

STRATÉGIE DE MISE À NIVEAU TECHNOLOGIQUE DES ENTREPRISES QUÉBÉCOISES

BENOIT DOSTIE
GENEVIÈVE DUFOUR

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

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

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

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

Les partenaires du CIRANO – CIRANO Partners

Partenaires corporatifs – Corporate Partners

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

Partenaires universitaires – Academic Partners

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

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

© Novembre 2022. Benoit Dostie et Genevieve Dufour. Tous droits réservés. *All rights reserved.* Reproduction partielle permise avec citation du document source, incluant la notice ©. *Short sections may be quoted without explicit permission, if full credit, including © notice, is given to the source.*

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

Stratégie de mise à niveau technologique des entreprises québécoises

Benoit Dostie et Geneviève Dufour†*

Résumé

Nous examinons les stratégies de mise à niveau technologiques des entreprises québécoises en comparant leur taux d'adoption des nouvelles technologies à celles des entreprises du reste du Canada à l'aide des données de l'Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (EISE) de Statistique Canada pour les années 2009, 2012 et 2017. Pour 2017, nous constatons que le Québec se situe dans la moyenne canadienne en ce qui a trait à l'adoption des technologies de pointe, et même en avance pour ce qui est des technologies émergentes. Une analyse économétrique des déterminants de l'adoption de ces technologies permet ensuite d'identifier certains facteurs explicatifs des différences dans les taux d'adoption entre les entreprises. Nous constatons que les grandes entreprises, celles avec des activités d'exportation à l'extérieur du Canada, celles faisant face à un taux de compétition plus élevé et celles avec un plus fort pourcentage d'employés ayant un diplôme universitaire sont toutes plus enclines à adopter davantage les nouvelles technologies de pointe. Finalement, nous comparons d'autres stratégies de mise à niveau concernant l'adoption de pratiques de gestion de pointe et de stratégies d'innovation.

We examine the technology upgrading strategies of Quebec firms by comparing their adoption rates of new technologies to those of firms in the rest of Canada using data from Statistics Canada's Survey of Innovation and Business Strategies (SIBS) for the years 2009, 2012, and 2017. For 2017, we find that Quebec is in line with the Canadian average in terms of adoption of advanced technologies, and even ahead in terms of emerging technologies. An econometric analysis of the determinants of the adoption of these technologies then allows us to identify some explanatory factors for the differences in adoption rates between firms. We find that large firms, firms with export activities outside of Canada, firms facing higher competition, and firms with a higher percentage of employees with a university degree are all more likely to adopt new advanced technologies. Finally, we compare other upgrading strategies regarding the adoption of advanced management practices and innovation strategies.

Mots-clés : Innovation, adoption des technologies, taux d'adoption, transformation numérique /
Innovation, technology adoption, adoption rates, digital transformation

Pour citer ce document

Dostie B. et Dufour G. (2023). Stratégie de mise à niveau technologique des entreprises québécoises. (2023RP-01, CIRANO). <https://doi.org/10.54932/ETHV2552>

* *HEC Montréal et CIRANO*

† *CIRANO*

Remerciements

Les analyses contenues dans ce texte ont été réalisées au Centre interuniversitaire québécois de statistiques sociales (CIQSS), membre du Réseau canadien des Centres de données de recherche (RCCDR). Les activités du CIQSS sont rendues possibles grâce à l'appui financier du Conseil de recherche en sciences humaines (CRSH), des Instituts de recherche en santé du Canada (IRSC), de la Fondation canadienne pour l'innovation (FCI), de Statistique Canada, du Fonds de recherche du Québec - Société et culture (FRQSC), du Fonds de recherche du Québec - Santé (FRQS) ainsi que de l'ensemble des universités québécoises qui participent à leur financement. Les idées exprimées dans ce texte sont celles des auteurs et non celles des partenaires financiers.

Les auteurs remercient les partenaires financiers dont le Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec dans le cadre du partenariat de recherche MEI-CIRANO intitulée "Impacts socio-économiques de la transformation numérique au Québec et politiques publiques innovantes". Les idées et les opinions émises dans cette publication sont sous l'unique responsabilité des auteurs et ne représentent pas nécessairement les positions du CIRANO ou de ses partenaires.

The analyses contained in this text were carried out at the Quebec Interuniversity Centre for Social Statistics (QICSS), a member of the Canadian Research Data Centre Network (CRDCN). The activities of the CIQSS are made possible by the financial support of the Social Sciences and Humanities Research Council (SSHRC), the Canadian Institutes of Health Research (CIHR), the Canada Foundation for Innovation (CFI), Statistics Canada, the Fonds de recherche du Québec - Société et culture (FRQSC), the Fonds de recherche du Québec - Santé (FRQS), as well as all the Quebec universities that participate in their funding. The ideas expressed in this text are those of the authors and not those of the funding partners.

The authors would like to thank the financial partners including the Ministère de l'Économie et de l'Innovation du Québec as part of the MEI-CIRANO research partnership entitled "Socio-economic impacts of digital transformation in Quebec and innovative public policies". The observations and viewpoints expressed in this publication are the sole responsibility of the authors; they do not necessarily represent the positions of CIRANO or its partners.

Table des matières

Résumé.....	2
Table des matières	4
Liste des figures.....	5
Liste des tableaux	6
1. Introduction.....	7
2. Cadre conceptuel.....	10
3. Données.....	18
4. Utilisation des nouvelles technologies.....	22
5. Gestion du rendement de la production et des ressources humaines.....	33
6. Analyse économétrique des déterminants de l'adoption des nouvelles technologies.....	35
7. Conclusion.....	41
Bibliographie	43
ANNEXES.....	48

Liste des figures

Figure 1 Taux d'utilisation des technologies de pointe 2017 (%).....	22
Figure 2 Taux d'utilisation des technologies émergentes 2017 (%).....	23

Liste des tableaux

Tableau 1 Taux d'utilisation pour le Québec et le reste du Canada des technologies de pointe 2009.....	24
Tableau 2 Taux d'utilisation pour le Québec et le reste du Canada des technologies de pointe 2012.....	25
Tableau 3 Variation dans les taux d'utilisation pour le Québec entre 2009 et 2012	26
Tableau 4 Taux d'utilisation des technologies de pointe 2017	28
Tableau 5 Moyen d'acquisition ou d'intégration des technologies de pointe (équipement ou logiciel).....	29
Tableau 6 Raisons évoquées pour ne pas avoir adopté ou utilisé de technologies de pointe (2017).....	30
Tableau 8 Utilisation des programmes gouvernementaux.....	32
Tableau 7 Pratiques de gestion des ressources humaines utilisées dans les entreprises.....	34

1. Introduction

L'environnement concurrentiel et les conditions changeantes des marchés forcent les entreprises à innover continuellement pour s'adapter. L'impératif pour les entreprises est alors d'avoir ou d'implémenter ce que nous appelons ici, une stratégie de mise à niveau, d'amélioration continue, ou de perfectionnement. Ou tout simplement innover.

L'innovation au sein de l'entreprise doit être comprise, ici, au sens le plus large. On peut en effet distinguer 4 sources à l'avantage concurrentiel provenant d'actions innovantes (Verhoogen, 2022). Cet avantage peut être obtenu : (1) par l'adoption de nouvelles technologies, (2) par apprentissage ou amélioration du savoir-faire de l'entreprise, (3) par de l'innovation au niveau de l'éventail de produits ou de services offerts, et (4) par l'amélioration de la qualité des produits et services.

Pour mesurer les stratégies de mise à niveau et d'innovation des entreprises québécoises et les comparer à celles des entreprises canadiennes, nous utilisons les données de l'Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (EISE) de Statistique Canada. L'EISE est décrite par Statistique Canada comme recueillant *des renseignements sur les décisions stratégiques, les activités d'innovation, les stratégies opérationnelles et la participation aux chaînes de valeurs mondiales des entreprises au Canada*. L'EISE nous fournit des mesures détaillées uniquement sur la première stratégie énumérée plus haut, soit l'adoption des nouvelles technologies. Nous ne traiterons donc pas dans ce travail des trois autres sources, soit apprentissage, l'innovation au niveau de l'éventail des produits ou l'amélioration de la qualité des produits et services de l'entreprise.

Le principal objectif de cette étude est de comparer les stratégies et les tactiques opérationnelles utilisées par les entreprises québécoises à celles des entreprises du reste du Canada en matière d'adoption des nouvelles technologies de pointe. L'implantation et l'adoption avec succès de nouvelles technologies au sein des entreprises sont une source primordiale d'innovation, d'amélioration de la

productivité, d'avantages concurrentiels et de possibilités de croissance (Dostie et Jayaraman, 2012). De plus, les investissements dans les nouvelles technologies ne conduiront à des gains de productivité généralisés que si elles sont largement adoptées (Hall et Kahn, 2003).

Bien que notre objectif soit principalement descriptif et vise à documenter les écarts potentiels dans l'adoption de technologies de pointe par les entreprises québécoises comparé aux entreprises canadiennes, nous estimons également des modèles économétriques des déterminants de l'adoption de technologies (Baldwin et Sabourin, 1998). Premièrement, cela permet de détecter si les différences dans les taux d'adoption moyens sont dues à des écarts entre les provinces dans la composition industrielle ou la taille d'entreprise. Cela permet également d'identifier les corrélations possibles entre l'adoption de la technologie et la position des entreprises en matière d'exportation, les pressions concurrentielles (Milliou and Petrakis, 2011) ou le niveau de capital humain des effectifs de l'entreprise. Ces deux étapes devraient donc permettre d'identifier de potentiels retards ainsi que des pistes d'explications sur lesquelles la politique publique devrait porter son attention.

Le deuxième objectif de cette étude est d'analyser l'adoption de certaines autres pratiques de gestion modernes complémentaires liées au rendement de la production et des ressources humaines. Ces pratiques de gestion peuvent incidemment être conceptualisées comme d'autres types de technologie. Par exemple, Bloom et al. (2013) décrivent en effet les techniques de gestion modernes comme étant des technologies qui se déploient lentement entre les entreprises.

D'ailleurs, la littérature sur l'adoption et l'impact des pratiques managériales performantes, comme mécanisme de mise à niveau des entreprises, a explosé au cours des dernières années (voir la revue dans Bloom et al., 2019). Par contre, il y a eu moins de recherches sur la qualité de la gestion des entreprises canadiennes. Notons que l'Institute for Competitiveness and Prosperity (ICP 2009) a permis de documenter, à l'aide de son propre sondage, que les entreprises de l'Ontario accusaient un retard par rapport à leurs

homologues américaines d'États sélectionnées pour ce qui est de l'utilisation d'un sous-ensemble de pratiques en milieu de travail de haute performance.

Finalement, nous examinons de façon plus globale ce que les entreprises rapportent comme étant leurs principaux obstacles à l'innovation. En effet, plusieurs se préoccupent du manque perçu d'innovation parmi les entreprises canadiennes (Conseil des académies canadiennes, 2018) ainsi que de la réponse de politique publique appropriée (Edler, 2019). Bien qu'il existe des recherches utilisant diverses dimensions des données sur les obstacles à l'innovation de l'EISE (p. ex. Beaudry et Bérubé, 2016), aucune, à notre connaissance, n'a examiné les différences interprovinciales dans les obstacles à l'innovation. Le Québec a l'une des pires performances provinciales au Canada en matière d'innovation selon le classement provincial et territorial du Conference Board (2018). Les comparaisons des obstacles à l'innovation signalés par les entreprises québécoises avec ceux de leurs homologues canadiennes devraient permettre d'établir des stratégies afin d'améliorer la performance de la province en termes d'innovation.

Cette étude permet donc d'identifier s'il existe des lacunes ou des disparités entre les entreprises québécoises et celles des autres provinces en ce qui concerne les stratégies importantes de mise à niveau et les obstacles à innover que les entreprises rencontrent, et le cas échéant, apporter des pistes de solutions concrètes qui pourraient être utilisées pour combler un potentiel retard.

2. Cadre conceptuel

Nous présentons premièrement notre cadre d'analyse de la mise à niveau des entreprises et exposons ensuite plus en détail la mesure de (1) la mise à niveau technologique et (2) la mise à niveau du savoir-faire. Nous terminons avec (3) quelques remarques sur l'innovation et sur les obstacles à l'innovation en général.

2.1 Cadre d'analyse simplifiée

Pour montrer les différents mécanismes de mise à niveau, il est utile de revenir au problème de base de l'entreprise i de maximisation des profits que nous représentons comme¹ :

$$\max_Y \Pi_i = P_{ijb} Y_{ijk} = P_{ijb} F_{ijk}(M_{ijk}, \lambda_{ijk})$$

où j dénote le produit et k la technique de production. L'entreprise choisit son niveau de production Y qui maximise son profit Π . La dernière partie de l'équation ci-dessus illustre la fonction de production de l'entreprise F selon laquelle le niveau de production Y est déterminé par ses intrants M et λ qui représente la capacité de l'entreprise i (ou son savoir-faire) à transformer les intrants M en extrants Y avec la technologie k .

La mise à niveau technologique peut-être représentée par l'adoption d'une nouvelle technologie k qui n'était pas utilisée par l'entreprise auparavant. Notons qu'un nouveau choix de technologie implique des modifications conséquentes dans F et λ , tous deux aussi indexés par K .

2.2 Mise à niveau technologique

¹ Nous faisons ici abstraction de la dimension intertemporelle du problème.

L'adoption de nouvelles technologies permet aux entreprises d'être compétitives et d'améliorer leur productivité (Conference Board of Canada, 2014). Il est donc important de connaître le processus d'adoption de ces technologies et déterminer quelles sont les entreprises qui sont les plus portées à les adopter en premier. Dans la mesure où ces technologies augmentent l'efficacité des entreprises, plusieurs études évaluent la question de l'adoption de façon indirecte en tentant de mesurer la productivité multifactorielle des entreprises (voir par exemple Syverson, 2011).

Dans les pays développés, la question de l'adoption des nouvelles technologies est intimement liée à la question de l'innovation. Une entreprise innove soit en inventant une nouvelle technologie, soit en adoptant une technologie existante pour répondre à ses besoins.

Il existe peu de données sur l'adoption des nouvelles technologies au niveau de l'entreprise. À cet égard, le Canada est un peu à l'avant-garde avec l'Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise décrite en détail dans la prochaine section. Aux États-Unis, de l'information représentative pour l'économie entière avec un focus sur l'adoption des nouvelles technologies est disponible seulement depuis l'*Annual Business Survey* de 2018 conduit par le Bureau du Recensement.

Zolas et al. (2020) analysent ces données américaines en détail de façon préliminaire pour jeter un peu de lumière sur les facteurs liés à l'adoption des technologies de pointe. Ils trouvent que les entreprises plus grandes et plus vieilles sont plus enclines à les adopter et mettent en lumière une hiérarchie où les technologies plus simples sont adoptées en premier suivies des technologies de pointe.

À défaut d'observer les technologies utilisées par l'entreprise, plusieurs chercheurs utilisent des mesures indirectes. Verhoogen (2022) distingue trois approches pour inférer l'adoption de nouvelles technologies par les entreprises, ce qu'il appelle une mise à niveau technologique (ou *technical upgrading*). Une première approche repose

sur l'estimation de la productivité multifactorielle totale, en prenant comme point de départ la spécification de la fonction de production de l'entreprise. Les trois principales limites de cette approche sont la difficulté de prise en compte de possibles multiples lignes de production de l'entreprise, des changements dans la qualité des produits et des chocs de productivité non observés.

La deuxième approche tente de mesurer directement les changements dans la qualité de la production en utilisant soit des mesures indirectes basées sur les parts de marché des entreprises et des prix des intrants et extrants, soit des mesures directes, fondées par exemple sur l'obtention d'une certification ISO 9000 (voir Verhoogen, 2008). La troisième approche est basée sur l'observation directe des choix de technologie de l'entreprise. C'est cette approche que nous utilisons dans cette étude. Une fois ces choix observés, il est possible de les corrélérer avec les autres caractéristiques observées de l'entreprise pour inférer les déterminants de l'adoption des nouvelles technologies.

Pour les technologies existantes, la décision de les adopter ou non a été plus étudiée dans les pays en développement. Verhoogen (2022) fait le tour des facteurs affectant cette décision. Il classe ces déterminants en trois catégories : (1) les déterminants au niveau des marchés, incluant le niveau de compétition auquel fait face l'entreprise et les demandes des consommateurs, (2) les déterminants au niveau des intrants de l'entreprise, incluant l'accès au crédit, et (3) les déterminants managériaux, c.-à-d. le savoir-faire de l'entreprise.

Dans leur revue de littérature, Comin et Mestieri (2014) examinent avec encore plus de détails ces déterminants, mais mettent l'accent sur l'adoption par pays plutôt que par entreprise. À ce niveau macroéconomique, ils identifient trois principales catégories de déterminants : (1) les connaissances sur la technologie, reflétées par le niveau de capital humain des individus, (2) les institutions et les politiques, représentées, par exemple, par l'ouverture d'un pays au commerce extérieur, et (3) le

niveau de la demande pour un produit, qui peut permettre de récupérer plus rapidement les coûts fixes liés à l'implémentation d'une nouvelle technologie.

Quelques autres études plus microéconomiques permettent d'identifier d'autres déterminants pour des technologies et des industries spécifiques. Par exemple, en étudiant l'industrie du lecteur de disques, Thomas (1999) observe que les grandes firmes ainsi que les firmes déjà présentes sur le marché adoptent plus rapidement des changements technologiques lorsque ces innovations ne rendent pas rapidement obsolètes les produits et les technologies qui existent déjà. Par contre, ce sont les petites firmes ainsi que les nouvelles firmes qui adoptent les changements technologiques le plus rapidement quand ceux-ci rendent vite obsolètes les produits et les technologies qui existent déjà sur le marché.

Dunne (1994), quant à lui, étudie les usines de fabrication américaines et arrive à la conclusion que l'âge d'une usine et le degré d'utilisation de la technologie ne sont pas corrélés. Ceci implique que des usines peuvent entrer sur le marché en utilisant un niveau de technologie différent. L'auteur explique également que les grandes usines ont davantage tendance à utiliser des technologies plus récentes que les usines plus petites.

2.2 Mise à niveau des technologies de gestion

Tel que mentionné en introduction, la littérature sur l'adoption et l'impact des pratiques managériales performantes a explosé ces dernières années et ne pourrait être résumée en entier ici. Cette littérature s'est grandement développée dans la foulée de l'article précurseur de Ichniowski, Shaw et Prennushi (1997) qui documentaient que l'utilisation cohérente d'un ensemble de pratiques managériales incluant le travail en équipe, l'assignation flexible des tâches, et la rémunération à la performance, augmentait la productivité d'aciéries finlandaises.

Il était alors relativement nouveau de mesurer la qualité de la gestion d'une entreprise particulière, une approche que les auteurs qualifient de *insider econometrics* (Ichniowski et Shaw, 2003). Les premiers résultats de cette littérature sont résumés dans Ichniowski et Shaw (2012) qui présentent une revue des études basées sur des analyses de données très fines (granulaires) recueillies à l'intérieur des organisations. Ces études portent souvent sur un ensemble d'entreprises d'une même industrie.

Les avancées les plus récentes dans cette littérature sont représentées par Bloom et al. (2021) et Bloom et al. (2019). Bloom et al. (2019) documentent des écarts généralisés dans l'adoption et l'utilisation de pratiques de travail de haute performance aux États-Unis à l'aide d'une enquête faite en collaboration avec le Bureau de recensement américain sur plus de 35 000 usines de fabrication en 2010 et 2015. Trouver des moyens d'améliorer la gestion dans les usines de fabrication en retard peut avoir de forts impacts sur l'économie, puisque l'amélioration des pratiques de gestion conduit à des taux plus élevés de productivité, d'innovation, de rentabilité et même de survie. Ces auteurs soutiennent que l'amélioration de la gestion peut avoir des effets bénéfiques comparables ou supérieurs à ceux d'investir dans les TIC ou le capital humain.

Bloom et al. (2021) étendent cette étude de mesure de la gestion au niveau mondial à travers leur enquête sur les pratiques de gestion (World Management Survey). Cette enquête vise à mesurer systématiquement les différences dans l'adoption et l'utilisation d'un vaste ensemble de pratiques managériales et faire des liens entre l'utilisation de ces pratiques et la performance organisationnelle des entreprises. Cette enquête a permis de documenter de grandes différences dans l'adoption de pratiques de gestion de pointe entre les pays, à l'intérieur même des pays, et des liens robustes entre la qualité de la gestion et la performance, soit par des salaires ou une productivité plus élevés.

Bloom et al. (2020) présente les résultats d'une intervention visant à mettre en œuvre des pratiques de gestion de pointe dans un sous-ensemble d'entreprises en Inde.

Cette intervention a mené à des différences de résultats significatifs en matière de productivité entre les entreprises ayant bénéficié de l'intervention et les entreprises du groupe de contrôle. De plus, ces différences apparaissant à court terme perdurent durant plusieurs années.

En résumé, les méthodes de gestion jouent un rôle important dans la productivité des entreprises. En effet, elles expliqueraient environ 20 % de la différence de performance entre les différentes usines américaines, ce qui en fait un des facteurs aussi importants que la R&D et les TI (Bloom et al., 2019). Ce sont les usines utilisant des méthodes de gestion les plus structurées qui seraient les plus productives et les plus rentables. Malgré cela, les méthodes de gestion varient énormément d'une usine à l'autre, et ce, même au sein des usines faisant partie d'une même firme.

Il y a eu moins de recherches sur la qualité de la gestion des entreprises canadiennes. L'*Institute for Competitiveness and Prosperity* (ICP 2009) a démontré, à l'aide de son propre sondage, que les entreprises de l'Ontario étaient en retard par rapport à leurs homologues américaines d'États sélectionnés dans leur utilisation d'un sous-ensemble de pratiques en milieu de travail de haute performance. L'institut démontre que le pays fait partie des chefs de file mondiaux en matière de capacité de ses gestionnaires, notamment grâce à l'adoption de techniques de production optimisée (ou *lean manufacturing*) qui minimisent le gaspillage et maximisent la production. Malgré cette bonne performance, les capacités des gestionnaires canadiens seraient quand même significativement moins développées que celles des gestionnaires américains.

Pour combler cet écart, l'Institut recommande de former davantage les cadres supérieurs des entreprises manufacturières canadiennes. Elle ajoute que les firmes canadiennes devraient être ouvertes à recevoir plus d'investissement étranger, car la qualité des gestionnaires des multinationales est beaucoup plus élevée que celle des gestionnaires des firmes qui sont seulement présentes sur le marché domestique.

2.3 Obstacles à l'innovation

Même si les universités canadiennes produisent plus de recherches par habitant que la moyenne des pays industrialisés (Conseil des académies canadiennes, 2018), très peu de ces recherches sont par la suite commercialisées. En effet, le secteur privé tend à financer les innovations qui sont dans les dernières étapes de leur production tandis que le secteur public finance plutôt la recherche fondamentale. Cette situation crée une pénurie importante de financement pour les étapes du processus de commercialisation qui se situe entre la recherche fondamentale et la production de masse. Pour combler cet écart commercial qu'il nomme *the innovation valley of death*, l'*Institute for Competitiveness & Prosperity* (2018) avance l'idée que le gouvernement devrait soutenir les premières étapes de la commercialisation d'une innovation. Il suggère que le gouvernement supporte la création d'un réseau de centres d'innovation et technologie qui fourniraient de l'expertise et des infrastructures spécialisées aux secteurs public et privé pour supporter la transformation d'innovations en produits commerciaux.

Cependant, le manque de liens entre les universités et l'industrie n'est pas la seule raison qui explique la faible performance du Canada en matière de commercialisation des innovations. Selon Edler (2019), il existe aussi au Canada des problèmes importants au niveau de l'adoption et de la demande d'innovations avant-gardistes.

Par exemple, les premiers utilisateurs d'une nouvelle technologie doivent absorber des coûts d'adoption et d'apprentissage que les utilisateurs subséquents n'ont pas à payer. En plus de ces coûts d'entrée additionnels, ces premiers utilisateurs sont confrontés à de l'incertitude liée aux fonctionnalités et aux coûts et bénéfices de ces innovations. Les utilisateurs subséquents bénéficient de réductions de prix et de fonctionnalités améliorées qui ont été permises grâce au coût plus élevé supporté par les premiers utilisateurs. Toutes ces externalités sont des obstacles à l'adoption rapide de nouvelles technologies même si les bénéfices associés à l'adoption sont évidents.

Le Conseil des académies canadiennes (2018) relève finalement deux autres barrières à la transformation de la R&D en innovation et création de richesses. La première est la croissance des *start-up* et la seconde est l'expérience et les compétences des gestionnaires. En effet, les jeunes entreprises à croissance rapide occupent une plus grande part du marché au Canada qu'aux États-Unis, ce qui peut indiquer que les firmes canadiennes n'arrivent pas à soutenir leur croissance lorsqu'elles grandissent. De plus, le haut taux d'acquisition étrangère des *start-up* canadiennes empêche le Canada de profiter de l'entièreté des bénéfices économiques de leurs innovations, car les étapes ultérieures de leur croissance surviennent à l'étranger.

Ces informations sont d'autant plus inquiétantes que la main-d'œuvre des PME canadiennes serait presque 2 fois moins productive que celle des grandes entreprises (*Conference Board of Canada, 2014*). Malgré cela, les PME seraient réticentes à adopter de nouvelles technologies. En effet, le manque d'argent et de temps, la peur et la résistance au changement, les coûts d'opportunités et la difficulté à comprendre les bénéfices de l'adoption de nouvelles technologies seraient les principales barrières qui empêchent les PME d'adopter de nouvelles technologies qui augmenteraient leur productivité.

En résumé, bien que les universités canadiennes produisent un haut niveau de recherches fondamentales, une faible proportion de celles-ci se rendent au stade de la commercialisation. Il existe également un problème au niveau de la volonté ou de la capacité des entreprises à adopter les nouvelles technologies étant donné les coûts et les risques associés à être parmi les premiers utilisateurs. De plus, la composition du marché qui compte un grand nombre de *start-up* et de PME fait en sorte que les entreprises canadiennes tardent à adopter les technologies qui pourraient augmenter leur productivité.

3. Données

Les données utilisées proviennent de l'Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (EISE) de Statistique Canada qui recueille des données sur les décisions stratégiques des entreprises, notamment en matière d'adoption des technologies de pointe ou les technologies émergentes, les stratégies opérationnelles et la participation aux chaînes de valeur mondiale. Seules les entreprises canadiennes ayant au moins 20 employés et un chiffre d'affaires d'au moins 250 000\$ sont prises en compte dans la sélection de l'échantillon dans tous les secteurs de l'activité économique (séparés en 14 industries principales de l'économie canadienne).²

Nous utilisons pour ce travail les données de l'EISE récoltées en 2009, 2012 et 2017.³ Notons que les données permettent une analyse représentative au niveau du Canada et pour certaines grandes provinces (Québec, Ontario et Colombie-Britannique). Pour la plupart de nos analyses, nous comparons les statistiques du Québec à celles du reste du Canada.

Technologies de pointe

Par technologie, Statistique Canada entend au sens large les moyens et le savoir-faire technique nécessaires à la fabrication d'équipement, de matériel, de procédé, de plans ou de connaissance. Les vagues 2009 et 2012 de l'EISE recensent l'utilisation de 9 différentes technologies de pointe :

1. la conception informatique et technique;

² Sauf ceux des services d'enseignement, des soins de santé et de l'assistance sociale, des services d'hébergement et de restauration, des autres services, et des administrations publiques. Les autorités monétaires en sont également exclues.

³ Une dernière vague de l'EISE a eu lieu. Les données ont été récoltées du 21 octobre 2019 au 31 mars 2020. Au moment d'écrire ce rapport, nous n'avions pas accès à ces données.

2. le traitement informatique de fabrication ou d'assemblage;
3. l'inspection informatique;
4. les technologies de communication;
5. la manutention de matériel automatisée;
6. l'intégration et du contrôle de l'information;
7. les biotechnologies/bioproducts;
8. les nanotechnologies;
9. les technologies vertes;
10. ou d'autres types de technologie.

Malheureusement, la version 2017 de l'EISE ne garde pas la même classification des nouvelles technologies que les vagues 2009 et 2012, ce qui limite les possibilités de comparaisons intertemporelles. Par contre, la version 2017 va un peu plus loin en ajoutant un ensemble de technologies dites émergentes. Elles distinguent en effet les technologies de pointe et des technologies dites émergentes.

Statistique Canada définit les technologies de pointe ainsi :

Les technologies de pointe sont de nouvelles technologies (équipement ou logiciel) par lesquelles on exerce une fonction ou améliore grandement une fonction par rapport aux technologies utilisées couramment dans l'industrie ou par ses concurrents.

Les technologies sous cette appellation sont :

1. les technologies de manutention du matériel, de chaînes d'approvisionnement ou de logistique;
2. les technologies de conception ou de contrôle de l'information;
3. les technologies de traitement et de fabrication;

4. les technologies propres⁴;
5. les systèmes de sécurité ou d'authentification évolués;
6. les technologies de veille stratégique⁵;
7. ou autres technologies de pointe.

Les technologies émergentes quant à elles incluent :

1. la nanotechnologie;
2. la biotechnologie;
3. la technologie géométrique ou géospatiale;
4. l'intelligence artificielle;
5. les systèmes intégrés d'Internet des objets (IdO)⁶;
6. la technologie de chaîne de blocs⁷;
7. les autres types de technologies émergentes.

Ainsi l'EISE permet d'obtenir l'information sur l'utilisation de 10 différentes technologies de pointe en 2009 et 2012, et 14 différentes technologies de pointe ou émergentes en 2017.

Gestion du rendement de la production et des ressources humaines

L'EISE questionne les entreprises sur les pratiques de gestion. Plus particulièrement, on les questionne sur les procédés ou procédures systématiques utilisés pour

⁴ Les technologies propres désignent tout produit ou service réduisant les impacts environnementaux grâce à la mise en œuvre d'activités de protection de l'environnement ou à un important recours à des ressources naturelles.

⁵ Par exemple les systèmes informatiques en nuage et les outils d'analyse de mégadonnées.

⁶ Cette catégorie inclut les systèmes permettant à des objets de se connecter entre eux et de communiquer.

⁷ Par exemple la cryptomonnaie, les registres distribués, les protocoles d'échange de valeur sécurisés et les contrats intelligents.

résoudre des problèmes associés à la production de biens ou à la fourniture de services, sur l'utilisation d'indicateurs de rendement de la production ainsi que sur les pratiques en matière de ressources humaines.

Moyen d'acquisition, obstacles à l'innovation et utilisation des programmes gouvernementaux

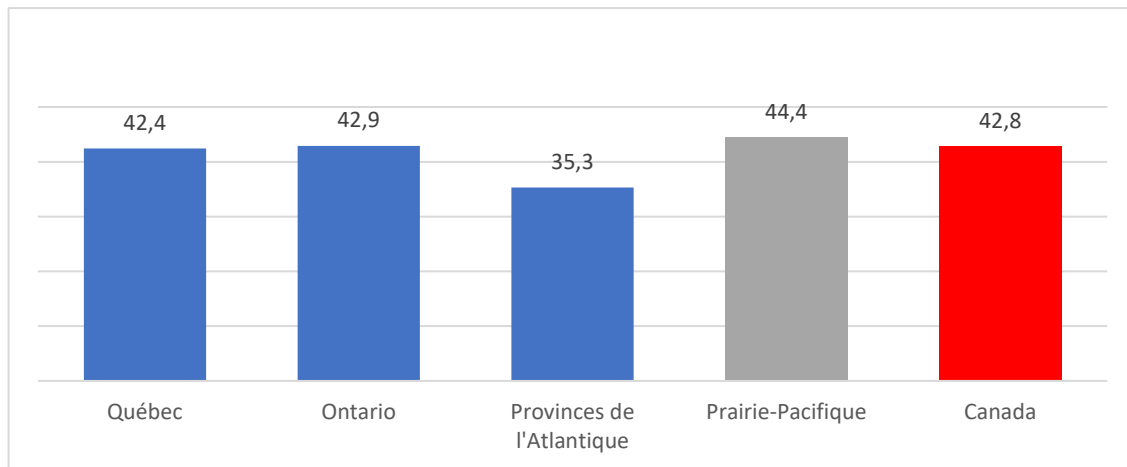
Les entreprises sont interrogées sur les moyens utilisés pour acquérir ou intégrer des technologies de pointe en 2009 et 2012. Dans cette enquête, les entreprises sont également sondées sur les raisons pour lesquelles elles n'ont pas adopté ou utilisé des technologies de pointe en 2017 ainsi que sur l'utilisation de programmes gouvernementaux en soutien aux activités d'innovation (programmes de formation, subventions, crédits d'impôt, etc.).

4. Utilisation des nouvelles technologies

4.1 Taux d'utilisation globaux par région au Canada en 2017

La Figure 1 compare le taux d'adoption des technologies de pointe en 2017 pour tout le Canada séparé en 4 régions distinctes : Québec, Ontario, les provinces de l'Atlantique et Prairie-Pacifique (Colombie Britannique et provinces de l'ouest). Nous constatons qu'en 2017, 42,4 % des entreprises au Québec avaient adopté une ou plusieurs des technologies mentionnées à la Section 3. Ce pourcentage est très similaire à celui de l'Ontario (42,9 %) et nettement plus élevé que dans les provinces atlantiques (35,3 %). Cependant, ce taux est plus élevé dans le reste du Canada.

Figure 1 Taux d'utilisation des technologies de pointe 2017 (%)

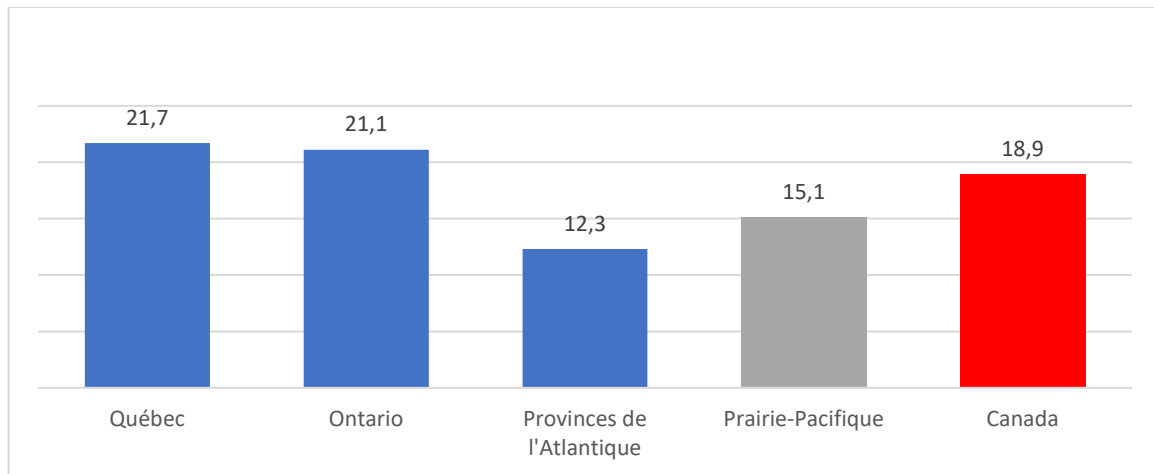


Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2017)

En matière de technologies émergentes (Figure 2), l'Ontario et le Québec sont encore au coude-à-coude, avec cette fois un léger avantage pour le Québec avec des taux nettement plus élevés que pour les autres parties du Canada. En effet 21,7 % des entreprises québécoises ont adopté une technologie émergente comparativement à

21,1 % en Ontario. La région Prairie-Pacifique devance nettement les provinces de l'Atlantique, bien qu'ayant un niveau inférieur à l'ensemble du pays avec des taux de 15,1 % et 12,3 % respectivement.

Figure 2 Taux d'utilisation des technologies émergentes 2017 (%)



Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2017)

4.2. Taux d'adoption détaillée pour 2009, 2012 et 2017.

Pour avoir une image plus détaillée des différences et de l'évolution dans les taux d'adoption entre le Québec et le reste du Canada, les prochains tableaux (1, 2 et 4) mettent en parallèle les taux d'adoption des technologies prises séparément pour les trois vagues de l'EISE à notre disposition.

Ainsi, les Tableaux 1 et 2 montrent les différences entre le Québec et le reste du Canada pour les années 2009 et 2012 pour les 10 technologies de pointe décrites plus haut. Comme les questions sur les technologies étaient les mêmes entre 2009 et 2012, le Tableau 3 indique si les taux d'adoption ont évolué de façon différente au Québec durant cette période par rapport au reste du Canada. Finalement, le Tableau 4

présente ces différences pour l'année 2017 en ce qui concerne les 7 technologies de pointe et les 7 technologies émergentes.

Tableau 1 Taux d'utilisation pour le Québec et le reste du Canada des technologies de pointe 2009

	Québec	Reste du Canada	Différence entre le Québec et le reste du Canada
Technologies de communication de pointe	39,2 %	23,9 %	15,3 %
Conception informatique et technique de pointe	24,7 %	21,3 %	3,4 %
Technologies de pointe en matière de traitement informatique, de fabrication et d'assemblage	22,9 %	13,2 %	9,7 %
Technologies d'intégration et de contrôle de l'information de pointe	19,6 %	11,1 %	8,5 %
Techniques d'inspection informatique de pointe	5,9 %	9,0 %	-3,1 %
Technologies de pointe de manutention de matériel automatisée	7,3 %	6,9 %	0,4 %
Autres types de technologie de pointe	0,5 %	8,5 %	-7,9 %
Technologies vertes de pointe	7,5 %	8,7 %	-1,3 %
Biotechnologies/bioproducts de pointe	0,8 %	1,0 %	-0,2 %
Nanotechnologies de pointe	0,2 %	0,3 %	-0,1 %

Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2009)

Le Tableau 1 montre que *Technologies de communications de pointe* est de loin la technologie la plus utilisée avec 39,2 % au Québec, soit 15,3 % plus que dans le reste du Canada. De plus, on remarque que les entreprises québécoises ont un taux d'adoption beaucoup plus élevé que le reste du Canada pour plusieurs autres technologies de pointe incluant *Conception informatique et technique de pointe* (+3.4 %), *Technologies de pointe en matière de traitement informatique, de fabrication*

et d'assemblage (+9,7 %), et Technologies d'intégration et de contrôle de l'information de pointe (+8,5 %). Pour quelques autres, les entreprises québécoises affichent un retard plus marqué, notamment pour Techniques d'inspection informatique de pointe (-3,1 %) et Autre type de technologie de pointe (-7,9 %). Pour toutes les autres technologies, les différences entre les entreprises québécoises et celles du reste du Canada demeurent peu marquées. Notons également que Biotechnologies/bioproduits de pointe et Nanotechnologie de pointe sont peu utilisées, à moins de 1 %, autant au Québec que pour le reste du Canada.

Tableau 2 Taux d'utilisation pour le Québec et le reste du Canada des technologies de pointe 2012

Technologies de pointe	Québec	Reste du Canada	Différence entre le Québec et le reste du Canada
Technologies de communications de pointe	27,4 %	16,3 %	11 %
Conception informatique et technique de pointe	27,1 %	21,9 %	5,3 %
Technologies de pointe en matière de traitement informatique, de fabrication et d'assemblage	16,0 %	11,2 %	4,7 %
Technologies d'intégration et de contrôle de l'information de pointe	12,5 %	11,5 %	1,0 %
Techniques d'inspection informatique de pointe	9,0 %	7,1 %	1,9 %
Technologies de pointe de manutention de matériel automatisée	5,4 %	5,6 %	-0,2 %
Autre type de technologie de pointe	2,4 %	4,9 %	-2,5 %
Technologies vertes de pointe	2,0 %	2,7 %	-0,7 %
Biotechnologies/bioproduits de pointe	0,7 %	0,6 %	0,1 %
Nanotechnologies de pointe	0,3 %	0,3 %	0,0 %

Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2012)

Le Tableau 2 montre que la situation comparative des entreprises québécoises s'améliore même en 2012 comparativement à 2009. En effet, ces dernières maintiennent les avantages notés en 2009 et rattrapent leur retard pour les autres technologies de pointe. Le seul retard qui persiste est celui de l'utilisation des *autres technologies de pointe* (non spécifié) à -2.5 %. Les technologies de communication de pointe restent fortement utilisées au Québec par rapport au reste du Canada avec 27,4 %.

Tableau 3 Variation dans les taux d'utilisation pour le Québec entre 2009 et 2012

Technologies de pointe	Québec	Reste du Canada
Technologies de communication de pointe	-11,8 %	-7,5 %
Conception informatique et technique de pointe	2,4 %	0,6 %
Technologies de pointe en matière de traitement informatique, de fabrication et d'assemblage	-6,9 %	-2,0 %
Technologies d'intégration et de contrôle de l'information de pointe	-7,2 %	0,3 %
Techniques d'inspection informatique de pointe	3,1 %	-1,8 %
Technologies de pointe de manutention de matériel automatisée	-1,9 %	-1,3 %
Autres types de technologie de pointe, veuillez préciser	1,8 %	-3,6 %
Technologies vertes de pointe	-5,5 %	-6,0 %
Biotechnologies/bioproducts de pointe	-0,1 %	-0,3 %
Nanotechnologies de pointe	0,1 %	-0,1 %

Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2009 et 2012)

Cependant, cette situation comparative cache de potentielles mauvaises nouvelles au niveau de l'évolution de l'utilisation des nouvelles technologies. En effet, le Tableau 3 montre effectivement des baisses importantes dans l'utilisation de certaines

technologies dans les entreprises québécoises entre les années de référence 2009 et 2012. C'est le cas par exemple pour les *technologies de communication de pointe* (-11,8 %), les *technologies de pointe en matière de traitement informatique, de fabrication et d'assemblage* (-6,9 %), les *technologies d'intégration et de contrôle de l'information de pointe* (-7,2 %), et les *technologies vertes de pointe* (-5,5 %). D'autres technologies semblent vouloir continuer de progresser, par exemple *Conception informatique et technique de pointe* (+2,4 %) et *Techniques d'inspection informatique de pointe* (+3,1 %).

Notons que les variations temporelles peuvent aussi être influencées par la variabilité dans l'échantillonnage et dans le processus d'essai et d'erreur des entreprises en matière d'adoption de la technologie. En outre, comme les taux d'adoption des entreprises québécoises et du reste du Canada ont bougé dans le même sens, il y a tout lieu de croire que des facteurs communs macroéconomiques ont influencé de la même façon les comportements des entreprises en matière d'investissement en technologies. Notons par exemple que ces deux vagues de l'EISE sont séparées par la crise financière de 2009 qui a eu des conséquences importantes sur la santé financière et donc les investissements des entreprises. La crise a aussi dû influencer la composition de l'échantillon à cause de la faillite d'entreprises en difficulté au moment de la crise et la naissance de nouvelles entreprises par la suite.

Finalement, le Tableau 4 montre des statistiques de même nature pour 2017. Parmi les technologies de pointe, le seul retard notable des entreprises québécoises par rapport à leurs consœurs du reste du Canada est celui pour les *Technologie de veille stratégique* (-6,2 %). Concernant les technologies émergentes, notons un léger avantage des entreprises du Québec pour les 7 technologies, cet avantage étant plus important pour *Systèmes intégrés d'Internet des objets* (+2,7 %) et pour *Technologie de chaînes de blocs* (+2,3 %).

Tableau 4 Taux d'utilisation des technologies de pointe 2017

	Québec	Reste du Canada	Différence
Technologies de manutention du matériel, de chaîne d'approvisionnement ou de logistique	12,5 %	12,8 %	-0,4 %
Technologies de conception ou de contrôle de l'information	18,7 %	17,3 %	1,4 %
Technologies de traitement et de fabrication	13,0 %	11,9 %	1,0 %
Technologies propres	9,0 %	10,3 %	-1,3 %
Systèmes de sécurité ou d'authentification évolués	14,5 %	13,2 %	1,3 %
Technologie de veille stratégique	17,9 %	24,1 %	-6,2 %
Autres types de technologies de pointe	8,3 %	8,6 %	-0,3 %
Technologies émergentes			
Nanotechnologie	1,3 %	1,0 %	0,3 %
Biotechnologie	1,9 %	1,4 %	0,5 %
Technologie géométrique ou géospatiale	4,4 %	3,5 %	1,0 %
Intelligence artificielle (IA)	5,4 %	3,5 %	1,9 %
Systèmes intégrés d'Internet des objets (IDO)	14,2 %	11,5 %	2,7 %
Technologies de chaînes de blocs	3,1 %	0,8 %	2,3 %
Autres types technologies émergentes	4,7 %	4,4 %	0,4 %

Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2017)

Somme toute, ces statistiques sur les taux d'adoption agrégés ne montrent pas de signal d'alarme pour les entreprises québécoises. Les statistiques plus récentes dévoilent même que les entreprises québécoises investissent plus que leurs concurrentes canadiennes dans les technologies émergentes. La question quand même demeure : quels sont les facteurs qui font en sorte que des entreprises adoptent ces nouvelles technologies? Nous étudions cette question plus en détail dans la section 7 de ce rapport avec des modèles de régression. Ces modèles permettent aussi d'identifier si les différences dans les taux d'adoption agrégée identifiés ici

représentent vraiment une spécificité québécoise ou si elles résultent plutôt de différences dans la composition industrielle des entreprises des différentes provinces ou d'autres facteurs confondants.

4.3 Moyens d'acquisitions, obstacles rencontrés et utilisation des programmes gouvernementaux

En 2009 et 2012, l'EISE contient aussi quelques informations sur les moyens utilisés pour acquérir ces technologies de pointe que nous présentons dans le Tableau 5, sur les principaux obstacles rencontrés dans leur intégration que nous présentons dans le Tableau 6. Nous terminons cette section avec un tableau sur l'utilisation des programmes gouvernementaux.

Tableau 5 Moyen d'acquisition ou d'intégration des technologies de pointe (équipement ou logiciel)

	2009		2012	
	Québec	Reste du Canada	Québec	Reste du Canada
En achetant des technologies de pointe disponibles dans le commerce (équipement ou logiciel)	85,0 %	82,7 %	72,7 %	55,2 %
En louant des technologies de pointe disponibles dans le commerce (équipement ou logiciel)	3,2 %	13,2 %	9,3 %	9,8 %
En obtenant des technologies de pointe sous licence	13,3 %	12,6 %	18,9 %	31,1 %
En personnalisant ou en modifiant de façon significative une technologie de pointe existante	20,8 %	24,0 %	22,0 %	30,1 %
En mettant au point une technologie de pointe complètement nouvelle (seul ou en collaboration)	17,5 %	15,7 %	13,5 %	19,4 %
Par fusion ou acquisition d'une autre entreprise dotée de technologie de pointe	1,0 %	1,0 %	1,8 %	1,9 %

Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2009-2012)

Lorsque les entreprises ont été interrogées sur la façon dont elles ont acquis ou intégré les technologies de pointe, soit de l'équipement ou des logiciels, la grande majorité ont indiqué l'avoir fait en achetant dans le commerce avec des taux de 85,0 % pour le Québec et 82,7 % pour le reste du Canada en 2009. Cependant ces taux baissent de façon importante en 2012, surtout pour le reste du Canada bien que ce moyen reste le plus utilisé.

Le moyen *Par fusion ou acquisition d'une autre entreprise dotée de technologie de pointe* est peu utilisé tant par les entreprises québécoises que par celles du reste du Canada avec des taux entre 1 et 2 %.

Le Tableau 6 présente les raisons évoquées pour ne pas avoir adopté ou utilisé des technologies de pointe en 2017. Plus du tiers des entreprises considèrent que ces investissements sont non nécessaires aux activités poursuivies de l'entreprise ou encore que ces technologies ne s'appliquent pas aux activités de cette entreprise. C'est-à-dire que les entreprises considèrent que ces investissements sont non nécessaires aux activités poursuivies avec 38,1 % pour le Québec et 36,6 % pour le reste du Canada ou encore que les technologies de pointe ne s'appliquent pas aux activités de l'entreprise, autrement dit, les deux principales raisons évoquées sont que le fait d'investir dans l'adoption ou l'utilisation de nouvelles technologies n'est pas justifié pour plus du tiers des entreprises.

Les chiffres pour le Québec et pour le reste du Canada sont similaires pour l'ensemble des réponses à l'exception du manque de conviction économique qui est plus élevé pour le reste du Canada (20,1 %) qu'au Québec (12,4 %).

Tableau 6 Raisons évoquées pour ne pas avoir adopté ou utilisé de technologies de pointe (2017)

	Québec	Reste du Canada
Investissement non nécessaire aux activités poursuivies	38.1 %	36.6 %
Ne s'applique pas aux activités de cette entreprise	36.8 %	37,6 %
Coût des technologies de pointe trop élevé	16.3 %	18.8 %
Manque de conviction à l'égard des avantages économiques	12.4 %	20.1 %
Difficulté à intégrer de nouvelles technologies de pointe aux systèmes, aux normes et aux procédés existants	10.0 %	10.7 %
Manque de connaissances techniques requises pour ce type d'investissement	8.1 %	10.7 %
Manque d'information au sujet des technologies de pointe	7.0 %	9.4 %
Ces décisions sont prises par l'entreprise mère ou par une entreprise affiliée ou filiale	6.2 %	7.3 %
Difficulté d'accès au financement	5.1 %	6.1 %
Autres raisons de ne pas adopter ou utiliser des technologies de pointe	4.1 %	4.5 %
Culture organisationnelle trop rigide	2.6 %	3.4 %
Manque de soutien ou de services techniques (des consultants ou des fournisseurs)	1.5 %	3.6 %

Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2017)

Les programmes gouvernementaux peuvent être utilisés pour encourager les activités d'innovation. Le tableau 7 présente le pourcentage des entreprises qui ont eu recours à différents types de programmes gouvernementaux dans le but de contribuer à des activités d'innovation, pour le Québec et le Canada, non pas le reste du Canada, comme dans les autres tableaux pour les années de 2015 à 2017. L'utilisation des programmes gouvernementaux est nettement plus populaire auprès des entreprises québécoises qu'auprès de celles du reste du Canada. Il est intéressant de constater que les programmes les plus utilisés sont ceux de *formation et d'embauche* et *d'incitation fiscale ou de crédit d'impôt* (Incluant les programmes dont le but est de soutenir les activités d'innovation telles que la recherche et le

développement ou les dépenses en immobilisation). Les programmes de formation ont montré leur impact sur la productivité (Dostie, 2013).

Tableau 7 Utilisation des programmes gouvernementaux

	Québec	Canada
Programmes gouvernementaux d'incitation fiscale ou de crédit d'impôt (Incluant les programmes dont le but est de soutenir les activités d'innovation telles que la recherche et le développement ou les dépenses en immobilisation)	21,3 %	14,5 %
Programmes gouvernementaux de subventions et de contributions (Incluant les programmes dont le but est de soutenir les activités d'innovation telles que la recherche et le développement, l'expansion des affaires ou la commercialisation de la propriété intellectuelle)	13,3 %	10,2 %
Programmes gouvernementaux de formation et d'embauche (Incluant les programmes dont le but est de soutenir les activités d'innovation telles que l'embauche et la formation de chercheurs, de stagiaires ou d'autres membres du personnel)	21,4 %	16,1 %
Marchés publics (Incluant les programmes dont le but est de soutenir les activités d'innovation telles que l'acquisition de produits ou de procédés nouveaux ou considérablement améliorés et l'adoption de nouvelles pratiques ou méthodes organisationnelles ou de marketing)	3,5 %	1,5 %
Autres programmes gouvernementaux (Incluant les programmes et activités qui ne correspondent à aucune autre catégorie, tels que ceux d'accès aux installations, d'incitation à l'exportation, d'assistance technique, d'information sur le marché et de prêts)	5,7 %	3,0 %

Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2017)

5. Gestion du rendement de la production et des ressources humaines

Plusieurs études sur la qualité de la gestion des entreprises et de ses liens avec la performance de celles-ci ont permis d'identifier des pratiques essentielles au bon fonctionnement de l'entreprise (Bender et al., 2018). En particulier, l'identification et la résolution rapide de problèmes dans le processus de production ont été identifiées comme une pratique de gestion cruciale. L'EISE interroge les entreprises sur la présence d'un processus systématique à cet égard et sur l'utilisation et la communication d'indicateurs de rendement de la production.

Le tableau 7 plus bas présente différentes pratiques de gestion des ressources humaines. Ces pratiques sont divisées en quatre grandes catégories : la sélection des nouveaux employés, la formation structurée, des méthodes d'évaluation et des méthodes d'encouragement.

L'utilisation de *Programmes de formation structurée pour enseigner aux nouveaux employés les compétences nécessaires à leur travail* ressort comme étant la pratique la plus populaire tant au Québec que dans le reste du Canada avec des taux autour de 60 %, taux bien plus élevés que la *Formation afin d'améliorer leurs possibilités d'avancement les compétences nécessaires à leur travail*.

Une évaluation officielle est effectuée pour la majorité du personnel d'exécution au moins une fois par année est également largement utilisée. Un autre élément qui ressort des données sur les différentes pratiques de gestion des ressources humaines est que dans quasi-totalité des cas, on note une diminution de l'utilisation de ces pratiques entre 2009 et 2012.

Tableau 8 Pratiques de gestion des ressources humaines utilisées dans les entreprises

		2009		2012	
		Québec	Reste du Canada	Québec	Reste du Canada
Sélection des nouveaux employés	Au moins l'une des méthodes suivantes de sélection des candidats : tests de personnalité et d'aptitudes, test d'intelligence et d'aptitudes, échantillon d'activités professionnelles	35,0 %	38,6 %	37,4 %	27,3 %
Formation structurée	Des programmes de formation structurée pour enseigner aux nouveaux employés les compétences nécessaires à leur travail	59,6 %	60,2 %	57,8 %	60,2 %
	Des programmes de formation structurée "offerts" aux employés afin d'améliorer leurs possibilités d'avancement les compétences nécessaires à leur travail	23,6 %	37,9 %	30,3 %	21,1 %
Évaluation	Des ententes officielles de rendement fondées sur des résultats objectifs et quantifiables sont élaborées au moins une fois par années pour les employés qui occupent des postes de gestion, de surveillance et de cadre.	33,8 %	30,1 %	24,0 %	19,9 %
	Une évaluation officielle est effectuée pour la majorité du personnel d'exécution au moins une fois par année	56,8 %	46,7 %	43,9 %	40,8 %
	Une évaluation officielle est effectuée pour la majorité des cadres au moins une fois par année	41,4 %	46,0 %	37,8 %	35,2 %
Encouragement	Au moins un des programmes d'encouragement suivants est mis à la disposition du personnel d'exécution : régime d'actionnariat des employés, régime d'intéressement, prime au mérite	35,1 %	37,5 %	29,6 %	16,7 %
	Au moins un des programmes d'encouragement suivants est mis à la disposition des cadres : régime d'actionnariat, régime d'intéressement, prime au mérite	41,8 %	44,6 %	39,9 %	24,7 %
	Au moins un des programmes d'encouragement suivants est mis à la disposition de tout le personnel : régime d'actionnariat des employés, régime d'intéressement, prime au mérite	24,8 %	32,0 %	28,9 %	18,3 %

Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2009-2012)

6. Analyse économétrique des déterminants de l'adoption des nouvelles technologies

Suivant la présentation des statistiques descriptives sur les taux d'adoption vues précédemment, nous tentons d'identifier dans cette section les facteurs explicatifs des différences dans les taux d'adoption des nouvelles technologies identifiées à la section 4. Nos modèles économétriques prennent la forme d'un modèle de probabilité linéaire expliquant la décision d'adopter une technologie de pointe (Dunne, 1994) :

$$P(\text{Technologie}_{it} = 1) = \beta_0 + \beta_1 R_i + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

où i représente l'entreprise et t une des années 2009, 2012 ou 2017 selon les différentes spécifications économétriques. La variable R est une variable indicatrice régionale (égale à un pour le Québec) permettant de capter les différences d'adoption entre le Québec et le reste du Canada. Bien que nous estimions nos modèles en coupes transversales, il est possible pour un sous-ensemble d'entreprises suivies à travers le temps, entre 2009 et 2012, de tenir compte des différences fixes dans le temps, mais non observables avec le modèle suivant

$$P(\text{Technologie}_{it} = 1) = \beta_0 + \beta_1 R_i + \beta X_{it} + \theta_i + \varepsilon_{it} \quad (2)$$

où θ représente un ensemble de caractéristiques invariables dans le temps et fixes pour l'entreprise i , par exemple l'habileté managériale de son gestionnaire ou tout autre facteur non observé de ce type influençant les décisions d'adoption.

L'EISE permet de tenir compte de plusieurs facteurs censés avoir un impact sur la probabilité d'adopter des technologies de pointe tel que discuté dans la revue de littérature en section 2. Nous tenons compte (dans X_{it}) du statut subsidiaire ou non de l'entreprise (et si l'entreprise est une filiale), de la localisation de la maison-mère

(extérieur du Canada), des activités d'exportation de l'entreprise (variable dichotomique égale à 1 si l'entreprise exporte), du statut manufacturier (versus services), du pourcentage d'employés avec un diplôme universitaire, de l'utilisation ou non de programmes gouvernementaux, de sa taille (mesurée par le nombre d'employés) et de son industrie d'appartenance (14 industries selon le code SCIAN à deux chiffres).

Tenir compte de la structure industrielle est important pour ne pas attribuer des différences d'adoption interprovinciale aux différences de structure industrielle. En outre, tenir compte de la taille permet de tenir compte des contraintes financières ou opérationnelles qui viendraient potentiellement restreindre les capacités d'investissement de l'entreprise (Thomas, 1999).

Les résultats de l'estimation de l'équation (1) pour chacune des technologies sont donnés en annexe. Toutes les équations sont estimées en utilisant les poids d'échantillonnage fournis par Statistique Canada. Les tableaux de l'annexe 2 présentent ces résultats pour 2009. Les tableaux de l'annexe 3 ceux pour 2012. Pour 2017, les résultats sont présentés séparément pour les technologies de pointe (annexe 4) et les technologies émergentes (annexe 5). Finalement, l'annexe 6 présente les résultats de l'estimation de l'équation (2) exploitant le panel qu'il est possible de construire en regroupant les entreprises échantillonnées en 2009 et 2012 et incluant des effets fixes spécifiques à l'entreprise.

Notez que nous présentons les régressions pour chaque technologie prise séparément. L'avantage de cette approche est l'obtention d'un portrait des déterminants de l'adoption de chacune de ces technologies. Le désavantage est la perte de puissance statistique liée au fait que les taux d'adoption sont très faibles pour certaines technologies. Ainsi, notre discussion des résultats se concentre sur les déterminants ayant un impact statistiquement significatif pour plusieurs technologies simultanément.

Les déterminants les plus importants ainsi identifiés sont : (1) la taille de l'entreprise, (2) le fait d'avoir des activités commerciales à l'extérieur du Canada, (3) le degré de compétition auquel fait face l'entreprise et (4) le pourcentage d'employés avec un diplôme universitaire. Nous discutons aussi de la potentielle spécificité québécoise dans un contexte de régression multivariée et des autres déterminants jugés comme ayant moins d'impact.

Taille de l'entreprise

La taille de l'entreprise telle que mesurée par son nombre d'employés (équivalent temps complet) est le déterminant le plus important de l'adoption des technologies de pointe. Les entreprises plus grandes sont plus susceptibles d'investir dans les nouvelles technologies. L'explication traditionnelle pour ce résultat est que les petites entreprises sont plus enclines à avoir des contraintes, soit financières, soit managériales, leur permettant de profiter des occasions d'investissement dans les nouvelles technologies.

Il existe d'ailleurs une très grande littérature montrant que la taille de l'entreprise est reliée à plusieurs mesures de sa performance. Par exemple, les plus grandes entreprises paient des salaires plus élevés et ont aussi une productivité plus élevée (Oi et Idson, 1999). Nos résultats illustrent donc un mécanisme par lequel ces meilleurs résultats peuvent être atteints.

Notons que cet impact positif de la taille de l'entreprise sur l'adoption des technologies de pointe est observé pour la plupart des technologies pour toutes les années. Et en 2017, on observe un effet statistiquement significatif à la fois pour les technologies de pointe et les technologies émergentes.

Exportations et adoption des nouvelles technologies

Le deuxième déterminant, le plus important, est le fait de savoir si l'entreprise a des activités commerciales à l'extérieur du Canada, fait que nous captions par une variable

dichotomique (exportateur) dans toutes nos spécifications. Nous trouvons que les entreprises qui exportent sont aussi plus susceptibles d'investir dans les technologies de pointe.

Une imposante littérature traite des liens entre la productivité des entreprises et le fait qu'elles exportent (Wagner, 2007). Une relation causale des exportations sur la productivité est typiquement rationalisée par un mécanisme d'apprentissage par exportation où les connaissances de pointe des acheteurs internationaux améliorent la productivité des entreprises locales. Les entreprises exportatrices sont aussi plus exposées à la compétition (Baldwin et Gu, 2005).

Cette relation est cependant difficile à isoler, car plusieurs études trouvent un lien inverse : les entreprises plus productives sont celles qui sont les plus susceptibles d'entrer des nouveaux marchés, y compris les marchés internationaux (Clerides et al., 1998).

Nos régressions montrent une association positive entre le fait d'avoir des activités commerciales à l'extérieur du Canada et l'adoption des nouvelles technologies de pointe. Pour certaines technologies, l'impact d'exporter est très important, augmentant les propensions à les adopter de plus de 10 points de pourcentage.

Notons que cet impact demeure positif pour la grande majorité des technologies dans un modèle où nous tenons compte des effets spécifiques sur les entreprises (Tableau 6), ce qui s'avère être un résultat plus convaincant en faveur d'un effet causal (Van Biesebroeck, 2005).

Compétition

Le troisième déterminant, moins important que les deux premiers, mais qui ressort pour plusieurs technologies est le degré de compétition auquel fait face l'entreprise

Il existe une littérature tout aussi imposante traitant de l'impact du niveau de compétition sur l'innovation. L'étude la plus citée est celle d'Aghion et al. (2005) qui argumente que cette relation prend la forme d'un U inversé. Deux effets s'opposent : l'augmentation du nombre de concurrents venant réduire les bénéfices liés à l'innovation par une disparition plus rapide des rentes associées. Par contre, cette augmentation vient aussi augmenter la nécessité d'innover pour survivre à la compétition, expliquant ainsi la non-linéarité.

Malheureusement, nos résultats de régression ne permettent pas d'isoler cette relation pour toutes les années et pour toutes les technologies. Pour 2012, nous trouvons des impacts positifs du niveau de compétition sur l'adoption des nouvelles technologies dès que le nombre de concurrents augmente à 2. Ces résultats ne survivent pas à l'inclusion d'effets fixes non observés spécifiques à l'entreprise cependant. Nous laissons l'exploration plus détaillée de ce lien pour des travaux futurs.

Niveau d'éducation de la main-d'œuvre

Finalement, il est intéressant de noter que les entreprises avec une main-d'œuvre plus éduquée (mesurée par la proportion d'employés avec un diplôme universitaire) sont aussi souvent celles identifiées comme adoptant les technologies de pointe. Des liens ont déjà été constatés entre le capital humain et l'innovation (p.ex. Leiponen 2005) ou même les possibilités pour l'entreprise d'améliorer sa performance en matière d'innovation en augmentant ses efforts de formation et son capital humain (Dostie, 2018).

Nos résultats illustrent donc un mécanisme par lequel cet impact pourrait se manifester. Cet effet est particulièrement fort en coupe transversale en 2009, mais n'est plus statistiquement significatif dans les résultats avec effets entreprises. Nous n'avons pas non plus accès à cette variable en 2017, ce qui limite notre capacité à conclure sur son impact.

Québec versus reste du Canada

Les résultats des régressions permettent aussi de déterminer si les différences identifiées précédemment à la suite de l'examen des statistiques descriptives sont robustes à la prise en compte des différences observables entre les entreprises en matière de structure industrielle et autres facteurs. Nous trouvons un avantage aux entreprises québécoises à l'adoption des nouvelles technologies pour 7 technologies sur 10 en 2009 et pour 8 technologies sur 10 en 2012. Dans tous les cas, les désavantages ne sont pas statistiquement différents de zéro alors que plusieurs avantages le sont.

La situation n'est pas autant à l'avantage du Québec en 2017, le Québec accusant maintenant un retard pour toutes les technologies de pointe (excepté la (6) *Technologies de veille stratégique*), même si, encore une fois, nous ne pouvons conclure statistiquement sur le sujet. Au niveau des technologies émergentes, les coefficients pour le Québec sont en très grande majorité positifs et même statistiquement significatifs pour les technologies 4 *Systèmes intégrés d'Internet des objets* et 6 *Technologies de chaîne de blocs*.

Autres déterminants

Rappelons finalement que nos régressions tenaient compte de plusieurs autres déterminants potentiels qui ne sont pas révélés être statistiquement significatifs. C'est le cas pour les variables de filiale et de localisation de la maison mère pour la plupart. Il en est de même pour l'utilisation de programmes gouvernementaux (voir tableau 8). Soulignons aussi finalement que toutes nos régressions en coupe transversale tenaient compte de la structure industrielle.

7. Conclusion

Le principal objectif de cette étude est de contraster les stratégies et les tactiques opérationnelles utilisées par les entreprises québécoises à celles mises en œuvre dans le reste du Canada en matière d'adoption des nouvelles technologies de pointe. Pour mesurer les stratégies de mise à niveau et d'innovation des entreprises québécoises et les comparer à celles des entreprises canadiennes, nous utilisons les données de l'Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (EISE) de Statistique Canada.

Nous estimons également des modèles économétriques des déterminants de l'adoption de technologies pour déterminer si les différences dans les taux d'adoption moyens sont dues à des différences dans la composition industrielle ou de taille d'entreprise des différentes provinces, et identifier les corrélations possibles entre l'adoption de la technologie et différentes caractéristiques de l'entreprise.

Un deuxième objectif de cette étude est d'analyser l'adoption de certaines autres pratiques de gestion modernes complémentaires liées au rendement de la production et des ressources humaines. Finalement, nous examinons de façon plus globale ce que les entreprises rapportent comme étant leurs principaux obstacles à l'innovation.

Nous trouvons que les entreprises québécoises performant bien par rapport à leurs homologues canadiennes en moyenne, obtenant même, certaines années, un avantage pour certaines technologies. C'est particulièrement le cas pour les technologies émergentes en 2017. Nous trouvons aussi des résultats qui concordent avec la littérature concernant les déterminants de l'adoption des nouvelles technologies, notamment en ce qui concerne la taille de l'entreprise, le fait qu'elle soit exportatrice ou non, ainsi que la qualité du capital humain de ses employés. Notons que ces attributs sont liés, dans la littérature, à la productivité de l'entreprise et que nos résultats mettent donc plutôt un mécanisme potentiel derrière cette productivité plus élevée.

L'identification de ces déterminants donne des leviers sur lesquels une politique publique qui viserait à augmenter l'adoption des nouvelles technologies pourrait mettre l'accent (p. ex. améliorer la qualité du capital humain des employés par la formation ou l'éducation, faciliter l'accès aux marchés d'exportation). Une étape subséquente (dans le cadre d'un projet distinct) porterait sur une estimation des rendements en matière de productivité ou sur la probabilité d'innover liés à l'adoption de différentes technologies ou pratiques de gestion.

Notons que Statistique Canada continue à récolter des données pour l'EISE. Malheureusement, ces données supplémentaires n'étaient pas disponibles au moment de réaliser ce projet, mais elles permettraient sans doute d'estimer avec plus de précision l'impact des caractéristiques de l'entreprise sur ses décisions d'adoption de nouvelles technologies.

Bibliographie

Aghion, P., Bloom, N., Blundell, R., Griffith, R., & Howitt, P. (2005). Competition and Innovation: An Inverted-U Relationship. *The Quarterly Journal of Economics*, 120(2), 701–728. <http://www.jstor.org/stable/25098750>

Baldwin, John and David Sabourin. 1998. Technology Adoption: A Comparison Between Canada and the United States. Statistics Canada Catalog #11F0019M1998119.

Baldwin, John R. and Wulong Gu. 2003. “Export-market participation and productivity performance in Canadian manufacturing.” *Canadian Journal of Economics* 36, 634-657.

Beaudry, Catherine and Charles Bérubé. 2016. Canadian firms that benefit from governmental support are more innovative. Presentation at the 16th Congress of the International Schumpeter Society: Building Bridges, Montréal, Québec.

Bender, S., Bloom, N., Card, D., Van Reenen, J., & Wolter, S. (2018). Management practices, workforce selection, and productivity. *Journal of Labor Economics*, 36(S1), S371-S409.

Bloom, Nicholas and Lemos, Renata and Sadun, Raffaella and Scur, Daniela and Van Reenen, John, World Management Survey at 18: Lessons and the Way Forward (March 2021). CEPR Discussion Paper No. DP15898, Available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=3805313>

Bloom, N., Mahajan, A., McKenzie, D. et J. Roberts 2020. Do Management Interventions Last? Evidence from India. *American Economic Journal: Applied Economics* 12(2): 198-219.

Bloom, N., E. Brynjolfsson, L. Foster, R. Jarmin, M. Patnaik, I. Saporta-Eksten et J. Van Reenen. (2019). What Drives Differences in Management Practices? *American Economic Review*, 109 (5): 1648-83.

Bloom, N., B. Eifert, A. Mahajan, D. McKenzie et J. Roberts. 2013. Does Management Matter? Evidence from India, *The Quarterly Journal of Economics*, 128 (1): 1–51, <https://doi.org/10.1093/qje/qjs044>

Clerides, Sofronis K., Saul Lach and James R. Tybout. 1998. Is Learning by Exporting Important? Micro-dynamic Evidence from Colombia, Mexico, and Morocco. *Quarterly Journal of Economics* CXIII, 903-947.

Comin, Diego et Marti Mestieri. 2014. Technology Diffusion: Measurement, Causes, and Consequences, dans Philippe Aghion et Steven Durlauf, eds., *Handbook of Economic Growth*, Vol. 2, Elsevier, 2014, pp. 565--622.

Conference Board of Canada, 2018. Provincial and Territories Rankings: Innovation. <https://www.conferenceboard.ca/hcp/provincial/innovation.aspx> [Consulted on May 28, 2019].

Conference Board of Canada, 2014. Adopting digital technologies. The Path for SMEs. Briefing, February.

Council of Canadian Academies, Expert Panel on the State of Science and Technology and Industrial Research and Development in Canada. 2018. *Competing in a Global Innovation Economy: The Current State of R&D in Canada*. Ottawa: Council of Canadian Academies.

Dostie, B. 2018. The Impact of Training on Innovation. *ILR Review* 71(1): 64-87.

Dostie, B. 2013 Estimating the Returns to Firm-Sponsored On-the-Job and Classroom Training, *Journal of Human Capital* 7(2): 161-189.

Dostie B. et Jayaraman R. 2012 [Organizational Redesign, Information Technologies and Workplace Productivity](#), *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 12(1,Topics): Article 4.

Dunne, T. 1994. Plant Age and Technology Use in U.S. Manufacturing Industries. *The RAND Journal of Economics*, 25 (3): 488-499.

Edler, J. 2019. A Costly Gap: The Neglect of the Demand Side in Canadian Innovation Policy. *IRPP Insights* #28, May.

Greenspon, Jacob & So, Dorinda & Ahmed, Weseem & Campbell, Margaret & Steeve, Jamison & Mack, Chris. (2018). The final leg: How Ontario can win the innovation race. WP #31 Institute for Competitiveness & Prosperity.

Hall, B.H. et B. Hall. 2003. The Adoption of New Technology. NBER Working Paper #9730.

Ichniowski, Casey and Shaw, Kathryn. "7. Insider Econometrics: Empirical Studies of How Management Matters". *The Handbook of Organizational Economics*, edited by Robert Gibbons and John Roberts, Princeton: Princeton University Press, 2012, pp. 263-312. <https://doi.org/10.1515/9781400845354-009>

Ichniowski, C., et K.L. Shaw. 2003. Beyond Incentive Pay: Insiders' Estimates of the Value of Complementary Human Resource Management Practices. *Journal of Economic Perspectives*, 17 (1): 155-180.

Ichniowski, C., Shaw, K.L. et G. G. Prennushi. 1997. The Effects of Human Resource Management Practices on Productivity: A Study of Steel Finishing Lines. *American Economic Review* 87(3): 291-313.

Institute for Competitiveness & Prosperity. 2009. Management Matters. *Working Paper* #12.

Leiponen A. (2005), Skills and innovation, *International Journal of Industrial Organization*, 23, n.5-6, pp.303-323

Milliou, C. and E. Petrakis. 2011. Timing of technology adoption and product market competition. *International Journal of Industrial Organization* 29: 513-523

Oi, W. Y. et T. Idson. 1999. Firm Size and Wages. Handbook of Labor Economics, Volume 3, Part B: 2165-2214.

Scur, D. R. Sadun, Van Reenen, J., Lamos, R. et N. Bloom. 2021. The World Management Survey at 18: lessons and the way forward. *Oxford Review of Economic Policy* 37(2): 231-258.

Syverson, Chad. 2011. "What Determines Productivity?" *Journal of Economic Literature*, 49 (2): 326-65. DOI: 10.1257/jel.49.2.326

Thomas, L.A. 1999. Adoption order of new technologies in evolving markets. *Journal of Economic Behaviour and Organisations*. April 453-482

Van Biesebroeck J. 2005 Exporting raises productivity in sub-Saharan African manufacturing firms. *Journal of International Economics*, 67 (2), pp. 373-391.

Verhoogen, Eric. 2008. Trade, Quality Upgrading, and Wage Inequality in the Mexican Manufacturing Sector. *Quarterly Journal of Economics* 123(2): 489-530.

Verhoogen, Eric. 2022. Firm-Level Upgrading in Developing Countries, *Journal of Economic Literature*, À paraître.

Wagner, J. (2007), Exports and Productivity: A Survey of the Evidence from Firm-level Data. *World Economy*, 30: 60-82. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9701.2007.00872.x>

Zolas, Nikolas, Zachary Kroff, Erik Brynjofssso, Kristina McElheran, David Beede , Catherine Buffington, Nathan Goldschlag, Lucia Foster et Emin Dinlersoz, 2020.

[Advanced Technologies Adoption and Use by U.S. Firms: Evidence from the Annual Business Survey.](#) 20-40, Center for Economic Studies, U.S. Census Bureau.

ANNEXES

Annexe 1

Utilisation des technologies de pointe 2017 (%)

Québec	21,7
Ontario	21,1
Atlantique	12,3
Reste du Canada	15,1
Canada	18,9

Source : Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2017)

Annexe 2 : Déterminants de l'utilisation des technologies de pointe en 2009

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Québec	0.108*	0.157**	-0,006	0,126	0,039	0.136*	0,001	-0,001	0,025	-0,018
	(0,05)	(0,05)	(0,03)	(0,09)	(0,03)	(0,06)	(0,01)	(0,00)	(0,04)	(0,02)
Indicateur filiale	0,023	0,021	0,007	0,140	0,044	0,046	-0,006	0,002	0,07	-0.056*
	(0,04)	(0,03)	(0,02)	(0,12)	(0,03)	(0,05)	(0,01)	(0,00)	(0,04)	(0,03)
Exportateur	0.140***	0.132**	0.104*	0.171***	-0,043	0,051	-0,001	-0,003	-	0,045
	(0,04)	(0,05)	(0,05)	(0,05)	(0,04)	(0,03)	(0,01)	(0,01)	-	(0,04)
Manufacturier	0.143*	0.175*	0,033	0,036	0,037	0,133	0,006	0,011	-0,019	-0,18
	(0,07)	(0,07)	(0,04)	(0,07)	(0,04)	(0,09)	(0,01)	(0,01)	(0,04)	(0,09)
% employés BA	0.002*	0.001*	0,001	0.003**	0.000	0.002*	0.000	0.000	0.001*	-0.003**
	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)
Nombre de compétiteur(s):										
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-0,275	-0,325	-0.394*	-0.384*	0,017	0,065	0,006	0.000	-	-0.072*
	(0,18)	(0,19)	(0,20)	(0,16)	(0,02)	(0,06)	(0,02)	(0,01)	-	(0,03)
3	-0,162	-0,204	-0,352	-0,221	0,025	0,13	-0,01	0,003	-	0,022
	(0,19)	(0,21)	(0,20)	(0,18)	(0,03)	(0,16)	(0,01)	(0,01)	-	(0,08)
4 à 5	-0,149	-0,294	-0,354	-0,137	-0,007	0,065	-0,015	-0,002	-0,288	-0,002
	(0,16)	(0,17)	(0,19)	(0,15)	(0,03)	(0,05)	(0,01)	(0,01)	(0,18)	(0,04)
6 à 10	-0,21	-0,291	-0,355	-0,034	0,053	0.115*	-0,011	0,003	-0,264	-0,053
	(0,16)	(0,18)	(0,19)	(0,16)	(0,04)	(0,06)	(0,01)	-	(0,18)	(0,04)
11 à 20	-0,191	-0,298	-0,378	-0.374*	0,011	0.141*	0,001	-	-	0,02
	(0,18)	(0,19)	(0,20)	(0,16)	(0,02)	(0,06)	(0,02)	(0,01)	-	(0,08)
Plus de 20	-0,199	-0,241	-0,311	-0,234	0,034	0.115*	-0,010	0,002	-0,228	-0,067
	(0,17)	(0,18)	(0,20)	(0,15)	(0,02)	(0,05)	(0,01)	(0,01)	(0,19)	(0,04)

Prog. gouv.	0,061 (0,05)	0,029 (0,04)	0,006 (0,03)	-0.114* (0,05)	0,011 (0,02)	0,011 (0,04)	0,005 (0,01)	0,003 (0,00)	- (0,00)	0,07 (0,04)
# employés (PD7)	0,000 (0,00)	0,000 (0,00)	0.000* (0,00)	0.000* (0,00)	0.000** (0,00)	0.000** (0,00)	0,000 (0,00)	0,000 (0,00)	0,000 (0,00)	0,000 (0,00)
Constante	-0,071 (0,21)	-0,034 (0,23)	0,257 (0,21)	0,247 (0,20)	0,403 (0,31)	-0,272 (0,16)	-0,002 (0,02)	-0,016 (0,01)	0,131 (0,22)	0,075 (0,10)
Nombre d'entreprises	4179	4179	4179	4179	4179	4179	4179	4179	4179	4179
R-carré	0,292	0,269	0,154	0,204	0,166	0,146	0,032	0,033	0,178	0,288

Notes : Écarts-types entre parenthèses. Les résultats présentés tiennent aussi compte des différences entre les industries et de la localisation de la maison mère si l'entreprise est affiliée. (1) Conception informatique et technique, (2) Traitement informatique de fabrication ou d'assemblage, (3) Inspection informatique, (4) Technologies de communication, (5) Intégration et contrôle de l'information, (6) Manutention de matériel automatisée, (7) Biotechnologies/bioproducts, (8) Nanotechnologies, (9) Technologies vertes, (10) Autres types de technologie. Source : Calculs des auteurs avec l'Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2009) de Statistique Canada.

Annexe 3 Déterminants de l'utilisation des technologies de pointe en 2012

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Québec	0,065 (0,04)	0,04 (0,03)	0,008 (0,03)	0,119* (0,05)	0,001 (0,01)	0,016 (0,04)	0,002 (0,00)	0,001 (0,00)	-0,003 (0,01)	-0,017 (0,01)
Indicateur filiale	0,022 (0,04)	-0,014 (0,03)	0,102 (0,08)	0,079 (0,04)	0,019 (0,03)	0,122 (0,08)	- (0,00)	0,003 (0,00)	0,011 (0,01)	0,005 (0,03)
Exportateur	0.105** (0,04)	0.081* (0,04)	-0,02 (0,02)	0,065 (0,04)	0.072* (0,03)	0,053 (0,04)	0,005 (0,01)	0,001 (0,00)	0.031** (0,01)	0,058 (0,04)
Manufacturier	0.174* (0,07)	0.116* (0,06)	0,099 (0,06)	0,06 (0,07)	0,028 (0,04)	0,034 (0,06)	0,009 (0,01)	0,001 (0,00)	-0,003 (0,01)	-0.048* (0,02)
% employés BA	0.002** (0,00)	0.000 (0,00)	0.000 (0,00)	0,001 (0,00)	0.000 (0,00)	0,001 (0,00)	0.000 (0,00)	0.000 (0,00)	0.000 (0,00)	0,001 (0,00)
Nombre de compétiteur(s):										
1	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
2	0.275** (0,11)	0,120 (0,12)	0,145 (0,13)	0.269** (0,10)	-0,012 (0,03)	0,137 (0,12)	- (0,00)	- (0,00)	-0,007 (0,01)	-0,047 (0,04)
3	0,048 (0,05)	0,03 (0,05)	0,005 (0,02)	0,06 (0,06)	0,022 (0,03)	0,051 (0,04)	- (0,00)	- (0,00)	0,007 (0,02)	-0,04 (0,03)
4-5	0.135* (0,07)	0,016 (0,04)	0,028 (0,03)	0.124* (0,06)	0,038 (0,03)	0.072* (0,04)	-0,002 (0,01)	-0,001 (0,00)	0,008 (0,01)	0,033 (0,04)
6-10	0.135* (0,05)	0,014 (0,04)	0,065 (0,04)	0.119* (0,06)	-0,011 (0,02)	0,062 (0,04)	-0,008 (0,01)	- (0,00)	0,003 (0,01)	0,014 (0,03)
11-20	0,032 (0,06)	-0,007 (0,04)	0,025 (0,02)	0,119 (0,08)	0,006 (0,02)	0,028 (0,03)	-0,002 (0,01)	- (0,00)	-0,001 (0,01)	-0,036 (0,03)
Plus de 20	0.101* (0,04)	0,04 (0,04)	0,073 (0,02)	0.130** (0,08)	0,024 (0,02)	0.102* (0,03)	-0,004 (0,01)	- (0,00)	0,017 (0,01)	-0,011 (0,03)

	(0,05)	(0,04)	(0,04)	(0,05)	(0,02)	(0,04)	(0,01)	-	(0,01)	(0,03)
Prog. gouv.	0,000	0,047	0,032	0,058	0,045	0,094*	-	-	0,013*	0,043
	(0,05)	(0,03)	(0,03)	(0,05)	(0,03)	(0,04)	-	-	(0,01)	(0,03)
# employés (PD7)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)
Constante	-0,131	-0,111*	-0,068	-0,164	-0,063	-0,194***	-0,007	0,000	-0,02	-0,024
	(0,087)	(0,053)	(0,074)	(0,088)	(0,034)	(0,058)	(0,006)	(0,004)	(0,012)	(0,041)
Nombre d'entreprises	4409	4409	4409	4409	4409	4409	4409	4409	4409	4409
R-carré	0,221	0,193	0,097	0,152	0,117	0,125	0,025	0,013	0,055	0,101

Notes: Écart-types entre parenthèses. Les résultats présentés tiennent aussi compte des différences entre les industries et de la localisation de la maison mère si l'entreprise est affiliée. (1) Conception informatique et technique, (2) Traitement informatique de fabrication ou d'assemblage, (3) Inspection informatique, (4) Technologies de communication, (5) Intégration et contrôle de l'information, (6) Manutention de matériel automatisée, (7) Biotechnologies/bioproducts, (8) Nanotechnologies, (9) Technologies vertes, (10) Autres types de technologie. Source : Calculs des auteurs Source Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2012).

Annexe 4 Déterminants de l'adoption des technologies de pointe en 2017

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Québec	-0,015 (0,01)	0,015 (0,02)	-0,012 (0,01)	-0,015 (0,01)	0,013 (0,02)	-0.049** (0,02)	-0,002 (0,01)
Indicateur filiale	0,034 (0,10)	-0,085 (0,07)	-0,077 (0,06)	0,126 (0,13)	0,016 (0,08)	0,182 (0,14)	-0,032 (0,03)
Exportateur	0,03 (0,02)	0.112*** (0,02)	0.086*** (0,02)	0,027 (0,02)	0.048** (0,02)	0.077*** (0,02)	0.081*** (0,02)
Manufacturier	0,044 (0,02)	0,021 (0,03)	0.058** (0,02)	0.061** (0,02)	-0,005 (0,03)	-0,020 (0,03)	-0,036 (0,02)
Nombre de compétiteur(s)							
1	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -
2	0,006 (0,06)	0,050 (0,07)	-0.097** (0,04)	0,018 (0,08)	-0,082 (0,05)	0,034 (0,08)	0,066 (0,07)
3	-0,026 (0,03)	0,011 (0,03)	-0,036 (0,03)	-0,041 (0,03)	-0,009 (0,05)	0,047 (0,04)	0,016 (0,02)
4	0,017 (0,04)	0,045 (0,03)	-0,043 (0,03)	-0,018 (0,04)	-0,019 (0,05)	0.076* (0,04)	0.053* (0,02)
5	0,006 (0,03)	0.077* (0,03)	0,007 (0,03)	-0,004 (0,04)	0,027 (0,05)	0.108** (0,04)	0,033 (0,02)
6	0,019 (0,03)	0.064* (0,03)	-0,022 (0,03)	0,005 (0,03)	0,011 (0,05)	0.099** (0,04)	0.053** (0,02)
# employés (PD7)	0.000*** (0,00)	0.000** (0,00)	0.000* (0,00)	0.000*** (0,00)	0.000** (0,00)	0.000*** (0,00)	0.000* (0,00)
Constante	0.159** (0,06)	0,055 (0,05)	0.106* (0,05)	0,089 (0,06)	0,111 (0,06)	0,085 (0,06)	0,008 (0,02)

Nombre							
d'entreprises	9729	9729	9729	9729	9729	9729	9729
R-carré	0,05	0,058	0,15	0,029	0,042	0,071	0,044

Notes: Écart-types entre parenthèses. Les résultats présentés tiennent aussi compte des différences entre les industries et de la localisation de la maison mère si l'entreprise est affiliée. (1) Technologies de manutention du matériel, de chaînes d'approvisionnement ou de logistique, (2) Technologies de conception ou de contrôle de l'information, (3) Technologies de traitement et de fabrication, (4) Technologies propres, (5) Systèmes de sécurité ou d'authentification évolués, (6) Technologies de veille stratégique, (7) Autres technologies de pointe. Source : Calculs des auteurs avec l'Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2017) de Statistique Canada.

Annexe 5 Déterminants de l'utilisation des technologies émergentes en 2017

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
Québec	-0,003 (0,00)	0,002 (0,00)	0,014 (0,01)	0,017** (0,01)	0,028 (0,02)	0,018*** (0,00)	0,01 (0,01)
Indicateur filiale	-0,017*** (0,00)	-0,008 (0,01)	-0,025 (0,02)	0,001 (0,05)	-0,037 (0,06)	-0,016 (0,01)	-0,044** (0,01)
Exportateur	0,005 (0,01)	0,015* (0,01)	0,000 (0,01)	0,040*** (0,01)	0,030 (0,02)	0,005 (0,00)	0,073*** (0,02)
Manufacturier	0,010* (0,01)	0,015* (0,01)	-0,001 (0,01)	0,010 (0,01)	0,057* (0,03)	0,003 (0,01)	-0,007 (0,01)
Nombre de compétiteur(s)							
1	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	0,048 (0,08)	-	-
3	-0,034 (0,02)	-0,013 (0,01)	0,009 (0,03)	0,004 (0,01)	-0,003 (0,03)	-0,002 (0,01)	0,023 (0,01)
4	-0,032 (0,02)	-0,016 (0,01)	0,000 (0,02)	0,006 (0,01)	0,069* (0,03)	-0,009 (0,01)	0,014 (0,01)
5	-0,036 (0,02)	-0,017 (0,01)	0,020 (0,02)	0,019 (0,01)	0,063* (0,03)	0,010 (0,01)	0,018 (0,01)
6	-0,037 (0,02)	-0,012 (0,01)	-0,010 (0,02)	0,008 (0,01)	0,022 (0,03)	-0,010 (0,01)	0,018 (0,01)
# employés (PD7)	0,000 (0,00)	0,000 (0,00)	0,000* (0,00)	0,000** (0,00)	0,000*** (0,00)	0,000* (0,00)	0,000* (0,00)
Constante	0,023 (0,02)	0,050** (0,02)	0,052 (0,04)	-0,012 (0,01)	0,048 (0,06)	-0,002 (0,01)	-0,008 (0,02)
Nombre d'entreprises	9729	9729	9729	9729	9729	9729	9729
R-carré	0,016	0,022	0,04	0,069	0,032	0,061	0,048

Notes: Écarts-types entre parenthèses. Les résultats présentés tiennent aussi compte des différences entre les industries et de la localisation de la maison mère si l'entreprise est affiliée. (1) Nanotechnologie, (2) Biotechnologie, (3) Technologie géométrique ou géospatiale, (4) Systèmes intégrés d'Internet des objets (Id0), (5) Intelligence artificielle, (6) Technologies de chaînes de blocs, (7) Autres types de technologies émergentes. Source : Calculs des auteurs avec l'Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2017) de Statistique Canada.

Annexe 6 Déterminants de l'utilisation des technologies de pointe – Modèle à effets fixes pour 2009 et 2012

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
Année = 2009	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Année = 2012	-0.047**	-0.044**	-0.031*	-0.067***	-0,014	-0.068***	-0,005	0,001	-0.031**	0,013
	(0,02)	(0,02)	(0,01)	(0,02)	(0,01)	(0,02)	(0,01)	(0,00)	(0,01)	(0,01)
Indicateur filiale	0,004	-0,003	0,045	-0,017	-0,030	0,006	0,007	0,011	0,008	0,004
	(0,04)	(0,04)	(0,04)	(0,05)	(0,04)	(0,04)	(0,01)	(0,01)	(0,03)	(0,02)
Exportateur	0,034	0.096***	0,031	0,040	0.053*	0,043	-0,001	-0,009	0,005	0,009
	(0,03)	(0,03)	(0,02)	(0,03)	(0,03)	(0,03)	(0,01)	(0,01)	(0,02)	(0,01)
Manufacturier	0,022	0.129*	0,011	0,103	0,030	-0,040	0,010	0,006	-0,030	0,015
	(0,06)	(0,06)	(0,05)	(0,07)	(0,06)	(0,06)	(0,02)	(0,02)	(0,04)	(0,03)
% employés BA	-0,001	0,002	0,001	-0,001	0,000	-0,002	0,000	0,000	0,000	0,000
	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	0,00	0,00	(0,00)	0,00
Nombre de compétiteur(s)										
1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-0,012	-0,019	-0,068	0,022	-0,052	-0,006	0,003	0,033	-0,001	0,002
	(0,06)	(0,06)	(0,05)	(0,07)	(0,06)	(0,06)	(0,02)	(0,02)	(0,04)	(0,03)
3	0,043	0,034	0,019	0,055	0,006	0,053	-0,001	0,004	-0,025	0,019
	(0,06)	(0,06)	(0,05)	(0,06)	(0,05)	(0,06)	(0,02)	(0,02)	(0,04)	(0,03)
4 à 5	0,102	0,067	0,036	0,064	0,004	0,045	-0,001	0,001	-0,018	0,017
	(0,06)	(0,05)	(0,05)	(0,06)	(0,05)	(0,05)	(0,02)	(0,01)	(0,04)	(0,02)
6 à 10		0.127*	0,065	0,109	0,055	0,076	0,006	-0,003	0,028	0,004
		(0,06)	(0,05)	(0,06)	(0,05)	(0,06)	(0,02)	(0,02)	(0,04)	(0,03)

11 à 20	0.154*	0,019	0,033	0.148*	0,098	0,062	-0,005	0,019	0,059	0,004
	(0,06)	(0,06)	(0,05)	(0,07)	(0,05)	(0,06)	(0,02)	(0,02)	(0,04)	(0,03)
Plus de 20		0.160**	0,082	0.158*	0,093	0,078	-0,002	0,002	0,043	0,004
		(0,06)	(0,05)	(0,07)	(0,05)	(0,06)	(0,02)	(0,02)	(0,04)	(0,03)
Prog.ouv.	0,019	0,033	0,032	0,036	0,035	0.067*	0,008	0,001	0.064**	0,003
	(0,03)	(0,03)	(0,03)	(0,03)	(0,03)	(0,03)	(0,01)	(0,01)	(0,02)	(0,01)
# employés (PD7)	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)	(0,00)
Constante	-0,71	-0,902	0,089	0,238	0,221	0,248	0,065	0,032	0,14	-0,001
	(0.547)	(0.541)	(0.459)	(0.594)	(0.466)	(0.543)	(0.164)	(0.144)	(0.377)	(0.243)
Nombre d'observations	8588	8588	8588	8588	8588	8588	8588	8588	8588	8588
R-carré	0,044	0,055	0,027	0,037	0,033	0,032	0,02	0,037	0,028	0,017

Notes: Écarts-types entre parenthèses. Les résultats présentés tiennent aussi compte des différences entre les industries et de la localisation de la maison mère si l'entreprise est affiliée. (1) Conception informatique et technique, (2) Traitement informatique de fabrication ou d'assemblage, (3) Inspection informatique, (4) Technologies de communication, (5) Intégration et contrôle de l'information, (6) Manutention de matériel automatisée, (7) Biotechnologies/bioproducts, (8) Nanotechnologies, (9) Technologies vertes, (10) Autres types de technologie. Source : Calculs des auteurs Source Statistique Canada. Enquête sur l'innovation et les stratégies d'entreprise (2009 et 2012)