

N° 11F0019M au catalogue — N° 448
ISSN 1205-9161
ISBN 978-0-660-35141-4

Direction des études analytiques : documents de recherche

Automatisation et transformation des emplois au Canada : qui est à risque?

par Marc Frenette et Kristyn Frank

Date de diffusion : le 29 juin 2020



Comment obtenir d'autres renseignements

Pour toute demande de renseignements au sujet de ce produit ou sur l'ensemble des données et des services de Statistique Canada, visiter notre site Web à www.statcan.gc.ca.

Vous pouvez également communiquer avec nous par :

Courriel à STATCAN.infostats-infostats.STATCAN@canada.ca

Téléphone entre 8 h 30 et 16 h 30 du lundi au vendredi aux numéros suivants :

- | | |
|---|----------------|
| • Service de renseignements statistiques | 1-800-263-1136 |
| • Service national d'appareils de télécommunications pour les malentendants | 1-800-363-7629 |
| • Télécopieur | 1-514-283-9350 |

Programme des services de dépôt

- | | |
|-----------------------------|----------------|
| • Service de renseignements | 1-800-635-7943 |
| • Télécopieur | 1-800-565-7757 |

Normes de service à la clientèle

Statistique Canada s'engage à fournir à ses clients des services rapides, fiables et courtois. À cet égard, notre organisme s'est doté de normes de service à la clientèle que les employés observent. Pour obtenir une copie de ces normes de service, veuillez communiquer avec Statistique Canada au numéro sans frais 1-800-263-1136. Les normes de service sont aussi publiées sur le site www.statcan.gc.ca sous «Contactez-nous» > «[Normes de service à la clientèle](#)».

Note de reconnaissance

Le succès du système statistique du Canada repose sur un partenariat bien établi entre Statistique Canada et la population du Canada, les entreprises, les administrations et les autres organismes. Sans cette collaboration et cette bonne volonté, il serait impossible de produire des statistiques exactes et actuelles.

Publication autorisée par le ministre responsable de Statistique Canada

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, représentée par le ministre de l'Industrie 2020

Tous droits réservés. L'utilisation de la présente publication est assujettie aux modalités de l'[entente de licence ouverte](#) de Statistique Canada.

Une [version HTML](#) est aussi disponible.

This publication is also available in English.

Automatisation et transformation des emplois au Canada : qui est à risque?

par

Marc Frenette et Kristyn Frank

Division de l'analyse sociale et de la modélisation
Statistique Canada

11F0019M N° 448
2012011
ISSN 1205-9161
ISBN 978-0-660-35141-4

Juin 2020

Direction des études analytiques Documents de recherche

La série Direction des études analytiques : documents de recherche permet de faire connaître les travaux de recherche effectués par le personnel de la Direction des études analytiques et les collaborateurs. Cette série a pour but de favoriser la discussion sur divers sujets, notamment le travail, l'immigration, la scolarité et les compétences, la mobilité du revenu, le bien-être, le vieillissement, la dynamique des entreprises, la productivité, les transitions économiques et la géographie économique. Le lecteur est invité à faire part aux auteurs de ses commentaires et suggestions.

Tous les documents de la série Direction des études analytiques : documents de recherche font l'objet d'une révision interne et d'une révision par les pairs. Cette démarche vise à faire en sorte que les documents soient conformes au mandat de Statistique Canada à titre d'organisme statistique gouvernemental et qu'ils respectent les normes généralement reconnues régissant les bonnes méthodes professionnelles.

Tout en respectant la politique, les lignes directrices et les principes généraux du *Manuel de la politique administrative du Conseil du Trésor* relatifs à l'emploi du féminin dans les écrits gouvernementaux, dans les textes qui traitent de collectivités, l'emploi du masculin générique est utilisé pour des raisons stylistiques et d'économie d'espace.

Table des matières

Résumé.....	5
Sommaire	6
1 Introduction.....	8
2 Méthodologie	10
3 Résultats.....	14
4 Conclusion	23
5 Annexe : Tableaux	24
Bibliographie.....	28

Résumé

D'importants progrès accomplis récemment dans le domaine de l'intelligence artificielle ont permis de soulever des questions au sujet du rôle des travailleurs à une époque où les robots et les algorithmes sont de plus en plus capables de réaliser de nombreuses tâches, y compris des tâches qu'on considérait comme impossibles à automatiser dans le passé. La pandémie de COVID-19 vient renforcer ce questionnement, alors que les entreprises peuvent se tourner vers la technologie d'automatisation afin de mener une plus vaste gamme d'activités traditionnellement effectuées par des travailleurs humains. Même si des études antérieures ont permis d'évaluer la proportion des travailleurs canadiens qui présentent un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, la présente étude est la première qui vise à examiner, de manière approfondie, les risques en matière d'automatisation auxquels font face différents groupes de travailleurs. L'étude applique une approche semblable à celle établie par Frey et Osborne (2013) et à celle d'Arntz, de Gregory et de Zierahn (2016) aux données canadiennes. Selon les résultats, dans l'ensemble, 10,6 % des travailleurs canadiens présentaient un risque élevé (probabilité de 70 % ou plus) de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation en 2016, tandis que 29,1 % affichaient un risque modéré (probabilité allant de 50 % à 70 %). Plusieurs groupes affichaient une proportion relativement plus grande de travailleurs à risque élevé, y compris ceux qui étaient plus âgés (55 ans ou plus), qui n'avaient pas de titres d'études postsecondaires ou de titres d'études postsecondaires dans certains domaines, qui avaient un niveau de littératie et de numératie faible, qui affichaient un faible revenu d'emploi ou qui occupaient un emploi à temps partiel dans de petites entreprises, dans certaines professions (p. ex. le personnel de soutien de bureau) ou dans le secteur de la fabrication. L'un des résultats intéressants était que les diplômés des domaines du commerce, de la gestion et de l'administration publique ainsi que de la santé et des domaines connexes faisaient face aux risques les plus élevés en matière de transformation des emplois attribuable à l'automatisation chez les titulaires de certificats et de diplômes d'études postsecondaires. Cependant, ils faisaient partie des groupes les moins à risque parmi les titulaires de grades d'études postsecondaires.

Sommaire

Le développement récent de nombreuses applications de l'intelligence artificielle, telles que les véhicules sans conducteur, les robots rédacteurs et les diagnostics médicaux assistés par ordinateur, a soulevé des préoccupations en ce qui concerne le rôle des travailleurs humains au sein de la main-d'œuvre de demain. La pandémie de COVID-19 vient renforcer ces inquiétudes, alors que les entreprises peuvent se tourner vers les nouvelles technologies d'intelligence artificielle pour mener des activités non traditionnellement perçues comme étant possible à automatiser, telles les tâches sociales. Bien que le risque de transformation des emplois attribuable à l'automatisation ne soit habituellement pas répartie de façon uniforme au sein des différents groupes de travailleurs, les répercussions économiques de la pandémie de COVID-19 peuvent être profondes et pourraient toucher les travailleurs dans un grand nombre d'industries (Muro, Maxim et Whiton, 2020). Même si des études antérieures ont permis d'évaluer la proportion des travailleurs canadiens présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, la présente étude est la première qui vise à examiner, de manière approfondie, les risques en matière d'automatisation auxquels font face différents groupes de travailleurs.

La présente étude repose sur une méthodologie semblable à celle établie par Frey et Osborne (2013) et à celle d'Arntz, de Gregory et de Zierahn (2016), qui est appliquée à la vague 3 de l'Étude longitudinale et internationale des adultes de 2016. Frey et Osborne (2013) ont estimé la probabilité que des emplois occupés par des travailleurs soient entièrement automatisés, à partir principalement de données de spécialistes de l'intelligence artificielle. Arntz, Gregory et Zierahn (2016) ont élargi cette approche, en évaluant les risques d'automatisation corrigés dans un modèle qui tenait compte d'une vaste gamme de tâches et de caractéristiques des travailleurs et des entreprises.

La présente étude permet d'évaluer le risque auquel font face les travailleurs canadiens rémunérés, après avoir tenu compte des tâches, ainsi que le risque auquel font face des groupes particuliers de travailleurs. Fait important à noter, ces estimations des risques sont fondées, en grande partie, sur la faisabilité technologique de l'automatisation des tâches d'un poste. Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles les employeurs peuvent ne pas remplacer immédiatement les humains par des robots, même si la technologie le permet. Parmi ces raisons, il y a les facteurs financiers, juridiques et institutionnels, les pénuries de compétences complémentaires ainsi que les considérations relatives à la demande de produits. Ainsi, le risque élevé d'automatisation n'est pas obligatoirement synonyme de risque élevé de perte d'emploi. Du moins, il pourrait supposer un certain degré de transformation des emplois, terme utilisé dans la présente étude.

Selon les résultats, dans l'ensemble, 10,6 % des travailleurs canadiens présentaient un risque élevé (probabilité de 70 % ou plus) de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation en 2016, tandis que la proportion de ceux affichant un risque modéré était de 29,1 % (probabilité allant de 50 % à 70 %). De nombreux groupes affichaient une proportion relativement plus grande de travailleurs à risque élevé, y compris ceux qui étaient plus âgés (55 ans ou plus), qui n'avaient pas de titres d'études postsecondaires ou de titres d'études postsecondaires dans certains domaines, qui avaient un niveau de littératie et de numératie faible, qui affichaient un faible revenu d'emploi ou avaient un emploi à temps partiel dans de petites entreprises, dans certaines professions (p. ex. le personnel de soutien de bureau), ou dans le secteur de la fabrication. L'un des résultats intéressants était que les diplômés des domaines du commerce, de la gestion et de l'administration publique ainsi que de la santé et des domaines connexes faisaient face aux risques les plus élevés en matière de transformation des emplois attribuable à l'automatisation chez les titulaires de certificats et de diplômes d'études postsecondaires. Cependant, ils faisaient partie des groupes les moins à risque parmi les titulaires de grades d'études postsecondaires.

De futures études pourraient permettre d'évaluer la mesure dans laquelle les travailleurs considérés comme présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation ont perdu leur emploi peu de temps après la transformation ou ont participé à du perfectionnement professionnel. D'autres études de suivi pourraient permettre d'examiner les raisons pour lesquelles certains groupes de travailleurs font face à un risque plus élevé en ce qui concerne la transformation des emplois attribuable à l'automatisation. Enfin, il pourrait être utile d'évaluer la façon dont l'intelligence artificielle a entraîné la création de nouvelles professions, a modifié la structure des professions actuelles ou a modifié les tâches réalisées par les travailleurs.

1 Introduction

Depuis un millénaire, les progrès technologiques caractérisent les économies en développement. Avec l'arrivée de la révolution industrielle au 18^e siècle, les progrès technologiques se sont accélérés considérablement. La plupart des premières activités industrielles étaient plutôt exigeantes en main-d'œuvre. Les nouvelles technologies ont simplifié ces tâches et ont permis aux travailleurs de se concentrer sur des objectifs plus cérébraux (comme l'exploitation de machines, au lieu de réaliser les tâches que ces machines peuvent désormais faire). Cette « destruction créative » des emplois a été défendue par de nombreux économistes, qui considéraient qu'il s'agissait d'un moyen permettant d'atteindre une productivité plus élevée au sein de l'économie dans son ensemble en raison de la spécialisation de la main-d'œuvre (c.-à-d. que les machines réalisent des tâches physiques difficiles ou routinières à un coût relativement faible, tandis que les humains réalisent des tâches qui exigent plus de jugement ou d'autres formes de processus mentaux avancés).

Au cours de la deuxième partie du 20^e siècle, la technologie numérique a contribué de façon importante au changement observé en milieu de travail. Dans la littérature, on s'entend pour dire que, même si l'arrivée des ordinateurs en milieu de travail peut avoir remplacé certains emplois associés aux calculs de routine (comme la tenue de livres), elle a également créé un nombre beaucoup plus élevé de nouveaux emplois dans des domaines associés à la technologie numérique (comme la programmation informatique). Pour obtenir des données empiriques, consulter Autor, Levy et Murnane (2003) et Graetz et Michaels (2018).

Plus récemment, un autre cycle de progrès numériques touchant, cette fois-ci, les applications pratiques de l'intelligence artificielle¹ a facilité de nombreuses tâches qu'on considérait, dans le passé, comme impossibles à automatiser. De récents progrès réalisés en matière de conception de véhicules autonomes, de robots rédacteurs et de diagnostics médicaux assistés par ordinateur ont fait en sorte que certains se demandent si la technologie entraînera une adoption à grande échelle de nouvelles formes d'automatisation en milieu de travail. Certains craignent qu'il y ait peu de tâches que les humains exécutent que les robots ou algorithmes ne peuvent pas faire à moindre coût.

La pandémie de COVID-19 vient renforcer ces préoccupations. La fermeture de lieux de travail et la vulnérabilité des travailleurs au virus peuvent inciter les entreprises à vérifier si les nouvelles technologies peuvent exécuter une plus vaste gamme d'activités, comme les tâches sociales (Leduc et Liu, 2020). De plus, depuis que la pandémie de COVID-19 a touché plusieurs industries, l'intégration de la technologie d'automatisation dans les industries qui n'ont pas utilisé de telles technologies dans le passé peut être de grande portée (Muro, Maxim et Whiton 2020). Par conséquent, les répercussions de la technologie d'automatisation peuvent être ressenties par un plus grand nombre de travailleurs et à un rythme plus rapide que ce qui avait été anticipé.

Seul le temps déterminera si les changements attribuables à la nouvelle technologie se concrétiseront. Certains chercheurs ont fait des prédictions en ce qui concerne la croissance des professions (Lamb, 2016) et la croissance des compétences (RBC, 2018), en fonction de techniques de prévision établies. Cependant, même les méthodes statistiques sélectionnées avec la plus grande prudence possible peuvent ne pas être en mesure de prédire l'avenir avec exactitude. Par exemple, le secteur de la haute technologie a observé une croissance considérable au cours des années 1990. Au début du 21^e siècle, lorsque le secteur était à son sommet, il semblait être l'employeur de l'avenir. En fait, les travailleurs du secteur de la haute

1. Il existe de nombreuses définitions de l'intelligence artificielle. Par exemple, selon Lexico (2020), il s'agit de « la théorie et de la conception de systèmes informatiques capables de réaliser des tâches exigeant habituellement l'intelligence humaine, telles que la perception visuelle, la reconnaissance de la parole, la prise de décisions, et la traduction d'une langue à une autre » [traduction]. L'intelligence artificielle a pour objectif principal l'automatisation des tâches de production par des ordinateurs et des robots par l'intermédiaire d'applications pratiques, comme l'apprentissage automatique et, plus récemment, l'apprentissage profond.

technologie ont vécu des mises à pied permanentes à grande échelle en 2001 (Frenette, 2007), tandis que l'emploi dans les industries traditionnelles, comme la construction ainsi que l'extraction minière, l'exploitation en carrière, et l'extraction de pétrole et de gaz, a pris rapidement de l'ampleur au cours de la décennie suivante (Statistique Canada, 2020).

Il existe peu de faits connus au sujet de la mise en œuvre de l'automatisation dans le secteur de la fabrication². Selon les données sur l'utilisation de la robotique, il y a une hausse à l'échelle mondiale de la densité des robots, c'est-à-dire le nombre de robots industriels polyvalents en service pour 10 000 personnes employées dans le secteur de la fabrication. Dans les Amériques, la densité des robots a augmenté de 7 % par année, en moyenne, de 2010 à 2016. Cette proportion était plus faible que le taux de croissance annuel enregistré en Asie (9 %), mais elle était supérieure au taux observé en Europe (5 %). En 2016, le Canada se classait au 13^e rang à l'échelle mondiale en ce qui concerne la densité des robots (145 robots en service pour 10 000 employés). La République de Corée (631 robots) s'est classée au premier rang, suivie de Singapour (488 robots). Les États-Unis (189 robots) se classaient au septième rang. Le Canada devançait la France (132 robots), se classant au 18^e rang, et l'Australie (83 robots) se classait au 21^e rang. La moyenne mondiale se chiffrait à 74 unités pour 10 000 employés.

La présente étude permettra de mieux connaître les risques associés à l'automatisation dans les milieux de travail canadiens en cherchant à répondre à la question suivante : « Quels travailleurs canadiens font face à des risques plus élevés en matière d'automatisation? ». Pour élaborer des politiques, il est important de comprendre qui est à risque. Tandis que la technologie s'améliore et qu'un nombre accru de tâches sont automatisées, il est probable que différents types de travailleurs seront touchés. Lorsque les premières formes de technologies ont été adoptées, les travailleurs manuels ont probablement été les plus touchés. Tandis que la numérisation est de plus en plus à la base de la plupart des nouvelles formes de progrès technologiques, les tâches plus cérébrales (et les travailleurs humains qui les exécutent) pourraient être touchées. Aucune approche empirique ne peut répondre à la question visant à déterminer si ces travailleurs perdront leur emploi en raison de l'automatisation. Cela dit, ces travailleurs peuvent subir un certain degré de transformation des emplois qui fait en sorte qu'ils doivent exécuter des tâches différentes.

Parmi les travaux sur le degré de risque associé à l'automatisation des emplois les plus souvent mentionnés, il y a l'étude de Frey et d'Osborne (2013), dans laquelle on a évalué le degré auquel les professions de la classification type des professions (CTP) de 2010 (CTP 2010) des États-Unis étaient susceptibles d'être automatisées (ou informatisées). Selon eux, 47 % de tous les travailleurs américains feront face à une probabilité d'automatisation de plus de 70 % au cours des 10 ou 20 prochaines années. L'une des critiques de cette approche est qu'elle s'appuie principalement sur une classification binaire initiale de certaines professions (c.-à-d. des professions pouvant être entièrement automatisées ou des professions impossibles à automatiser), même si des corrections ont été apportées à un petit nombre de tâches associées à chaque emploi.

Dans le cadre de travaux réalisés pour l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), Arntz, Gregory et Zierahn (2016) ont estimé qu'une version corrigée de l'indice de Frey et d'Osborne (2013) était plus pertinente pour tenir compte du fait que les professions comprennent différentes tâches, dont certaines peuvent être automatisées. La version corrigée tenait également compte des différences en ce qui concerne les caractéristiques des entreprises et des caractéristiques individuelles au sein des professions. En fonction de cette approche, les auteurs ont constaté que seulement 9 % des emplois aux États-Unis présentaient un risque élevé d'automatisation (c.-à-d. une probabilité d'automatisation supérieure à 70 %). Les auteurs ont également calculé des estimations pour d'autres pays membres de l'OCDE, ce qui

2. Consulter IFR (2018).

les a amenés à conclure que 9 % des emplois canadiens présentaient un risque élevé d'automatisation.

Dans l'étude actuelle, l'indice des tâches de Frey et d'Osborne (2013) sera également corrigé, de manière semblable à ce qui a été fait dans l'étude d'Arntz, de Gregory et de Zierahn (2016). Cependant, cette approche s'appliquera à des données canadiennes plus récentes tirées de la vague 3 de l'Étude longitudinale et internationale des adultes (ELIA) réalisée en 2016³. Surtout, dans l'étude, les différences en ce qui concerne le risque d'automatisation en fonction de nombreuses caractéristiques des travailleurs et des entreprises⁴ seront examinées de près.

La prochaine section présente les méthodes, et la section suivante, les résultats. L'étude se termine par un sommaire des résultats ainsi que des suggestions de travaux de suivi dans ce domaine.

2 Méthodologie

L'objectif de la présente étude est d'évaluer le degré de risque d'automatisation auquel différents groupes de travailleurs canadiens font face. Elle comprend deux étapes. Tout d'abord, il faut choisir une méthode pour déterminer le risque d'automatisation. Il faut ensuite appliquer la méthode sélectionnée aux données canadiennes récentes qui peuvent étayer le calcul des estimations du risque associé à l'automatisation selon différentes caractéristiques des travailleurs et des entreprises.

L'évaluation du degré de risque d'automatisation au sein de la main-d'œuvre est un nouveau domaine de recherche. L'étude réalisée par Frey et Osborne (2013) est l'étude la plus souvent mentionnée dans ce domaine. Elle repose sur un fichier de données de l'Occupational Information Network (O*NET) de 2010, lequel renferme 913 professions. Ces professions correspondent fortement à la structure de la CTP de 2010. Après avoir supprimé les codes à six chiffres de la CTP de 2010 qui n'étaient pas dans le fichier d'O*NET, il restait 702 codes. En étroite collaboration avec un groupe de chercheurs dans le domaine de l'apprentissage automatique et du génie, Frey et Osborne (2013) ont commencé par étiqueter, de manière subjective, 70 des 702 autres codes de la CTP 2010, les classant en deux catégories : « pouvant être automatisé » (1) ou « ne pouvant pas être automatisé » (0). Les 70 professions ont été sélectionnées en fonction d'un degré élevé de confiance, à la suite de consultations avec des spécialistes^{5,6}. Ensuite, le lien entre la probabilité que les tâches puissent être automatisées et neuf variables de tâches d'O*NET a été modélisé. Ces neuf variables de tâches comprenaient trois goulots d'étranglement touchant les aspects techniques de l'informatisation (Frey et Osborne, 2013,

3. Les risques initiaux en ce qui concerne les professions établis par Frey et Osborne (2013) s'appliquaient aux données de 2010, tandis que les risques corrigés d'Arntz, de Gregory et de Zierahn (2016) s'appliquaient aux données de 2012.

4. Lamb (2016) et Oschinski et Wyonch (2017) ont évalué le degré de risque d'automatisation des emplois canadiens en fonction de l'approche de Frey et d'Osborne (2013) (ou d'une version plus récente de l'approche de Frey et d'Osborne dans le cas d'Oschinski et de Wyonch, 2017). Conformément aux travaux de Refy et d'Osborne (2013), les deux études ont permis de conclure qu'une proportion importante d'emplois affichaient un risque élevé d'automatisation (42 % dans le cas de Lamb, 2016; 35 % dans le cas d'Oschinski et de Wyonch, 2017).

5. Plus précisément, on a présenté aux spécialistes les 70 professions et la description des tâches qui y sont associées qui figurent dans O*NET. On leur a ensuite posé la question suivante : « Les tâches de cet emploi sont-elles suffisamment précises, en fonction de l'accessibilité des mégadonnées, pour être réalisées au moyen de matériel commandé par ordinateur à la fine pointe de la technologie? » (Frey et Osborne, 2013, p. 30). Une valeur de « 1 » a été attribuée aux emplois qui pouvaient être entièrement automatisés, et une valeur de « 0 » a été attribuée à tous les autres emplois.

6. Les consultations des spécialistes mentionnées dans les travaux originaux de Frey et d'Osborne (2013) n'ont pas été mises à jour. Malgré tout, l'adoption de nouvelles technologies est habituellement lente. Frey et Osborne ont suggéré que les résultats de leurs consultations auprès des spécialistes pourraient s'appliquer au cours des deux décennies suivantes, même s'ils étaient loin d'être définitifs à cet égard.

p. 23), à savoir la perception et la manipulation, la créativité et l'intelligence sociale⁷. Les probabilités prédites étaient ensuite attribuées aux 702 professions. Les données d'O*NET ont ensuite été couplées au recensement trimestriel de l'emploi et des salaires de 2010 du Bureau of Labor Statistics des États-Unis, afin d'évaluer la proportion de la main-d'œuvre américaine dont les emplois présentaient un risque élevé (au moins 70 %) d'automatisation. Dans l'ensemble, 47 % des travailleurs américains appartenaient à cette catégorie.

Arntz, Gregory et Zierahn (2016) ont critiqué l'approche de Frey et d'Osborne (2013), en raison de la description des professions principalement binaire. Selon eux, les emplois ayant le même code de profession peuvent être hétérogènes, en raison des différentes tâches requises, des différents types de travailleurs réalisant ces tâches et des différentes entreprises employant les travailleurs. Frey et Osborne (2013) ont tenu compte des différences pour seulement neuf tâches et n'ont pas tenu compte des caractéristiques des travailleurs ou des employeurs. Arntz, Gregory et Zierahn (2016) ont commencé par appliquer les probabilités de risque de Frey et d'Osborne (2013) au Programme pour l'évaluation internationale des compétences des adultes (PEICA) de 2012, et ils ont conclu que 38 % des travailleurs américains occupaient un emploi présentant un risque élevé d'automatisation. Ils ont ensuite procédé à la régression des probabilités de 25 variables de tâches d'O*NET et de nombreuses caractéristiques des travailleurs et des entreprises, au moyen d'un modèle de réponse partielle⁸. Les probabilités prédites du modèle variaient non seulement selon la profession, mais également selon les travailleurs dans ces professions. Contrairement aux résultats de Frey et d'Osborne (2013), Arntz, Gregory et Zierahn (2016) ont conclu que seulement 9 % des travailleurs américains et canadiens occupaient un emploi présentant un risque élevé d'automatisation⁹.

L'approche utilisée dans la présente étude ressemble fortement à celle d'Arntz, de Gregory et de Zierahn (2016). Tout d'abord, les probabilités associées au risque d'automatisation de Frey et d'Osborne (2013) ont été attribuées à des travailleurs de l'Étude longitudinale et internationale des adultes (ELIA) de 2016, en fonction de leurs professions. Puisque les données de Frey et d'Osborne (2013) reposent sur la CTP 2010 et que les données de l'ELIA sont fondées sur la Classification nationale des professions de 2011 (CNP 2011), il a fallu établir une concordance entre la CTP 2010 et la CNP 2011¹⁰. Cet appariement reposait sur la similarité des titres de professions. Parmi les 500 codes de la CNP 2011, 5 ont dû être supprimés parce qu'ils n'avaient pas de code américain équivalent, tandis que 12 autres ont dû être supprimés parce qu'aucun code correspondant de la CTP 2010 n'avait été produit au moyen des données sur le risque

7. Ces goulots d'étranglement ont été déterminés lors des consultations des spécialistes.

8. Le modèle de réponse partielle est approprié lorsque la variable dépendante (ou réponse) prend la valeur de l'intervalle d'unité [0, 1] et est associée, dans une certaine mesure, aux modèles de réponse binaire. Consulter Wooldrige (2010) pour obtenir plus de renseignements.

9. Deux autres approches ont été utilisées dans la littérature. La première approche est celle de Nedelkoska et Quintini (2018) qui, comme Arntz, Gregory et Zierahn (2016), s'inspire de l'approche originale de Frey et d'Osborne (2013), reposant sur les données du PEICA, qui offre des données sur les tâches au niveau de la personne (au lieu des données au niveau des professions figurant dans O*NET). Cependant, dans cette approche, on n'utilise pas les variables de tâches additionnelles comprises dans le PEICA ni les caractéristiques au niveau de la personne ou de l'entreprise du PEICA (contrairement à Arntz, Gregory et Zierahn, 2016). En outre, seulement huit des neuf variables relatives aux tâches qu'utilisent Frey et Osborne (2013) sont accessibles dans le PEICA (la variable de la prestation des soins et de l'aide, qui fait partie du goulot d'étranglement associé à l'intelligence sociale, n'est pas accessible). Nedelkoska et Quintini (2018) ont obtenu une probabilité du risque d'automatisation légèrement inférieure à celle de Frey et d'Osborne (2013). En effet, selon Nedelkoska et Quintini (2018), 43 % des travailleurs américains faisaient face à un risque élevé d'automatisation, par rapport à 47 % selon Frey et Osborne (2013). La deuxième approche est celle du McKinsey Global Institute (Manyika et coll., 2017). Cette approche évalue directement le risque d'automatisation de tâches précises. Elle a désagrégé environ 800 professions en plus de 2 000 activités professionnelles et les a évaluées en fonction du rendement humain pour 18 capacités de rendement, selon un algorithme d'apprentissage automatique qui correspondait à des mots-clés des activités et des capacités professionnelles. L'algorithme était fondé sur des données de spécialistes. Au moyen de données de 46 pays représentant environ 80 % de la main-d'œuvre à l'échelle mondiale, l'étude a permis d'établir que, même si presque la moitié des activités professionnelles pouvaient être automatisées au moyen de la technologie actuelle, moins de 5 % de ces professions peuvent être entièrement automatisées.

10. La contribution de Joe He à l'établissement de cette concordance est grandement appréciée.

associé à l'automatisation en fonction de l'approche de Frey et d'Osborne. Des 483 codes restants, 233 correspondaient à un seul code de la CTP 2010 (c.-à-d. un seul code à six chiffres de la CTP 2010 correspondait à au moins un code à quatre chiffres de la CNP 2011). Dans ces cas, le risque d'automatisation associé au code de la CTP 2010 en fonction de l'approche de Frey et d'Osborne a également été attribué au code correspondant de la CNP 2011. Les 250 codes restants de la CNP 2011 correspondaient à plus d'un code de la CTP 2010. Dans ce cas, une moyenne non pondérée des valeurs du risque d'automatisation à l'échelle des codes de la CTP 2010 a été calculée¹¹.

Lorsqu'un risque associé à l'automatisation était attribué aux 483 codes de la CNP 2011 à partir des travaux de Frey et d'Osborne (2013), les codes étaient couplés au fichier de données de l'ELIA de 2016 en fonction des codes de la CNP 2011. L'échantillon était restreint aux travailleurs rémunérés¹², âgés de 18 ans ou plus, ayant fourni des réponses valides pour toutes les variables utilisées dans le cadre de l'analyse (décrite ci-dessous). L'échantillon comprenait 2 267 personnes.

Une régression du risque d'automatisation de Frey et d'Osborne (2013) a ensuite été réalisée en fonction des 25 fréquences de tâches suivantes de l'ELIA, au moyen d'un modèle de réponse partielle probit : coopérer ou collaborer, échanger des renseignements, enseigner, faire des discours, vendre des produits ou des services, conseiller les gens, planifier et organiser ses propres activités, planifier et organiser les activités des autres, planifier et organiser son propre temps, persuader les gens ou les influencer, négocier avec les gens, résoudre des problèmes en moins de 5 minutes, résoudre des problèmes en moins de 30 minutes, réaliser du travail physique pendant une longue période, utiliser les mains ou les doigts de manière compétente ou exacte, lire des directives ou des instructions, lire des revues ou des publications érudites, lire des livres, lire des manuels ou du matériel de référence, rédiger des articles pour des journaux ou des bulletins d'information, remplir des formulaires, utiliser des mathématiques avancées, utiliser Internet pour des problèmes d'ordre professionnel, utiliser un langage de programmation, de même que participer à des discussions en temps réel sur Internet^{13, 14}.

-
11. Cette approche entraîne forcément une erreur de mesure en ce qui concerne la variable du risque d'automatisation, même si une moyenne pondérée de l'emploi des codes de la CTP occasionnera aussi une erreur de mesure puisque les données canadiennes ne reposent pas sur cette norme de classification. Les résultats ont également été produits au moyen de poids d'emploi (en fonction de l'American Community Survey). Ils étaient presque identiques à ceux présentés dans la présente étude. En outre, on pourrait soutenir que, sur le plan conceptuel, les multiples codes de la CTP qui deviennent un seul code de la CNP sont semblables, puisque la norme de la CNP les traite ainsi. Arntz, Gregory et Zierahn (2016) ont également souligné une autre source potentielle d'erreur de mesure; les données sur le risque d'automatisation de Frey et d'Osborne (2013) sont au niveau de la profession, tandis que l'analyse est réalisée au niveau des travailleurs. Dans la mesure où les deux sources d'erreur de mesure sont aléatoires, il ne devrait pas y avoir de biais en ce qui concerne la variable du risque d'automatisation. Malheureusement, il n'existe aucune donnée pour vérifier cette hypothèse.
 12. Dans l'ensemble, les travailleurs autonomes font face à un faible risque d'automatisation (probabilité inférieure à 2 %). Cette situation s'explique en grande partie par le fait qu'ils sont plus susceptibles d'offrir des services de consultation, services qui sont encore, en majeure partie, impossibles à automatiser. De manière plus générale, les travailleurs autonomes peuvent bénéficier d'un degré plus élevé de souplesse quand vient le temps de laisser (ou d'éviter) une profession affichant un risque élevé d'automatisation.
 13. Les 25 variables relatives aux tâches sont semblables à celles utilisées par Arntz, Gregory et Zierahn (2016). Dans la plupart des cas, seule une légère modification de la formulation est évidente.
 14. Les catégories de réponse pour la coopération ou la collaboration comprennent « jamais » (omis), « jusqu'à un quart du temps », « jusqu'à la moitié du temps », « plus de la moitié du temps » et « tout le temps ». Les catégories de réponse pour les 24 autres variables relatives aux tâches comprennent « jamais » (omis), « moins d'une fois par mois », « moins d'une fois par semaine, mais au moins une fois par mois », « au moins une fois par semaine, mais pas tous les jours » et « tous les jours ».

À partir de ce modèle, la probabilité prédite de faire face à un risque élevé (d'au moins 70 %) d'automatisation¹⁵ a été obtenue pour chaque personne de l'échantillon et a servi à produire les estimations de risque d'automatisation pour l'ensemble de l'échantillon de travailleurs et différents sous-échantillons. Le tableau A.1 de l'annexe fournit des statistiques d'échantillon pour de nombreuses variables servant à créer ces sous-échantillons, dont le sexe, l'âge, le niveau de scolarité le plus élevé atteint, le domaine d'études (chez les diplômés du niveau postsecondaire), la littératie et la numératie¹⁶, le statut d'immigration, la situation vis-à-vis de l'incapacité, le nombre d'heures de travail, l'affiliation syndicale ou la couverture d'une convention collective et la taille de l'entreprise. Dans d'autres tableaux en annexe, les résultats ont également été répartis par profession, industrie et centile de revenu d'emploi.

Les différences en ce qui concerne le risque d'automatisation auquel les différents groupes de travailleurs font face sont obtenues de façon inconditionnelle. Par exemple, les différences selon le sexe en ce qui concerne le risque d'automatisation entraîneront, en partie, des différences selon le sexe pour des facteurs clés associés au risque d'automatisation (niveau de scolarité, âge et autres). Ces résultats vont donc montrer la mesure dans laquelle les emplois de différents groupes de travailleurs présentent un risque élevé d'automatisation, en fonction des caractéristiques des travailleurs. Ils sont utiles pour déterminer les travailleurs plus à risque. Une analyse plus approfondie serait nécessaire pour découvrir les principales raisons expliquant ces différences.

Il faut souligner que toutes les estimations utilisées dans la présente étude sont fondées sur 1 000 poids bootstrap, en raison de l'approche d'échantillonnage stratifié, en plusieurs étapes et à plusieurs volets utilisée dans le cadre de l'ELIA de 2016¹⁷.

Le fait d'ajouter différentes variables au modèle a une incidence sur l'interprétation des estimations du risque d'automatisation en découlant. Les estimations des risques initiales de Frey et d'Osborne étaient fondées, tout simplement, sur la faisabilité technologique de l'automatisation de la profession. Cependant, on a demandé à des spécialistes d'attribuer la faisabilité pour ce qui est de la profession. Frey et Osborne (2013) ont tenu compte de certaines différences en ce qui concerne les tâches professionnelles. Cependant, Arntz, Gregory et Zierahn (2016) sont allés encore plus loin. Les corrections apportées en fonction de ces tâches ont tout de même permis d'obtenir des estimations du risque d'automatisation qui reposaient sur la faisabilité technologique de l'automatisation. Cependant, elles étaient plus précises, puisqu'elles étaient fondées sur les tâches relatives à l'emploi, plutôt que sur les professions.

Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles les employeurs peuvent ne pas remplacer immédiatement les humains par des robots, même si la technologie le permet.

Tout d'abord, les entreprises doivent avoir la capacité d'investir dans la technologie. Cela peut varier grandement en fonction de la taille de l'entreprise, qu'Arntz, Gregory et Zierahn (2016) prennent en considération. Cependant, la taille de l'entreprise peut ne pas représenter entièrement la capacité d'investissement de celle-ci. Ensuite, il faut tenir compte des restrictions légales. Cela s'applique particulièrement aux industries réglementées par le gouvernement, comme le transport en commun ou les soins de santé. Même si l'autorisation légale a été accordée, des facteurs institutionnels peuvent ralentir l'adoption de la technologie automatisée.

15. À l'instar des travaux de Frey et d'Osborne (2013) et d'Arntz, de Gregory et de Zierahn (2016), la présente étude porte essentiellement sur les travailleurs présentant un risque élevé (probabilité d'au moins 70 %) de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation.

16. Un sous-échantillon du PEICA de 2012 a été sélectionné pour être ajouté à l'échantillon de l'ELIA. C'est pourquoi les niveaux de littératie et de numératie dans l'ELIA ont été évalués dans le cadre du PEICA. Dans le cas des deux mesures, la note maximale était de 500. À partir de ces notes, on a attribué aux personnes un niveau de maîtrise allant de 5 à moins de 1. Dans l'analyse qui suit, les personnes sont regroupées en deux catégories : les personnes ayant un niveau de compétence d'au moins 3 (qui correspond à une note d'au moins 276) et les personnes ayant un niveau de compétence inférieur à 3.

17. Consulter Statistique Canada (2018) pour obtenir plus de précisions sur la structure de l'ELIA.

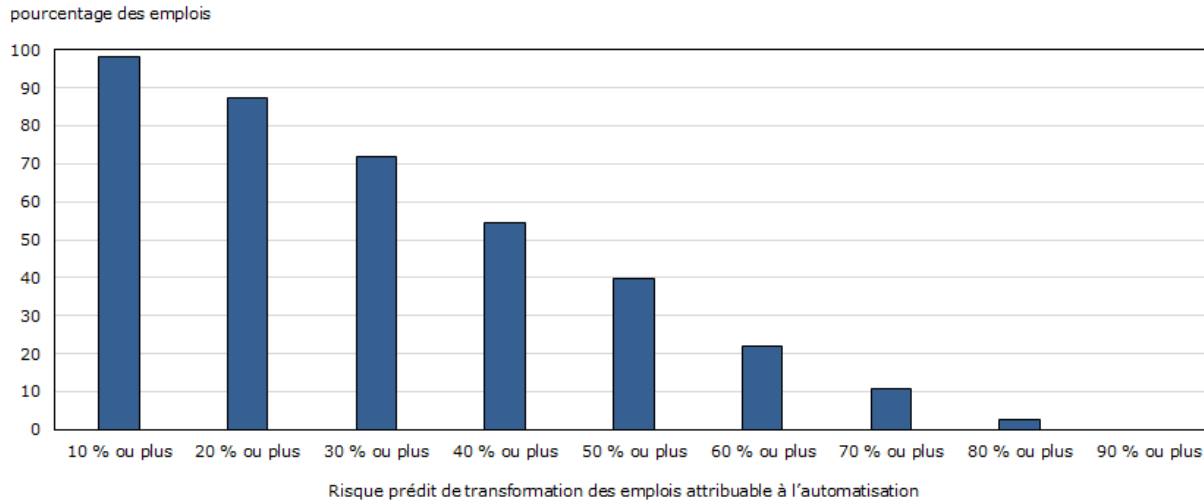
Par exemple, les conventions collectives peuvent comprendre une disposition interdisant les mises à pied ou une disposition d'indemnité coûteuse qui fait augmenter véritablement les coûts d'adoption de la nouvelle technologie. Arntz, Gregory et Zierahn (2016) tiennent compte du secteur des administrations publiques, mais pas de celui des syndicats. Évidemment, les restrictions légales peuvent également toucher les secteurs autres que celui des administrations publiques, en fonction du produit en question. La nouvelle technologie exige également une main-d'œuvre humaine qualifiée pour l'utiliser, main-d'œuvre qui n'est pas toujours disponible. Les employeurs doivent tenir compte du goût de leur clientèle pour la technologie automatisée. Finalement, la société pourrait devoir finir par se sentir relativement à l'aise avec le transport en commun automatisé ou les médecins robots. Bon nombre de facteurs mentionnés ci-dessus peuvent probablement ne pas être observés. Arntz, Gregory et Zierahn (2016) ajoutent également des caractéristiques des travailleurs, comme le sexe, l'âge et le niveau de scolarité. On ne comprend pas clairement le rôle que ces facteurs jouent dans le modèle, à part de tenter de rendre compte d'une hétérogénéité non observée.

En revanche, le rajustement en fonction des tâches associées à chaque profession joue un rôle plus manifeste quand vient le temps d'interpréter les estimations des risques d'automatisation. Plus précisément, les estimations corrigées en prenant en considération les tâches sont uniquement associées à la possibilité d'automatiser entièrement la profession (c.-à-d. en tenant compte de ses tâches intrinsèques). Par ailleurs, il peut être difficile de tenter d'évaluer la probabilité réelle que les entreprises adoptent une technologie d'automatisation. Dans la présente étude, l'option adoptée consiste donc à tenir compte d'une vaste gamme de tâches, et les résultats sont interprétés comme étant le risque de transformation des emplois attribuable à l'automatisation. Autrement dit, les travailleurs plus à risque peuvent être plus susceptibles de subir une transformation de leur emploi, ce qui peut entraîner une perte d'emploi ou non. Le degré de transformation des emplois variera en fonction du degré d'adoption de la technologie d'automatisation, selon la capacité financière de l'entreprise à investir dans la technologie, ainsi que des limites légales et des contraintes sociétales qui sont imposées à l'entreprise. Viennent s'ajouter à cette décision complexe la pandémie de COVID-19 et les incertitudes qu'elle a causées quant au fait d'avoir des travailleurs humains en milieu de travail. La menace d'autres vagues de la maladie ou d'éventuelles pandémies peut précipiter les investissements dans la nouvelle technologie afin de réduire les risques.

3 Résultats

La répartition du risque prédit de transformation des emplois attribuable à l'automatisation auquel les travailleurs canadiens faisaient face en 2016 se trouve au graphique 1. La majorité des travailleurs présentaient un certain risque. Le risque prédit était d'au moins 10 % pour 98,2 % de la main-d'œuvre rémunérée. Cependant, seulement 10,6 % des travailleurs présentaient un risque élevé (70 % ou plus), et environ le quart (29,1 %) des travailleurs affichaient un risque modéré (de 50 % à 70 %).

Graphique 1
Répartition du risque prédit de transformation des emplois attribuable à l'automatisation



Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

Le reste de l'étude portera essentiellement sur la proportion des travailleurs de différents groupes qui présentaient un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation (c.-à-d. 70 % ou plus, conformément aux travaux de Frey et d'Osborne, 2013 et d'Arntz, de Gregory et de Zierahn, 2016)¹⁸.

L'analyse du sous-groupe commence par les professions, puisque celles-ci déterminent, en grande partie, les risques en matière d'automatisation et fournissent donc un bon contexte pour les résultats qui suivent. Le tableau A.2 de l'annexe montre ces proportions selon le code à deux chiffres de la CNP 2011. Ces proportions sont également présentées en ordre décroissant dans le graphique 2¹⁹.

Le groupe professionnel du personnel de soutien de bureau, qui est principalement constitué de différents types d'agents et de réceptionnistes, affichait la concentration la plus élevée de travailleurs qui présentaient un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois, soit 35,7 %. Cette proportion était presque deux fois plus élevée que celle de toute autre profession. Ensuite, 20,0 %²⁰ des travailleurs du groupe professionnel du personnel de supervision en services et personnel de services spécialisés (superviseurs des services alimentaires, chefs, bouchers, coiffeurs, tailleurs, cordonniers et autres) affichaient un risque élevé, suivis de 19,7 % des travailleurs des métiers de l'électricité, de la construction et des industries. Les groupes suivants figuraient parmi les autres groupes faisant face à un risque

18. Même s'il aurait été utile de documenter l'ensemble de la répartition du risque pour chaque type de travailleur, la présente étude vise surtout à documenter la proportion de travailleurs ayant un emploi affichant un risque élevé d'automatisation (conformément à la littérature). Dans les travaux à venir, une approche de répartition élargie pourrait être utilisée pour évaluer, de manière plus approfondie, les différences en ce qui concerne les risques auxquels font face différents types de travailleurs.

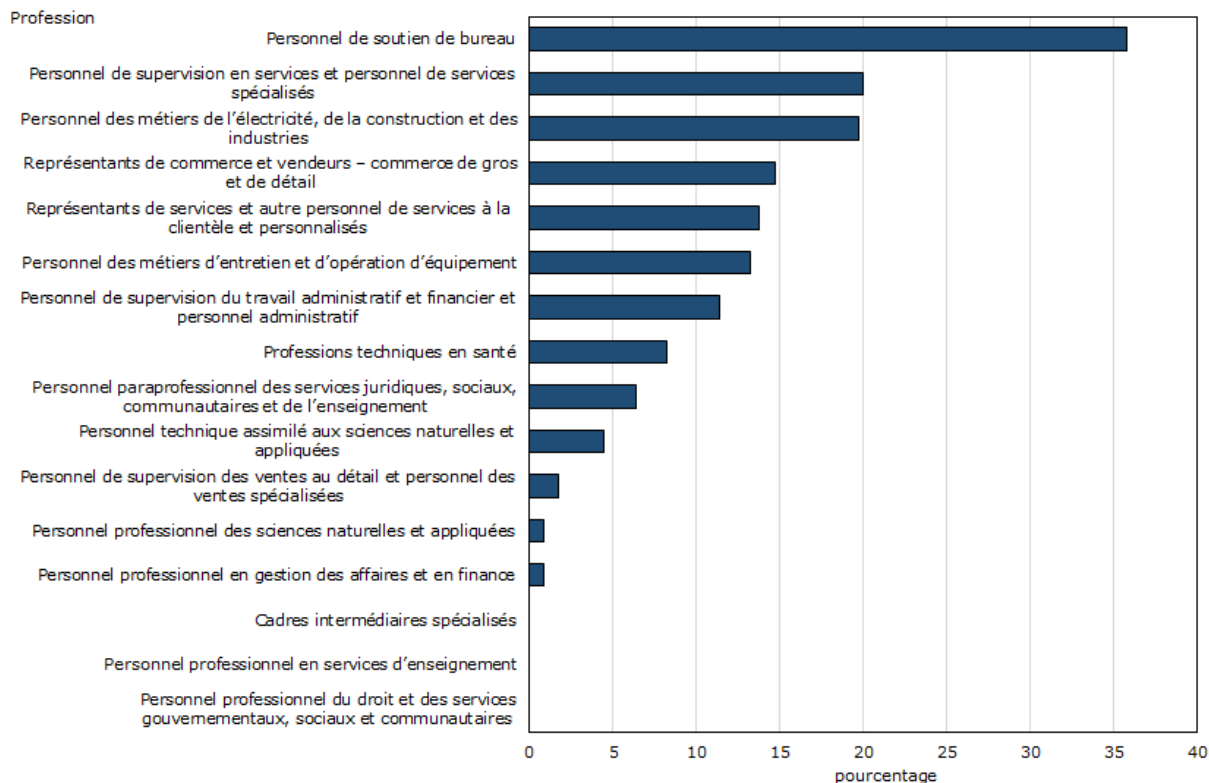
19. Seules les professions dont la taille de l'échantillon compte au moins 50 personnes sont présentées.

20. De nombreux emplois dans l'industrie des services peuvent exiger que l'employé tienne des conversations amicales avec les clients (comme les barbiers ou les coiffeurs). Les clients pourraient refuser qu'un robot se charge de cette tâche. Les spécialistes ayant pris part aux travaux initiaux de Frey et d'Osborne (2013) peuvent ne pas avoir pris en considération cette partie implicite de l'emploi, lorsqu'on leur a posé des questions uniquement sur la possibilité technologique d'automatiser l'emploi, plutôt que la viabilité commerciale de l'initiative. En outre, les 25 variables relatives aux tâches utilisées par Arntz, Gregory et Zierahn (2016), ainsi que dans la présente étude, ne comprennent pas une mesure en ce qui concerne la conversation avec des clients (d'autres formes de communication sont incluses, comme la prestation de conseils, la présentation d'un discours, la persuasion et la négociation). Si des conversations amicales avec un fournisseur de services humain sont un aspect important de certains emplois dans le secteur des services, les risques réels auxquels font face ces travailleurs peuvent donc être inférieurs aux résultats présentés dans la présente étude.

supérieur à la moyenne : les représentants de commerce et les vendeurs (commerce de gros et de détail) dont le pourcentage s'élevait à 14,7 %; les représentants de services et autre personnel de services à la clientèle et personnalisés (p. ex. les services alimentaires, les services de voyages et d'hébergement, les agents de sécurité, les représentants du service à la clientèle), qui affichaient un pourcentage de 13,7 % ainsi que le personnel des métiers d'entretien et d'opération d'équipement dont le pourcentage s'élevait à 13,2 %. Ainsi, les professions présentant un risque de transformation des emplois attribuable à l'automatisation supérieur à la moyenne étaient, en grande partie, associées à des fonctions administratives non professionnelles (p. ex. les commis ou les vendeurs) et à différents métiers, que ce soit dans l'industrie des services personnels (p. ex. les bouchers) ou les métiers de l'industrie lourde (p. ex. les électriciens).

À l'autre extrémité du spectre, on trouve de nombreuses professions libérales qui ne présentent pratiquement aucun risque élevé de transformation des emplois attribuable à l'automatisation. Il y a le personnel professionnel du droit et des services gouvernementaux, sociaux et communautaires, le personnel professionnel en services d'enseignement, ainsi que les cadres intermédiaires spécialisés des services administratifs, des services financiers et des services aux entreprises et des services de communications (sauf la radiotélédiffusion). Le risque de toutes ces professions était de 0,0 %. Parmi les autres professions affichant un faible risque figurent le personnel professionnel en gestion des affaires et en finance (0,8 %) et le personnel professionnel des sciences naturelles et appliquées (0,9 %).

Graphique 2
Proportion prédite de travailleurs présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, selon la profession



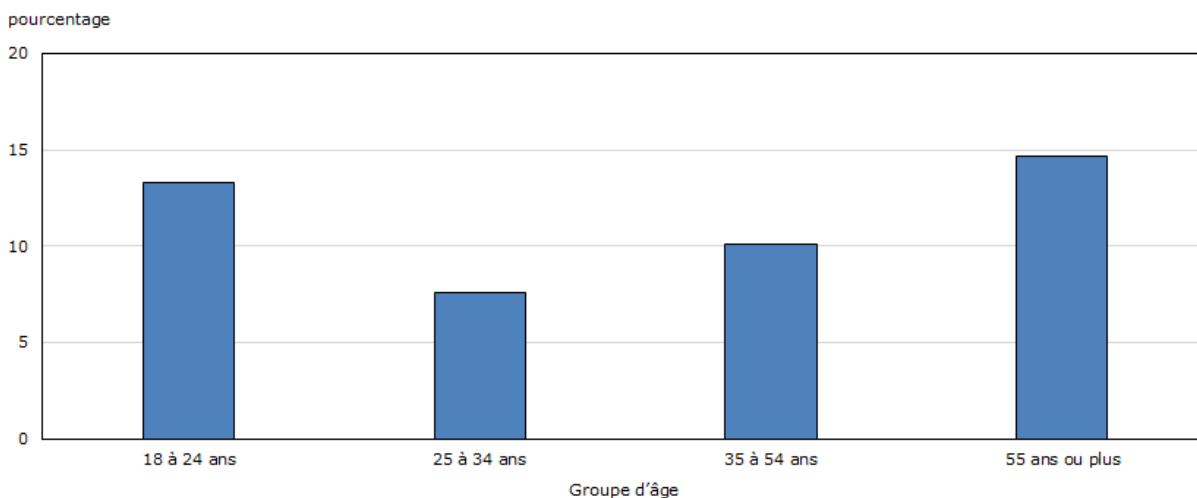
Note : Les cadres intermédiaires spécialisés des services administratifs, des services financiers et des services aux entreprises, et des services de communication (sauf la radiotélédiffusion).

Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

Le tableau A.3 de l'annexe montre la proportion prédite de travailleurs présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation en fonction de différentes dimensions. Les hommes et les femmes étaient tout aussi susceptibles de faire face à un risque élevé (10,7 % et 10,6 % respectivement). Cette donnée est intéressante, car les femmes étaient plus susceptibles de faire partie du personnel de soutien de bureau, groupe qui faisait face aux risques les plus élevés. En effet, 7,8 % des femmes de l'échantillon d'analyse faisaient partie du personnel de soutien de bureau, contrairement à seulement 0,9 % des hommes. Cette situation est plutôt contrebalancée par le fait que le groupe professionnel se classant au troisième rang en ce qui concerne les niveaux de risques les plus élevés, celui du personnel des métiers de l'électricité, de la construction et des industries, était principalement composé d'hommes (4,1 % des hommes de l'échantillon faisaient partie de ce groupe, par rapport à seulement 0,3 % des femmes).

Le risque de transformation des emplois attribuable à l'automatisation variait davantage selon le groupe d'âge (tableau A.3 et graphique 3). Plus précisément, 13,3 % des travailleurs âgés de 18 à 24 ans et 14,6 % des travailleurs âgés de 55 ans ou plus occupaient un emploi affichant un risque élevé. En revanche, 7,6 % des travailleurs âgés de 25 à 34 ans et 10,1 % de ceux âgés de 35 à 54 ans occupaient un emploi affichant un risque élevé. Les différences entre les groupes des adultes (âgés de 25 à 34 ans et de 35 à 54 ans) et le groupe des personnes âgées de 55 ans ou plus étaient statistiquement significatives au niveau de 5 %. Les différences entre le groupe des personnes âgées de 18 à 24 ans et celui des personnes âgées de 35 à 54 ans n'étaient pas statistiquement significatives. La différence entre le groupe des personnes âgées de 18 à 24 ans et celui des personnes âgées de 25 à 34 ans était uniquement significative au niveau de 10 %. En gardant ce point à l'esprit, la forme en U de ce graphique n'est peut-être pas surprenante. Dans l'ensemble, les jeunes travailleurs n'ont pas achevé leurs études. Ils se retrouvent donc peut-être à réaliser des tâches routinières qui sont très susceptibles d'être automatisées. En revanche, les travailleurs plus âgés avaient, de manière générale, terminé leurs études depuis quelque temps. Ils n'ont donc peut-être pas eu l'occasion de suivre une formation pour des emplois plus modernes moins susceptibles d'être automatisés. Dans ce cas-ci, l'emploi présente probablement un risque plus élevé que le travailleur qui l'occupe, puisque les travailleurs plus âgés pourraient prendre leur retraite avant que l'automatisation n'ait eu une incidence considérable sur l'emploi.

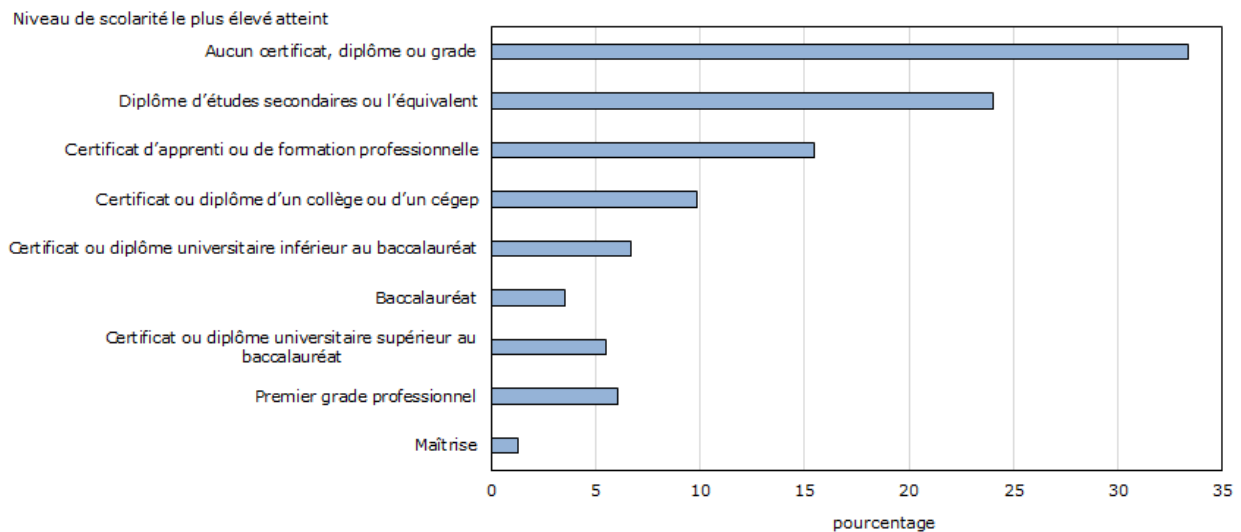
Graphique 3
Proportion prédite de travailleurs présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, selon le groupe d'âge



Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

Il existait également d'importantes différences en ce qui concerne la probabilité de faire face à un risque élevé de transformation des emplois attribuable à l'automatisation selon le niveau de scolarité le plus élevé atteint (graphique 4). De manière générale, les travailleurs ayant un niveau de scolarité plus élevé étaient moins à risque. Tandis que 33,4 % des travailleurs n'ayant aucun certificat, diplôme ou grade et 24,1 % des travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires faisaient face à un risque élevé, seulement 3,6 % des travailleurs ayant un baccalauréat et 1,3 % de ceux ayant une maîtrise se trouvaient dans la même situation²¹. Les différences entre les travailleurs ayant un diplôme d'études secondaires ou un niveau de scolarité inférieur et les travailleurs ayant un baccalauréat ou une maîtrise étaient statistiquement significatives à un niveau de 0,1 %. Puisqu'un nombre accru de travailleurs plus scolarisés étaient plus susceptibles de travailler comme professionnels (consulter le graphique 2), il est logique qu'ils soient confrontés à un risque moindre en ce qui concerne la transformation des emplois attribuable à l'automatisation.

Graphique 4
Proportion prédite de travailleurs présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, selon le niveau de scolarité le plus élevé atteint



Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

Même si certains résultats pouvaient être produits par domaine d'études, cette situation était limitée en raison de la petite taille des échantillons (moins de 50) dans certains cas (tableau A3). Malgré tout, certaines données intéressantes ont été obtenues. Par exemple, parmi les travailleurs ayant un certificat ou un diplôme d'études postsecondaires, les diplômés en mathématiques, en informatique et en sciences de l'information ainsi que les diplômés en services personnels, de protection et de transport étaient les moins susceptibles d'afficher un risque élevé de transformation des emplois attribuable à l'automatisation (moins de 7,0 % dans les deux cas). À l'autre extrémité du spectre, les diplômés en commerce, en gestion et en administration publique et les diplômés en santé et domaines connexes étaient les plus susceptibles de présenter un risque élevé (plus de 12,0 % dans les deux cas).

Parmi les travailleurs ayant un grade d'études postsecondaires²², les diplômés de toutes les disciplines pouvant être examinées affichaient un risque inférieur à la moyenne (dans tous les cas, moins de 5,0 % des diplômés présentaient un risque élevé). Les travailleurs ayant un diplôme en enseignement (1,0 %), en santé et domaines connexes (1,8 %) et en commerce,

21. Les résultats pour les diplômés des programmes de passage à l'université et des doctorants ne sont pas illustrés, puisque l'échantillon définitif comptait moins de 50 cas de chacun.

22. La majorité des titulaires de grades d'études postsecondaires ont obtenu leurs titres auprès d'une université (Frenette, 2019).

gestion et administration publique (2,2 %) affichaient la probabilité la plus faible de présenter un risque élevé.

Autre résultat intéressant, les diplômés des domaines du commerce, de la gestion et de l'administration publique, et de la santé et des domaines connexes faisaient face aux risques les plus élevés en matière de transformation des emplois attribuable à l'automatisation parmi les titulaires de certificats et de diplômes d'études postsecondaires. Cependant, ils faisaient partie des groupes les moins à risque parmi les titulaires de grades d'études postsecondaires. Cette situation peut supposer des différences en ce qui concerne la proportion de ces diplômés qui ont obtenu un emploi dans le domaine qu'ils ont étudié ou des différences en ce qui concerne les types d'emplois associés aux programmes. Par exemple, les programmes d'études collégiales en gestion sont variés, mais comprennent l'organisation de bureau, qui fait partie des professions du personnel de soutien de bureau (et qui se classe au premier rang en ce qui concerne le risque associé à l'automatisation, comme l'illustre le graphique 2)²³.

La littératie et la numératie sont également des facteurs importants en ce qui concerne le risque de transformation des emplois attribuable à l'automatisation. Puisque les deux sont fortement corrélés avec le niveau de scolarité, ces facteurs sont évalués en fonction du niveau de scolarité (tableau A.3). Parmi les travailleurs n'ayant pas de titre d'études postsecondaires ou ayant un certificat, un diplôme ou un diplôme d'études postsecondaires, les personnes ayant un niveau de compétence d'au moins 3 (sur un maximum de 5) étaient beaucoup moins susceptibles d'afficher un risque élevé en ce qui concerne la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, même si les résultats ne sont pas toujours statistiquement significatifs. Tous les résultats étaient significatifs au niveau de 5 %, sauf la numératie chez les personnes n'ayant pas de titre d'études postsecondaires, et la littératie chez les personnes ayant un grade d'études postsecondaires (les deux résultats n'étaient pas significatifs au niveau de 10 %).

Dans le tableau A.3, les risques associés à l'automatisation ont également été répartis selon le statut d'immigration, la situation vis-à-vis de l'incapacité et l'affiliation syndicale (ou la couverture par une convention collective). Les risques prédits associés à l'automatisation entre les différentes catégories étaient faibles. Dans tous les cas, ils n'étaient pas statistiquement significatifs au niveau de 10 %.

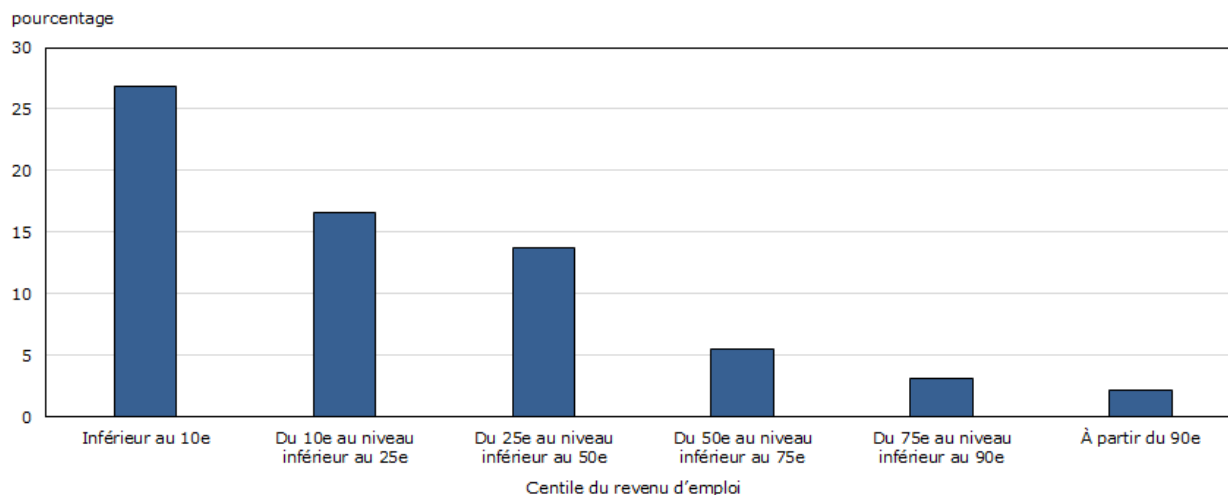
Les autres caractéristiques relatives au travail présentées dans le tableau A.3 révèlent certaines différences intéressantes. Par exemple, 25,7 % des travailleurs à temps partiel présentaient un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, par rapport à seulement 8,7 % des travailleurs à temps plein (différence significative de 0,1 %).

Les travailleurs très à risque étaient également plus susceptibles d'avoir un faible revenu d'emploi. Environ le quart (26,8 %) des travailleurs de la tranche inférieure de 10 % de la répartition du revenu d'emploi affichaient un risque élevé. En revanche, seulement 2,1 % des travailleurs de la tranche supérieure de 10 % de la répartition du revenu d'emploi affichaient un risque élevé. En fait, il existe un lien clair, négatif et monotone entre le revenu d'emploi et la probabilité de présenter un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation (graphique 5). Toutes les différences entre les travailleurs de la tranche inférieure de 10 % de la répartition et les autres groupes étaient statistiquement

23. En raison des limites relatives à la taille de l'échantillon, il n'est pas possible d'examiner le risque d'automatisation pour la plupart des professions détaillées. Cependant, il est possible de le faire en fonction de l'indice d'automatisation original créé par Frey et Osborne (2013). Même si cet indice n'a pas été adapté à une vaste gamme de tâches, il permet d'accéder à un grand ensemble de professions particulières, puisqu'il est fondé sur le recensement trimestriel de l'emploi et des salaires. L'indice donne à penser que de nombreuses professions associées à des programmes d'études collégiales en commerce, comme l'administration de bureau, la tenue de livres et la vente de services financiers, présentent un risque élevé d'automatisation. Les collèges proposent également de nombreux programmes en santé qui présentent des risques supérieurs à la moyenne, selon l'indice d'automatisation (p. ex. les programmes d'aide-vétérinaire, d'hygiéniste dentaire et d'assistant dentaire).

significatives au niveau de 1 %, à l'exception des travailleurs se trouvant dans le deuxième groupe de la tranche inférieure (entre le 10^e centile et le 25^e centile, différence significative au niveau de 5 %).

Graphique 5
Proportion prédite de travailleurs présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, selon le centile du revenu d'emploi



Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

L'adoption d'une technologie permettant d'assurer l'automatisation en milieu de travail pourrait exiger d'importants investissements financiers de la part des entreprises. Les entreprises plus grandes peuvent avoir un avantage lorsque vient le temps d'obtenir le capital social requis. C'est pourquoi il est possible que ces entreprises soient déjà automatisées, laissant aux travailleurs humains les tâches qui ne peuvent pas être automatisées. Les résultats présentés dans le graphique 6 vont, en grande partie, de pair avec ce raisonnement, alors que 14,9 % des travailleurs des petites entreprises (qui comptent un maximum de 10 employés) faisaient face à un risque élevé de transformation des emplois attribuable à l'automatisation, par rapport à seulement 8,3 % des travailleurs des grandes entreprises (qui comptent au moins 1 000 employés). Cette différence était statistiquement significative au niveau de 5 %. Cependant, si les entreprises d'un maximum de 10 employés sont exclues, il existe un faible lien ou aucun lien entre la taille de l'entreprise et la probabilité de faire face à un risque élevé de transformation des emplois attribuable à l'automatisation.

Graphique 6

Proportion prédite de travailleurs présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, selon la taille de l'entreprise

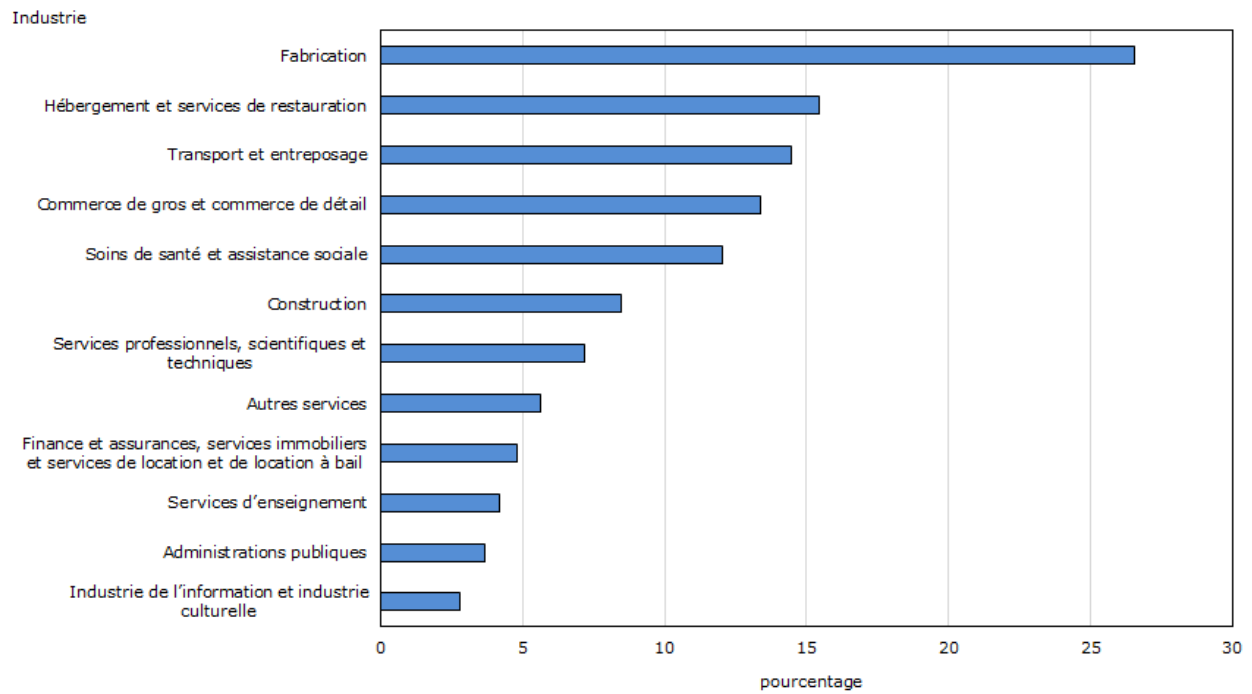
pourcentage



Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

Les différences en ce qui concerne le risque auquel font face les travailleurs dans différentes industries étaient également considérables (graphique 7). Par exemple, les travailleurs du secteur de la fabrication faisaient face au risque le plus élevé (probabilité de 26,6 % de faire face à un risque élevé), ce qui était significativement supérieur (au niveau de 5 %) à la proportion des travailleurs de tous les autres secteurs, à part les travailleurs des services d'hébergement et de restauration (15,4 %, une différence significative au niveau de 10 % de celle du secteur de la fabrication). À l'autre extrémité du spectre, les groupes ayant une faible proportion de travailleurs très à risque comprenaient l'industrie de l'information et l'industrie culturelle (2,8 %), les administrations publiques (3,7 %), les services d'enseignement (4,2 %) ainsi que la finance et assurances, les services immobiliers et services de location et de location à bail (4,8 %).

Graphique 7
Proportion prédite de travailleurs présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, selon l'industrie



Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

4 Conclusion

La présente étude avait pour objectif de déterminer les caractéristiques des travailleurs canadiens présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, en fonction d'une approche semblable à celle élaborée par Frey et Osborne (2013) et Arntz, Gregory et Zierahn (2016).

Dans l'ensemble, 10,6 % des travailleurs canadiens présentaient un risque élevé (probabilité de 70 % ou plus) de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation en 2016, tandis que la proportion de ceux affichant un risque modéré était de 29,1 % (probabilité allant de 50 % à 70 %). Plusieurs groupes affichaient une proportion relativement plus grande de travailleurs à risque élevé, y compris ceux plus âgés (55 ans ou plus), qui n'avaient pas de titres d'études postsecondaires ou de titres d'études postsecondaires dans certains domaines, qui avaient un niveau de littératie et de numératie faible, qui affichaient un faible revenu d'emploi ou avaient un emploi à temps partiel, qui travaillaient dans de petites entreprises, qui avaient certaines professions (comme le soutien de bureau) ou qui travaillaient dans le secteur de la fabrication. Parmi les résultats intéressants, il y a le fait que les titulaires de certificats et de diplômes d'études postsecondaires dans les domaines du commerce, de la gestion et de l'administration publique ainsi que de la santé et des domaines connexes faisaient face aux risques les plus élevés en matière de transformation des emplois attribuable à l'automatisation. Cependant, les titulaires de grades d'études postsecondaires dans ces domaines faisaient partie des groupes les moins à risque.

Puisque ces risques sont fondés uniquement sur la possibilité que l'on adopte la technologie en vue de l'automatisation, il n'est pas évident de déterminer dans quelle mesure ces résultats sont associés à la probabilité de perte d'emplois. De plus, la mesure dans laquelle les entreprises investissent dans les technologies d'automatisation en réponse à la pandémie de COVID-19 est encore inconnue. C'est pourquoi, à l'avenir, il serait utile que les études évaluent la mesure dans laquelle les travailleurs considérés comme présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation ont perdu leur emploi peu de temps après. En outre, combien de ces travailleurs touchés se sont recyclés pour s'adapter à la situation, au lieu de trouver directement un nouvel emploi?

Des études à venir pourraient également permettre d'évaluer les raisons sous-jacentes pouvant expliquer le risque d'automatisation plus élevé au sein de certains groupes de travailleurs.

Enfin, il pourrait être utile d'évaluer la façon dont l'intelligence artificielle a entraîné la création de nouvelles professions, a modifié la structure des professions actuelles ou a modifié les tâches réalisées par les travailleurs.

5 Annexe : Tableaux

Tableau A1

Caractéristiques de l'échantillon complet de travailleurs

	Statistiques
	pourcentage
Femme	51,3
Groupe d'âge	
18 à 24 ans	6,0
25 à 34 ans	21,2
35 à 54 ans	53,1
55 ans ou plus	19,6
Niveau de scolarité le plus élevé atteint	
Aucun certificat, diplôme ou grade	2,8
Diplôme d'études secondaires ou l'équivalent	16,6
Certificat d'apprenti ou de formation professionnelle	9,0
Certificat ou diplôme d'un collège ou d'un cégep	26,9
Programme de passage à l'université	0,2
Certificat ou diplôme universitaire inférieur au baccalauréat	4,3
Baccalauréat	23,3
Certificat ou diplôme universitaire supérieur au baccalauréat	4,5
Premier grade professionnel	2,2
Maîtrise	9,1
Doctorat	1,1
	moyenne
Littératie	293,3
Numératie	285,6
	pourcentage
Statut d'immigration	
Canadien de naissance	79,4
Immigrant de longue date (au moins 10 ans au Canada)	13,7
Immigrant récent (moins de 10 ans au Canada)	6,9
Ayant une incapacité	14,3
Travailleur à temps partiel	11,6
Travailleur syndiqué ou couvert par une convention collective	29,3
Taille de l'entreprise (nombre d'employés dans un lieu de travail)	
1 à 10	20,2
11 à 50	31,0
51 à 250	25,4
251 à 1 000	13,7
Plus de 1 000	9,7
	nombre
Taille de l'échantillon	2 267

Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

Tableau A.2**Proportion prédite de travailleurs présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, selon la profession**

Titre de la profession ¹	Proportion prédite de travailleurs	
	pourcentage	erreur-type bootstrap
Personnel de soutien de bureau	35,7	6,1
Personnel de supervision en services et personnel de services spécialisés	20,0	7,8
Personnel des métiers de l'électricité, de la construction et des industries	19,7	7,9
Représentants de commerce et vendeurs – commerce de gros et de détail	14,7	4,1
Représentants de services et autre personnel de services à la clientèle et personnalisés	13,7	4,1
Personnel des métiers d'entretien et d'opération d'équipement	13,2	4,8
Personnel de supervision du travail administratif et financier et personnel administratif	11,3	2,6
Professions techniques en santé	8,2	3,4
Personnel paraprofessionnel des services juridiques, sociaux, communautaires et de l'enseignement	6,4	3,2
Personnel technique assimilé aux sciences naturelles et appliquées	4,4	2,0
Personnel de supervision des ventes au détail et personnel des ventes spécialisées	1,8	1,3
Personnel professionnel des sciences naturelles et appliquées	0,9	0,9
Personnel professionnel en gestion des affaires et en finance	0,8	0,7
Cadres intermédiaires spécialisés ²	0,0	0,0
Personnel professionnel en services d'enseignement	0,0	0,0
Personnel professionnel du droit et des services gouvernementaux, sociaux et communautaires	0,0	0,0

1. Les titres de professions sont tirés de la Classification nationale des professions 2011 (codes à deux chiffres).

2. Les cadres intermédiaires spécialisés des services administratifs, des services financiers et des services aux entreprises, et des services de communication (sauf la radiotélédiffusion).

Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

Tableau A.3

Proportion prédite de travailleurs présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, selon certaines caractéristiques

	Proportion prédite de travailleurs	
	pourcentage	erreur-type bootstrap
Sexe		
Homme	10,7	1,2
Femme	10,6	1,1
Groupe d'âge		
18 à 24 ans	13,3	2,9
25 à 34 ans	7,6	1,4
35 à 54 ans	10,1	1,1
55 ans ou plus	14,6	2,0
Niveau de scolarité le plus élevé atteint		
Aucun certificat, diplôme ou grade	33,4	7,5
Diplôme d'études secondaires ou l'équivalent	24,1	2,9
Certificat d'apprenti ou de formation professionnelle	15,4	2,7
Certificat ou diplôme d'un collège ou d'un cégep	9,9	1,5
Programme de passage à l'université	‡	‡
Certificat ou diplôme universitaire inférieur au baccalauréat	6,7	2,6
Baccalauréat	3,6	0,7
Certificat ou diplôme universitaire supérieur au baccalauréat	5,5	3,3
Premier grade professionnel	6,1	3,5
Maîtrise	1,3	1,0
Doctorat	‡	‡
Domaine d'études (chez les titulaires d'un certificat ou d'un diplôme d'études postsecondaires)		
Amélioration personnelle	‡	‡
Enseignement	‡	‡
Arts visuels et d'interprétation, et technologie des communications	‡	‡
Sciences humaines	‡	‡
Sciences sociales et des comportements, et droit	10,0	4,3
Commerce, gestion et administration publique	13,2	2,6
Sciences physiques et de la vie, et technologies	‡	‡
Mathématiques, informatique et sciences de l'information	3,1	2,0
Architecture, génie et technologies connexes	9,6	2,1
Agriculture, ressources naturelles et conservation	‡	‡
Santé et domaines connexes	12,9	4,4
Services personnels, de protection et de transport	6,6	3,0
Autre ou non déclaré	‡	‡
Domaine d'études (chez les titulaires d'un grade universitaire)		
Amélioration personnelle	‡	‡
Enseignement	1,0	0,8
Arts visuels et d'interprétation, et technologie des communications	‡	‡
Sciences humaines	4,6	2,2
Sciences sociales et des comportements, et droit	3,9	1,6
Commerce, gestion et administration publique	2,2	1,0
Sciences physiques et de la vie, et technologies	4,7	2,6
Mathématiques, informatique et sciences de l'information	‡	‡
Architecture, génie et technologies connexes	3,1	1,8
Agriculture, ressources naturelles et conservation	‡	‡
Santé et domaines connexes	1,8	1,9
Services personnels, de protection et de transport	‡	‡
Autre/non déclaré	‡	‡

‡ résultats non présentés en raison de la petite taille de l'échantillon

1. Les titres d'industries sont tirés du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (codes à deux chiffres).

Note : Les prédictions sont obtenues à partir d'un modèle de réponse partielle probit.

Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

Tableau A.3

Proportion prédite de travailleurs présentant un risque élevé de devoir composer avec la transformation des emplois attribuable à l'automatisation, selon certaines caractéristiques (suite)

	Proportion prédite de travailleurs	
	pourcentage	erreur-type bootstrap
Aucun titre d'études postsecondaires		
Niveau de compétence en littératie inférieur à 3	32,4	3,8
Niveau de compétence en littératie d'au moins 3	18,4	3,6
Niveau de compétence en numératie inférieur à 3	28,7	3,3
Niveau de compétence en numératie d'au moins 3	20,5	4,7
Certificat ou diplôme d'études postsecondaires		
Niveau de compétence en littératie inférieur à 3	14,8	2,3
Niveau de compétence en littératie d'au moins 3	8,1	1,2
Niveau de compétence en numératie inférieur à 3	15,0	2,1
Niveau de compétence en numératie d'au moins 3	7,1	1,1
Grade d'études postsecondaires		
Niveau de compétence en littératie inférieur à 3	4,5	1,7
Niveau de compétence en littératie d'au moins 3	2,8	0,6
Niveau de compétence en numératie inférieur à 3	7,7	2,3
Niveau de compétence en numératie d'au moins 3	1,9	0,5
Statut d'immigration		
Canadien de naissance	10,7	0,9
Immigrant de longue date (au moins 10 ans au Canada)	10,3	2,1
Immigrant récent (moins de 10 ans au Canada)	10,5	3,1
Ayant une incapacité		
Oui	10,5	0,8
Non	11,4	2,1
Nombre d'heures travaillées par semaine		
Moins de 30, mais plus de 0 (temps partiel)	25,7	3,4
30 ou plus (temps plein)	8,7	0,8
Travailleur syndiqué ou couvert par une convention collective		
Oui	11,9	1,5
Non	10,1	0,9
Centile du revenu d'emploi		
Inférieur au 10 ^e	26,8	3,9
Du 10 ^e au niveau inférieur au 25 ^e	16,6	2,6
Du 25 ^e au niveau inférieur au 50 ^e	13,7	1,8
Du 50 ^e au niveau inférieur au 75 ^e	5,5	1,0
Du 75 ^e au niveau inférieur au 90 ^e	3,1	0,9
À partir du 90 ^e	2,1	1,0
Taille de l'entreprise (nombre d'employés dans un lieu de travail)		
1 à 10	14,9	1,9
11 à 50	8,6	1,1
51 à 250	11,2	1,6
251 à 1 000	9,8	2,3
Plus de 1 000	8,3	2,1
Industrie¹		
Construction	8,4	3,8
Fabrication	26,6	3,8
Commerce de gros et commerce de détail	13,4	2,1
Transport et entreposage	14,5	4,8
Finance et assurances, services immobiliers et services de location et de location à bail	4,8	1,6
Services professionnels, scientifiques et techniques	7,2	2,3
Services d'enseignement	4,2	1,5
Soins de santé et assistance sociale	12,0	2,4
Industrie de l'information et industrie culturelle	2,8	1,4
Services d'hébergement et de restauration	15,4	5,5
Autres services	5,6	3,1
Administrations publiques	3,7	1,0

‡ résultats non présentés en raison de la petite taille de l'échantillon

1. Les titres d'industries sont tirés du Système de classification des industries de l'Amérique du Nord (codes à deux chiffres).

Note : Les prédictions sont obtenues à partir d'un modèle de réponse partielle probit.

Source : Statistique Canada, Étude longitudinale et internationale des adultes, vague 3 (2016).

Bibliographie

Arntz, M., T. Gregory et U. Zierahn. 2016. *The Risk of Automation for Jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis*. Documents de travail de l'OCDE sur les questions sociales, l'emploi et les migrations, n° 189. Paris : Publication de l'OCDE.

Autor, D., H. Levy et R. Murnane. 2003. « The skill content of recent technological change: An empirical exploration ». *The Quarterly Journal of Economics* 118 (4) : 1279 à 1333.

Frenette, M. 2007. *La vie après le repli : mises à pied permanentes dans le secteur de la technologie de pointe et pertes de gains des travailleurs déplacés*. Direction des études analytiques : documents de recherche, n° 302. Produit n° 11F0019M au catalogue de Statistique Canada. Ottawa : Statistique Canada.

Frenette, M. 2019. *Obtention d'un baccalauréat d'un collège communautaire : aperçu des gains et perspectives pour les programmes d'études de cycles supérieurs*. Direction des études analytiques : documents de recherche, n° 428. Produit n° 11F0019M au catalogue de Statistique Canada. Ottawa : Statistique Canada.

Frey, C.B., et M.A. Osborne. 2013. *The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?* Oxford Martin Programme on the Impacts of Future Technology. Oxford : Oxford Martin School, Université d'Oxford.

Graetz, G., et G. Michaels. 2018. « Robots at work ». *The Review of Economics and Statistics* 100 (5) : 753 à 768.

IFR (International Federation of Robotics). 2018. « Robot density rises globally ». *IFR Press Releases*. 7 février. Disponible au lien suivant : <https://ifr.org/ifr-press-releases/news/robot-density-rises-globally> (consulté le 10 février 2020).

Lamb, C. 2016. *The Talented Mr. Robot: The Impact of Automation on Canada's Workforce*. Brookfield Institute for Innovation + Entrepreneurship. Toronto : Université Ryerson.

Leduc, S. et Z. Liu. 2020. *Can pandemic-induced job uncertainty stimulate automation?* Série de document de recherche de la Federal Reserve Bank of San Francisco, n° 2020-19. Disponible au lien suivant : <https://doi.org/10.2418/wp2020-19>.

Lexico. 2020. « Artificial intelligence ». *US Dictionary*. Disponible au lien suivant : https://www.lexico.com/en/definition/artificial_intelligence (consulté le 10 février 2020).

Manyika, J., M. Chui, M. Miremadi, J. Bughin, K. George, P. Willmott et M. Dewhurst. 2017. *A Future that Works: Automation, Employment, and Productivity*. New York : McKinsey Global Institute.

Muro, M., R. Maxim et J. Whiton. 2020. « The robots are ready as the COVID-19 recession spreads ». The Brookings Institute. Disponible au lien suivant : <https://www.brookings.edu/blog/the-avenue/2020/03/24/the-robots-are-ready-as-the-covid-19-recession-spreads/>

Nedelkoska, L., et G. Quintini. 2018. *Automation, Skills and Training*. Documents de travail de l'OCDE sur les questions sociales, l'emploi et les migrations, n° 202. Paris : Publication de l'OCDE.

Oschinski, M., et R. Wyonch. 2017. *Le choc du futur? Les répercussions de l'automatisation sur le marché du travail au Canada*. Commentaire de l'Institut C.D. Howe, n° 472. Toronto : Institut C.D. Howe.

RBC. 2018. *Humains recherchés – Facteurs de réussite pour les jeunes Canadiens à l'ère des grandes perturbations*. Toronto : RBC, Bureau du chef de la direction.

Statistique Canada. 2018. *Étude longitudinale et internationale des adultes (ELIA) : Information détaillée pour 2016 (vague 3)*. Dernière mise à jour le 3 décembre 2018. Disponible au lien suivant : https://www23.statcan.gc.ca/imdb/p2SV_f.pl?Function=getSurvey&SDDS=5144 (consulté le 10 février 2020).

Statistique Canada. 2020. *Tableau 14-10-0202-01, Emploi selon l'industrie, données annuelles*. Dernière mise à jour le 7 février 2020. Disponible au lien suivant : <https://doi.org/10.25318/1410020201-fra>.

Wooldridge, J.M. 2010. *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Deuxième édition. Cambridge, Massachusetts, et Londres, Angleterre : The MIT Press.