

Sous la direction scientifique de
Nathalie de Marcellis-Warin – Benoit Dostie
Sous la coordination de
Genevieve Dufour

Le Québec **9** économique

**Perspectives et défis
de la transformation
numérique**

Chapitre 7

**POINT DE VUE SUR L'IMPORTANCE DES
MATHÉMATIQUES ET DE LA NUMÉRATIE
POUR LE QUÉBEC**

LUC VINET



Chapitre 7

POINT DE VUE

L'IMPORTANCE DES MATHÉMATIQUES ET DE LA NUMÉRATIE POUR LE QUÉBEC

Luc Vinet

Directeur du Centre de recherches mathématiques (CRM)
de l'Université de Montréal, chercheur et fellow au CIRANO

Ce texte est dédié à Alexandra Filipescu.

Résumé

Deux sujets intimement liés, la numératie et la recherche mathématique, sont discutés. La première est présentée comme l'une des pierres de touche essentielles à la formation et à la culture de nos concitoyens et au développement concurrentiel du Québec. Par la suite, un argumentaire soulignant l'importance économique et générale de la recherche mathématique est offert. Le Québec est fort bien servi à ces deux égards par l'initiative « En avant math! » et le CRM respectivement, et, pour cette raison, ces deux organisations méritent tout le soutien possible pour le positionner stratégiquement.

Introduction

C'est avec un certain sentiment d'imposture que je me mets à écrire ce texte en réponse à l'invitation qui m'a été faite d'offrir un point de vue sur l'importance des mathématiques dans le cadre de cette édition de l'ouvrage *Le Québec économique*, édité par le CIRANO, et qui porte cette année sur la transformation numérique. Mon domaine est celui de la physique mathématique et je n'ai aucune expertise en sciences économiques. Mes propos seront donc ceux d'un praticien qui a été *provost* (vice-recteur) de l'Université McGill et recteur de l'Université de Montréal, et qui a le privilège de diriger le Centre de recherches mathématiques (CRM) de l'Université de Montréal, un centre qui, fort d'une tradition de plus de 50 ans, fait partie de l'élite internationale des instituts de recherches en sciences mathématiques. Le CRM a été, au fil des ans, l'instigateur de plusieurs initiatives structurantes, dont Mitacs et, plus récemment, en collaboration avec le CIRANO, « En avant math! ».

Je discuterai principalement de deux sujets reliés : l'importance de la numératie et celle des mathématiques. J'entendrai par « recherche mathématique », pour faire court, « recherche en sciences mathématiques ». Pour ce qui est de la numératie, j'adopterai la définition de l'encyclopédie Wikipédia, qui se lit comme suit : « Capacité à utiliser, à appliquer, à interpréter, à communiquer, à créer et à critiquer des informations et des idées mathématiques de la vie réelle »; aussi, « tendance d'un individu à réfléchir mathématiquement dans différentes situations professionnelles, personnelles, sociales et culturelles » (Wikipédia, 2020a).

L'avènement fracassant de l'apprentissage profond et plus généralement de l'intelligence artificielle a beaucoup contribué à faire apprécier le rôle transformateur de certaines avancées en sciences mathématiques et leurs impacts sur différents aspects individuels et collectifs de nos vies. De plus en plus de gens réalisent que les mathématiques sont partout. La crise de la COVID-19 a mis à l'avant-scène de notre quotidien la notion de courbe (exponentielle) et a sensibilisé une fraction importante de la population de la planète à l'importance des données, de leur analyse statistique et de la modélisation de phénomènes comme la propagation de virus. Ces développements ont aussi fait prendre conscience, peut-être avec plus d'acuité que jamais, combien nécessaire est cette numératie, cette maîtrise du numérique, pour s'inscrire dans le futur de nos sociétés, y prendre une part

active et le façonner. Ces constatations ont pour corollaires de nombreux défis en éducation, en recherche et innovation, en stratégie industrielle, en éthique et en diplomatie. De l'orchestration de tout cela et de la façon dont ces défis seront relevés dépendra considérablement notre développement collectif.

La section qui suit portera sur l'importance de la numératie sur les plans individuel et sociétal. La suivante sera consacrée à l'importance de la recherche mathématique. Enfin, la dernière section, témoignant de biais que j'assume, offrira quelques suggestions d'actions à entreprendre dans le cadre d'une stratégie québécoise sur « le numérique ». Si je peux présomptueusement me permettre une métaphore économique inspirée d'un échange avec mon collègue Claude Montmarquette, pour me résumer, je pourrais dire que consommation, production, investissement et rendement seront à la clé de mon point de vue. Pour ce qui est de promouvoir la numératie et les mathématiques, il s'agira d'étayer le plaisir qu'il y a respectivement à consommer et à produire des mathématiques. Quant aux efforts à consentir, l'on fera valoir que le rendement sur les investissements est extraordinaire, et ce, tant sur le plan individuel que collectif.

Numératie

Importance individuelle

Les avantages de la numératie pour les individus sont manifestes, de nature diverse en emploi comme dans la vie personnelle, et largement documentés. Offrons-en un survol rapide.

Les bénéfices économiques sont largement validés. Les connaissances mathématiques sous-tendent des compétences recherchées qui se traduisent par une rémunération conséquente (OCDE, 2016). On peut penser que l'habileté à manier les outils informatiques sera précieuse dans un marché de l'emploi post-COVID-19 qui sera transformé par les expériences de télétravail. Elle s'avérera bien utile aussi dans le quotidien, par exemple afin d'avoir accès de manière efficace à la télémédecine.

Au-delà des connaissances, la pratique des mathématiques sur tous les plans confère des qualités qui seront vraisemblablement parmi les plus demandées par les employeurs, à savoir la capacité d'apprendre, d'affronter

des situations nouvelles et de décider. Telles sont les observations des rapports de la RBC (2018) et de Mitacs (2020). Les mathématiques jouent un rôle que le latin a pu remplir autrefois : elles servent de gymnastique pour le développement de l'esprit. Il est bien connu que l'entraînement à appliquer les mathématiques pour résoudre des problèmes est de nature à accroître la facilité à faire des analyses et à affûter le sens critique, qui repose sur la méthode scientifique et les données probantes. Cela impose une discipline intellectuelle et une structuration du raisonnement. Cette formation rend aussi les citoyens susceptibles d'utiliser optimalement les nouvelles technologies et de mieux comprendre les politiques publiques fondées sur l'expertise scientifique comme les campagnes de vaccination. Cette familiarité avec les mathématiques aiguise aussi le sens stratégique en ce qu'elle aura établi l'habitude d'élaborer un plan pour accomplir des tâches.

La numératie donne aussi confiance en soi, puisqu'elle offre le sentiment d'être équipé pour comprendre et réaliser. Ici, cependant, j'en ai contre une confiance qui serait fondée sur le sentiment d'avoir cette « bosse des maths » que d'autres n'ont pas. Je suis en désaccord avec l'utilisation des mathématiques comme matière servant à différencier et à orienter les jeunes.

Il serait faux d'affirmer que les cours de mathématiques ne peuvent pas être compris par tous les élèves. Cela ne saurait être acceptable dans la mesure où l'on vient d'expliquer que les mathématiques sont importantes pour tout le monde. L'attitude générale vis-à-vis de cette matière devrait prendre ce parti. Il est sûr, néanmoins, que l'enseignement des mathématiques a ses exigences. Le défi principal, à mon sens, tient au fait que les mathématiques constituent un édifice à plusieurs étages que l'on commence à construire en bas âge. S'il arrive qu'un étage ait été un peu négligé, il devient difficile d'aller plus haut. Il importe alors d'être vigilant à chaque étape et de n'en brûler aucune.

Enseignants et élèves doivent s'imposer d'avoir les idées claires, et si un décalage s'opère entre eux, il y a nécessité de se ressaisir et de trouver le moyen d'optimiser l'ensemble des ressources disponibles pour ce faire. Une chose fort importante à cet égard est d'instiller le plaisir de « consommer » des mathématiques et de mettre en évidence l'aspect ludique de cette matière. Rares sont ceux qui n'aiment pas jouer à des jeux vidéo ou de société, or, ceux-ci, typiquement, ont, comme les mathématiques, une

dimension d'analyse et de raisonnement. Un des problèmes de l'enseignement des mathématiques est que, trop souvent, l'on évacue le plaisir. La base générale devrait être la suivante : on apprend les règles et on joue au jeu. L'Association québécoise des jeux mathématiques¹ est une ressource remarquable à cet égard. Je souhaite que l'on cesse de démobiler des jeunes en disant : « Je n'avais pas la bosse des mathématiques », car on l'a tous, cette bosse. Puisque j'en suis à parler d'éducation, tout imbu que je suis de l'importance de la numératie, je trouve aberrant que l'on doive choisir, en quatrième secondaire, entre l'histoire et les sciences. Je pourrais discuter longuement là-dessus ; je me limiterai à dire que je considère que l'on ne saurait bien éduquer les jeunes sans s'appuyer solidement sur ces socles de la culture humaine que sont les lettres, l'histoire, les sciences et les mathématiques, et que l'on devrait songer à établir des liens dans le cursus entre toutes ces matières. Par ailleurs, passer ici sous silence l'enjeu du décrochage scolaire et ceux de la diversité et de l'inclusion serait une grave erreur ; j'y reviendrai plus loin.

Un autre apport non négligeable de la numératie sur le plan personnel est l'enrichissement culturel qu'elle induit. Celle-ci permet de suivre les développements scientifiques, mais aussi d'être sensible à la beauté que l'on trouve, par exemple, sous forme géométrique ou arithmétique dans la nature ou encore dans l'architecture, dans la poésie et dans la musique.

Avec l'intérêt de ses citoyens à l'esprit, le Québec devrait donc ambitionner d'être une société qui se distingue par son niveau élevé de numératie. Pour ce faire, il est nécessaire de mettre en place des méthodes et des mécanismes appropriés pour informer les citoyens et leur permettre de développer leur motivation vis-à-vis des mathématiques. Il faut saluer les différentes initiatives déjà mises de l'avant et s'employer à les soutenir, à les élargir et à les coordonner. L'organisation « En avant math ! », dont nous parlerons plus loin, est une initiative instaurée pour prendre part à ces efforts dans un esprit collaboratif ; elle a pour ambition d'aider à leur croissance.

Importance sociétale

On connaît les besoins de main-d'œuvre majeurs qui affectent présentement le Québec. Il s'agit d'un problème complexe et, dans plusieurs cas, les emplois à pourvoir ne requièrent pas une formation avancée. Faudrait-il

pour autant minimiser l'importance de la numératie dans l'élaboration de stratégies ? Ce serait, je crois, fort hasardeux. Dans un rapport de l'Institute for the Future publié par Dell Technologies (2019), il est prédit que 85 % des emplois qui existeront en 2030 n'ont pas encore été inventés ! On peut prendre ces prédictions avec un grain de sel, mais il est très plausible, comme je l'ai déjà mentionné, que la capacité d'apprendre aura probablement plus de valeur que les connaissances acquises. Il est donc avisé, dans cette perspective, de préparer les générations montantes en développant solidement chez celles-ci une telle agilité par la pratique des mathématiques qui sont, de surcroît, la pierre d'assise des développements à venir. Au vu des bouleversements du travail et de la technologie, le rapport *Assemblage requis : compétences en STGM et productivité économique du Canada* (Conseil des académies canadiennes, 2016) tire les mêmes conclusions et recommande des investissements soutenus et à long terme en numératie, et ce, depuis la maternelle jusqu'au secondaire.

On sait, d'une part, que la demande de personnel hautement qualifié en technologies de l'information est immense, et ce, depuis longtemps. Les études abondent à cet égard. Tous ces emplois requièrent évidemment de solides habiletés mathématiques. La carence endémique met un frein au développement d'un secteur porteur et limite du coup les retombées bénéfiques pour toute la population. Il en va de même pour la plupart des grappes industrielles du Québec. Le cas de l'intelligence artificielle est aussi très frappant. Nous avons, au Québec, comme on sait, certains chefs de file mondiaux de ce domaine effervescent aux applications multiples. Des compagnies ont été créées et de grandes sociétés multinationales se sont installées pour se coller à ces innovateurs. Pourrons-nous maintenir l'avantage unique conféré par nos succès en recherche si le pipeline de matière grise ne suffit pas à alimenter ces entreprises ? Resteront-elles au Québec dans ce cas ? Des moyens palliatifs à court et à moyen termes s'imposent. Diverses organisations, dont IVADO et SCALE AI, se penchent sur des solutions pour l'immédiat. Une croissance générale de la numératie au Québec est requise à cet égard au cours de la prochaine décennie.

D'autre part, les mathématiques sont devenues omniprésentes. On sait bien qu'elles constituent le langage des sciences et des domaines quantitatifs, mais elles se présentent aujourd'hui dans des champs d'activité où l'on n'aurait pas a priori soupçonné leur pertinence ou même leur caractère essentiel. Et ce sera encore plus vrai demain. Mentionnons, par exemple, le domaine des arts, pensons à la SAT, chez nous, aux archives et à l'histoire,

à l'analytique du sport, à la sécurité, à l'écologie, à la biologie, à l'aviation et j'en passe. Le Australian Mathematical Sciences Institute (AMSI), que l'on devrait émuler, fait un travail remarquable pour communiquer l'importance de la formation mathématique à l'école à partir du secondaire, et il a décrit, dans un document vraiment bien fait, une multitude d'occupations pour lesquelles, de manière manifeste ou méconnue, la numératie est de mise (AMSI, 2019). Ce même AMSI poursuit un programme intitulé *CHOOSEMATHS* (en français : « Choisissez les maths ») qui a pour objectif de modifier la perception des mathématiques afin de revigorer, en Australie, l'intérêt et la motivation pour l'étude de celles-ci et de développer le pipeline mathématique allant de l'école à l'université puis vers l'industrie et le milieu du travail. Ainsi a-t-on vu, à Melbourne, à Sydney et à Perth, des autobus et des tramways peints aux couleurs de *CHOOSEMATHS* (AMSI, 2017), de même qu'à travers le pays, le long des routes, de grands panneaux publicitaires (Cheng, s.d.) avec des modèles de personnes jouant le rôle d'ambassadeurs du programme indiquant qu'elles ont « choisi les maths ». À quand une campagne similaire au Québec ?

La responsabilité des gouvernements d'assurer le bien-être d'une société doit s'appuyer sur l'optimisation de la qualité de vie des individus qui la composent. Au vu des avantages personnels que procure la numératie, son développement collectif ne peut pas dès lors être un choix, il s'agit d'une responsabilité sociale et il est impératif que ce développement se fasse sur une base d'équité et de justice et porte une attention spéciale aux personnes défavorisées.

De plus, en ce qui a trait à la diversité et à l'inclusion, il est aussi important d'accroître le niveau de numératie des Noirs, des Autochtones et de toutes nos minorités. Les efforts ne sont actuellement pas à la hauteur. L'intégration de tous nos concitoyens dans ce mouvement d'élévation s'impose tant sur une base d'équité que pour assurer la contribution de tous au progrès social.

Le taux de participation des femmes à l'« économie numérique » est aussi très insatisfaisant. On estime que moins de 20 % des emplois basés sur les sciences, les technologies, l'ingénierie et les mathématiques sont occupés par des femmes. Force est de croire que cet effet systémique est le résultat de préjugés insidieux. Il faut s'attaquer vigoureusement à ce biais préoccupant qui nous prive malheureusement d'apports critiques.

Bref, à l’instar des sociétés qui se sont démarquées par un haut niveau culturel, un Québec qui saura accroître son niveau de numératie tout en résolvant vaillamment ces derniers problèmes se sera doté d’un avantage important sur la scène mondiale.

Recherche mathématique

Importance économique

Plusieurs études produites récemment font état de l’impact grandissant des mathématiques sur les économies nationales. Je mentionnerai ici quelques-unes de ces constatations. Un rapport produit par le National Research Council américain, intitulé *The Mathematical Sciences in 2025* (2013), indique que la recherche mathématique devient de plus en plus une composante intégrale et essentielle des avancées dans un ensemble grandissant de champs tels la biologie, la médecine, les sciences sociales, les affaires, le climat, la finance, les nouveaux matériaux, etc. Il y est observé que toutes ces activités sont cruciales pour la croissance économique, la compétitivité et la sécurité nationale. Jean-Pierre Bourguignon, alors président du Conseil européen de la recherche, abondait dans le même sens dans une entrevue offerte en 2014 et intitulée « Un nouvel âge d’or pour les mathématiques en entreprise ? » (Bourguignon, 2014). Une étude menée par CMI a aussi conclu : « Nos travaux démontrent l’impact socio-économique fort des mathématiques en France, comparable aux pays voisins : 9 % des emplois impactés (versus 10 % pour le Royaume-Uni, 11 % pour les Pays-Bas), emplois à forte valeur ajoutée (15 % du PIB français versus 16 % pour le Royaume-Uni), emplois davantage porteurs de croissance (+0,9 % pour les emplois fortement impactés par les mathématiques vs 0,5 % pour la moyenne française) » (CMI, 2015). Les chiffres fournis pour le Royaume-Uni se trouvent dans le dossier réalisé par Deloitte (2012) pour l’Engineering and Physical Sciences Research Council (EPSRC), le bailleur de fonds britannique de la recherche.

Importance intrinsèque de la recherche mathématique

Il y a consensus, à l'évidence, sur l'importance et l'impact des mathématiques pour ce qui est de ses applications telles la formule de Black-Scholes pour l'évaluation d'options ou le système de cryptographie inventé par Rivest, Shamir et Adleman (RSA), sur lequel repose toute la sécurité bancaire. Toutefois, un examen des activités des mathématiciens professionnels à travers le monde pourrait donner l'impression que les recherches d'un grand nombre de ceux-ci ne sont pas très importantes. On noterait qu'en général, les articles de ces chercheurs ont relativement peu de citations étant donné le très haut niveau de spécialisation. Pour fin d'illustration, je vous pose la question : quelle fraction d'entre vous, lecteurs de cet article, pourrait énoncer un théorème démontré il y a moins de 50 ans, en particulier si l'on exclut celui de Fermat? Ou encore : vous empressez-vous de demander à un ami mathématicien de vous expliquer ses derniers résultats lors de rencontres sociales? Dans les faits, la plupart des mathématiciens ne travaillent pas sur des problèmes avec des applications directes, et cela est vrai même pour ceux qui s'intéressent à des sujets apparemment utiles. Prétendre que ce n'est pas le cas pour dire que la recherche mathématique est importante serait fallacieux. Suis-je alors en train de torpiller mon plaidoyer en faveur des mathématiques? Non. Ce n'est pas parce qu'individuellement le mathématicien typique n'a pas comme première motivation d'être utile que les mathématiques prises comme un tout ne sont pas extrêmement utiles. Mon propos est précisément d'éviter le piège de réduire ou d'asservir la recherche mathématique à ses applications. Je veux affirmer que cette recherche mathématique est importante de façon holistique même si elle semble comprendre des dimensions apparemment superflues.

Une première évidence, la recherche mathématique coûte peu si l'on compare, par exemple, aux sciences expérimentales, et, comme en attestent les études citées au début de cette section, le rendement sur ces investissements est fantastique. S'ajoute à cela le fait que les personnes impliquées dans la recherche mathématique forment aussi quantité d'élèves brillants qui utiliseront leur formation pour contribuer à l'économie mondiale.

Pas de doute, les mathématiques sont importantes. Néanmoins, un ministre des Finances soucieux de réduire ses dépenses pourrait se demander s'il ne pourrait pas obtenir les mêmes bénéfices à des coûts

encore moindres en éliminant le financement de la recherche dans ce domaine « inutile ». Timothy Gowers, médaillé Fields et professeur à la University of Cambridge, répond de manière magistrale à ce ministre dans une conférence intitulée justement « The Importance of Mathematics », et prononcée à l'occasion des fêtes du millénaire du Clay Mathematics Institute of Cambridge. Il indique avec conviction les nombreux sophismes sur lesquels repose une telle proposition en illustrant sa présentation de pépites mathématiques judicieusement choisies. Je vous en recommande fortement l'écoute² et me permettrai de résumer quelques-uns des thèmes qu'il aborde.

Tout d'abord, il est illusoire de penser pouvoir déterminer les domaines qui seront porteurs de retombées économiques. Je rappellerai que les travaux sur les réseaux neuronaux qui ont conduit aux percées retentissantes en apprentissage profond ont longtemps été perçus comme étant inutiles. Mais ne pourrions-nous pas éliminer ce qui a peu de chance d'aboutir à quelque chose ? Erreur encore, car les progrès dans la résolution de problèmes compliqués sont parfois rendus possibles par des emprunts d'idées ou de méthodes associés à des domaines très différents. Ainsi ai-je pu moi-même prouver une conjecture fameuse en combinatoire algébrique par la résolution de la dynamique quantique d'un modèle à plusieurs corps. Cette richesse des connexions entre divers domaines mathématiques est fascinante et précieuse. Gowers fait un parallèle entre l'idée de purger les mathématiques de ses parties jugées moins utiles et celle d'éliminer des entrées d'une encyclopédie ou les livres d'une bibliothèque qui sont moins utilisés. Les dommages que cela occasionnerait aux parties considérées plus utiles des mathématiques se comparent à l'appauvrissement de l'encyclopédie ou de la bibliothèque à la suite de ces retraits. De plus, s'il arrive que des problèmes très différents soient reliés, on voit aussi des situations où des problèmes qui semblent distincts sont en fait le même problème, et où la solution obtenue, dans un cas possiblement moins utile, peut être transférée à un autre peut-être très important. Pour prendre un exemple de ce type parmi mes travaux : j'ai montré et exploité récemment la correspondance entre l'étude de l'intrication de chaînes de fermions et la limitation en temps et fréquences de signaux.

Il importe aussi de dire que les connaissances méritent d'être développées pour leur valeur intrinsèque. C'est souvent à cette aune que les sociétés sont jugées. Jean Dieudonné, l'un des membres du groupe Nicolas Bourbaki, a intitulé *Pour l'honneur de l'esprit humain*³ son livre sur

l'histoire des mathématiques. J'aime beaucoup ce titre qui reflète bien l'importance humaniste de l'entreprise mathématique. Il est, en fait emprunté, à une phrase de Jacobi dans une lettre à Legendre en 1830. Dans cette perspective, la recherche mathématique a souvent comme moteur une quête de la beauté.

Une appréciation de celle-ci est généralement déterminante dans la résolution de problèmes en ce qu'elle permet de définir ou de rejeter des plans d'attaque sur la base de leur élégance. On a typiquement le sentiment fort qu'on est sur la bonne voie quand les résultats qui se dégagent sont beaux. Si les mathématiques ne se résument qu'à la résolution de problèmes, avec le temps, celles-ci deviendraient de plus en plus chaotiques et opaques. Or, il arrive régulièrement que la reconnaissance de similarités entre des sujets disparates permette de les réunir dans une théorie plus générale qui accroît notre compréhension et permet de faire de nouvelles découvertes. Le succès à décrire ainsi la complexité de manière simple et non triviale est l'une des sources des réactions esthétiques dont je parle, et cela illustre pourquoi il y a une grande corrélation entre les mathématiques qui sont belles et celles qui sont importantes. Cette beauté se manifeste aussi, pour reprendre les mots du prix Nobel Eugene Wigner, dans « l'efficacité déraisonnable des mathématiques en sciences naturelles » (Wigner, 1960), qui permettent, par exemple, de décrire des phénomènes comme les trous noirs et les ondes gravitationnelles par la géométrie de l'espace-temps. C'est ce qui a passionné le jeune homme que j'étais au cégep, et cette fascination demeure aujourd'hui toujours aussi vive. Créer de la beauté et s'en imbiber élève l'âme ; nous avons aussi le devoir de permettre au plus grand nombre, jeunes et moins jeunes, d'apprécier cette plénitude dans les expressions naturelles, artistiques et mathématiques de la beauté.

Conclusion : deux grands chantiers pour le Québec

L'avenir est mathématique

Quel est le futur des mathématiques ? Brillant, à n'en pas douter, mais la question, d'intérêt, porte plus loin. Elle a été posée régulièrement dans le passé. Souvent, elle est motivée par la volonté de repérer des problèmes particulièrement difficiles dont la solution pourrait entraîner un changement

de paradigme ; ainsi a-t-on eu le programme d'Erlangen de Klein (Wikipédia, 2020b), les problèmes de Hilbert (Wikipédia, 2020c), le programme de Langlands (Wikipédia, 2020d) (ce dernier étant un ami du CRM), ou encore, récemment, les problèmes du prix du millénaire (Clay Mathematics Institute, s.d.) pour la solution desquels l'institut lui-même vous donnera un million de dollars.

Par ailleurs, s'il est toujours périlleux de tenter de prédire l'avenir, on sait qu'au fil des siècles, les mathématiciens se sont toujours employés à élargir leur discipline, de manière à pouvoir attaquer différentes questions prégnantes. Je prends pour exemple l'initiative « Mathématiques de la planète Terre », lancée par Christiane Rousseau et le CRM, qui est devenue un mouvement mondial visant à mobiliser les mathématiciens vis-à-vis des grands défis environnementaux auxquels notre planète fait face. Ainsi pouvons-nous penser, avec Keith Devlin, de Stanford, que les « mathématiques de 2100 » (Devlin, s.d.) seront largement façonnées par la société elle-même dans une actualisation de l'incessant questionnement de l'humanité pour tenter de répondre aux questions du célèbre tableau de Gauguin *D'où venons-nous? Que sommes-nous? Où allons-nous?* (Wikipédia, 2020e). Autant de raisons d'épouser les mathématiques!

À ce point-ci, j'espère avoir mis de l'avant des arguments suffisamment convaincants pour que l'on convienne qu'il est important : 1. de soutenir vigoureusement la recherche en sciences mathématiques en donnant davantage de visibilité aux organisations qui la servent, tel le CRM, et 2. de se donner et de réaliser des objectifs très ambitieux à l'égard de la numératie ; en cela, l'initiative « En avant math ! » devrait être pérennisée. Il s'agit là d'un vaste programme et il y a tout un plan à développer pour ce faire.

Le Centre de recherches mathématiques (CRM)

Le Québec est doté d'un institut en sciences mathématiques parmi les meilleurs au monde : le CRM⁴. Il regroupe les forces vives en recherche mathématique de tout le Québec et compte quelque 300 chercheurs répartis en 13 laboratoires. Ses travaux portent sur les mathématiques pures et appliquées, la physique théorique, la statistique, l'informatique théorique, la biologie mathématique et j'en passe. Il organise (normalement) une trentaine de réunions scientifiques chaque année et reçoit annuellement

plus de 2000 visiteurs. Il fait partie du club sélect des instituts financés par la fondation Simons et il est l'hôte d'une unité du CNRS français. Le CRM est une locomotive qui a réalisé quantité d'initiatives qui ont structuré la recherche au Québec et au Canada; comme je l'ai déjà mentionné, il est à l'origine de Mitacs et aussi de Calcul Québec, par exemple.

Son financement en provenance des organismes subventionnaires du Québec et du Canada n'a pas bougé depuis 10 ans et s'est donc érodé en raison de l'inflation et de l'augmentation des salaires. Il faut trouver de meilleures façons de faire pour permettre au CRM de livrer tout son potentiel et d'être mieux connu du public afin de servir cet objectif de promotion de la numératie. Les pouvoirs publics sont en mesure de jouer un rôle primordial dans cette entreprise de valorisation.

« *En avant math!* »

Le CRM et le CIRANO ont récemment invité le gouvernement du Québec à mettre sur pied une organisation qui, à l'instar de l'AMSI dont j'ai parlé à la section traitant de la numératie, aurait pour mission d'œuvrer en collaboration avec tous les acteurs déjà mobilisés pour un accroissement radical de la numératie au Québec par l'entremise de tous les ordres d'enseignement.

Nous nous réjouissons grandement que le gouvernement ait répondu positivement à notre proposition en finançant pour trois ans le projet pilote appelé « *En avant math!*⁵ », sous l'égide duquel des études fort pertinentes sont réalisées et des actions sont lancées sur le terrain à la suite d'appels de projets.

Fort de ces succès et dans la foulée des recommandations des experts qui, toutes, convergent sur la nécessité de soutenir fortement et à long terme la numératie, il serait approprié de prévoir dès maintenant la consolidation d'« *En avant math!* » en tant qu'organisation stable.

Conclusion

Je terminerai en indiquant que les deux sujets dont j'ai traité, la recherche mathématique et la numératie, sont intimement liés. Une croissance de cette dernière est bien évidemment de nature à susciter des vocations de chercheurs et la familiarité avec des modèles de rôle aura l'effet de créer

plus d'intérêt pour la culture mathématique et la numératie. Je nous invite à entretenir ce cercle vertueux et à devenir des champions des mathématiques et de la numératie!



Références

AMSI. (2017, août). *CHOOSEMATHS careers ambassadors hit the tracks*. Repéré à : <https://choosemaths.org.au/2017/08/08/choosemaths-careers-ambassadors-hit-tracks/>.

AMSI. (2019). *Careers Guide*. (22^e édition). Repéré à : <https://careers.amsi.org.au/wp-content/uploads/sites/59/2019/06/mathsadds.pdf>.

Bourguignon, J.-P. (2014, décembre). Un nouvel âge d'or pour les mathématiques en entreprise ? *La â une et la Rouge*. Repéré à : <https://www.lajauneetlarouge.com/wp-content/uploads/2014/12/700-page-060-063.pdf>.

Cheng, M. (s.d.). *Choose Maths*. Repéré à : <https://www.maritacheng.com/202-choose-maths.html?tmpl=component&type=raw>.

Clay Mathematics Institute. (s.d.). *Millenium problems*. Repéré à : <https://www.claymath.org/millennium-problems>.

CMI. (2015, mai). *Étude de l'impact socio-économique des mathématiques en France. Synthèse*. Repéré à : https://www.agence-maths-entreprises.fr/public/docs/faits-marquants/eisem/eisem20150527_Etude_de_l_Impact_SocioEconomiQue_des_Mathematiques_en_France_synthese_v1.4.pdf.

Conseil des académies canadiennes. (2016). *Assemblée requis : compétences en STGM et productivité économique du Canada*. Repéré à : https://rapports-cac.ca/wp-content/uploads/2018/10/stem_fullreport_fr_cip.pdf.

Deloitte. (2012, novembre). *Measuring the economic benefits of mathematical science research in the UK: Final report*. Repéré à : <https://epsrc.ukri.org/newsevents/pubs/deloitte-measuring-the-economic-benefits-of-mathematical-science-research-in-the-uk/>.

Devlin, K. (s.d.). *What will count as mathematics in 2100?* Repéré à : https://web.stanford.edu/~kdevlin/Papers/Math_in_2100.pdf.

Institute for the Future (2019). *Future of work: Forecasting emerging technologies' impact on work in the next era of human-machine partnerships*. Dell Technologies. Repéré à : https://www.delltechnologies.com/content/dam/digitalassets/active/en/unauth/industry-reports/solutions/realizng_2030_future_of_work_report_dell_technologies.pdf.

Mitacs. (2020, juin). *Compétences futures du personnel hautement qualifié : cartographie des défis*. Repéré à : https://www.mitacs.ca/sites/default/files/uploads/newsroom/skills_policy_paper_fr_2.pdf.

National Research Council. (2013). *The Mathematical Sciences in 2025*. The National Academies Press. doi.org/10.17226/15269

L'importance des mathématiques et de la numératie pour le Québec

OCDE. (2016). *L'importance des compétences. Nouveaux résultats de l'évaluation des compétences des adultes*. OCDE. Repéré à : <https://www.oecd.org/fr/competences/piaac/Limportance-des-competences-principaux-resultats.pdf>.

RBC. (2018, mars). *Humains recherchés. Facteurs de réussite pour les jeunes Canadiens à l'ère des grandes perturbations*. Repéré à : <https://leadershipavise.rbc.com/humains-recherches-facteurs-de-reussite-pour-les-jeunes-canadiens-lere-des-grandes-perturbations/>.

Wigner, P. E. (1960). The unreasonable effectiveness of mathematics in the natural sciences. *Communications on Pure and Applied Mathematics*, 13, 1-14. Repéré à : https://www.physik.uni-muenchen.de/lehre/vorlesungen/wise_12_13/r_rechenmethoden/skript/PDFS/Wigner-Unreasonable-Effectiveness-of-Mathematics.pdf.

Encyclopédie Wikipédia

Numératie. (2020a, 23 septembre). Dans *Wikipédia*. Repéré à : <http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Num%C3%A9ratie&oldid=174650101>.

Programme d'Erlangen. (2020b, 20 septembre). Dans *Wikipédia*. Repéré à : http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Programme_d%27Erlangen&oldid=174873778.

Problèmes de Hilbert. (2020c, 20 septembre). Dans *Wikipédia*. Repéré à : http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Probl%C3%A8mes_de_Hilbert&oldid=174885889.

Programme de Langlands. (2020d, 16 juin). Dans *Wikipédia*. Repéré à : http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Programme_de_Langlands&oldid=172060875.

D'où venons-nous ? Que sommes-nous ? Où allons-nous ? (2020e, 16 mai). Dans *Wikipédia*. Repéré à : http://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=D%27o%C3%B9_venons-nous_%3F_Que_sommes-nous_%3F_O%C3%B9_allons-nous_%3F&oldid=170934011.

Notes

1. Pour en apprendre davantage sur cette association sous l'égide de l'Université Laval, consulter son site Web : [https://aqjm.fsg.ulaval.ca/accueil/?no_cache=1].
2. Pour voir la présentation, aller à : <https://www.youtube.com/watch?v=YoL3LfY3ogg>
3. On peut télécharger quelques extraits de ce texte, dont l'un sur l'inutilité, sur le site suivant : <http://www.normalesup.org/~sage/Reflexions/Maths/JDhonneur.pdf>.
4. Pour plus d'information, consulter son site Web : <http://www.crm.umontreal.ca/fr/index.shtml>.
5. Pour en apprendre davantage sur « En avant math! », consulter son site Web : enavantmath.org.