

N° 11-633-X au catalogue — N° 028
ISSN 2371-3437
ISBN 978-0-660-36331-8

Études analytiques : méthodes et références

La création d'une base de données Robots!

par Jay Dixon

Date de diffusion : le 2 novembre 2020



Statistique
Canada

Statistics
Canada

Canada

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.

La création d'une base de données Robots!

par

Jay Dixon

Division de l'analyse économique
Statistique Canada

11-633-X N° 028

2020004

ISSN 2371-3437

ISBN 978-0-660-36331-8

Novembre 2020

Études analytiques : méthodes et références

Les documents de cette série traitent des méthodes utilisées pour produire des données qui seront employées pour effectuer des études analytiques à Statistique Canada sur l'économie, la santé et la société. Ils ont pour but de renseigner les lecteurs sur les méthodes statistiques, les normes et les définitions utilisées pour élaborer des bases de données à des fins de recherche. Tous les documents de la série ont fait l'objet d'un examen par les pairs et d'une révision institutionnelle, afin de veiller à ce qu'ils soient conformes au mandat de Statistique Canada et qu'ils respectent les normes généralement reconnues régissant les bonnes pratiques professionnelles.

Les documents peuvent être téléchargés gratuitement de www.statcan.gc.ca.

Table des matières

Résumé.....	5
1 Introduction.....	6
2 Que sont les robots?	7
3 S’agit-il des droïdes que nous recherchons?.....	9
4 Les robots au Canada	14
5 Conclusion	20
Bibliographie.....	21

Résumé

Les progrès accomplis récemment dans le domaine de l'intelligence artificielle ont ravivé d'anciennes craintes de voir les robots remplacer les humains dans l'économie. Les vagues d'automatisation précédentes ont modifié le rôle de la main-d'œuvre, sans toutefois le réduire, mais la flexibilité humanoïde des robots pourrait changer la donne cette fois-ci. La question de savoir si ce sera le cas est une question empirique, à laquelle on n'a pu répondre dans le passé en raison d'un manque de données pertinentes. Le présent article brosse un portrait de la création d'un ensemble de données en vue de combler cette lacune statistique au Canada. Robots! est une base de données de panel à l'échelle des entreprises sur l'adoption de robots créée à l'aide des données sur les importations canadiennes. Les données révèlent des investissements considérables dans les robots dans l'économie canadienne de 1996 à 2017. Bien que de nombreux robots soient importés par des grossistes en robotique ou des programmeurs en vue de la revente, on peut attribuer la majorité d'entre eux à l'entreprise qui finit par les adopter (directement). Les données peuvent être utilisées pour étudier l'incidence de l'adoption de robots à l'échelle des régions économiques, des industries ou des entreprises.

1 Introduction

Le défi que présentent les robots pour l'humanité est un incontournable de la science-fiction depuis plus d'un siècle¹. Le mot « robot » a été introduit dans le vocabulaire général et dans l'imaginaire à la suite de la publication de la pièce de théâtre *R.U.R.: Rossum's Universal Robots (Les Robots Universels de Rossum)*, écrite en langue tchèque en 1920. Le dramaturge Karel Čapek a choisi le mot *robota*, ou l'obligation des serfs de travailler pour leurs maîtres féodaux, pour décrire les *automates* de la pièce. Les robots de Rossum travaillent au départ sans se plaindre, mais ils se révoltent au troisième acte et exterminent leurs maîtres humains².

Les percées récentes dans le domaine de l'intelligence artificielle (IA) ont attiré l'attention sur les robots qui pourraient faire disparaître les emplois. Autor et Salomons (2017) ont inventé le terme *robocalypse* pour décrire une vision de l'avenir dans laquelle « les progrès infinis de la technologie finissent par entraîner la misère de la main-d'œuvre ». Certains observateurs ont fait valoir que la robocalypse est plus proche que ce que la société est prête à affronter, et ils préconisent des interventions en matière de politique pour ralentir le processus d'adoption des robots. Cependant, les robots pourraient aussi s'avérer n'être qu'une autre forme d'automatisation aux conséquences semblables pour les humains à celles qui ont suivi la célèbre victoire à la Pyrrhus de John Henry avec un marteau-pilon en acier contre un marteau à vapeur. Les perturbations engendrées par la révolution de la vapeur et les progrès technologiques subséquents ont donné lieu à la hausse du niveau de vie d'une main-d'œuvre représentant une part à peu près constante du revenu national.

La plupart des modèles théoriques de l'adoption des technologies sont fondés sur l'histoire, et l'on suppose donc qu'ils mènent à une part constante de la main-d'œuvre. Acemoglu et Restrepo (2018) étudient un modèle dans lequel l'automatisation future qui aura pour effet de remplacer la main-d'œuvre pourrait entraîner la perte permanente d'emplois et la baisse des salaires. Cette innovation engendre aussi la création de nouvelles méthodes et technologies et de nouveaux produits qui utilisent la main-d'œuvre plus intensivement, de sorte que le destin collectif de la main-d'œuvre dépend de la vitesse à laquelle des tâches humaines sont créées par rapport à la vitesse à laquelle les emplois existants disparaissent³. Les deux forces se sont équilibrées dans des vagues d'automatisation précédentes, mais ce pourrait ne pas être le cas pour les robots.

Si des modèles théoriques peuvent mettre en lumière les possibilités, l'incidence de l'adoption des robots sur l'économie est en fin de compte une question empirique. L'élaboration de politiques efficaces en matière de concurrence, de perfectionnement des compétences, de redistribution et d'innovation exige de disposer de renseignements sur la manière dont les entreprises utilisent les robots. Malheureusement, ces renseignements sont à l'heure actuelle limités. En conséquence, Raj et Seamans (2018) prônent la création de nouvelles enquêtes ou l'élargissement de celles qui existent pour inclure des questions sur l'adoption de l'IA et des robots.

Ces questions sont déjà posées et appuieront éventuellement les travaux de recherche à venir. Le présent article traite des données sur les robots qui sont actuellement disponibles au Canada et qui peuvent dès maintenant appuyer les travaux. Les données administratives offrent une solution de rechange aux enquêtes qui ne sont pas encore rendues publiques, mais elles peuvent ne pas permettre de distinguer de façon fiable les robots des autres machines et matériel. Une source de données administratives, les données douanières recueillies par l'Agence des services

1. La crainte des êtres dotés d'intelligence artificielle peut, en réalité, remonter à des milliers d'années. Les chercheurs en études classiques font valoir que les mythes grecs, comme l'histoire de Pandore, voyaient venir l'IA semer le chaos dans l'humanité.

2. Si la pièce de théâtre était à l'origine tchèque, son sous-titre figurait en anglais. Les robots de Čapek ont été créés à partir de tissus humains synthétiques et n'étaient pas mécaniques.

3. D'après ses travaux de recherche, Acemoglu (2018) a fait valoir que l'adoption des robots aux États-Unis a entraîné la perte de l'emploi de 1 travailleur du secteur de la fabrication sur 6.

frontaliers du Canada (ASFC), peut faire exception. Le Système harmonisé (SH) que l'ASFC utilise pour classer les importations comporte des catégories distinctes pour le matériel robotique. Le Canada ne compte pas beaucoup d'entreprises qui fabriquent du matériel robotique, de sorte que les données sur les importations peuvent en principe permettre d'identifier un grand nombre des robots qui entrent dans l'économie canadienne.

Dans la mesure où les importateurs et les agents des douanes appliquent uniformément les codes du SH, ces données ont des caractéristiques attrayantes, comme de longues séries chronologiques et des possibilités de couplage avec d'autres données administratives et d'enquête à l'échelle des entreprises. Lorsque les entreprises qui importent et qui adoptent des robots sont les mêmes, il est facile d'étudier leurs caractéristiques et leur rendement avant et après l'adoption des robots. Même lorsque ce n'est pas le cas, les robots peuvent être affectés à des régions géographiques approximatives, ce qui permet d'étudier leurs répercussions sur les marchés du travail régionaux.

Le présent article brosse le portrait de la création et de la validation de la base de données canadienne Robots! à l'échelle des entreprises à l'aide des données douanières. L'un des problèmes que pose l'étude empirique des robots est l'ambiguïté quant à ce qu'ils sont et à ce qui les rend différents des autres machines. La section qui suit précise les types de machines qui sont considérés comme des robots et ce que font ces machines. La section 3 porte sur le genre de machines que les données de l'ASFC permettent de retracer ainsi que leurs codes liés aux robots et l'exhaustivité de leur couverture. La section 4 présente certaines des observations concernant l'adoption des robots au Canada qui peuvent être faites à partir des données.

2 Que sont les robots?

Le fait que la plupart des données ne permettent pas expressément d'identifier les robots a limité les travaux sur l'incidence des robots sur l'économie. Une raison pour laquelle les données ne permettent pas de les distinguer est l'ambiguïté quant à ce que sont les robots. Les roboticiens érudits les décrivent comme des machines qui sont capables de sentir les changements dans leur environnement et de formuler des réponses complexes de façon autonome. Cependant, on a du mal à déterminer dans quelle mesure leur comportement doit être indépendant et sophistiqué pour le rendre autonome et complexe. Pour établir la différence entre les robots et les autres formes d'automatisation, les roboticiens ont tendance à les reconnaître lorsqu'ils les voient, ce qui n'aide pas les chercheurs qui tentent de les trouver dans les données.

L'industrie commerciale de la robotique a ses propres définitions des machines qu'elle vend. Selon la Fédération internationale de la robotique (IFR), une fédération mondiale d'associations nationales de l'industrie de la robotique, deux types de robots sont vendus sur le marché : des robots *industriels* et des robots *de service*. Un robot industriel est un « manipulateur à commande automatique, reprogrammable, multiapplications, pouvant être programmé suivant trois axes ou plus, qui peut être fixe ou mobile, destiné à être utilisé dans les applications d'automatisation industrielle » (Service statistique de la IFR, 2017a, p. 25). Un robot de service est un « mécanisme programmable actionné sur au moins deux axes avec un degré d'autonomie, se déplaçant dans son environnement, pour exécuter des tâches prévues » (Service statistique de la IFR, 2017b, p. 10).

Ces définitions peuvent sembler ne pas être plus utiles que le « vous les reconnaîtrez lorsque vous les verrez » (p. ex. combien d'autonomie constitue « un degré »?), mais elles décrivent concrètement un ensemble restreint de machines pour la période allant de 1996 à 2017. Plus simplement, les robots industriels sont des bras largement commandés par ordinateur et équipés de capteurs pour sentir et d'accessoires pour manipuler le monde matériel; les robots de service

sont principalement des machines ressemblant à des véhicules qui peuvent se déplacer dans leur environnement partiellement ou entièrement seules.

Pourquoi des robots?

Les robots industriels représentent la majorité des robots utilisés à des fins commerciales⁴. On peut les considérer comme « l'IA dotée de pouces opposables » : tandis que l'IA dans sa forme désincarnée accomplit des tâches cognitives, les robots dotés d'IA remplacent les travailleurs et les machines dépourvues d'intelligence dans l'accomplissement d'un éventail de tâches manuelles plus ou moins routinières⁵. L'une de leurs principales vertus, par rapport aux machines spécialisées, est qu'ils peuvent être facilement reprogrammés pour accomplir différentes variations d'une application donnée ou être dotés d'autres accessoires pour réaliser des applications différentes.

Les robots industriels se caractérisent par leur structure mécanique (p. ex. linéaire, articulée, SCARA, parallèle), leur amplitude de mouvement, leur capacité de charge et leur champ d'action⁶. Dans ses limites structurelles, chaque robot peut être ajusté et programmé pour accomplir différentes tâches. Selon la IFR (2017a), les tâches les plus courantes sont la manutention de matériaux et les services machines (43,6 % du stock en 2015). La manutention de matériaux comprend toutes sortes de tâches, allant du déplacement du métal moulé sous pression qui n'est pas encore refroidi de la forge au bain de refroidissement ou à l'établi jusqu'au soulèvement d'objets lourds aux fins d'inspection. Elle inclut aussi le ramassage, le positionnement et l'emballage d'objets de différentes tailles et de différents poids par les robots (7,4 %) et la palettisation des produits emballés (3,4 %).

Les robots configurés pour les services machines font principalement fonctionner des machines à mouler par injection (9,0 %) pour l'industrie des matières plastiques et des machines-outils commandées par ordinateur (4,4 %) pour l'industrie de la fabrication de produits métalliques. Les services machines comprennent, dans le cas des machines-outils, l'amenée des flancs métalliques et leur retrait de la machine après leur usinage⁷. Les robots sont aussi souvent utilisés dans la transformation secondaire, dans des tâches comme la coupe, le meulage, l'ébavurage, le fraisage, le polissage et le nettoyage des pièces usinées ou injectées (1,9 %). D'autres applications comprennent le soudage et le brasage (27,6 %); la distribution (de peinture, d'émail, d'adhésifs et de produits d'étanchéité, 4 %); l'assemblage et le démontage (principalement la fixation, l'ajustement à la presse, le montage et l'insertion, 9,9 %); et les applications de salle blanche (principalement pour les semi-conducteurs et les écrans plats, 9,9 %).

Les robots de service ont des applications beaucoup plus variées, et la IFR ne fournit pas de renseignements sur leur utilisation relative. Bon nombre d'entre eux prennent la forme de véhicules à guidage automatique. Les petits robots mobiles accomplissent des tâches domestiques (principalement l'aspirateur et le nettoyage) et assurent la surveillance domestique; les versions plus robustes accomplissent des variations professionnelles des mêmes tâches. D'autres robots de service interviennent dans l'inspection et l'entretien, la construction et la démolition ainsi que la logistique. Dans le domaine médical, les robots réalisent des diagnostics, facilitent les chirurgies et contribuent à la réadaptation.

4. Les robots industriels représentent la majorité de la valeur des robots dans l'ensemble de données Robots!

5. Autor (2013) définit les tâches routinières comme celles dont les étapes peuvent être codifiées avec précision dans un ensemble d'instructions écrites. Il convient de souligner que les tâches non routinières peuvent tout de même être banales et répétitives, pourvu qu'elles soient difficiles à codifier.

6. SCARA signifie *Selective Compliance Assembly Robot Arm* ou *Selective Compliance Articulated Robot Arm* en anglais, ou bras-robot à flexibilité sélective. Les robots présentent des différences au chapitre de la flexibilité sur différents axes, p. ex. les robots SCARA sont flexibles sur les axes X-Y, mais rigides sur l'axe Z.

7. Les machines que les robots font fonctionner sont elles-mêmes des appareils reprogrammables commandés par ordinateur sophistiqués, qui ne sont *pas considérés* comme des robots.

Selon l'enquête mondiale de McKinsey sur la robotique (2018), les principales raisons pour lesquelles les entreprises adoptent les robots pour accomplir ces tâches sont les suivantes : réduire les coûts, améliorer la qualité des produits, accroître la souplesse dans la production, alléger le fardeau des travailleurs et accroître leur bien-être et leur sécurité. Des données non scientifiques, prenant la forme d'études de cas et de témoignages accessibles sur les sites Web des grands fabricants de robots, soulignent que les robots peuvent accomplir ce qui suit : faire fonctionner des machines pendant des heures prolongées sans interruption (réduction des coûts); répéter des tâches manuelles bien définies ayant un degré d'uniformité élevé (qualité); être reconfigurés pour accomplir de nouvelles gammes de tâches ou des tâches différentes rapidement et à peu de frais (souplesse); soulever des objets lourds, libérer les travailleurs du fardeau des tâches répétitives et s'interposer entre les travailleurs et les machines non robotisées dangereuses et les matières dangereuses (santé et sécurité).

Certaines de ces raisons donnent à penser que les robots remplacent les travailleurs (p. ex. réduction des coûts, uniformité), tandis que d'autres supposent des complémentarités (santé et sécurité des travailleurs). Les mêmes témoignages qui soulignent ce que font les robots soutiennent que les entreprises ne licencient pas les travailleurs lorsqu'elles les adoptent. Même dans le cas des tâches pour lesquelles ils remplacent la main-d'œuvre, les entreprises nécessitent tout de même des travailleurs pour les installer, les entraîner et les superviser dans différentes tâches. D'autres travailleurs sont affectés à d'autres rôles au sein de l'entreprise, bien qu'on ne sache pas exactement quels pourraient être ces autres rôles. Cependant, si les entreprises peuvent ne pas licencier les travailleurs, les données non scientifiques donnent à penser que la souplesse signifie, en partie, la capacité de réduire ou d'augmenter la production sans changer la taille de l'entreprise.

3 S'agit-il des droïdes que nous recherchons?

La section 2 a abordé ce que sont les robots, selon les entreprises qui les fabriquent à des fins commerciales, et a présenté certaines données sur ce qu'ils font dans le monde entier. Les données administratives du Canada peuvent-elles permettre d'identifier les mêmes machines intelligentes? Comme pour de nombreuses économies dans le monde, les Canadiens importent la majorité de leur matériel robotique des entreprises affiliées à la IFR, lesquelles sont concentrées dans quelques pays⁸. La IFR publie des données agrégées sur les expéditions annuelles de ces entreprises selon le pays, l'industrie et la tâche. Ces données ont été utilisées dans des études économiques (voir, en particulier, Acemoglu et Restrepo [2018]), mais il est difficile de tirer des conclusions détaillées de données agrégées, et la période pendant laquelle les achats canadiens peuvent être distingués de ceux du reste de l'Amérique du Nord se limite à quelques années⁹.

Les données sur les importations recueillies par l'ASFC font état des mêmes expéditions lorsqu'elles traversent la frontière. Les biens importés sont classés selon les codes du SH qui, contrairement à la plupart des classifications des données administratives, distinguent les robots

8. Les grandes entreprises de robotique sont situées au Japon, en Allemagne et aux États-Unis. L'industrie canadienne de la robotique est axée sur la programmation et l'intégration.

9. Les données de la IFR pour le Canada sont seulement disponibles après l'année 2010. La Robotic Industries Association (RIA), un membre de la IFR en Amérique du Nord, dispose de données sur le Canada à compter de l'année 2005. Cependant, les données de la RIA portent seulement sur les expéditions des entreprises et des entreprises affiliées établies en Amérique du Nord et ne comprennent pas les expéditions d'autres pays.

des autres machines depuis 1996. Les codes du SH indiquant des robots sont présentés dans le tableau 1. Les robots correspondent principalement aux codes à 6 chiffres 84.79.50 et 84.28.90¹⁰.

Tableau 1
Codes des robots du Système harmonisé selon le type

Type et code SH10	Dates	Description du code SH10
Chaînes de montage de véhicules automobiles		
8479500040	1996-1997	Robots industriels pour chaînes de montage de véhicules automobiles, n.d.a.
8479509940	1998 à 2011	
8479500010	2012-	Robots industriels pour chaînes de montage de véhicules automobiles
Autres robots industriels		
8479500010	1996 à 1997	Robots industriels pour les fonderies, n.d.a.
8479509910	1998 à 2011	
8479500020	1996-1997	Robots industriels pour les industries chimique ou pharmaceutique, n.d.a.
8479509920	1998 à 2011	
8479500030	1996-1997	Robots industriels pour les industries électrique ou électronique, n.d.a.
8479509930	1998 à 2011	
8479500050	1996-1997	Robots industriels pour la production du pétrole ou du gaz, n.d.a.
8479509950	1998 à 2011	
8479500090	1996-1997	
8479509990	1998 à 2011	Autres robots industriels, n.d.a.
8479500090	2012-	
8479509100	1998 à 2011	Types précis de robots industriels, nda, bras articulé, linéaires, à portique, etc., avec différentes capacités
Robots industriels de levage, manutention, chargement		
8428909091	1990 à 1997	
8428900091	1998 à 2006	Robots industriels de levage, chargement, déchargement ou manutention
8428900091	2007 à 2016	
8428900060	2017-	
8486400011	2007 à 2011	Robots industriels, levage/manutention/ chargement, etc., lingots, plaquettes, dispositifs semi-conducteurs, CIE et dispositifs d'affichage à écran plat

Notes : SH signifie Système harmonisé; n.d.a. signifie non déclaré ailleurs; CIE signifie circuits intégrés électroniques.

Sources : Agence des services frontaliers du Canada, 2005, 2007, 2009, 2012 et 2018.

Les codes à 8 chiffres et à 10 chiffres du SH doivent fournir d'autres précisions concernant la fonction des robots. En réalité, ils semblent être attribués selon la nature de l'industrie importatrice et donnent peu de renseignements supplémentaires concernant la nature des robots¹¹. Les plus grandes catégories sont les « Robots industriels pour chaînes de montage de véhicules automobiles, n.d.a. » et les « Autres robots industriels, n.d.a.¹² » non définis.

10. La catégorie « Robots industriels de levage, de chargement, de déchargement ou de manutention » semble avoir été attribuée à compter de 1990, mais les autres variables sont manquantes avant l'année 1996. Il convient de souligner que toutes les catégories se rapportent aux robots industriels. Un examen des exportateurs donne à penser que la grande majorité des robots, mais pas tous, correspondent à la définition du terme de la IFR. Une minorité des transactions correspondent à la définition des robots de service de la IFR.

11. L'ASFC a confirmé aux auteurs que l'industrie importatrice constitue un important facteur dans l'attribution de codes détaillés à la frontière.

12. Un examen des importateurs révèle que la plupart des robots dans la première catégorie sont utilisés dans l'industrie de l'automobile.

Il y a malheureusement peu de renseignements du domaine public sur la mesure dans laquelle les codes du SH correspondent aux définitions de la IFR, et l'application de ces codes à la frontière n'est pas observable. Pour confirmer que les exportateurs, les importateurs et les agents de l'ASFC appliquent les codes du SH aux robots conformément aux définitions de la IFR, il faut chercher le nom des exportateurs sur Internet pour vérifier ce qu'ils vendent. De telles recherches ont été effectuées manuellement sur environ 1 000 exportateurs représentant 95 % de la valeur et 80 % des 27 449 transactions de l'ensemble de données faites pendant la période allant de 1996 à 2017¹³.

Les exportateurs ont été classés dans les entreprises qui étaient membres d'une association de l'industrie robotique affiliée à la IFR, étaient exploitées dans une industrie qui utilise intensivement les robots ou vendaient manifestement des robots au moins en partie dans le cadre de leur offre. Le tableau 2 indique que la majeure partie de la valeur et la presque majorité des transactions (58,4 % et 48,8 %, respectivement) peuvent être attribuées aux membres de la IFR ou à l'une des associations nationales qui publient leur liste de membres¹⁴. La plus grande catégorie subséquente regroupe les entreprises exportatrices dans les industries qui utilisent intensivement les robots industriels : l'industrie de l'automobile est la plus grande utilisatrice, mais les industries des machines-outils et des matières plastiques les utilisent aussi intensivement. Un autre groupe est formé d'entreprises qui ne figurent pas dans les listes des membres des associations de l'industrie, mais qui ont des sites Web indiquant clairement la présence de robots industriels dans leurs ventes.

Tableau 2
Exportateur selon le type

Type d'exportateur	Valeur Transactions	
	pourcentage du total	
Entreprises affiliées à la IFR	58,4	48,8
Autres robots industriels	13,3	12,6
Utilisateurs des robots industriels	19,0	8,6
Robots de service	1,4	2,3
Automatisation des laboratoires et automatisation médicale	2,1	5,0
Autre automatisation	0,9	2,8
Total	95,0	80,0

Note : IFR signifie Fédération internationale de la robotique.

Source : Statistique Canada, données sur les importations.

Les descriptions des codes du SH mentionnent seulement « robots industriels », mais l'examen visuel des sites Web des entreprises exportatrices donne à penser que la catégorie « non déclaré ailleurs » inclut aussi un certain nombre de robots de service. Comme ils constituent 1,4 % de la valeur et 2,3 % des transactions, les robots de service non médicaux représentent une petite partie du total, bien que leur importance semble augmenter au fil du temps. Ils prennent principalement la forme de véhicules autonomes. Ces véhicules sont utilisés dans la surveillance ou l'exploration, mais bon nombre d'entre eux sont spécialisés pour accomplir des tâches dans des endroits dangereux ou inaccessibles, comme à l'intérieur des centrales nucléaires ou des pipelines. Les données permettent aussi d'identifier des robots s'adressant directement aux consommateurs, comme des drones personnels, des nécessaires pour les passe-temps et des

13. Bon nombre des exportateurs figurant dans la première partie des données n'ont pas été trouvés dans les recherches sur Internet effectuées parallèlement. Heureusement, certaines des plus anciennes entreprises qui n'existent plus ont laissé une trace. Elles ont souvent fait l'objet de fusions et d'acquisitions avec ou par des entreprises de robotique.

14. Les associations nationales qui publient leur liste de membres sur leur site Web sont la JARA (Japan Robot Association, Japon), la RIA (Amérique du Nord) et la VDMA (Allemagne).

aspirateurs domestiques autonomes. Ces transactions représentent une partie négligeable de la valeur et ces robots sont principalement vendus à des magasins d'appareils électroniques.

Les entreprises qui vendent des robots de laboratoire et des robots de soins de santé représentent 2,1 % et 5,0 % des transactions. Il est difficile de classer ces machines en faisant un simple examen visuel. Elles semblent inclure les « robots » de pipetage et d'autres types d'automatisation des laboratoires, mais aussi les bras robotisés commandés par un ordinateur portable destinés à la manipulation d'échantillons dangereux ou délicats qui ressemblent à des versions réduites de leurs équivalents industriels. Le reste de la valeur examinée regroupe l'automatisation agricole et d'autres types d'automatisation qui, à première vue, peuvent être considérés ou non comme des robots.

L'examen visuel confirme que ce que l'ASFC classe comme des robots est un peu plus détaillé que les définitions de la IFR, mais qu'il y correspond en grande partie. Cependant, la base de données Robots! englobe-t-elle un nombre suffisant des robots utilisés dans l'économie canadienne? Il est possible que les expéditions de la IFR soient systématiquement classées au moyen d'autres codes du SH. Pour répondre à cette question, les données sur les importations sont comparées avec les données de la IFR et de la Robotic Industries Association (RIA) pendant les périodes pour lesquelles les données se chevauchent¹⁵. Comme deuxième vérification, les données de la base Robots! sont comparées avec les données sur les investissements dans les robots issues de l'Enquête annuelle sur les dépenses en immobilisations et réparations (EDIR) de Statistique Canada. Cette enquête comporte une catégorie pour les robots industriels pour la période allant de 2000 à 2012.

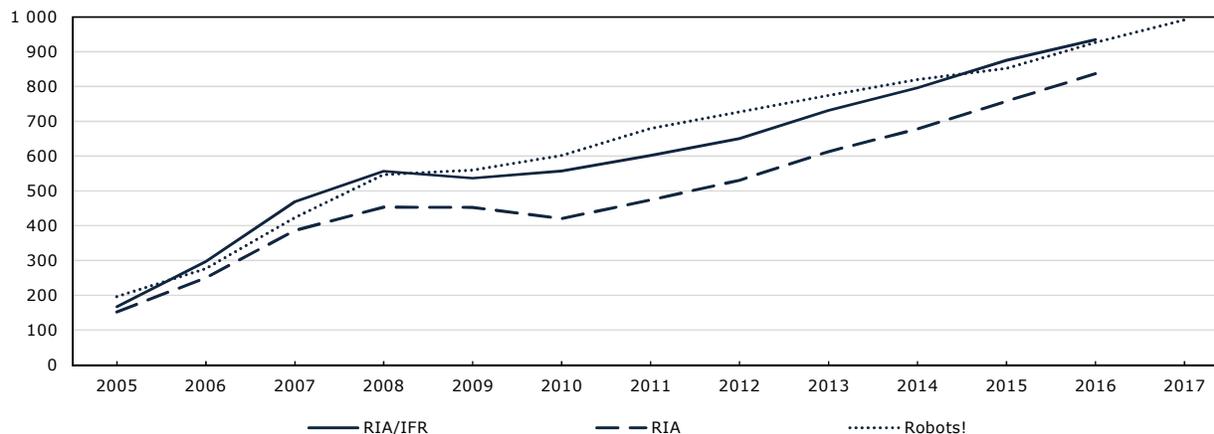
Une difficulté que pose la comparaison des données de la IFR avec celles de la base Robots! est que la première source présente généralement seulement les expéditions de robots, et non leur valeur. La RIA, qui est membre de la IFR, englobe les expéditions en Amérique du Nord et en indique la valeur, bien qu'elle ne présente pas certaines exportations directes du Japon et de l'Allemagne. La base de données Robots!, en revanche, comporte des données sur la valeur et les quantités des importations, mais les quantités ne sont pas recensées de manière aussi fiable que la valeur des transactions, de sorte que le présent article est axé sur la valeur des robots. Le graphique 1 repose sur un stock généré en appliquant la valeur moyenne par robot calculée à partir des données de la RIA à la part des expéditions de la IFR au Canada, pour permettre la comparaison avec un stock généré au moyen des données sur la valeur des importations.

Les séries se suivent de près et leurs niveaux sont semblables, bien que le stock de la base Robots! soit généralement supérieur à ce qui est mentionné par l'association de l'industrie. L'écart entre les deux n'est pas étonnant, car un certain nombre de transactions ne figurent pas dans les données de la IFR et de la RIA. Les principales transactions sont les suivantes : les transactions représentant des robots de service et d'autres robots non industriels; les transferts internes au sein des multinationales; les robots d'occasion acquis dans le cadre d'échanges de matériel et par des liquidateurs de faillite. En général, cependant, le graphique 1 montre que la base de données Robots! rend compte d'achats qui correspondent à ce que la IFR considère comme des robots et qu'elle semble rendre compte d'un nombre suffisant de robots pour être comparable à ses flux agrégés au Canada.

15. Les séries de la IFR et de la RIA reposent sur les expéditions de la IFR appliquées au prix implicite par robot de la RIA. Les trois sources de données font état des expéditions à différents moments au cours de leur cycle de vie, du paiement à la livraison, ce qui entraîne beaucoup de variation dans les chiffres d'année en année. Les stocks sont utilisés pour faire abstraction de cette variation.

Graphique 1 Comparaison des stocks de robots de l'association de l'industrie et de Statistique Canada

en millions de dollars américains



Note : Les stocks de robots sont calculés en fonction de la durée de vie utile de 12 ans suggérée par la Fédération internationale de la robotique (IFR). Les données de la Robotic Industries Association (RIA) ne sont pas accessibles pour 2017. Robots! est une base de données comportant des données sur les importations canadiennes liées à l'adoption des robots.

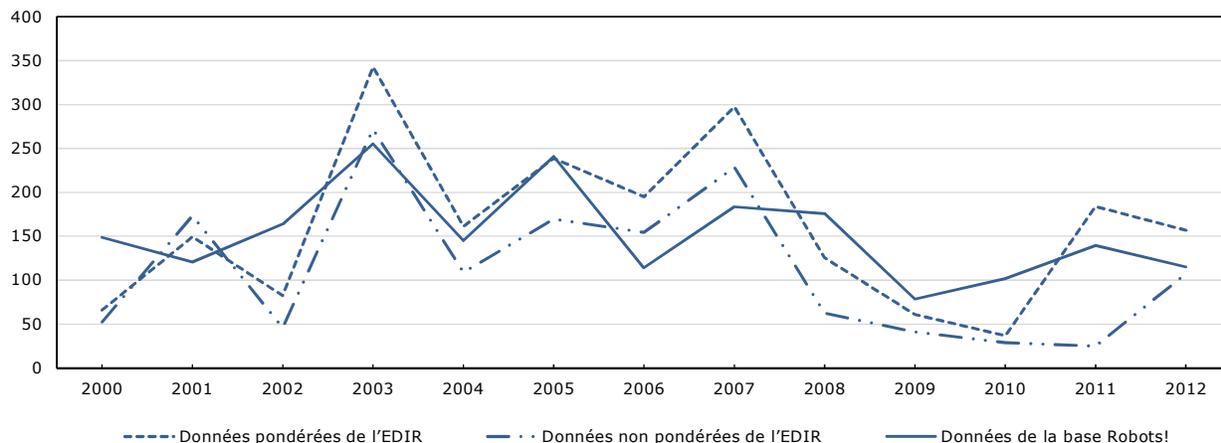
Sources : Statistique Canada, données sur les importations; Fédération internationale de robotique; Robotic Industries Association; et calculs de l'auteur.

Une autre source potentielle de données sur les robots est l'EDIR. Pour la période allant de 2000 à 2012, elle présentait une catégorie d'actifs décrite comme les « Robots industriels capables d'accomplir des fonctions variées en utilisant différents outils (sauf le matériel de manutention de matériaux, les systèmes d'irrigation et le matériel de soudage électrique¹⁶) ». Les graphiques 2 et 3 comparent les investissements dans les robots et les stocks de robots, respectivement obtenus à partir des données administratives sur les importations des entreprises auprès desquelles l'Enquête a été menée. Les données de l'Enquête sont stratifiées par province et par industrie, et non par type d'actif, de sorte que les poids de sondage peuvent gonfler les investissements dans les robots en attribuant incorrectement des investissements équivalents à des entreprises semblables. Le stock de la base Robots! se situe entre les estimations pondérées et non pondérées (graphique 2), suivant de près les estimations non pondérées jusqu'en 2009. L'écart par rapport aux stocks pondérés est attribuable à la pondération et aux évaluations plus importantes que l'EDIR donne à des investissements précis du secteur de l'automobile entre 2003 et 2007.

16. Cette catégorie est combinée à partir de l'année 2013 à un grand nombre d'autres actifs dans une catégorie appelée « Autres machines propres à une industrie de fabrication, non classées ailleurs ». L'exclusion du « matériel de manutention de matériaux » risque d'omettre les robots industriels affectés à ces tâches, mais si elle les omet effectivement dépend de la question de savoir si les répondants à l'Enquête les perçoivent principalement comme des machines de manutention ou comme des robots.

Graphique 2 Comparaison des investissements issus de l'EDIR et de la base de données Robots!

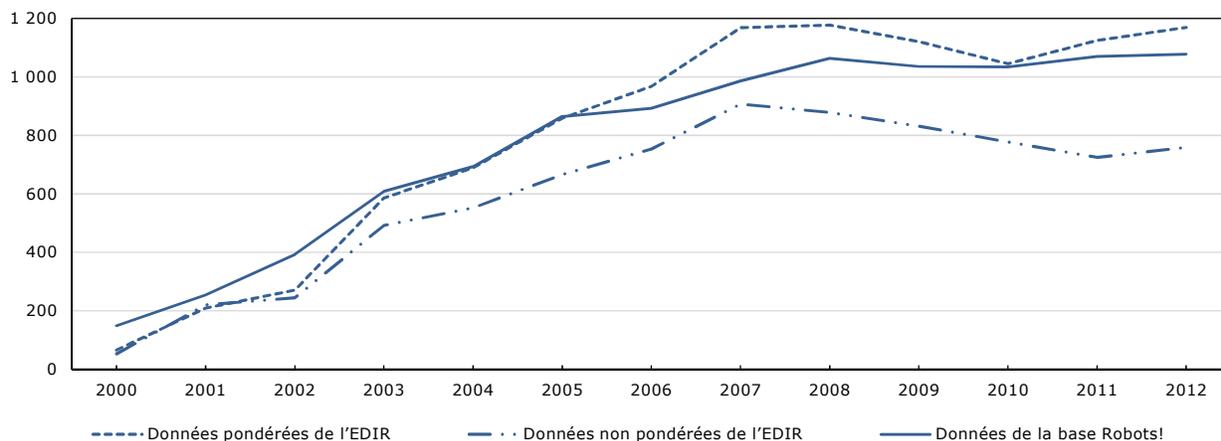
en millions de dollars canadiens



Notes : EDIR signifie Enquête annuelle sur les dépenses en immobilisations et réparations. Robots! est une base de données comportant des données sur les importations canadiennes liées à l'adoption des robots.
Sources : Statistique Canada, données sur les importations et Enquête annuelle sur les dépenses en immobilisations et réparations.

Graphique 3 Comparaison des stocks issus de l'EDIR et de la base de données Robots!

en millions de dollars canadiens



Note : Les stocks de robots sont calculés en fonction de la durée de vie utile de 12 ans suggérée par la Fédération internationale de la robotique. EDIR signifie Enquête annuelle sur les dépenses en immobilisations et réparations. Robots! est une base de données comportant des données sur les importations canadiennes liées à l'adoption des robots.

Sources : Statistique Canada, données sur les importations et Enquête annuelle sur les dépenses en immobilisations et réparations.

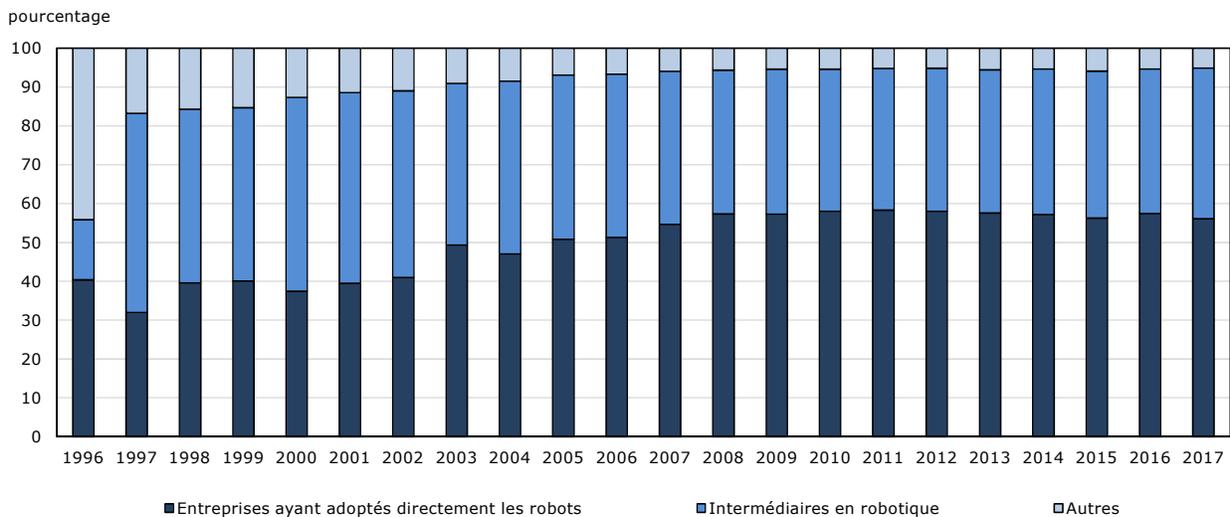
4 Les robots au Canada

Une caractéristique importante des données de la base Robots! est qu'elles comprennent les numéros d'entreprise des importateurs canadiens de matériel robotique. Le Registre des entreprises peut être utilisé pour repérer les numéros des 3 085 entreprises associées aux achats de robots au cours des années 1996 à 2017 dans d'autres données afin de mettre en contexte où sont utilisés les robots et leur incidence. Par exemple, le Fichier de microdonnées longitudinales des comptes nationaux (FMLCN) comporte des renseignements sur les emplacements et les industries des importateurs de robots (classées selon le Système de classification des industries de l'Amérique du Nord ou les codes du SCIAN), ainsi que sur des aspects de leur rendement (comme la productivité et l'emploi).

Un élément important à prendre en considération dans l'interprétation des données est la question de savoir si les entreprises importatrices achètent des robots pour les utiliser dans leur propre processus de production ou agissent comme des intermédiaires. Bien qu'il soit naturel de penser des robots qu'ils augmentent la productivité en remplaçant des travailleurs dans les entreprises qui finissent par les adopter, les intermédiaires peuvent en réalité récolter bon nombre des gains, et leurs gains en matière d'emploi peuvent contrebalancer les pertes subies ailleurs. Les intermédiaires participent souvent à l'installation, à la configuration et à la programmation, et ils peuvent aussi donner de la formation aux employés utilisant les robots des entreprises qui finissent par les adopter. Deux marqueurs permettent d'identifier les intermédiaires : ils ont des noms semblables aux entreprises mondiales fabriquant du matériel robotique ou aux intégrateurs mondiaux et ont une relation commerciale avec eux; ils font des achats fréquents sur plusieurs années (les achats des entreprises qui finissent par adopter les robots sont ponctuels ou peu fréquents). Les entreprises présentant ces marqueurs sont concentrées dans les industries relevant des codes 417230 (grossistes-marchands de machines, matériel et fournitures industriels) et 5415 (conception de systèmes informatiques et services connexes) du SCIAN.

Évidemment, certains intermédiaires sont peu susceptibles d'ajouter une grande valeur ou de retirer beaucoup d'avantages. Les messageries et les courtiers en douane coordonnent simplement les transactions entre les exportateurs et les importateurs. Les services postaux et les entreprises classées comme des messageries et des services de messagers (codes 491 et 492 du SCIAN) ainsi que certaines entreprises classées comme des intermédiaires en transport de marchandises (code 4885 du SCIAN) entrent dans cette catégorie. Les entreprises financières et les entreprises de location de machines et de matériel (codes 52 et 53 du SCIAN) achètent fréquemment des robots pour les louer à d'autres entreprises, sans ajouter une grande valeur. Les entreprises dans ces industries sont appelées des « intermédiaires non robotiques ». Le graphique 4 présente la proportion du stock de robots qui peut être attribuée à chaque type d'entreprise. Les intermédiaires en robotique représentent un peu plus de 40 % du stock de robots, selon la période examinée. Les entreprises qui finissent par adopter les robots représentent plus de 50 % du stock de robots exploités après l'année 2002. Les autres transactions sont faites à des intermédiaires non robotiques.

Graphique 4
Stock de robots selon le type d'importateurs en proportion du total

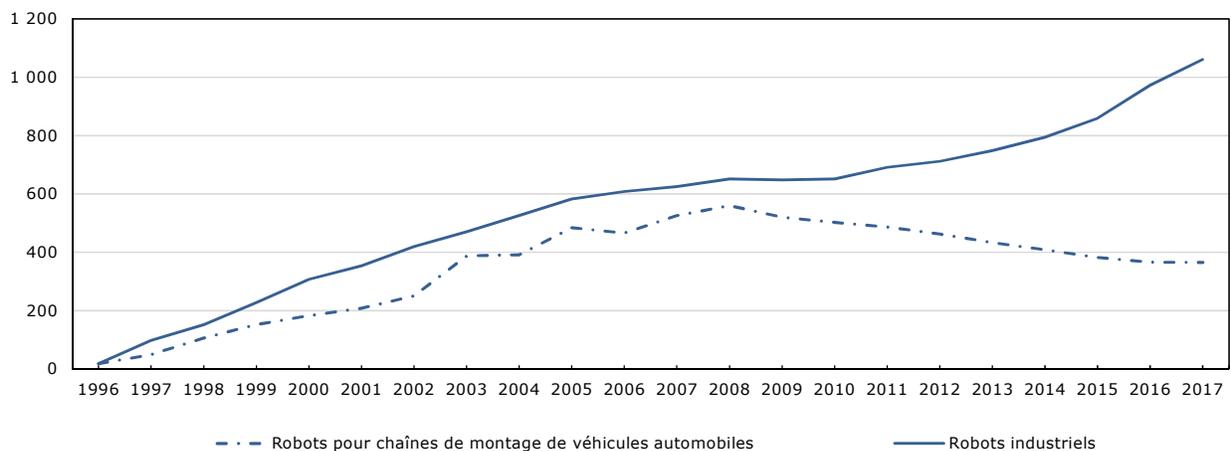


Note : Les stocks de robots sont calculés en fonction de la durée de vie utile de 12 ans suggérée par la Fédération internationale de la robotique.
Sources : Statistique Canada, données sur les importations et Fichier de microdonnées longitudinales des comptes nationaux.

Le graphique 5 montre que, du stock de robots attribuable aux entreprises qui finissent par les adopter, le secteur comptant le stock de robots le plus important est le secteur de l'automobile¹⁷. Ce résultat n'est pas étonnant : l'industrie automobile mondiale représente l'investisseur dans les robots le plus enthousiaste et elle demeure celle qui les utilise le plus dans le monde entier. Les stocks de robots canadiens dans le secteur ont augmenté de façon marquée de 2000 à 2008, mais les investissements ont diminué de façon abrupte en raison de la crise financière mondiale; les stocks sont demeurés à peu près stables depuis. Les graphiques 5 et 6 montrent que l'utilisation des robots dans d'autres industries manufacturières s'est étendue, surtout après 2012, en premier lieu aux industries de la fabrication de machines (code 333 du SCIAN), de la fabrication de produits en plastique et en caoutchouc (code 326 du SCIAN), de la première transformation des métaux et de la fabrication de produits métalliques (codes 331 et 332 du SCIAN) et de la fabrication de matériel électrique et électronique (code 335 du SCIAN).

Graphique 5
Stock de robots, robots industriels et robots pour chaînes de montage de véhicules automobiles

en millions de dollars canadiens

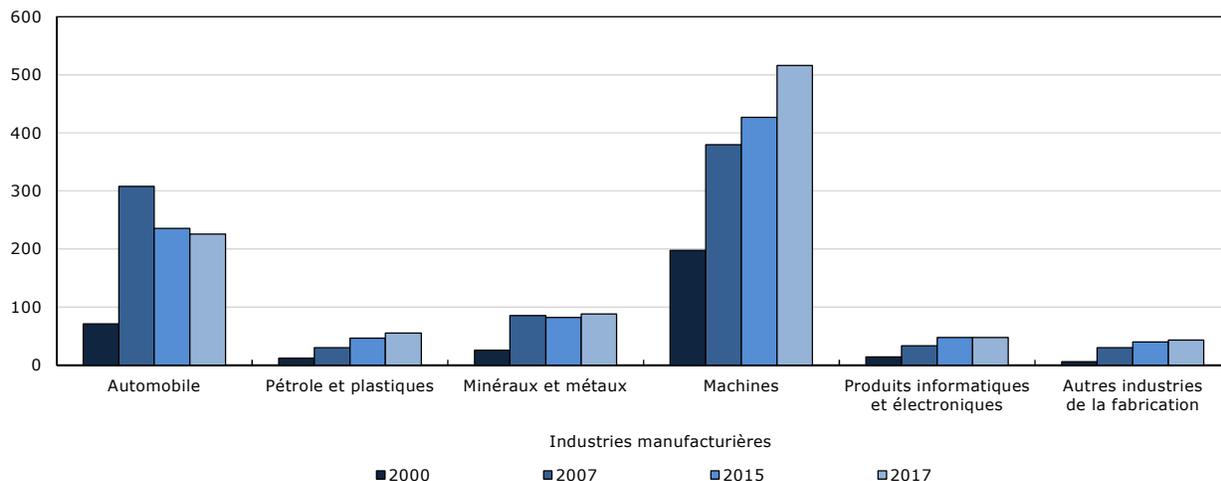


Note : Les stocks de robots sont calculés en fonction de la durée de vie utile de 12 ans suggérée par la Fédération internationale de la robotique.
Source : Statistique Canada, données sur les importations.

17. Le secteur de l'automobile comprend les codes 326193 (fabrication de pièces en plastique pour véhicules automobiles), 32621 (fabrication de pneus), 3361 à 3363 (fabrication de véhicules automobiles, de carrosseries et de remorques de véhicules automobiles et de pièces pour véhicules automobiles), 415 (grossistes-marchands de véhicules automobiles, et de pièces et d'accessoires de véhicules automobiles) et 8111 (réparation et entretien de véhicules automobiles) du SCIAN.

Graphique 6
Stock de robots selon l'industrie, industries manufacturières, certaines années

en millions de dollars canadiens

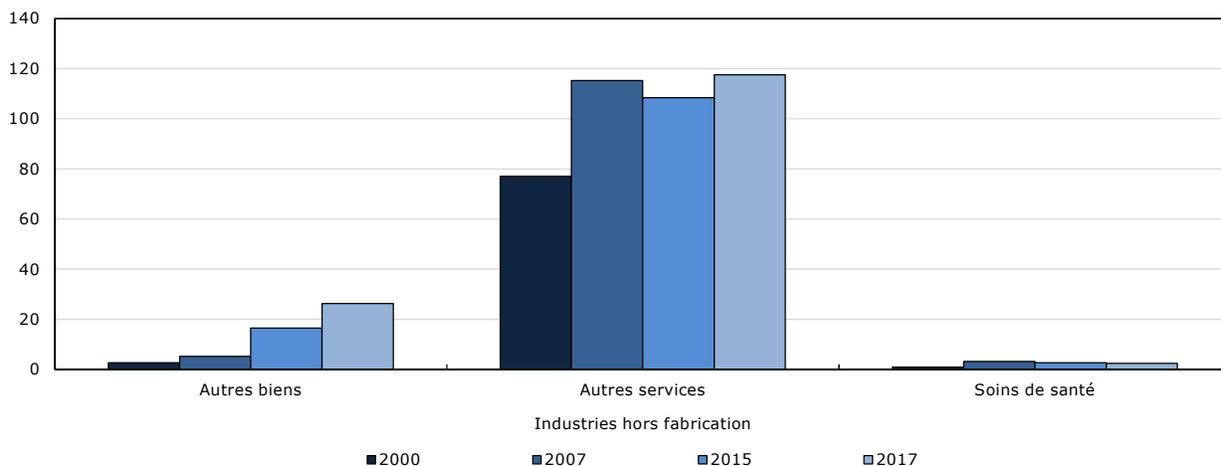


Note : Les stocks de robots sont calculés en fonction de la durée de vie utile de 12 ans suggérée par la Fédération internationale de la robotique.
Sources : Statistique Canada, données sur les importations et Fichier de microdonnées longitudinales des comptes nationaux.

Le graphique 7 présente le stock de robots en dehors du secteur manufacturier. Les autres biens comprennent les secteurs de l'agriculture, de l'exploitation minière et de l'extraction de pétrole et de gaz, de la construction et des services publics; les autres services incluent toutes les autres industries hors fabrication. Le sous-secteur des services comptant le stock de robots le plus important est le secteur des soins de santé, présenté séparément. On ne connaît pas la nature exacte de cette automatisation, mais elle comprend presque certainement en partie l'automatisation des laboratoires (y compris les robots de pipetage et les bras robotisés commandés par un ordinateur portable) aux fins des diagnostics médicaux. Les robots utilisés dans d'autres parties du secteur des soins de santé sont plus difficiles à décrire, mais les investissements à leur égard semblent être importants.

Graphique 7
Stock de robots selon l'industrie, industries hors fabrication, certaines années

en millions de dollars canadiens



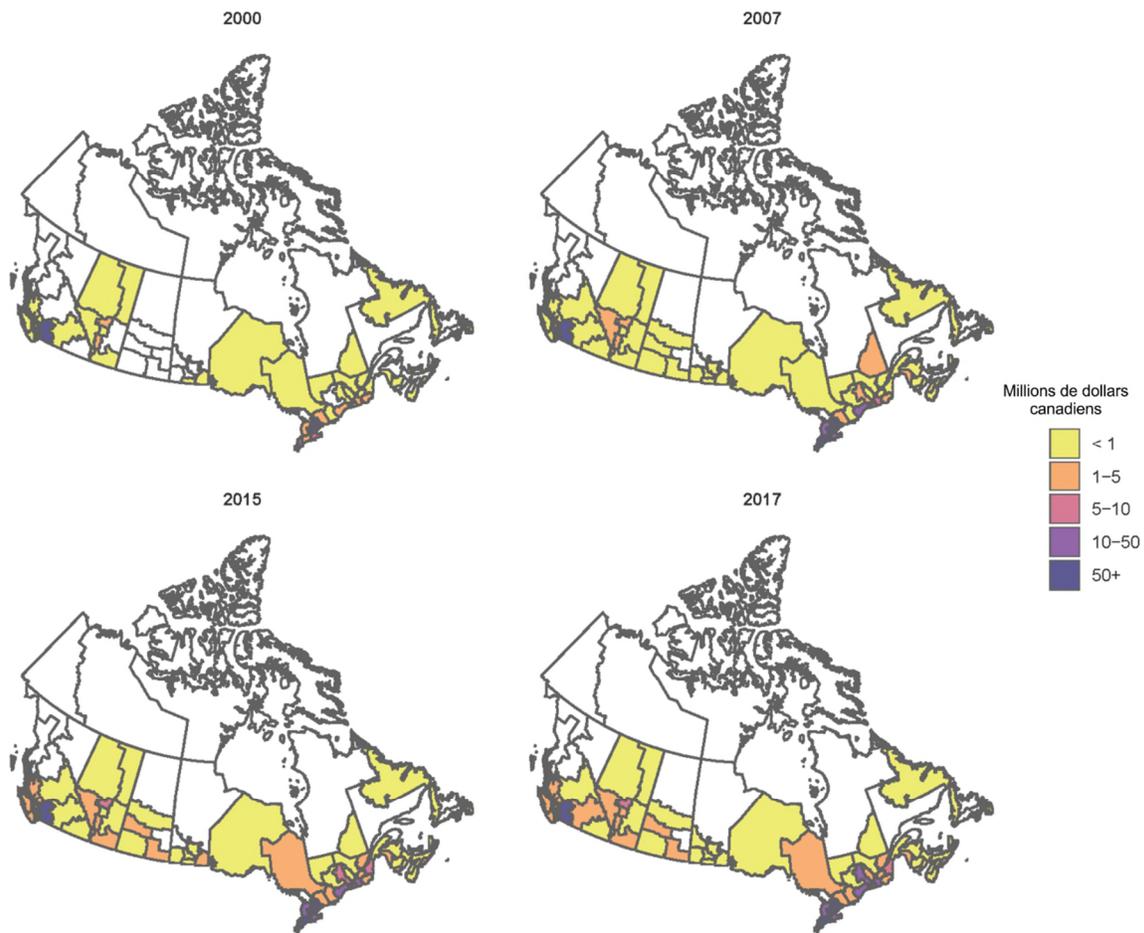
Note : Les stocks de robots sont calculés en fonction de la durée de vie utile de 12 ans suggérée par la Fédération internationale de la robotique.
Sources : Statistique Canada, données sur les importations et Fichier de microdonnées longitudinales des comptes nationaux.

En utilisant les adresses des entreprises importatrices, on peut aussi affecter les robots à des régions géographiques approximatives¹⁸. La figure 1 présente la répartition géographique des robots, selon la région géographique, au cours de certaines années. Les adresses des entreprises importatrices, y compris des intermédiaires, sont utilisées pour affecter les robots à des régions économiques approximatives au Canada. Les cartes montrent que les robots se sont répandus partout au Canada, presque toutes les provinces et la plupart des régions intraprovinciales ayant adopté les robots industriels en 2017. Une grande partie de la valeur est concentrée dans les grandes villes du Canada (Vancouver, Toronto et Montréal) et également dans les régions industrielles près de Windsor et de Hamilton, où se trouve le secteur de l'automobile du Canada¹⁹. En dehors des trois plus grandes villes du Canada, les robots ont surtout proliféré dans les Prairies. L'Alberta et la Saskatchewan ont toutes deux enregistré des augmentations relatives de l'intensité des robots au fil du temps.

18. On présume que les intermédiaires vendent principalement des robots dans les régions économiques où ils sont situés. Les données sur les flux commerciaux au Canada indiquent que cette hypothèse est raisonnable, bien qu'elle ne soit pas parfaite. De plus, certaines entreprises qui finissent par adopter les robots ont plusieurs établissements dans plus d'une région économique. Dans certains cas, l'adresse des entreprises importatrices est celle du siège social, qui est peu susceptible d'utiliser des robots. En pareil cas, les robots sont affectés à l'adresse qui est la plus susceptible de les utiliser. Par exemple, les robots industriels utilisés dans la fabrication sont affectés à l'usine de fabrication la plus importante située le plus près de l'adresse de l'entreprise importatrice. Pour ce qui est des robots de levage et de manutention utilisés dans le commerce de détail, ces derniers sont affectés à l'entrepôt des entreprises situé le plus près de l'adresse de l'entreprise importatrice.

19. Ces villes constituent aussi des points d'entrée des importations destinées à d'autres parties du pays, de sorte que les stocks économiques à l'échelle des régions obtenus à partir des données sur les importations peuvent être surestimés pour ces régions et sous-estimés pour d'autres régions.

Figure 1
Stock de robots selon la région économique



Note : Les stocks de robots sont calculés en fonction de la durée de vie utile de 12 ans suggérée par la Fédération internationale de la robotique.

Sources : Statistique Canada, données sur les importations et Fichier de microdonnées longitudinales des comptes nationaux.

5 Conclusion

Les progrès accomplis récemment dans le domaine de l'intelligence artificielle ont ravivé d'anciennes craintes de voir les robots remplacer les humains dans l'économie. La robotique est une forme d'automatisation, et l'on craint depuis longtemps qu'elle fasse disparaître les emplois. Cependant, les vagues précédentes d'automatisation ont en grande partie été inoffensives, du moins dans l'ensemble. Pour toutes les tâches que les machines ont reprises, suffisamment de nouvelles tâches destinées aux humains sont apparues pour garder la part de la production de la main-d'œuvre à peu près constante. La robotisation pourrait être du pareil au même. Cependant, on peut aussi s'imaginer que les robots s'avéreront tellement compétents, tellement rapidement, qu'ils prendront en charge les tâches existantes à un rythme plus rapide qu'apparaîtront de nouvelles tâches destinées aux humains.

La question de savoir si l'adoption de robots au Canada annonce une *robotocalypse* pour les travailleurs est en fin de compte une question empirique. Malheureusement, il est rare que l'on dispose de données complètes, détaillées et suffisamment fiables sur les robots dans l'économie. Compte tenu de l'importance de ce sujet, des renseignements à cet égard seront recueillis, mais il faudra du temps pour que les tentatives de collecte de nouvelles données portent fruit.

Le présent article décrit la création, à partir de données administratives, d'un ensemble de données de panel à l'échelle des entreprises afin d'étudier la question dès maintenant. Le Canada produit très peu de matériel robotique au pays, de sorte qu'il importe ce matériel de différentes sources, notamment des grands fabricants mondiaux de robots. Le présent article indique que les données sur les importations canadiennes de l'ASFC permettent de déterminer de manière fiable et exhaustive la valeur des investissements dans les robots. Ces données peuvent être utilisées pour étudier les tendances liées à l'adoption de robots au Canada du milieu de l'année 1996 à 2017.

Dans la majorité des cas, on peut attribuer les robots soit aux entreprises qui finissent par les adopter (directement), soit aux intermédiaires qui les vendent à d'autres entreprises. En vertu d'autres hypothèses, on peut aussi affecter les robots que les entreprises achètent à des régions économiques précises au Canada. Les données indiquent qu'une grande partie des investissements dans les robots est concentrée dans les grandes régions industrielles du Canada, bien qu'ils aient commencé à s'étendre à d'autres régions au cours de la dernière décennie. Le secteur de l'automobile dans le sud de l'Ontario a été l'un des premiers à adopter les robots et un utilisateur particulièrement grand des robots jusqu'à la récession mondiale en 2008 et en 2009. Au cours de la dernière décennie, l'adoption des robots s'est étendue à d'autres industries et s'est répandue sur le plan géographique.

Bibliographie

Acemoglu, D., et P. Restrepo. 2020. « Robots and jobs: Evidence from US labor markets ». *Journal of Political Economy* 128 (6) : 2188 à 2244.

Agence des services frontaliers du Canada. 2005. *Codification ministérielle du Tarif des douanes 2005*. Disponible au lien suivant : <https://www.cbsa-asfc.gc.ca/trade-commerce/tarif-tarif/archive/pdf/2005-2-fra.pdf>.

Agence des services frontaliers du Canada. 2007. *Codification ministérielle du Tarif des douanes 2007*. Disponible au lien suivant : <https://www.cbsa-asfc.gc.ca/trade-commerce/tarif-tarif/archive/pdf/2007-2-fra.pdf>.

Agence des services frontaliers du Canada. 2009. *Codification ministérielle du Tarif des douanes 2009*. Disponible au lien suivant : <https://www.cbsa-asfc.gc.ca/trade-commerce/tarif-tarif/archive/pdf/2009-2-fra.pdf>.

Agence des services frontaliers du Canada. 2012. *Codification ministérielle du Tarif des douanes 2012*. Disponible au lien suivant : <https://www.cbsa-asfc.gc.ca/trade-commerce/tarif-tarif/archive/pdf/2012-2-fra.pdf>.

Agence des services frontaliers du Canada. 2018. *Codification ministérielle du Tarif des douanes 2018*. Disponible au lien suivant : <https://www.cbsa-asfc.gc.ca/trade-commerce/tarif-tarif/2018/01-99/01-99-t2018-3-fra.pdf>.

Autor, D.H. 2013. « The 'Task approach' to Labor Markets: An Overview ». *Journal for Labour Market Research* 46 (3) : 185 à 199.

Autor, D.H., et A. Salomons. 2017. *Robocalypse Now: Does Productivity Growth Threaten Employment?* Article présenté à l'occasion de la Conférence sur l'intelligence artificielle du National Bureau of Economic Research. Toronto, 13 et 14 septembre 2017.

Dixon J., B. Hong et L. Wu. « The Employment Consequences of Robots: Firm-level Evidence ». *Management Science*. À paraître.

Peiser, J. « The rise of the robot reporter ». *The New York Times*, 5 février. Disponible au lien suivant : <https://www.nytimes.com/2019/02/05/business/media/artificial-intelligence-journalism-robots.html>.

Raj, M., et R. Seamans. 2018. « Artificial Intelligence, Labor, Productivity, and the Need for Firm-Level Data ». Dans *The Economics of Artificial Intelligence: An agenda*, publié sous la direction de A. Agrawal et J. Gans, p. 553 à 565. Chicago : University of Chicago Press.

Service statistique de la Fédération internationale de la robotique (IFR). 2017a. *World robotics: Industrial robots 2016*.

Service statistique de la Fédération internationale de la robotique (IFR). 2017 b. *World robotics: Service robots 2016*.