontario et Québec. (2022RP-09, CIRANO). <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2022RP-09>

1 Concept de numératie et état de la situation du Québec en mathématiques

1.1 Définition de la numératie³

Dans le rapport de projet CRM, Oubenaïssa & Poirier (2022) ont réalisé une revue de littérature qui vise à mieux cerner la notion de numératie et à en faire ressortir les principaux attributs. Il n'y a pas de consensus autour d'une définition de la numératie, c'est une notion complexe à aborder en grande partie à cause des différentes perspectives selon lesquelles elle est abordée.

Dans les documents publics des différentes institutions qui la prônent, la numératie est généralement définie en termes de connaissances et de savoirs qui se manifestent par des habiletés, des postures, des comportements, des actions, et des intentions. Ces connaissances mathématiques permettent à un individu de l'aider dans la résolution de problèmes dans sa vie personnelle, professionnelle et sociale. L'OCDE (2000) propose une définition de la numératie qui va dans ce sens : « La littératie mathématique est la capacité d'un individu à identifier et à comprendre le rôle que jouent les mathématiques dans le monde, à porter des jugements fondés et à s'engager dans les mathématiques d'une manière qui répond aux besoins de sa vie actuelle et future en tant que citoyen constructif, concerné et réfléchi » (p. 41) [traduction libre].

Un nouveau facteur va largement contribuer à l'intérêt et à la pertinence de la numératie : la nature des changements technologiques conjuguée à un monde inondé de nombres (Steen, 2001). Ainsi, de nouvelles formes de numératie émergent sur les lieux du travail, comme la littératie académique qui englobe des connaissances et compétences permettant à des travailleurs d'un domaine de discuter, échanger ou collaborer avec des travailleurs d'un autre domaine utilisant d'autres connaissances et compétences mathématiques.

³ Voir Oubenaïssa, L., & Poirier, L. (2022). Numératie - Définition (2022RP-24, CIRANO).
<https://doi.org/10.54932/THKV3158>

1.2 Portrait du Québec pour le domaine des mathématiques⁴

Le rapport de Oubenaïssa & Poirier (2021) dresse un portrait de la situation des élèves du primaire (4^e année), du secondaire (8^e année, secondaire 2 au Québec), et des étudiants universitaires du Québec dans le domaine des mathématiques et de la numératie sur la base de deux sources de données : celles issues, d'une part, des tests internationaux de l'OCDE, particulièrement TIMSS (*Trend in International Mathematics and Science Study*) et PISA (données disponibles depuis 1995), d'autre part, celles du Bureau de la Coopération interuniversitaire (BCI) (données recueillies depuis 2008). Les domaines connexes aux mathématiques, ceux des STIM et de l'informatique, sont aussi pris en compte dans l'étude.

L'analyse des données s'articule autour de quatre dimensions : 1) la performance, 2) le genre, 3) le statut des élèves et des étudiants (socioéconomique et d'immigration), 4) la pénurie d'étudiants dans les domaines mathématiques. L'objectif est d'évaluer les potentiels et perspectives, mais aussi les limites et risques encourus par le Québec dans ce domaine.

4 Voir Oubenaïssa, L. & Poirier, L. (2021). Projet : Portrait du Québec pour le domaine des mathématiques. Rapport de projet *En avant math!* <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2021RP-19>

Tableau 1 : Faits saillants de l'analyse des dimensions à partir des données TIMSS, PISA et du BCI⁵

	4e année TIMSS	Secondaire 2 TIMSS
Performance	L'écart se creuse avec le meilleur pays: 40 points en 1995 et 100 points en 2019. On passe de 4 pays en 1995 à 15 pays en 2019 dont les élèves performant mieux que les élèves québécois.	Bon positionnement du Québec depuis 1995 qui se situe au 4 ^e , 5 ^e ou 6 ^e rang selon les années. Mais, l'écart se creuse avec les meilleurs pays, passant de 53 points d'écart en 1995 à 73 points en 2019.
Genre	Les garçons performant systématiquement mieux que les filles	En 1995, les filles ont mieux performé que les garçons, mais cela s'inverse en 2003 et l'écart se creuse en 2015 et en 2019 par rapport aux concours précédents.
Statut des élèves et des étudiants (socioéconomique et d'immigration)		La performance des élèves dont la langue maternelle est autre que la langue d'enseignement ne semble pas être affectée par ce facteur. Les résultats sont similaires à ceux de l'Australie et de Singapour.

Résultats du Québec aux différents tests (Performance)

Pour le primaire (4^e année)

- Aussi bien à l'international qu'auprès des provinces canadiennes, le Québec jouit d'une bonne réputation grâce à son classement honorable aux tests internationaux de l'OCDE. Mais bien que la province se démarque toujours par sa culture mathématique, sa performance est en baisse constante comme l'attestent ses différents scores dans les tests TIMSS et PISA depuis 1995. Selon les données TIMSS, l'écart entre le Québec et les pays top 10 se creuse, en particulier au niveau de la 4^e année. Alors que seulement 40 points séparaient le Québec de la 1^{re} place en

⁵ Voir la figure 2 du rapport de projet CRM, Oubenaïssa & Poirier (2021), p. 10 pour plus de détails.

1995 (4 pays seulement le devançaient), c'est un écart de 100 points qui sépare le score moyen du Québec (525) de celui de la 1^{re} place en 2019 (625), avec 15 pays qui performant mieux que le Québec.

Pour le secondaire (8^e année)

- Pour le niveau de 8^e année, l'écart entre le score moyen du Québec et le score moyen le plus élevé ne cesse d'augmenter, passant de 53 en 1995 à 73 en 2019, le Québec se classant alors au 7^e rang.

Écart dans les résultats selon le genre

- En 1995, les résultats du Québec aux tests internationaux de l'OCDE pour le niveau de 4^e année montraient que l'écart des scores moyens entre filles et garçons n'était pas si significatif alors que les filles performaient mieux que les garçons pour le niveau de 8^e année. Depuis 2003, la situation reste inchangée pour la 4^e année, mais s'est inversée, et en 2019, les tests TIMSS pour la 8^e année montrent des scores moyens de 541 pour les filles et de 546 pour les garçons.
- Dans son rapport présentant les résultats aux tests TIMSS 2019, l'OCDE souligne qu'au-delà de la position du Québec dans le classement international, position toujours qualifiée d'excellente, la province affiche un écart entre les genres des plus importants parmi les pays qui ont participé aux tests.
- Les résultats des tests TIMSS indiquent que le Québec affiche d'importants écarts entre les genres, les domaines évalués s'articulant autour de deux composantes : 1) domaine contenu (nombre, mesure-géométrie et données); 2) domaines cognitifs (connaissances, application et raisonnement).
- Au Québec, les filles performant moins bien que les garçons en mathématiques au secondaire : selon les tests PISA 2018, les garçons les plus performants (avec des scores de niveaux 5 et 6) sont plus nombreux (23,2 %) que les filles les plus performantes (19 %). Cependant, en dehors des mathématiques, les filles enregistrent toujours les meilleures performances en sciences.

Impacts du statut des élèves et des étudiants sur les scores en mathématiques (statut au pays)

- D'après le test PISA 2015, au Canada, les élèves immigrants de 1^{re} génération obtiennent un meilleur score en mathématiques que les autres élèves. Une tendance inverse est observée pour la moyenne des pays de l'OCDE.
- Au Canada, la performance des élèves dont la langue maternelle est autre que celle de la langue d'enseignement ne semble pas être affectée par ce facteur. À noter que ces résultats concordent avec ceux enregistrés pour l'Australie et Singapour.
- Pour le Québec, les données du BCI indiquent que la relève universitaire en mathématiques reste principalement québécoise puisque les étudiants étrangers résidents permanents y sont peu représentés, et pratiquement absents du domaine des mathématiques appliquées.

Manque d'inscription à l'université dans les domaines mathématiques (pénurie)

- Le nombre total d'inscrits à l'université en mathématiques (incluant mathématiques, probabilités et statistiques, et mathématiques appliquées) est en baisse depuis 2017. Les inscrits sont, dans la grande majorité, des citoyens canadiens masculins. Par contre, on note une amélioration pour les sciences informatiques.
- Dans les STIM, les domaines affichant les plus bas taux de féminité sont le génie, les sciences appliquées et les sciences pures. Néanmoins, on observe une augmentation du nombre d'inscriptions des femmes pour les sciences appliquées au 2^e cycle.

1.3 Expériences en numératie dans d'autres juridictions et comparaison avec le Québec⁶

Le rapport CRM de Oubenaïssa et Poirier (2022) dresse un portrait des différentes approches et types d'interventions en numératie adoptées dans six pays ou provinces, à savoir le Royaume-Uni, l'Australie, la France, Singapour, le Québec et l'Ontario. Chaque expérience est décrite suivant les

⁶ Voir Oubenaïssa, L. & Poirier, L. (2022). Expériences en numératie : Exploration des cas Royaume-Uni, Australie, France, Singapour, Ontario et Québec. Rapport de projet en avant math ! <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2022RP-09>

cadres de références (chartes, manifestes, indices, cadres conceptuels, ou politiques publiques), les institutions, les programmes et projets, et les ressources mis en place.

Les points les plus importants à retenir de ce tour d'horizon sont les suivants :

- Le Royaume-Uni mène, depuis plus de trois décennies, une réflexion sur l'importance de la numératie pour ses effets en termes d'inclusion sociale, et sur la nécessité de la promouvoir comme compétence essentielle pour son économie et son leadership à l'échelle mondiale.
- L'Australie a mis en place l'*Australian Mathematical Sciences Institute* (AMSI) pour la promotion et la valorisation des mathématiques et de la numératie. L'institut se présente comme une entreprise collaborative des sciences mathématiques en Australie (recherche, enseignement supérieur, écoles et industries) et de prise de décisions basées sur des données probantes : besoins économiques, domaines d'intervention (STIM), canaux de diffusion et de communication de l'information (ressources), et de stratégies d'alignement. L'AMSI agit aussi comme interface pour faciliter l'institutionnalisation des réformes et des projets en mathématiques (mise en place du contexte, implication des acteurs clés, mobilisation des données issues des classements internationaux, des tendances économiques, des indices économiques, par exemple).
- L'approche *Singapore Math* apparaît comme un modèle exemplaire permettant un enseignement et un apprentissage des mathématiques d'excellence, comme en témoigne la performance des élèves de Singapour aux classements internationaux (TIMSS, PISA et PEICA) et le fait qu'il ait été adopté ou adapté dans d'autres juridictions, au Royaume-Uni et en France notamment. Il s'agit ici d'un exemple important à analyser et à étudier, particulièrement pour le rôle déterminant qu'aurait la numératie dans la qualité de l'enseignement et des apprentissages des mathématiques. Par ailleurs, le pays s'est doté, tout comme le Royaume-Uni, d'un processus stratégique d'institutionnalisation de la numératie et de l'enseignement des mathématiques (Institut *Maths & Mathematic Education* - M2M).

La France se distingue par ses nombreuses institutions, associations et fondations vouées à la recherche fondamentale, appliquée et à l'innovation en mathématiques. Malgré cela, les résultats des élèves français dans les tests internationaux tels TIMSS, PISA et PEICA sont plutôt décevants

par rapport aux autres pays de l'OCDE. Le rapport Villani et Torossian, déposé en février 2018, propose 21 mesures de redressement, dont l'adoption de la méthode *Singapore Maths*, décision qui pourrait se révéler stratégique et judicieuse à moyen et long terme.

- Bien qu'il ne semble pas encore y avoir de véritable vision stratégique pour la numératie, le Canada a lancé des programmes, mis en place tant au Québec qu'en Ontario, notamment en éducation financière et en programmation, qui ont un impact positif sur la promotion des mathématiques et de la numératie. L'élaboration de déclarations (IA), de chartes (diversité et inclusion) et d'incitatifs pour la revalorisation des mathématiques et de la numératie auprès des jeunes et des adultes, en accordant une attention particulière aux Premières Nations et à la question du genre, semble être privilégiée.
 - o L'Ontario accorde une grande importance à la numératie qui se traduit par des projets initiés depuis plusieurs années et son approche, largement inspirée par le modèle de Singapour, reste un excellent exemple de la difficile, mais possible tâche du transfert d'un modèle. L'approche privilégiée concerne les réformes curriculaires pour les mathématiques et la numératie qui permettraient de rendre l'enseignement plus efficace, mais elle suscite des réserves de la part de certains chercheurs au vu des résultats de la province aux classements internationaux.
 - o Le Québec, qui se maintient à une place honorable dans les classements internationaux TIMSS et PISA, semble détenir une culture d'enseignement des mathématiques et de la numératie qui lui est propre (Bednarz 2021; Lemoyne, 1996).

1.4 Pistes de recommandations formulées suite à l'état de la situation du Québec en mathématiques

Rapport de projet	Pistes de recommandations pour le Québec
<p>Oubenaïssa & Poirier (2021)</p> <p>Portrait du Québec pour le domaine des mathématiques</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier les ingrédients de qualité qui caractérisent la culture mathématique du Québec et établir une stratégie pour l'optimisation de sa performance dans le domaine particulier des mathématiques en considérant les tendances en termes de compétences, de cadre de référence, de domaines de recherche, et bien sûr, des attentes et exigences du milieu du travail et de celui de l'emploi. - Étudier les causes du déclin des scores des filles en y apportant des éléments d'explication autres que la prédisposition ou un quelconque facteur culturel ou génétique. - Mieux concevoir les programmes informatiques, et ce dès le primaire, permettrait d'intégrer la pratique de la pensée informatique chez les filles, les aidant ainsi à acquérir les mêmes préalables et compétences pour les mathématiques que les garçons de leur âge.
<p>Oubenaïssa & Poirier (2022)</p> <p>Expériences en numératie : Exploration des cas Royaume-Uni, Australie, France, Singapour, Ontario et Québec</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Mettre en valeur la culture d'enseignement et de supervision pour l'apprentissage des mathématiques. - Nécessité de formaliser et systématiser la pratique de la numératie au Québec.

2 Éducation et développement des compétences en mathématiques et en sciences au Québec, du primaire jusqu'au marché du travail

2.1 Au niveau des enseignements primaire et secondaire

Les deux rapports présentés dans cette section portent sur le rôle des enseignantes et enseignants et les programmes dispensés en mathématiques, le premier traitant de l'enseignement primaire, le second de l'enseignement secondaire.

2.1.1 Programmes d'études, formation initiale et outils pour l'enseignement au primaire⁷

Le rapport CRM de Poirier (2021) se concentre sur l'école primaire. Il présente, dans un premier temps, une étude du programme québécois de mathématiques en vigueur au primaire pour déterminer sa continuité ou sa rupture avec les programmes antérieurs, puis une analyse sur la manière dont est abordé l'enseignement des mathématiques au baccalauréat en éducation préscolaire et enseignement primaire, et enfin un survol des outils disponibles pour enseigner la discipline.

Les mathématiques sont enseignées dans le cadre du programme de 2000, revu et approuvé en 2006. Le programme actuel, tout en affirmant s'inscrire dans la continuité, se distingue des programmes antérieurs en suivant une approche basée sur le développement de compétences⁸ transversales et disciplinaires, reléguant les concepts mathématiques à une place moins centrale en apparence. Le programme de mathématiques est structuré selon trois compétences : « la première réfère à l'aptitude à résoudre des situations problèmes; la seconde touche le raisonnement mathématique qui suppose l'appropriation de concepts et de processus propres à la discipline; la troisième est axée sur la communication à l'aide du langage mathématique »⁹. Ajoutés à ces trois

⁷ Voir Poirier, L. (2021). Les enseignants, leur formation ainsi que les outils mis à leur disposition. Rapport de projet *En avant math !* CIRANO, 2022RP-01. <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2022RP-01>

⁸ Le ministère de l'Éducation définissait en 2006 dans le *Programme de formation de l'école québécoise* le concept de compétences par « un savoir agir fondé sur la mobilisation et l'utilisation efficaces d'un ensemble de ressources » (ministère de l'Éducation du Québec, 2006, p.4).

⁹ Voir ministère de l'Éducation du Québec (2006), p. 126.

compétences, les concepts ou savoirs essentiels à maîtriser en mathématiques sont : 1/ l'arithmétique, 2/ la géométrie, 3/ la mesure, 4/ la statistique et 5/ la probabilité. L'introduction de cette nouvelle approche par compétences a entraîné un changement important dans les approches pédagogiques, les activités qui doivent mettre l'accent sur la résolution de problèmes, et les mises en situation. Les cohortes plus récentes ont depuis été formées pour travailler selon ce programme.

Concernant la formation initiale, le programme de formation à l'éducation préscolaire et enseignement primaire comprend des cours couvrant l'ensemble des types de connaissances nécessaires pour enseigner la matière (connaissances mathématiques, curriculaires, didactiques et épistémologiques, historiques et culturelles), et dont les contenus et approches sont assez similaires d'une université à l'autre. Une place particulière revient à l'arithmétique dans la grande majorité des cours, et il est à noter que peu d'universités ont développé un cours dédié spécifiquement à la manière d'aborder les difficultés d'apprentissage des élèves en mathématiques au primaire. Par ailleurs, le rapport souligne le fait que certains étudiants débutant les programmes de baccalauréat en éducation préscolaire et enseignement primaire peuvent avoir perdu certaines connaissances mathématiques nécessaires à l'enseignement. Face à cette situation, plusieurs universités, comme l'Université de Montréal, ont mis en place des cours afin de revoir les concepts incontournables, parfois en s'associant à un Cégep pour offrir une « formation préparatoire à l'enseignement », comme cela est le cas entre l'Université Laval et le Cégep Limoilou, ou entre l'Université de Montréal, le Cégep Bois-de-Boulogne et la commission scolaire Marguerite-Bourgeois.

En ce qui a trait aux outils pédagogiques, le corps enseignant dispose d'une grande variété de matériel, à commencer par les manuels : six approuvés par le ministère de l'Éducation pour le premier cycle, cinq pour le deuxième cycle, trois pour le troisième cycle. Ils sont généralement rédigés par des enseignants ou des conseillers pédagogiques en didactique des mathématiques. Il existe aussi des sites internet de soutien, généraux ou portant plus spécifiquement sur l'enseignement des mathématiques, et qui, pour certains, ont reçu l'approbation du Ministère.

2.1.2 Alignement entre les concepts mathématiques enseignés au secondaire et ceux utilisés dans les emplois STIM¹⁰

Le rapport CIRANO Savard, Cavalcante et Caprioara (2022) propose une étude exploratoire sur les concepts et processus enseignés au secondaire au Québec face à la problématique de pénurie d'enseignants en mathématiques que connaît la province, notamment dans l'enseignement secondaire. Il s'articule autour de trois axes de recherche :

- L'alignement entre les concepts et processus dans les programmes de mathématiques enseignés au secondaire au Québec et ceux utilisés par des travailleurs dans les domaines STIM (ingénieurs, informaticiens et programmeurs provenant de l'industrie du jeu et du domaine de l'intelligence artificielle, travailleurs en biotechnologies ou dans les *fintechs*).
- L'adéquation entre les motivations et les enjeux rencontrés par ceux et celles qui se dirigent vers l'enseignement des mathématiques au secondaire ainsi que leurs perceptions face à leur formation initiale et continue et les défis rencontrés dans leur pratique.
- L'adéquation ou non entre les concepts mathématiques du programme de formation et les mathématiques utilisées par les travailleurs dans les domaines STIM.

Le travail documentaire, basé notamment sur l'analyse des programmes de formation des mathématiques du Québec et autres territoires ciblés (Colombie-Britannique, France, Singapour...), de certains manuels scolaires québécois, ainsi que d'une enquête réalisée auprès d'enseignantes et enseignants de mathématiques et travailleurs dans les STIM ont conduit à établir un diagnostic dont les points sont synthétisés ci-dessous.

En ce qui concerne les programmes et les manuels, l'analyse montre que :

- L'algèbre tient une place prépondérante dans le programme de mathématiques, y compris dans d'autres domaines de mathématiques comme la géométrie, principalement enseignée par la trigonométrie, et les mathématiques financières.

¹⁰ Voir Savard, A., Cavalcante, A. & 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. Rapport *En avant math!* CIRANO, 2022RP-08. <https://www.cirano.qc.ca/files/publications/2022RP-08.pdf>

- Les nouveaux programmes internationaux, en France notamment, vont beaucoup plus loin en ce qui concerne l'enseignement des probabilités, des statistiques et de la programmation informatique, avec des enseignements portant sur l'algorithme de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage machine, ainsi que sur la programmation avec tableur ou en langage Python.
- L'enseignement des notions de mathématiques financières au Québec porte sur des concepts abstraits (par exemple, la présentation des intérêts simples et composés par des formules standards) et n'est pas présenté en fonction des contextes financiers de la vie réelle.
- Dans les manuels de mathématiques du Québec, les métiers STIM sont représentés majoritairement dans les domaines de l'arithmétique, l'algèbre et la géométrie. La statistique et la probabilité ne sont pas associées à ces métiers, ce qui peut donner aux élèves une vision tronquée de leur pertinence dans les carrières STIM.

En ce qui concerne les mathématiques dans les professions STIM, il ressort de l'enquête effectuée par les auteurs auprès de travailleurs que :

- La majorité des répondants ont eu de la difficulté à identifier les concepts mathématiques utilisés dans le cadre de leur travail.
- Les domaines mathématiques mentionnés comme étant les plus utilisés au travail sont les statistiques, la géométrie et l'algèbre, même si ces professionnels n'ont pas reconnu dans un premier temps les statistiques comme faisant partie du domaine mathématique.
- Plusieurs professionnels des STIM ont indiqué une inconsistance entre l'algèbre et la géométrie enseignées au secondaire et ce qui est utilisé dans le cadre de leur travail ; en particulier, le fait qu'ils n'ont pas fait beaucoup de calculs ni de résolution d'équations comme tels à l'école secondaire.
- L'utilisation d'outils technologiques a aussi changé l'utilisation des mathématiques pour les professionnels des STIM en facilitant les calculs et en leur permettant de mobiliser leurs compétences et habiletés développées en explorant les contenus mathématiques.
- Les mathématiques financières font partie des mathématiques utilisées dans certaines professions STIM, notamment en ingénierie. Cependant, il s'avère que la formation initiale de ces professionnels ne leur a pas fourni les compétences nécessaires à l'utilisation de ces concepts.

Quant aux motivations et perceptions des enseignants de mathématiques au secondaire, la consultation suggère que :

- Différentes motivations peuvent conduire à vouloir enseigner les mathématiques, parmi lesquelles la volonté d'étudier les mathématiques ou celle de devenir enseignant au départ. L'intérêt pour l'enseignement des mathématiques résulte d'une passion pour la discipline qui se manifeste tôt, d'une expérience de l'utilisation des mathématiques dans la vie courante, de la facilité à les apprendre, et de la volonté de transmettre cette passion aux jeunes. Pour d'autres, c'est l'inspiration d'un enseignant ou d'une enseignante de mathématiques qui a servi de déclencheur.
- L'appréciation des mathématiques à travers leur enseignement tient en particulier à la logique interne et au formalisme de la discipline, mais également à leur pertinence dans la compréhension du monde.
- Plusieurs répondants indiquent ne pas se sentir à l'aise dans l'enseignement des probabilités et des statistiques.
- La formation initiale au baccalauréat en enseignement des mathématiques, notamment les cours de mathématiques pures, n'est pas toujours alignée sur les besoins spécifiques des enseignants dans la communication du programme aux élèves du secondaire.
- Les élèves sont motivés à l'idée d'apprendre les mathématiques lorsqu'ils trouvent un sens à le faire. Les pratiques enseignantes en classe peuvent également être d'une grande aide pour les élèves dans cette quête de sens. À l'opposé, les difficultés d'apprentissage, le manque de bases et les retards, ainsi que l'idée véhiculée selon laquelle les mathématiques sont difficiles constituent des obstacles à leur motivation.
- La géométrie, l'arithmétique et les mathématiques financières, en raison de leur nature concrète, sont les domaines considérés comme étant les plus faciles à enseigner par les répondants et les plus motivants pour les élèves. L'algèbre, les statistiques et la géométrie analytique ressortent comme étant les plus difficiles à enseigner.
- Les enseignants accordent une importance plus grande à l'étude en profondeur des concepts qu'à la quantité de concepts étudiés, et préféreraient, de ce fait, concentrer leur enseignement sur certains concepts jugés plus pertinents. Selon eux, la programmation informatique et les mathématiques financières seraient deux concepts à enseigner plus en profondeur.

Tableau 2 : principaux résultats de la consultation

	Programme	Enseignants	Travailleurs STIM
Calculs et formules	Explicites	Insistent pour les effectuer manuellement	Interpréter les résultats
Utilisation des technologies	Recommandée, mais pas obligatoire comme le tableur en France	Pas pour calculer, mais pour modéliser On souhaite ajouter la programmation et l'utilisation de tableurs	Utilisation de logiciels pour effectuer tous les calculs, outils quotidiens
Mathématiques financières	Très peu	Ne sont pas formés pour les enseigner	Nécessaires pour travailler en projet
Probabilités et statistiques	Très peu	N'aiment pas les enseigner	Données, modèles aléatoires et prédictifs sont beaucoup utilisés.
Modélisation et raisonnement	Très présent dans le développement des compétences	Mettent l'attention sur les concepts et les processus Des problèmes avec les compétences	Ce sont des pratiques mathématiques qui sont beaucoup utilisées.

2.1.3 Pistes de recommandations formulées au niveau des enseignements primaires et secondaires

Rapport de projet	Pistes de recommandations
<p>Poirier (2021)</p> <p>Les enseignants, leur formation ainsi que les outils mis à leur disposition</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Les universités doivent s’assurer que les futurs enseignantes et enseignants du primaire possèdent les connaissances mathématiques nécessaires pour l’enseignement des mathématiques au préscolaire et au primaire et développent une attitude positive envers les mathématiques et leur enseignement. - De plus, un meilleur arrimage collège-université est certainement souhaitable, tout particulièrement pour soutenir la formation mathématique des futurs enseignants et enseignantes du primaire. - Sonder les enseignantes et enseignants pour connaître les matériels (manuels, sites internet, etc.) qu’ils utilisent pour enseigner les mathématiques, et notamment leurs critères de sélection. - Étant donné l’impact positif des recherches collaboratives, nous recommandons la mise en place d’un programme à l’image du Programme Chantier 7 portant sur les mathématiques et leur enseignement et soutenant des recherches collaboratives sur le terrain impliquant chercheurs universitaires et enseignants.
<p>Savard, Cavalcante & Caprioara (2022)</p> <p>L’enseignement des mathématiques dans les écoles secondaires du Québec :</p> <p>L’alignement entre les enseignants, les concepts mathématiques des programmes ministériels et les</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Proposer un meilleur arrimage des mathématiques du secondaire aux réalités des emplois STIM. - Enquêter sur les mathématiques nécessaires au monde du travail, plus spécifiquement auprès des travailleurs STIM et relayer ces données aux enseignants. - Présenter les mathématiques comme des raisonnements accessibles plutôt que comme de simples formules à appliquer. - Revoir la conceptualisation des domaines mathématiques dans le programme de formation, s’interroger sur la vision des mathématiques qui doivent être enseignées, et revoir ainsi le rôle de l’algèbre, des probabilités et des statistiques.

<p>concepts mathématiques utilisés dans les emplois STIM</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identifier spécifiquement certaines technologies comme objets d'enseignement tels le tableur, la calculatrice scientifique, des logiciels de géométries dynamiques et des simulateurs de phénomènes aléatoires. - Inclure la programmation informatique comme objet d'enseignement et outil d'apprentissage. - Mettre en évidence, dans les manuels de mathématiques, la pertinence des probabilités et des statistiques dans les métiers STIM. - Revoir si possible le rôle des cours de mathématiques pures dans la formation initiale des enseignants, en mettant davantage l'accent sur l'accessibilité des mathématiques au lieu de demander aux étudiants en éducation de maîtriser les mathématiques universitaires. - Bien qu'il soit possible de devenir enseignant de mathématiques par l'obtention d'une maîtrise qualifiante, considérer des cheminements alternatifs pour ceux qui ont développé l'amour des mathématiques plus tard. - Dans les programmes de développement professionnel, mettre l'accent sur les épistémologies stochastiques des mathématiques, y compris le renforcement de la confiance des enseignants dans les statistiques. - Mettre l'accent sur les pratiques mathématiques : l'interprétation, la comparaison, l'estimation, entre autres. - Plus qu'un contenu composé de savoirs et de processus à enseigner, les mathématiques doivent être considérées comme une activité, une pratique de modélisation.
--	--

2.2 *Au niveau des enseignements collégial et universitaire*

2.2.1 Déterminants du choix du domaine d'études universitaires¹¹

Le rapport CIRANO de Montmarquette (2020) examine les facteurs déterminants dans les choix des étudiants d'université pour un domaine scientifique requérant notamment une formation en

¹¹ Voir Montmarquette, C. (2020). Les déterminants du choix du domaine d'études universitaires. Une revue de la littérature et identification de pistes d'interventions. Rapport de projet *En avant math!* CIRANO, 2020RP-11. <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2020RP-11>

mathématiques importante. Cette revue de la littérature présente plusieurs références majeures traitant de la thématique de recherche sur les déterminants du choix de domaine d'études à l'université. Il en ressort notamment que les choix des étudiants pour leur discipline universitaire reposent fondamentalement sur un certain nombre de facteurs, parmi lesquels figurent en premier lieu la valeur actualisée des revenus et avantages non pécuniaires anticipés à l'issue de leurs études, leurs habiletés et les probabilités de réussite perçues ainsi que leurs préférences individuelles pour la discipline choisie. De surcroît, comme montré par deux études antérieures de Boudarbat et Montmarquette (2006, 2009), il s'avère que des augmentations substantielles des revenus au cours de la vie professionnelle sont susceptibles d'attirer les étudiants vers des domaines d'études qu'ils n'auraient pas choisis initialement. Certaines études économétriques visant à expliquer le choix du domaine d'études sont également mentionnées par l'auteur, tel que celui de Wiswall et Zafar (2015) qui montre que les préférences sont le facteur déterminant dans ce choix; ces auteurs soulignant par ailleurs la difficulté de modifier ces préférences. Des études plus spécifiques sur le choix des étudiants pour des domaines reliés aux STIM ont également été publiées dans la littérature économique, notamment celle de Hango, Zarifa, Pizarro, Milian, et Seward (2019). Cette étude, centrée sur le Canada, révèle que le lieu de résidence a un impact sur le choix des domaines d'études, les étudiants du Nord ou des régions rurales du Canada étant notamment moins susceptibles de s'investir dans les programmes universitaires et collégiaux liés aux STIM. Pour ces régions, les auteurs préconisent d'encourager l'entrée dans des STIM non universitaires.

À la lumière de ces quelques éléments de la littérature, certains points de discussion sont soulevés par l'auteur :

- Si la plupart des modèles économiques ont reposé sur l'hypothèse que les préférences des étudiants pour leur domaine d'études sont connues et données, l'auteur indique que cette assertion devrait être remise en question en ce sens que les préférences se découvrent et s'affinent notamment avec l'expérimentation. L'enjeu consiste ici à présenter aux étudiants, avant la fin de leur secondaire, l'ensemble des choix qui s'offrent à eux ainsi qu'une information complète afin de les aider à choisir leur filière afin qu'ils puissent déterminer dans quelle mesure celle-ci correspond à leurs intérêts et à leurs capacités, ce à quoi les activités de promotion des mathématiques au Québec ont été conçues dans cet esprit.

- Par ailleurs, il serait important de fournir aux étudiants une information plus adéquate, d'une part sur les revenus anticipés, d'autre part sur les taux de réussite par domaine d'études. Sur ce dernier point, des informations, conseils et avertissements pourraient être dispensés, par les universités, aux étudiants terminant leurs études secondaires quant à leurs chances de réussite, tenant compte de leurs résultats scolaires dans le cursus universitaire qu'ils ont choisi, comme cela se fait en France par exemple. À cet égard, certaines études réalisées aux États-Unis montrent que les informations relatives aux résultats scolaires influencent les décisions futures des étudiants¹² : des rétroactions sur leurs performances plus tôt, au cours du secondaire pourraient les inciter à augmenter leurs efforts et à suivre des cours supplémentaires dans les domaines d'études souhaités, particulièrement ceux liés aux STIM¹³. Dans le même ordre d'idée, il serait intéressant d'examiner, tout en tenant compte de son caractère sélectif, la pertinence et le rôle que pourrait jouer à cet effet la cote R au Québec, autant au secondaire qu'au Cégep.
- Grâce aux données des enquêtes *Relance*¹⁴ et des cotes R, le Québec dispose d'éléments d'information pertinents sur les taux d'emploi, les salaires et les probabilités de réussite. L'enjeu est de savoir si ces informations parviennent aux étudiants.

2.2.2 Rendement privé et social de l'éducation universitaire¹⁵

Le rapport CIRANO de Montmarquette, Vaillancourt et Milord (2021) estime les taux de rendement privés et sociaux de l'éducation universitaire du premier et du deuxième cycle au Québec pour 2015 à l'aide des données du Recensement canadien de 2016, en accordant une attention particulière aux rendements des études.

¹² Voir Papay, Murnane & Willett (2011)

¹³ Voir Avery, Gurantz, Hurwitz & Smith (2018)

¹⁴ Voir <http://www.education.gouv.qc.ca/references/indicateurs-et-statistiques/enseignement-superieur/enquetes-relance/>

¹⁵ Voir Montmarquette, C., Vaillancourt, F. & Milord, B. (2021). Le rendement privé et social de l'éducation universitaire au Québec en 2015. CIRANO, 2021RP-05. Rapport de projet *En avant math!* <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2021RP-05>

Les rendements privés de l'éducation donnent une indication du niveau des gains qui pourraient être obtenus sur le marché de l'emploi en tenant compte des coûts encourus lors des études (incluant les droits de scolarité et autres coûts associés). Les gains reposent sur les revenus nets des individus sans les avantages sociaux ; dans le cadre de cette étude, les revenus bruts sont utilisés pour estimer les revenus nets par la suite. Le taux de rendement privé permet aux individus potentiellement acquéreurs de capital d'orienter leurs choix d'investissements parmi les différentes filières d'études.

Les rendements sociaux réfèrent quant à eux à la richesse collective, mesurée par le PIB, créée par la scolarisation. En particulier, le taux de rendement social est calculé à partir du revenu brut avant impôt personnel et sans les avantages sociaux, et correspond à la contribution de l'individu au PIB. Il présente pour les décideurs publics l'intérêt d'examiner la rentabilité des ressources à l'éducation universitaire, avec la possibilité de faire des distinctions entre les filières d'études.

Dans cette étude, les rendements privés et sociaux sont calculés pour divers niveaux et domaines, relativement à un niveau de scolarisation moins avancé : à chaque période, les taux de rendement des baccalauréats sont calculés par rapport à un diplôme d'études secondaires, et ceux de la maîtrise sont estimés par rapport au baccalauréat.

Globalement, les résultats montrent que, pour 2015, il était rentable d'investir dans l'éducation universitaire de 1^{er} cycle au Québec, tant du point de vue de l'individu que de la société, pour différentes raisons :

- Le taux de rendement social est toujours inférieur à celui du rendement privé du fait qu'une partie du coût total d'une formation universitaire est supportée par la société.
- Pour ce qui est du niveau d'études, les taux de rendement privés et sociaux d'un premier cycle universitaire relativement à des études secondaires sont élevés. Les femmes affichent des taux privés (16,1 %) et sociaux (13,1 %) plus élevés que les hommes (respectivement 13,6 % et 12,3 %). Ceci est expliqué en grande partie par le fait que les pertes de revenus des femmes dans la poursuite des études au niveau universitaire sont inférieures à celles des hommes. Par ailleurs, à l'exception de la médecine dont les taux de rendement sont largement supérieurs aux autres, les rendements diminuent avec l'augmentation du niveau de scolarité : les rendements

à la maîtrise et au doctorat affichent des taux nettement inférieurs à ceux du baccalauréat (coût annuel des études et manque à gagner plus élevés que pour un baccalauréat).

- Du côté des domaines d'études, les résultats indiquent que, pour le baccalauréat, les taux de rendement varient fortement selon la filière, et que les programmes dans les STIM affichent les rendements les plus élevés. Comme l'indique le tableau ci-dessous tiré du rapport de Montmarquette, Vaillancourt & Milord (2021), les domaines liés aux STIM sont les plus rentables. En particulier, les taux de rendement privé et social d'un baccalauréat en mathématiques/informatique sont respectivement de 17,7 % et 19,4 % pour les hommes, et respectivement de 21,1 % et 11,8 % pour les femmes.

Taux de rendement privés et sociaux des diplômes universitaires, baccalauréat par domaine d'étude, Québec, 2015, échantillon 25 %

	Taux privé		Taux social	
	H	F	H	F
SACHES	12,4	16,2	12,9	15,9
Éducation	7,8	14,4	7,5	12,8
Sciences humaines	0,6	6,4	1,0	6,3
Sciences sociales	8,5	12,5	9,0	12,3
Administration (commerce)	17,1	20,0	17,5	19,4
STIM	15,6	15,0	13,6	12,3
Génie	15,5	18,1	14,4	15,1
Sciences santé	23,4	29,4	18,4	20,4
Sciences	9,7	7,6	7,3	6,9
Mathématiques-Informatique	17,7	21,1	19,4	11,8
Mathématiques	11,0	16,4	10,8	15,4

Source : Montmarquette, Vaillancourt & Milord (2021), p. 24.

- Les taux de rendement des baccalauréats sont de façon générale moins élevés dans le secteur privé que dans le secteur public. Pour les emplois du secteur privé, les taux de rendement privé et social au baccalauréat sont respectivement de 16,9 % et 12,9 % pour les hommes (respectivement 28,5 % et 17 % pour les femmes) ; dans le secteur public, ces taux sont respectivement de 22,1 % et 16 % pour les hommes (respectivement 35,5 % et 20,3 % pour les femmes). Cependant, en transposant l'analyse au niveau des grands domaines d'étude, il en ressort qu'un baccalauréat dans les STIM est plus rentable pour les hommes dans le secteur privé, comme le montre le tableau ci-dessous, extrait de l'annexe du rapport.

Taux de rendement privés et sociaux par employeur et grand domaine d'étude, Québec, 2015, échantillon microdonnées

Secteur privé	Taux privé		Taux social	
	H	F	H	F
STIM	29	24	24	20
SACHES	13	22	11	17
Secteur public	Taux privé		Taux social	
	H	F	H	F
STIM	26	37	21	29
SACHES	23	25	19	20

Source : Montmarquette, Vaillancourt & Milord (2021), p. 47.

- Il y a des externalités positives privées à l'éducation universitaire, notamment une meilleure santé, et des avantages sociaux ajoutés à la rémunération. Sur l'importance du ratio de scientifiques dans la main-d'œuvre, les auteurs notent qu'une augmentation de la proportion de travailleurs détenant un diplôme universitaire en STIM a un effet positif sur le revenu des travailleurs non STIM dans les régions Métropolitaines de Recensement canadiennes : une augmentation de 1 point de % du ratio de travailleurs STIM avec formation universitaire fait croître le revenu des travailleurs non STIM de 2,04 %.

2.2.3 Pistes de recommandations formulées au niveau des enseignements collégial et universitaire

Rapport de projet	Pistes de recommandations
<p>Montmarquette (2020)</p> <p>Les déterminants du choix du domaine d'études universitaires. Une revue de la littérature et identification de pistes d'intervention</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Examiner davantage la capacité du système éducatif à satisfaire les préférences individuelles et celle des universités à répondre rapidement aux exigences du marché du travail. - Fournir aux étudiants une information plus adéquate sur les revenus anticipés. - Fournir aux étudiants une rétroaction sur leurs performances au cours du secondaire afin qu'ils puissent être en mesure de faire des études dans les domaines souhaités, particulièrement ceux liés aux STIM. Dans le même ordre d'idée, il serait intéressant d'examiner, en tenant compte de son caractère sélectif, la pertinence et le rôle que pourrait jouer à cet effet la cote R au Québec, autant au secondaire qu'au Cégep. - Repenser les canaux d'information et les sources d'information disponibles de manière à ce que les étudiants puissent y avoir accès. - Les préférences se découvrent et s'affinent notamment avec l'expérimentation.
<p>Montmarquette, Vaillancourt & Milord (2021)</p> <p>Le rendement privé et social de l'éducation universitaire au Québec en 2015</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Continuer à investir dans l'éducation universitaire pour sa rentabilité à la fois sur les plans privé et social, en particulier dans les STIM. - Faire connaître les résultats des études qui démontrent la valeur des études auprès de la population en général et des étudiants en particulier.

2.3 Compétences sur le marché du travail

2.3.1 Compétences en numératie et rendements sur le marché du travail¹⁶

Le rapport CIRANO de Fonseca, Fontaine & Haeck (2021) se concentre sur le lien entre les compétences en numératie mesurées à l'âge adulte et les rendements salariaux sur le marché du travail. La littérature économique suggère en effet un lien fort et significatif entre ces deux variables. Il ressort, en particulier, de la littérature que :

- Détenir des compétences élevées en mathématiques permet de mieux réussir sur le marché du travail, avec des taux d'emploi et des salaires plus élevés¹⁷.
- Des différences existent entre les hommes et les femmes du point de vue des compétences en numératie, notamment du fait que celles-ci se spécialisent moins dans le domaine des STIM, bien qu'elles soient plus nombreuses à obtenir un diplôme universitaire tous domaines confondus¹⁸.
- En moyenne, les individus les plus jeunes (25 à 34 ans) ont des scores plus élevés dans les évaluations en numératie dans le cadre du PEICA que les plus âgés (55 à 65 ans)¹⁹.
- L'environnement familial, référant généralement au niveau d'éducation des parents, affecte positivement le niveau de compétences en mathématiques²⁰.
- Par ailleurs, sur le plan des politiques d'éducation, certaines études montrent que le fait de suivre des cours additionnels de mathématiques, ou des programmes comprenant une composante scientifique, augmente la probabilité de se diriger vers des études scientifiques et donc d'accéder à un emploi mieux rémunéré²¹. D'autre part, la réduction de la taille des classes

¹⁶ Voir Fonseca, R., Fontaine, M. M., & Haeck, C. (2021). Le lien entre les compétences en numératie et les rendements sur le marché du travail au Québec. Rapport *En avant math!* (2021RP-11, CIRANO). <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2021RP-11>

¹⁷ Voir Acemoglu & Autor (2011); Green & Riddell (2001); Hanushek & Woessmann (2008); Joensen & Nielsen, (2009); McIntosh & Vignoles (2001); Rose & Betts (2004).

¹⁸ Voir Card & Payne (2017); Griffith (2010); Kahn & Ginther (2017); Mouganie & Wang (2020).

¹⁹ Voir OCDE (2013).

²⁰ Voir Calero et al., 2019; Currie & Thomas, 2001.

²¹ Voir Levine & Zimmerman, 1995.

peut influencer le choix du domaine d'études et avoir un effet positif sur le taux de diplomation et les salaires à l'âge adulte²².

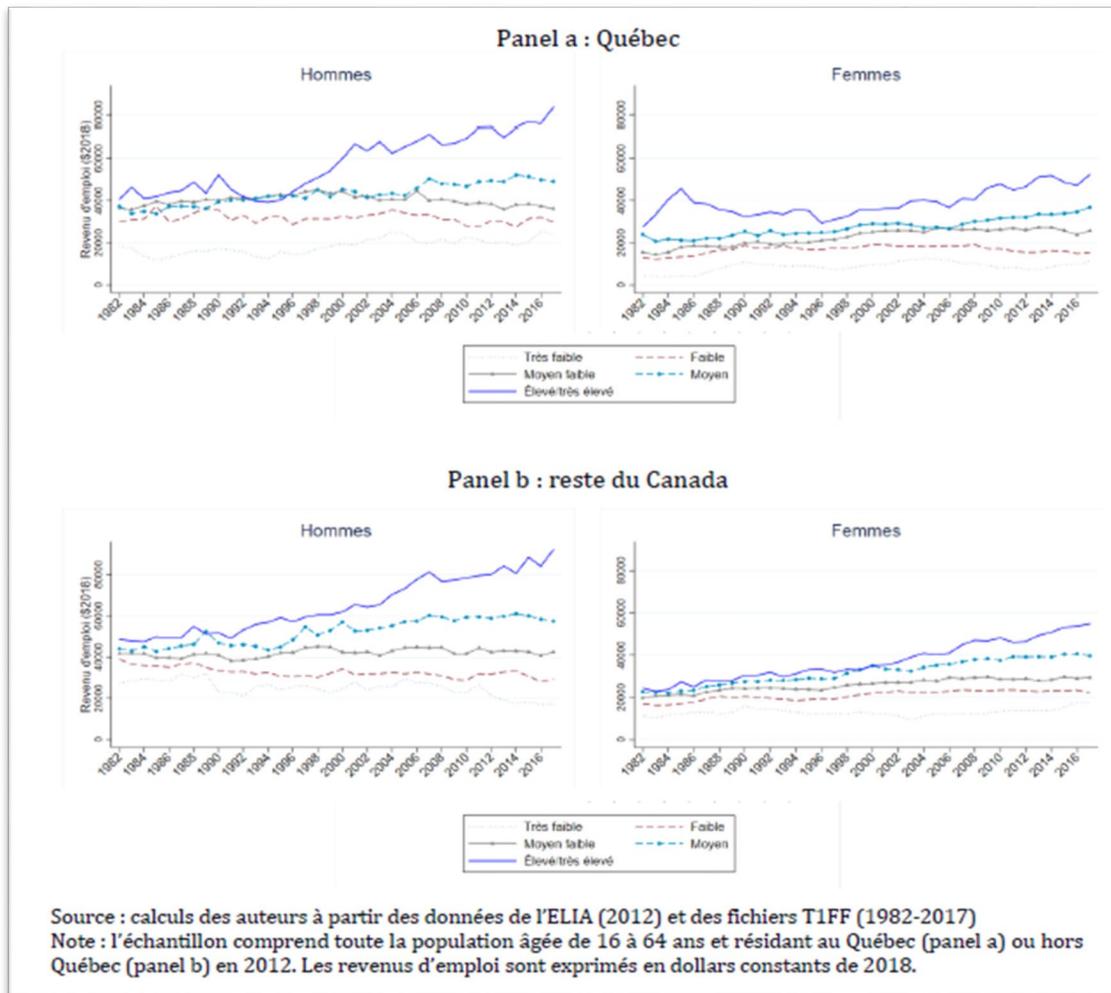
Constatant le peu d'études appliquées aux cas spécifiques du Canada et du Québec, les auteures se penchent en particulier sur la relation entre les compétences en numératie des individus à l'âge adulte et les revenus au sein de la population québécoise, tout en documentant l'évolution temporelle de cette relation. Les données utilisées sont celles des volets canadiens du Programme pour l'évaluation internationale des compétences des adultes (PEICA) et celles de l'Enquête longitudinale et internationale des adultes (ELIA).

Dans un premier temps, l'étude dresse un portrait socioéconomique provincial des individus en fonction de leur niveau de compétences en numératie. Ce portrait révèle un niveau de compétences très faibles et faibles en numératie pour respectivement 5,1 % et 16,8 % de la population en âge de travailler au Québec (individus âgés de 16 à 64 ans). Seuls 60 % des individus dont le niveau de compétences en numératie est faible ont un emploi, alors que 88 % des individus possédant un niveau de compétence en numératie élevé à très élevé en ont un. De plus, les individus peu qualifiés ont une rémunération près de deux fois moins élevée (18 \$ de l'heure) que les individus hautement qualifiés (30 \$ de l'heure). Enfin, les jeunes Québécois de moins de 35 ans ont des compétences en numératie supérieures à celles de leurs aînés, ce qui pourrait donner dans l'avenir une population active plus qualifiée et mieux rémunérée dans la province, ainsi que des scores en numératie aussi bons voir supérieurs à ceux des jeunes du reste du Canada.

En ce qui concerne l'évolution des revenus d'emplois en fonction des compétences en numératie à travers le temps, il existe une forte corrélation entre le niveau de compétence en numératie et la croissance des revenus d'emploi ; les trajectoires de revenus présentent des différences entre les individus les plus qualifiés et ceux qui sont les moins qualifiés. Cela est observé aussi bien chez les hommes que chez les femmes, au Québec et dans le reste du Canada tel qu'illustré dans le graphique ci-dessous tiré du rapport des auteures. Il ressort de cela entre autres que, sur la période 1982-2017, les individus les plus qualifiés ont des trajectoires de revenus positives plus marquées que les personnes les moins qualifiées, en particulier chez les hommes.

²² Voir Fredriksson et al., 2013; Dustmann et al. (2003).

Évolution des trajectoires de revenus d'emploi au cours du temps selon le niveau de compétences en numératie



Source : Fonseca, Fontaine & HaecK (2021), p. 38.

Dans un deuxième temps, une analyse empirique estimant les variations des rendements salariaux liées aux compétences en numératie est réalisée. Les résultats suggèrent qu'en moyenne une augmentation d'un écart-type du score en numératie est associée à une augmentation de 18 % du salaire pour l'ensemble de la population active québécoise, dans ce cas-ci âgée de 16 à 64 ans.

Cette augmentation s'élève à 14 % pour les travailleurs âgés de 25 à 34 ans et à 21 % pour les travailleurs de 35 à 54 ans et de 55 à 64 ans, des résultats relativement élevés si on les compare à ceux d'autres pays.

Si l'on inclut d'autres caractéristiques sociodémographiques, notamment le pays de naissance, le niveau d'éducation des parents, le genre, le secteur d'activité (public et privé) et le type de travailleur (temps plein et partiel) dans le modèle d'estimation des rendements salariaux en fonction de la numératie, il ressort que :

- Les rendements des compétences des natifs du Canada et celles des immigrants sont respectivement de 21 % et 19 %, bien que les différences ne soient pas statistiquement significatives entre les deux groupes.
- Les rendements augmentent légèrement en fonction du niveau d'éducation des parents, passant de 19 % pour les individus issus d'une famille avec un faible niveau d'éducation à 21 % pour ceux provenant d'une famille avec un niveau d'éducation élevé. Ces différences ne sont toutefois pas significatives.
- À niveau de compétences égales, il existe peu de différences dans les rendements des compétences entre les hommes et les femmes.
- Il existe des différences notables et statistiquement significatives entre les employés du secteur privé (20,3 %) et ceux du secteur public (16,3 %), et entre ceux occupant un emploi à temps plein (21,4 %) et ceux occupant un emploi à temps partiel (16,2 %).

Enfin, les résultats suggèrent que près de la moitié (48 %) de l'écart salarial (9 %) entre les hommes et les femmes peut s'expliquer par les disparités de compétences en numératie entre les genres. 7,1 % des femmes de 16 à 64 ans au Québec ont un niveau de compétences élevé ou très élevé en numératie alors que ce taux est de 14,3 % pour les hommes. Cela devrait conduire les pouvoirs publics à adopter des politiques visant d'une part, à diminuer la proportion d'individus avec de très faibles compétences en numératie, et d'autre part, à combler les écarts de performances entre les hommes et les femmes, écarts qui sont en partie responsables des inégalités salariales observées.

2.3.2 Demande de compétences liées aux STIM²³

Le rapport CIRANO de Deutsch-Heng, Dostie et Dufour (2022) s'intéresse à l'impact des changements technologiques sur la demande de compétences liées aux domaines des STIM sur le marché du travail, avec une attention particulière portée aux compétences en mathématiques. L'analyse se concentre sur la période 2006-2016 durant laquelle de nombreux changements technologiques ont vu le jour, notamment l'intelligence artificielle.

Dans ce rapport, la méthodologie suivie pour examiner l'évolution de la demande de compétences repose sur un appariement des données occupationnelles détaillées des Recensements de Statistique Canada de 2006 et 2016 aux bases de données l'*Occupational Information Network* (O*NET), qui associent à chaque poste des attributs sur les habiletés et les compétences requises pour les occuper. Pour les besoins de l'étude,

- 24 attributs O*NET ont été sélectionnés et classés en six catégories décrivant les caractéristiques liées aux travailleurs ou aux emplois : 1) travail physique, 2) interactions sociales, 3) habiletés cognitives, 4) habiletés cognitives verbales, 5) habiletés non cognitives et 6) connaissances.
- Les données du Recensement canadien utilisées sont le nombre total de travailleurs pour chacune des catégories de la Classification nationale des professions de 2016 (CNP), selon le genre (hommes, femmes), et sept groupes d'âge définis par Statistique Canada (15-24 ans, 25-34 ans, 35-44 ans, 45-54 ans, 55-64 ans, 65-74 ans et 75 ans et plus).

Ensuite, des indices agrégés de demande de ces attributs sont construits, et leurs variations sur cette période analysées, soit 1/ la variation de la demande pour la compétence à l'intérieur de l'occupation et 2/ la variation provenant de changements dans la proportion de travailleurs occupant ces postes.

Les résultats pour cette période de 10 ans indiquent en particulier :

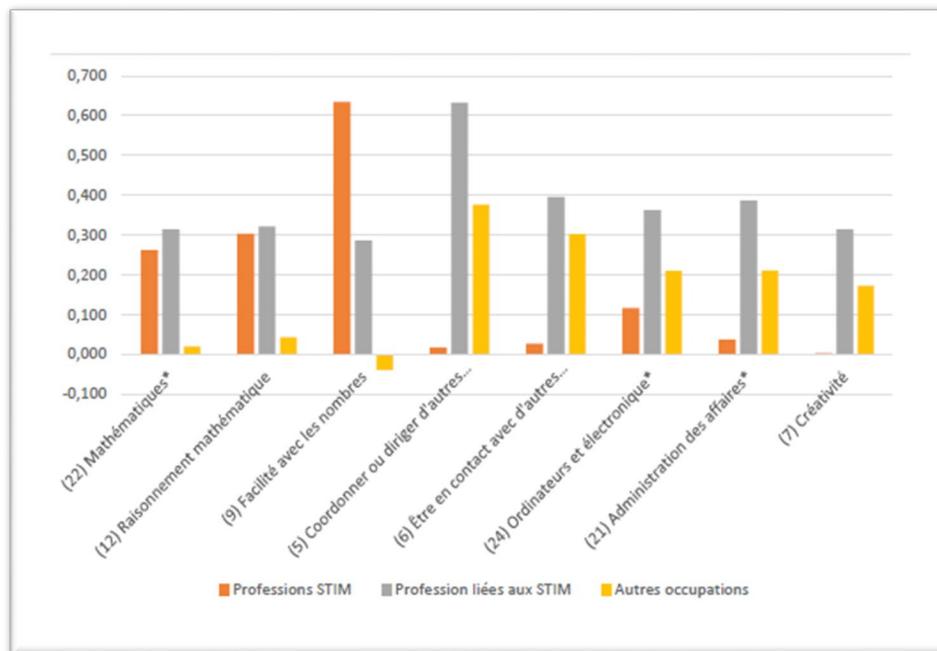
- Sur le plan général, la demande de compétences sur le marché du travail a augmenté entre 2006 et 2016 avec les changements technologiques, notamment en ce qui concerne les attributs liés

²³ Voir Deutsch-Heng, M., Dostie, B. & Dufour, G. (2022). Documenter l'évolution de la demande des compétences liées aux STIM. CIRANO, 2022RP-03. Rapport de projet *En avant math!* <https://enavantmath.org/fr/sommaires/2022RP-03>

aux interactions sociales et tâches cognitives non routinières (et cela, davantage chez les hommes que chez les femmes). On constate en particulier une hausse de la demande pour les compétences en relations interpersonnelles et en créativité, et une demande moindre pour les compétences liées à des tâches manuelles.

- La demande de compétences liées aux ordinateurs et l'électronique, et à l'administration des affaires a connu une hausse importante. Le besoin en compétences liées aux mathématiques a également augmenté, mais de façon moindre.
- En ce qui concerne les habiletés en lien avec les mathématiques, l'évolution de la demande en fonction de l'âge est similaire, qu'il s'agisse des hommes ou des femmes pour les attributs « Raisonnement mathématique » et « Facilité avec les nombres ». Mais pour les « Connaissances en mathématiques », la hausse est concentrée chez les hommes. Par ailleurs, une comparaison avec d'autres habiletés cognitives (« Créativité », « Facilité à concevoir des idées », « Mémorisation » et « Raisonnement déductif ») montre que les hausses observées pour ces deux habiletés sont moins élevées que celles des attributs en lien avec la créativité. La demande pour l'habileté cognitive « mémorisation » semble aussi connaître une hausse un peu plus marquée pour les femmes que pour les hommes, alors que pour l'habileté cognitive « raisonnement déductif », on observe une forte hausse pour les hommes de tous les groupes d'âge et une augmentation moyenne nulle pour les femmes.
- Comme le montre le graphique ci-dessous, on observe que la demande des compétences liées aux mathématiques a augmenté au cours de cette période, et que cette augmentation est plus importante pour les professions STIM ou en lien avec les STIM.

Variation de l'indice de certains attributs entre 2006 et 2016 pour les occupations STIM, liées aux STIM et autres



Source : Deutsch-Heng, Dostie et Dufour (2022), p. 56.

- Les changements dans la demande de compétences induites par les avancées technologiques s'observent à l'intérieur d'occupations définies finement, plutôt que par des changements dans la structure occupationnelle.

À la lumière de ces résultats, et tout en tenant compte du contexte actuel de pénurie de main-d'œuvre dans de nombreux secteurs au Québec, ou du moins de l'inadéquation entre l'offre et la demande de main-d'œuvre exacerbée par la pandémie, la priorité pour les politiques publiques devrait être avant tout d'offrir une formation initiale ainsi qu'une formation continue adaptée aux besoins changeants du marché. Et ceci, tout en identifiant les tendances quant aux compétences en demande sur le marché de l'emploi.

Du point de vue de la recherche, il serait entre autres intéressant d'étudier les ajustements du marché du travail suite à la hausse de la demande de compétences dans certains postes (par des hausses de salaire par exemple), et de vérifier si les salaires diminuent dans les occupations

exigeant des compétences ou comportant des tâches dont la demande est à la baisse. Une autre piste serait de faire le lien entre le choix de domaine d'études, le choix occupationnel subséquent, et l'ajustement de ces choix suite aux changements dans la demande de compétences telle que déduite des changements dans les salaires relatifs des différentes occupations. Enfin, il serait préférable d'étudier les tâches qui composent un emploi et leur évolution dans le temps plutôt que l'impact des changements technologiques sur le nombre d'emplois disponibles.

2.3.3 Pistes de recommandations formulées dans les rapports de projet au niveau du marché du travail

Rapport de projet	Pistes de recommandations
<p>Fonseca, Fontaine & Haeck (2021)</p> <p>Le lien entre les compétences en numératie et les rendements sur le marché du travail au Québec</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tenir compte des facteurs genre, âge, statut socioéconomique familial dans la mise en place des programmes de développement de compétences en mathématiques afin de cibler spécifiquement les femmes, les individus les plus âgés et ceux de statut socioéconomique faible. - Développer des politiques publiques visant, d'une part à diminuer la proportion d'individus détenant de très faibles compétences en numératie, et d'autre part à combler les écarts de performances entre les hommes et les femmes responsables en partie des inégalités salariales. - En référence aux travaux de Rapoport & Thibout (2018), les interventions qui visent à améliorer la perception qu'ont les filles de leurs capacités en mathématiques devraient cibler les élèves bien avant qu'ils ne choisissent leurs cours en 4e secondaire.
<p>Deutsch-Heng, Dostie, & Dufour (2022)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Être en mesure d'assurer une formation initiale et de la formation continue (en ligne, parrainée par l'employeur, autoformation, en classe) adaptée aux besoins changeants du marché.

Documenter l'évolution de la demande des compétences liées aux STIM	<ul style="list-style-type: none">- Donner un rôle informationnel aux politiques publiques pour identifier les compétences en demande et faciliter l'appariement entre les travailleurs voulant améliorer leurs compétences et les formations pertinentes.- Étudier l'ajustement du marché du travail suite à la hausse de la demande de certaines compétences dans certains postes (par des hausses de salaire par exemple), et vérifier si les salaires diminuent dans les occupations exigeant des compétences ou comportant des tâches dont la demande est à la baisse.- Faire le lien entre le choix de domaine d'études, le choix occupationnel subséquent, et l'ajustement de ces choix suite aux changements dans la demande de compétences tels que déduits des changements dans les salaires relatifs des différentes occupations- Étudier les tâches qui composent un emploi et l'évolution de ces tâches dans le temps plutôt que l'impact des changements technologiques sur le nombre d'emplois disponibles.
---	---

3 Principaux éléments à mettre en place pour construire une stratégie afin d’avoir une population ainsi que des travailleurs qualifiés en mathématiques

Considérant les recommandations qui ont été faites dans les rapports de projet de l’initiative *En Avant Math!*, nous pensons qu’afin de participer activement à la société actuelle, de comprendre les informations dans les médias, de prendre des décisions éclairées dans plusieurs aspects de la vie (santé, finance, politique, etc.), un niveau de numératie minimum est nécessaire à la population. Il est donc primordial de s’assurer que celle-ci ait d’abord accès à un système éducatif performant, mais qu’elle puisse également être adéquatement informée pour prendre des décisions éclairées. En conclusion, nous retenons 5 éléments primordiaux à l’élaboration d’une stratégie permettant d’avoir une population ainsi que des travailleurs qualifiés en mathématiques :

1. Mieux préparer les enseignantes et enseignants du primaire et du secondaire, mieux les outiller, et encourager la formation continue. En d’autres mots, revoir la formation des maîtres pour mieux les préparer.
2. Aligner les enseignements aux besoins réels du marché du travail en incluant l’enseignement de l’utilisation des outils, tel le tableur. Autrement dit, poursuivre les travaux pour bien identifier les compétences nécessaires.
3. Mieux diffuser l’information sur les probabilités de réussite, les emplois disponibles et les revenus pécuniaires et avantages non pécuniaires. Repenser les canaux d’information et les sources d’information disponibles de manière à ce qu’ils soient accessibles aux étudiants.
4. Encourager les programmes de promotion de la numératie et des mathématiques dès le jeune âge.
5. Développer des programmes de formation continue ou de formation ponctuelle afin de favoriser le développement des emplois centrés sur les mathématiques. Rappelons également l’importance de la nature interdisciplinaire de certains emplois dans le domaine des STIM, et qui requièrent des connaissances dans deux domaines ou plus, par exemple les biostatisticiens.

La rencontre du 27 septembre 2022 a permis de mettre à la même table mathématiciens, spécialistes de la didactique des mathématiques et économistes. Les échanges riches en expertises ont permis

de voir poindre des pistes de recherches à explorer. Nous avons inclus les présentations effectuées lors de cet événement en Annexe.

4 Conclusion

Le développement des talents en mathématiques devient une priorité au Québec afin de s'assurer que la province dispose des ressources humaines nécessaires à son succès. Dans cette optique, l'initiative *En avant math!* soutenue par le ministère des Finances vise à promouvoir les mathématiques et accroître la numératie dans un but de développement d'une main-d'œuvre hautement qualifiée en mathématiques pour certains domaines de pointe. Les huit projets initiés par le CRM et le CIRANO dans le cadre de cette initiative ont permis d'identifier plusieurs tendances et d'élaborer des pistes de recommandations qui aideront le gouvernement québécois à prendre les mesures nécessaires pour le développement des talents. Le présent document se veut une synthèse de ces rapports.

Nous avons constaté que le Québec est en bonne position dans les classements internationaux (TIMSS, PISA), tant pour les élèves du primaire que du secondaire, la province se démarquant au Canada par sa culture mathématique et la qualité de la formation de ses enseignants. Cependant, l'écart se creuse depuis 1995 entre le Québec et les pays les mieux classés au monde. On note aussi une pénurie d'étudiants en mathématiques, probabilité-statistique et mathématiques appliquées ainsi qu'en sciences physiques, mais une amélioration pour ce qui est des sciences informatiques. Dans les STIM, les domaines affichant les plus bas taux de représentation féminine sont le génie, les sciences appliquées et les sciences pures (Oubenaïssa & Poirier, 2021).

Nous nous sommes également penchés sur la formation des enseignants ainsi que sur le matériel qu'ils utilisent. Nous avons mis en évidence l'importance de bien préparer les futurs enseignantes et enseignants du primaire afin qu'ils possèdent les connaissances nécessaires en mathématiques au préscolaire et au primaire.

La formation initiale, les contenus et les approches sont assez similaires d'une université à l'autre. Il est à noter que peu d'universités ont développé un cours dédié spécifiquement aux méthodes pour remédier aux difficultés d'apprentissage des élèves en mathématiques au primaire. Les enseignants ont à leur disposition de nombreux livres, approuvés par le ministère, et sites internet

(Poirier 2021), mais ils auraient avantage à être mieux soutenus dans le choix du matériel qu'ils utilisent.

Il est à noter que d'autres juridictions ont également mis en place des initiatives afin de promouvoir et de valoriser les mathématiques et la numératie comme le Royaume-Uni, l'Australie et la France. L'approche *Singapore Math* apparaît comme un modèle exemplaire permettant un enseignement et un apprentissage des mathématiques d'excellence (Oubenaïssa & Poirier, 2022).

Puisque l'objectif de l'initiative *En avant math!* est, entre autres, d'assurer la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée en nombre suffisant dans les domaines des STIM au Québec, nous nous sommes également penchés sur les facteurs qui déterminent les choix des étudiants pour leur filière universitaire, en particulier dans les domaines reliés aux STIM. Nous avons constaté que les choix de filières d'études universitaires sont basés principalement sur la valeur actualisée des revenus et avantages non pécuniaires anticipés à l'issue de leurs études, leurs habiletés et les probabilités de réussite perçues, ainsi que leurs préférences individuelles pour la discipline choisie (Montmarquette, 2020). Les préférences se découvrent et s'affinent notamment avec l'expérimentation, d'où l'importance d'exposer les enfants dès le plus jeune âge aux jeux mathématiques de façon ludique et agréable (l'initiative *En avant math!* comptait également un volet de projets terrain, dont nous ne parlerons pas ici).

De plus, les informations sur les revenus et les probabilités de réussite sont également bien documentées par le gouvernement du Québec. Il est important que cette information soit bien diffusée auprès des étudiants au moment du choix de leur filière. Comme le démontrent fortement les études de Montmarquette, Vaillancourt et Milord (2021) et de Fonseca, Fontaine & Haeck (2021), le fait d'avoir poursuivi des études universitaires ainsi que le niveau de numératie ont un impact direct sur les salaires, ce qui peut influencer le choix de filières d'études des étudiants. L'estimation faite par Montmarquette, Vaillancourt et Milord (2021) des taux de rendement privés et sociaux de l'éducation, associés à divers niveaux de diplomation et domaines de spécialisation grâce aux données du recensement canadien de 2016, montre qu'il est rentable d'investir dans l'éducation universitaire de 1^{er} cycle au Québec, tant du point de vue de l'individu que de la société. Ces taux sont plus élevés pour les femmes que pour les hommes, diminuent avec l'augmentation

du niveau de scolarité, varient fortement selon la filière choisie au baccalauréat et sont généralement plus élevés dans les programmes liés aux STIM.

Au Québec, détenir des compétences élevées en numératie à l'âge adulte permet de mieux réussir sur le marché du travail, avec des taux d'emploi et des salaires plus élevés (une augmentation d'un écart-type des compétences en numératie est associée à un accroissement moyen de 21 % du salaire pour les travailleurs de 35 à 54 ans). Par ailleurs, les disparités de compétences en numératie entre les hommes et les femmes peuvent expliquer une part importante (48 %) des écarts de salaires entre ces deux groupes. Ces constats appellent à des politiques visant, d'une part à diminuer la proportion d'individus détenant de très faibles compétences en numératie, et d'autre part à combler les écarts de performances entre les hommes et les femmes, écarts en partie responsables des inégalités salariales observées. (Fonseca, Fontaine & Haeck, 2021).

Sur le marché du travail, la demande des compétences liées aux mathématiques a augmenté entre 2006 et 2016 avec les changements technologiques. Cette augmentation est plus importante pour les professions STIM ou en lien avec les STIM. Par ailleurs, les changements dans la demande de compétences induites par les avancées technologiques s'observent à l'intérieur d'occupations définies finement, plutôt que par des changements dans la structure occupationnelle. Dans le contexte actuel de pénurie de main-d'œuvre dans de nombreux secteurs au Québec, la priorité serait avant tout d'être en mesure d'assurer une formation initiale et de la formation continue adaptée aux besoins changeants du marché, en identifiant les tendances quant aux compétences en demande sur le marché de l'emploi (Deutsch-Heng, Dostie et Dufour, 2022).

Il existe actuellement un désalignement entre les concepts mathématiques enseignés au secondaire et ceux utilisés par les travailleurs STIM. Dans les manuels de mathématiques du Québec, les métiers STIM sont représentés majoritairement dans les domaines de l'arithmétique, l'algèbre et la géométrie. La statistique et la probabilité, domaines qui par ailleurs n'ont pas la faveur de certains professeurs dans leur enseignement, ne sont pas associées à ces métiers, ce qui peut donner aux élèves une vision tronquée de leur pertinence dans les carrières STIM (Savard, Cavalcante et Caprioara, 2021).

De plus ces travailleurs utilisent quotidiennement des outils technologiques incluant le tableur, la calculatrice scientifique, des logiciels de géométries dynamiques, des simulateurs de phénomènes aléatoires. L'utilisation de ces outils devrait être intégrée davantage dans la formation des élèves.

5 Références citées dans les rapports de projet *En Avant Math!*

- Acemoglu, D., & Autor, D. (2011). Skills, tasks and technologies: Implications for employment and earnings. *Handbook of Labor Economics*, 4(PART B), 1043–1171.
- Avery, C., Gurantz, O., Hurwitz, M., & Smith, J. (2018). Shifting College Majors in Response to Advanced Placement Exam Scores, *The Journal of Human Resources*, 53(4), 918-956.
- Bench, S. W., Lench, H. C., Liew, J., Miner, K., & Flores, S. A. (2015). Gender Gaps in Overestimation of Math Performance. *Sex Roles*, 72(11–12), 536–546.
- Bednarz, N. (2021). Ancrage de la didactique des mathématiques au Québec : à la recherche de sens et de cohérence. *Revue québécoise de Didactique des Mathématiques*, 3, 113-172. Consulter à l'adresse <https://rqdm.recherche.usherbrooke.ca/ojs/ojs-3.1.1-4/index.php/rqdm/article/view/67>
- Black, D. A., Haviland, A. M., Sanders, S. G., Taylor, L. J. (2008). Gender Wage Disparities among the Highly Educated. *The Journal of human resources*, 43(3), 630–65.
- Boudarbat, B. & Montmarquette, C. (2006). Choix des domaines d'études dans les universités canadiennes. Document de travail 2006 C-05. http://publications.gc.ca/collections/collection_2011/ic/Iu182-2-2006-C-05-eng.pdf
- Boudarbat, B. & Montmarquette, C. (2009). Choice of Fields of Study of University Canadian Graduates: The Role of Gender and their Parents' Education. *Education Economics*, 17(2), 185-213
- Calero, J., Murillo Huertas, I. P., & Raymond, J. L. (2019). Education, Age and Skills: An Analysis Using the PIAAC Survey. *European Journal of Education*, 54(1), 72– 92.
- Card, D., & Payne, A. A. (2017). High School Choices and the Gender Gap in STEM. In NBER Working Paper 23769. <https://doi.org/10.3386/w23769>
- Currie, J., & Thomas, D. (2001). Early Test Scores, School Quality and SES: Longrun Effects on Wage and Employment Outcomes. *Worker Wellbeing in a Changing Labor Market*, 20, 103–132.
- Dustmann, C., Rajah, N., & Van Soest, A. (2003). Class Size, Education, and Wages. *The Economic Journal*, 113(485), F99–F120.
- Fredriksson, P., Öckert, B., & Oosterbeek, H. (2013). Long-Term Effects of Class Size. *The Quarterly Journal of Economics*, 128(1), 249–285.
- Green, D. A., & Riddell, W. C. (2001). Les capacités de lecture et de calcul et la situation sur le marché du travail au Canada (Issue 89). <https://www150.statcan.gc.ca/n1/fr/pub/89-552-m/89-552-m2001008-fra.pdf?st=ZTJM7kTv>
- Griffith, A. L. (2010). Persistence of women and minorities in STEM field majors: Is it the school that matters? *Economics of Education Review*, 29(6), 911–922.

- Hango, D., Zarifa, D., Pizarro Milian R., & Seward, B. (2019). Roots and STEMS? Examining field of study choices among northern and rural youth in Canada, *Studies in Higher Education*, 1-31.
- Hanushek, E. A., & Woessmann, L. (2008). The Role of Cognitive Skills in Economic Development. *Journal of Economic Literature*, 46(3), 607–668.
- Kahn, S., & Ginther, D. (2017). Women and STEM. *NBER Working Paper 23525*.
<http://www.nber.org/papers/w23525>
- Joensen, J. S., & Nielsen, H. S. (2009). Is there a Causal Effect of High School Math on Labor Market Outcomes? *Journal of Human Resources*, 44(1), 171–198.
- Lemoyne, G. (1996). « La recherche en didactique des mathématiques au Québec : rétrospectives et perspectives », *Bulletin de l'AMQ*, 36(3), p. 31-40.
- Levine, P. B., & Zimmerman, D. J. (1995). The Benefit of Additional High-School Math and Science Classes for Young Men and Women. *Journal of Business and Economic Statistics*, 13(2), 137–149.
- McIntosh, S., & Vignoles, A. (2001). Measuring and Assessing the Impact of Basic Skills on Labour Market Outcomes. *Oxford Economic Papers*, 53(3), 453–481.
- Ministère de l'Éducation du Québec. (2006). Programme de formation de l'école québécoise : éducation préscolaire, enseignement primaire ministère de l'Éducation.
<https://numerique.banq.qc.ca/patrimoine/details/52327/55029?docref=fUdUoeCjqvQ93cSJIAS3YQ>
- Mouganie, P., & Wang, Y. (2020). High-Performing Peers and Female STEM Choices in School. *Journal of Labor Economics*, 38(3), 805-841.
- OCDE (2000). Measuring Student Knowledge and Skills: A New Framework for Assessment. Publications 2000. © OECD 1999.
<https://www.oecd.org/education/school/programmeforinternationalstudentassessmentpisa/33693997.pdf>
- OCDE. (2013). *Perspectives de l'OCDE sur les compétences 2013 : Premiers résultats de l'Évaluation des compétences des adultes*. Éditions OCDE,
<http://dx.doi.org/10.1787/9789264204096-fr>
- Papay, J.P., Murnane, R.J. & Willett, J.B. (2011). How Performance Information Affects Human-Capital Investment Decisions: The Impact of Test-Score Labels on Educational Outcomes. NBER Working Paper, 17120.
- Rapoport, B., & Thibout, C. (2018). Why do Boys and Girls Make Different Educational Choices? The Influence of Expected Earnings and Test Scores. *Economics of Education Review*, 62, 205–229.

Rose, H., & Betts, J. R. (2004). The Effect of High School Courses on Earnings. *Review of Economics and Statistics*, 86(2), 497–513.

Steen, L.A. (2001). Mathematics and Numeracy. Two Literacies, One Language. *The Mathematics Educator*, 6(1), 10-16.

Villani, C. & Torossian, C. (2018). Les 21 mesures pour l'enseignement des mathématiques. https://www.academia.edu/36699586/Rapport_Villani_Torossian_21_mesures_pour_enseignement_des_mathematiques