

Une course aux côtés des machines

TENDANCES DE LA NUMÉRISATION DES EMPLOIS
AU CANADA, 2006–2021

NOVEMBRE 2022

IBRAHIM ABUALLAIL, VIET VU



Auteurs



IBRAHIM ABUALLAIL

Adjoint de recherche

Ibrahim Abuallail est candidat au doctorat en économie à l'Université d'Ottawa et adjoint de recherche à l'Institut Brookfield pour l'innovation + l'entrepreneuriat (BII+E). Il est passionné par l'économie monétaire, l'économie publique et l'économie du travail. Il s'intéresse aux effets de divers outils d'élaboration de politiques économiques sur la vie quotidienne et les comportements humains. Il est titulaire d'une maîtrise ès arts en économie et d'un baccalauréat ès sciences en actuariat de l'Université américaine du Caire. Il a également passé l'examen de niveau I du CFA.

Ibrahim.Abuallail@uottawa.ca | [@i_abuallail](https://www.instagram.com/@i_abuallail)



VIET VU

Directeur, recherche économique

Viet Vu dirige les études économiques à l'Institut Brookfield pour l'innovation + l'entrepreneuriat. Il s'intéresse à la façon dont les gouvernements et les entreprises peuvent concevoir des politiques et des marchés qui influencent le comportement humain. Il est aussi fasciné par la façon dont le monde s'adapte à l'émergence de nouveaux marchés, d'autant plus que les cadres juridiques tardent souvent à suivre. Il est titulaire d'une maîtrise ès sciences en économie de la London School of Economics & Political Science et d'un baccalauréat ès arts en économie avec spécialisation de l'Université de la Colombie-Britannique.

viet.vu@ryerson.ca | [@vviet93](https://www.instagram.com/@vviet93)



L'Institut Brookfield pour l'innovation + l'entrepreneuriat (BII+E) est un institut de recherche sur les politiques publiques non partisan siégeant à l'Université métropolitaine de Toronto. Nous produisons des recherches audacieuses et avant-gardistes pour inspirer des politiques d'innovation réfléchies et réalistes. Nous imaginons un pays qui favorise la prospérité économique et le bien-être de tous ces citoyens en exploitant toute la puissance de l'innovation.



Visitez-nous à brookfieldinstitute.ca

20, rue Dundas Ouest, bureau 921
Toronto (Ontario) M5G 2C2

 [/BrookfieldIIE](https://www.facebook.com/BrookfieldIIE)

 [@BrookfieldIIE](https://twitter.com/BrookfieldIIE)

 [The Brookfield Institute for Innovation + Entrepreneurship](https://www.linkedin.com/company/the-brookfield-institute-for-innovation-entrepreneurship)



Remerciements

Contributeurs

Sean Mullin
Mark Hazelden
Anusha Arif
Nina Rafeek Dow
Mariana Rodrigues

Suzanne Bowness, réviseure
Lindsay Smail, graphiste
Jesseca Buizon, illustratrice

Bailleurs de fonds

Le rapport *Une course aux côtés des machines* est financé par le Centre des Compétences futures du gouvernement du Canada.

Les opinions et interprétations contenues dans cette publication sont celles des auteurs et ne reflètent pas nécessairement celles du gouvernement du Canada.



Le Centre des Compétences futures est un centre de recherche et de collaboration avant-gardiste qui se voue à préparer les Canadiennes et les Canadiens pour qu'ils aient du succès en emploi et qu'ils satisfassent aux besoins émergents en talents des employeurs. En qualité de communauté pancanadienne, le CCF réunit des experts et des organismes de différents secteurs afin de déterminer, d'évaluer et d'échanger de façon rigoureuse des approches novatrices au

développement des compétences nécessaires pour favoriser la prospérité et l'inclusion. Le CCF participe directement à l'innovation grâce à des investissements dans des projets pilotes et de la recherche universitaire sur l'avenir du travail et les compétences au Canada. Le Centre des Compétences futures – Future Skills Centre est financé par le gouvernement du Canada dans le cadre du programme Compétences futures.



Table des matières

5 AVANT-PROPOS DU CENTRE DES COMPÉTENCES FUTURES

7 SOMMAIRE

10 INTRODUCTION

12 MÉTHODOLOGIE

13 Mesures relatives versus mesures absolues

15 LES TRAVAILLEURS AUGMENTÉS

25 Adoption numérique au point mort en agriculture (pêche) et en apprentissage automatique

26 Baisse la plus importante des compétences numériques de 2016 à 2021 pour les pilotes, les navigateurs et les instructeurs de pilotage du transport aérien

27 Persistance des emplois hautement numérisés

29 Subdivision des changements selon le niveau de compétence de l'emploi

36 CONCLUSION

39 BIBLIOGRAPHIE

42 NOTES DE FIN

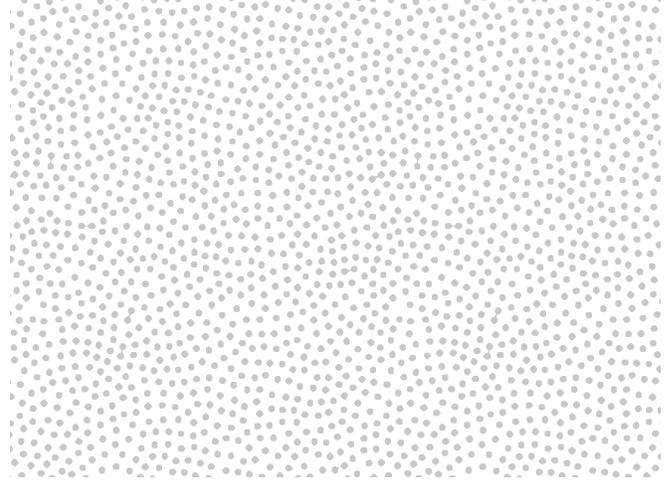


Avant-propos du Centre des Compétences futures

LA PRÉVALENCE DES nouveaux outils et technologies numériques dans notre vie quotidienne modifie notre façon de travailler et d'apprendre. La nature même du travail est en train de transformer de nombreux emplois, un nombre croissant d'activités humaines étant réalisées par ou avec l'aide de la technologie numérique. Par conséquent, nous constatons une demande accrue de personnes et de talents capables de fonctionner dans une économie de plus en plus numérique. Même avant la pandémie, trouver une main-d'œuvre possédant les compétences nécessaires pour suivre les progrès technologiques sur le lieu de travail était une préoccupation majeure pour les employeurs canadiens.

Dans *Une course aux côtés des machines*, les auteurs Ibrahim Abdullail et Viet Vu dressent une chronique de la numérisation du travail au cours des 15 dernières années en examinant la montée des compétences numériques à travers les cadres de classification des emplois, principalement en utilisant la Classification nationale des professions (CNP) et son équivalent américain, O*Net. Leur analyse confirme ce que beaucoup d'entre nous ont déjà vécu d'une manière ou d'une autre : les emplois impliquant des tâches plus répétitives ou routinières ont connu les gains les plus importants en matière de progrès et d'intégrations numériques. Toutefois, le volume de ces mêmes emplois qui ont connu une forte numérisation a généralement atteint un plateau au fil du temps. Ce rapport examine également comment même les emplois non répétitifs sont en tête de liste en exigeant la plus forte augmentation de la demande de connaissances et de compétences numériques, ce qui indique que les compétences les plus demandées évoluent constamment au fil du temps.

Le Centre des Compétences futures a pour mission d'aider toutes les personnes au Canada à acquérir les compétences dont elles ont besoin pour prospérer dans un marché du travail en pleine évolution. Être capable de donner un sens à la nature changeante des compétences et d'anticiper les demandes émergentes en matière de travail est un élément clé pour préparer la main-d'œuvre



à la numérisation de l'avenir du travail. Un accès inéquitable à ces technologies, à l'infrastructure ou à la formation aux compétences numériques demandées, peut laisser des gens à la traîne. Tout en réfléchissant aux conclusions du rapport et en comprenant que le degré de numérisation et ses impacts peuvent être et seront ressentis de manière inégale par différents travailleurs, nous nous engageons à faire progresser les connaissances qui contribuent à façonner les pratiques de pointe afin de garantir que chacun, en particulier les groupes sous-desservis, puisse accéder aux opportunités de carrière et participer à notre prospérité commune.

Tricia Williams, PhD

Directrice de la recherche, de l'évaluation et de la mobilisation des connaissances
Centre des Compétences futures



Sommaire



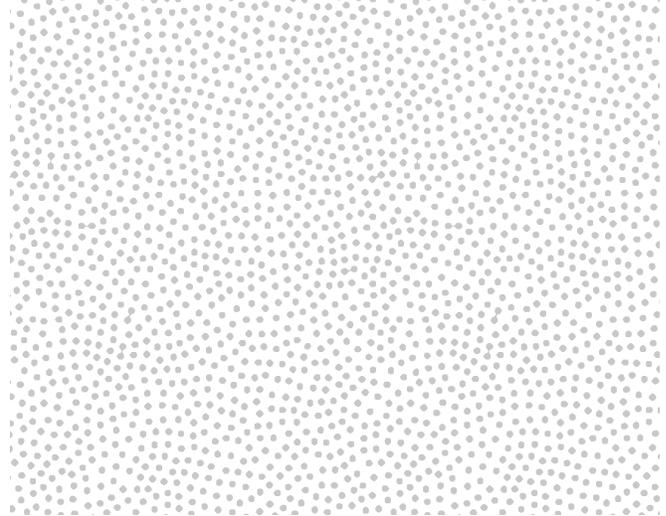
LES MACHINES SONT ici pour de bon, et il n'y a pas de retour en arrière possible. Mais la technologie ne doit pas nécessairement être une force qui nous est « imposée ». La technologie et l'automatisation peuvent compléter les travailleurs, et non pas les remplacer, à condition d'investir dans la formation axée sur les compétences et d'être articulées autour des travailleurs et de leurs efforts.

Bien souvent, les travailleurs qui occupaient un emploi nécessitant peu ou pas de compétences numériques doivent maintenant posséder ces compétences pour effectuer leurs tâches quotidiennes. Les extrants de production, les besoins en ressources et les tendances de la main-d'œuvre sont en constante évolution, et ces changements exigent une nouvelle réflexion sur la préparation des Canadiens à l'avenir du travail.

Notre rapport présente un examen exhaustif de l'incidence de la technologie sur les emplois et les travailleurs au cours des 15 dernières années. Les renseignements servent d'outil pour comprendre l'effet prévu de la technologie sur les résultats des travailleurs au Canada pour nous assurer d'obtenir le meilleur et d'éviter le pire de l'innovation technologique.

Dans notre rapport publié 2019, *Who Are Canada's Tech Workers* (en anglais seulement), nous avons élaboré un cadre analytique pour définir les travailleurs du secteur technologique. Nous combinons maintenant ce cadre à la Classification nationale des professions (CNP). Nous les utilisons pour mesurer l'intensité numérique et le taux de variation de l'intensité numérique dans tous les emplois au Canada au cours des 15 dernières années, de 2006 à 2021. Comme la CNP ne contient pas suffisamment de données détaillées sur les compétences requises pour exécuter chaque emploi, nous établissons des correspondances avec l'équivalent américain, O*NET OnLine.

Les résultats montrent que l'adoption de la technologie a touché chaque emploi au Canada, mais différemment. Nos données corroborent



Nous les utilisons pour mesurer l'intensité numérique et le taux de variation de l'intensité numérique dans tous les emplois au Canada au cours des 15 dernières années, de 2006 à 2021.

les preuves à l'échelle mondiale qu'au cours des 15 dernières années, les emplois axés sur les tâches routinières se sont fortement numérisés à mesure que ces tâches ont été remplacées par la technologie. Cela dit, l'infonuagique, l'intelligence artificielle, l'Internet des objets (IdO) et les mégadonnées font partie des innovations en technologie numérique qui déplacent l'influence de la numérisation vers des emplois qui étaient largement axés sur les tâches non routinières.

Six principaux points à retenir

- 1 Au cours des 15 dernières années, les professions associées aux tâches courantes ont affiché les taux les plus élevés de numérisation.**

Les emplois comportant les taux les plus élevés de numérisation sont ceux axés sur la gestion des données, par exemple les gestionnaires immobiliers, les gestionnaires de l'information sur la santé, les conducteurs ferroviaires et les coordonnateurs de l'établissement des horaires.
- 2 Au cours des cinq dernières années, toutefois, les emplois les plus associés aux tâches non courantes sont ceux qui ont fait les plus importants bonds dans la numérisation.**

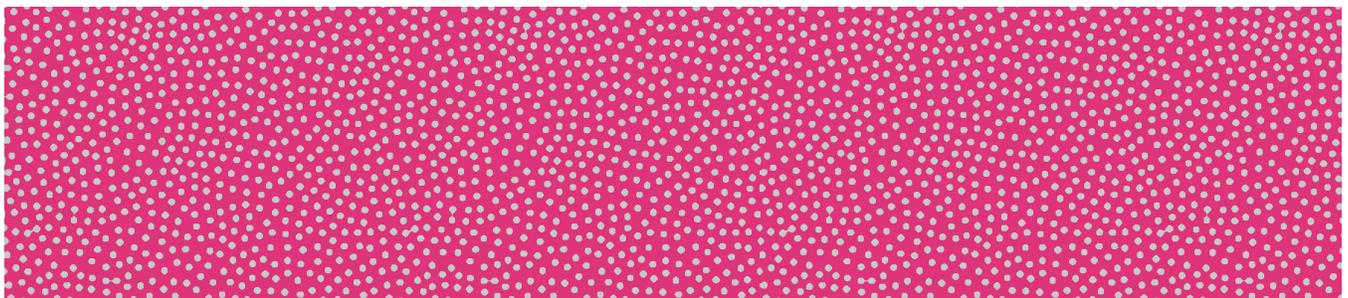
Les principaux emplois répertoriés étaient les responsables du traitement des films et des photographies, les médecins et les inspecteurs techniques.
- 3 Les technologies numériques aident les travailleurs à exécuter des tâches exigeant de grandes compétences en raisonnement et en analyse.**

Les travailleurs qui utilisaient la technologie pour accomplir des tâches courantes constataient qu'ils gagnaient en indépendance et en autonomie, et qu'ils pouvaient ainsi se concentrer sur des tâches qui exigeaient davantage de réflexion analytique et de raisonnement.
- 4 Les secteurs de la pêche et de l'agriculture se démarquent comme des retardataires dans l'adoption de la technologie numérique.**

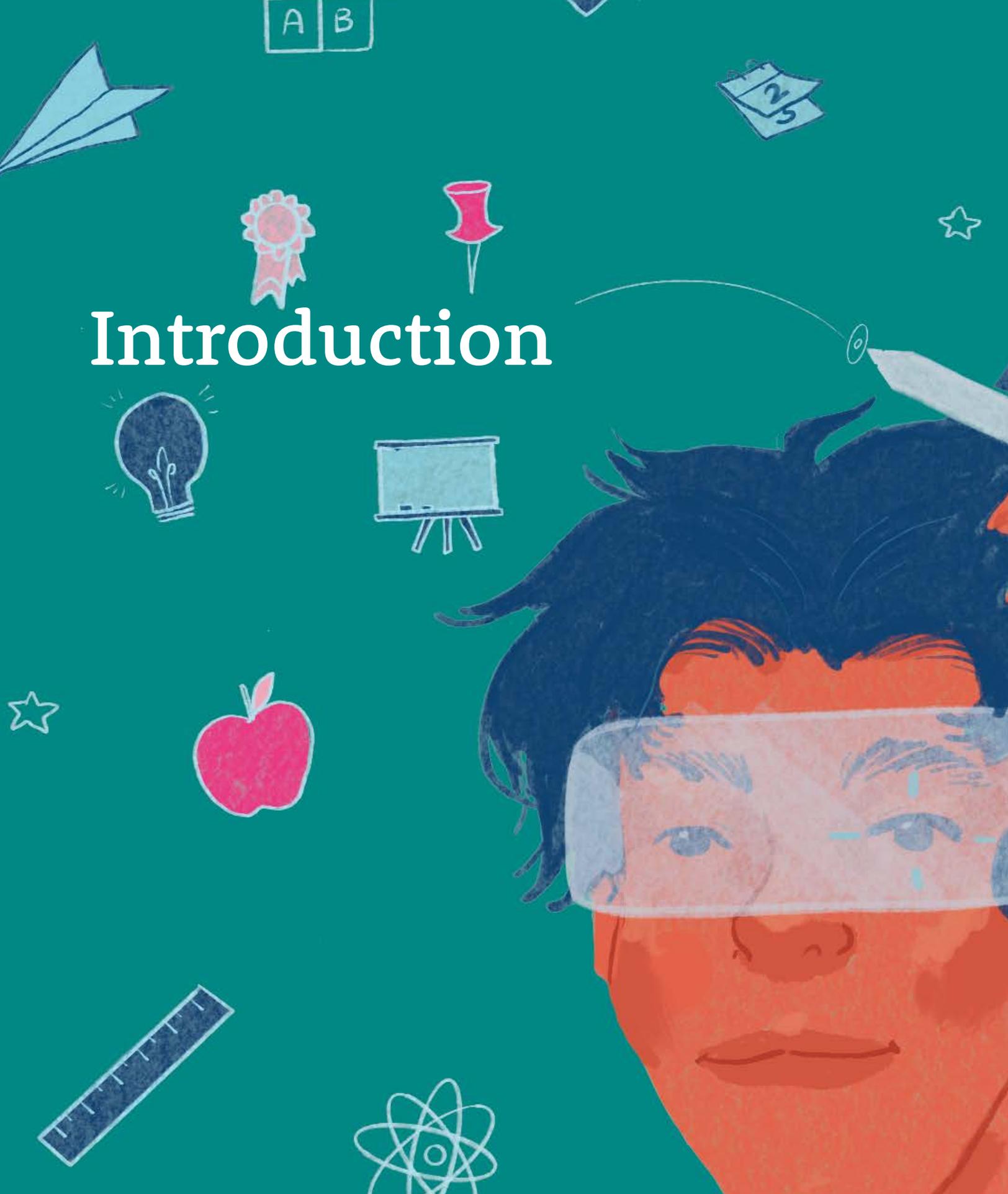
Les emplois qui affichaient le plus faible taux de numérisation étaient ceux du secteur de la pêche et de l'agriculture, probablement en raison d'une vague d'avancées technologiques survenue dans les années 1990 et qui ne s'est pas poursuivie. Ces secteurs devront adopter l'Internet des objets (IdO) et les systèmes cyberphysiques (SCP) pour prévenir la pêche illégale, non déclarée et non réglementée et devenir plus durables.
- 5 Les pilotes et les traducteurs ont connu des taux élevés d'adoption du numérique de 2006 à 2016, mais une baisse marquée de 2006 à 2021.**

Cette situation pourrait s'expliquer par d'importants progrès technologiques au cours des dix premières années, suivis d'une stagnation au cours des cinq dernières, ce qui indique la nécessité d'améliorer davantage les technologies associées à ces emplois afin de maintenir des taux élevés d'adoption.
- 6 Les compétences numériques les plus demandées évoluent constamment au fil des ans, ce qui entraîne des répercussions sur la formation des travailleurs et les risques d'hyperspécialisation.**

La malléabilité, la pensée critique et les connaissances générales dans l'ensemble des compétences sont essentielles pour que les travailleurs puissent s'adapter aux emplois de demain.



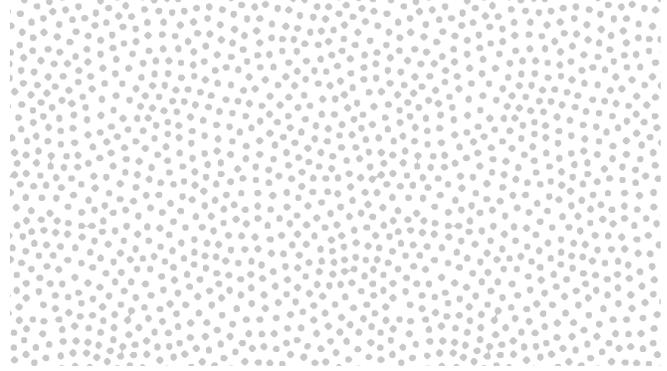
Introduction



AU COURS DES dernières décennies, la technologie a complètement transformé le secteur de l'emploi. Les compétences requises et les tâches accomplies par les travailleurs de différentes industries ont subi des changements importants. À mesure que les données et les technologies numériques sont devenues essentielles, les emplois qui exigeaient autrefois peu ou pas de compétences numériques doivent maintenant être occupés par des travailleurs capables de gérer des bases de données et des technologies informatiques. Par exemple, dans les professions de la santé, les médecins, les infirmières et les autres professionnels dépendent presque exclusivement des systèmes informatiques pour consigner les détails des cas, faire le suivi auprès des patients et communiquer avec les autres professionnels de la santé. Moloney et Farley (2015) expliquent que les professionnels de la santé d'aujourd'hui et de demain doivent être des experts en technologie numérique.

Les changements qui intègrent les technologies de l'information et des communications (TIC) dans l'économie et la nécessité pour les travailleurs d'acquérir des connaissances numériques sont l'une des caractéristiques distinctives du 21^e siècle (Van Laar et coll., 2017). De nombreuses études, dont celle de Bawden (2008), soulignent que les connaissances en informatique seront demandées au 21^e siècle. Les changements technologiques devraient continuer d'influer sur les emplois et la demande en compétences numériques, et ils continueront de le faire de façon importante à l'avenir avec l'adoption de l'infonuagique et la croissance du commerce électronique et des mégadonnées (FEM, 2020). Il est important de comprendre quels emplois et quels types de compétences numériques sont les plus touchés par les changements pour mieux préparer les travailleurs à l'avenir.

Nous avons constaté que la numérisation du travail entre 2006 et 2016 était la plus répandue dans les emplois avec une proportion élevée de tâches routinières ou de tâches qui peuvent être exécutées en suivant un ensemble d'instructions définies, comme la gestion des bases de



Il est important de comprendre quels emplois et quels types de compétences numériques sont les plus touchés par les changements pour mieux préparer les travailleurs à l'avenir.

données. En revanche, les changements dans la numérisation entre 2016 et 2021 étaient beaucoup plus axés sur les emplois avec une proportion élevée de tâches qui ne sont pas routinières et qui nécessitent une résolution créative de problèmes, comme le génie et les professions médicales. Nous avons observé que certains emplois semblent connaître des changements importants en numérisation, suivis d'une période de plateau.

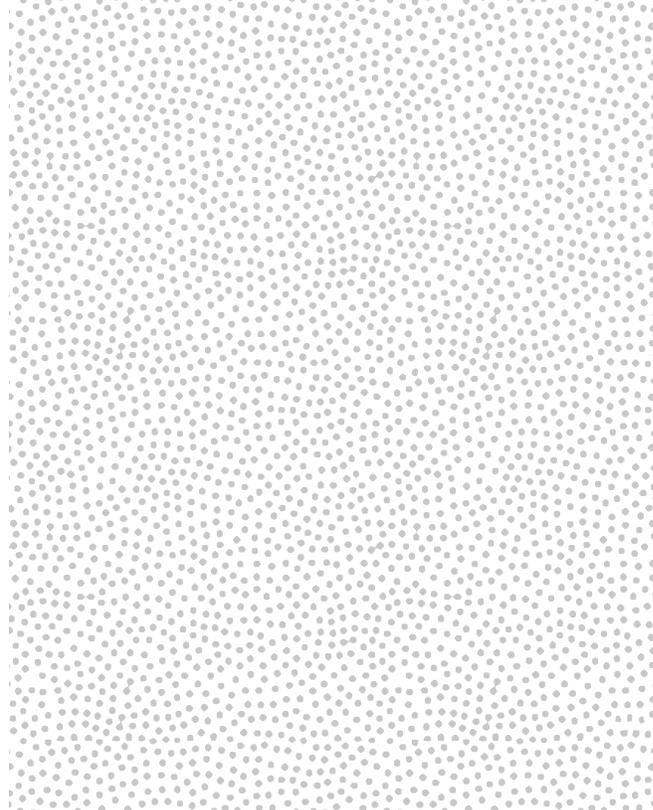
Bien que tous les emplois ont connu des changements sur le plan de la numérisation, nous constatons que trois compétences prépondérantes dans les emplois en technologie sont demeurées inchangées au cours de la période de 15 ans. Nous avons déterminé qu'il s'agit d'emplois dont les trois domaines de compétences et de connaissances suivants occupent une très grande place : conception technique, programmation, ingénierie et technologie. Enfin, nous démontrons que les compétences numériques les plus demandées évoluent constamment au fil des ans, ce qui a des répercussions sur la formation des travailleurs et les risques d'hyperspécialisation.

Méthodologie



COMPTE TENU DE la diversité du travail accompli par les Canadiens, nous avons besoin d'un modèle structuré pour regrouper et classer les emplois essentiellement similaires pour effectuer notre analyse. Au Canada, la Classification nationale des professions (CNP) est un outil utile pour catégoriser les emplois et les classer dans différents groupes de compétences. Le niveau le plus détaillé (que nous utilisons) fait des distinctions entre les emplois du même niveau, par exemple programmeur et ingénieur informaticien. Dans cette étude, nous examinons l'importance des compétences numériques dans l'ensemble des professions de la CNP et nous observons les tendances des changements dans la numérisation pour tous les emplois de 2006 à 2021. Comme la CNP ne contient pas suffisamment de données détaillées sur les compétences requises pour exécuter chaque emploi, nous établissons des correspondances avec l'équivalent américain, O*NET OnLine. Plus précisément, nous relierons le système O*NET version 13 à la CNP 2006, le système O*NET version 21 à la CNP 2016 et le système O*NET version 26 à la CNP 2021. De plus, comme la CNP fait l'objet d'une révision majeure tous les dix ans (la dernière révision a eu lieu en 2021), nous avons harmonisé notre classification à la version 2011 de la CNP. Nous pouvons ainsi comparer les mêmes ensembles de professions dans notre recherche.

Conformément avec l'approche employée pour définir les travailleurs du secteur de la technologie dans Vu, Zafar et Lamb (2019), nous nous concentrons sur six compétences, connaissances et activités professionnelles spécifiques liées aux connaissances numériques : interaction avec les ordinateurs, informatique et électronique, conception technique, ingénierie et technologie, programmation et télécommunications. À l'aide de ces facteurs, nous calculons la moyenne harmonique¹ des pointages obtenus dans ces six catégories pour produire le système de classement de la numérisation des emplois pour chacune des trois années. Ce que nous obtenons à travers ce processus est une mesure rattachée à chaque emploi qui montre son intensité numérique relative. Pour faciliter l'interprétation des résultats,



nous transformons ensuite cette mesure en percentile.

Nous examinons également les pointages de chaque compétence numérique dans chaque emploi et les normalisons en faisant une mise à l'échelle min-max², de 0 à 1. Comme dans le cas de la conversion des pointages d'intensité numérique en percentiles, l'utilisation d'une échelle facilite l'interprétation des pointages; les pointages se rapprochant de 0 indiquent de faibles compétences numériques comparativement aux pointages se rapprochant de 1. Nous analysons ensuite les fluctuations des six compétences numériques dans le classement général harmonisé et les pointages spécifiques normalisés pour chaque emploi et pour chacune des trois années.

Mesures relatives versus mesures absolues

Lorsque nous comparons le taux de numérisation des différents emplois, nous ne nous concentrons pas sur les changements absolus (c'est-à-dire sur le fait qu'un emploi utilise plus ou moins de technologies), mais bien sur les changements relatifs (c'est-à-dire sur le fait qu'un emploi affiche un taux de numérisation plus rapide ou plus lent par rapport aux autres professions).

Dans un scénario idéal, nous aurions mis l'accent sur la comparaison des changements absolus dans la numérisation des emplois afin de simplifier l'interprétation des résultats. Toutefois, en raison des difficultés associées à la façon dont les caractéristiques d'emploi du système O*NET sont construites, il n'est pas possible d'effectuer ce genre de comparaison.

Depuis 2006, le système O*NET est en transition. Les données sur les caractéristiques d'emploi sont de plus en plus souvent générées par des analystes alors qu'elles étaient autrefois basées principalement sur le résultat d'enquêtes menées auprès de titulaires de poste. La vérification (Tsacoumis, Van Iddekinge, 2006) qui a été effectuée pour évaluer les répercussions de ce changement a montré que même si le classement implicite entre les emplois généré par les titulaires de poste et les analystes était cohérent, les titulaires de poste avaient tendance à attribuer un pointage plus élevé aux caractéristiques d'emploi que les analystes. Autrement dit, même si la mesure relative est préservée, il y a eu un changement systématique à la baisse des pointages depuis qu'ils sont générés par les analystes. Toute normalisation des scores au fil des ans aurait implicitement intégré des aspects relatifs aux mesures d'emploi, et les changements absolus auraient également été contaminés par cette normalisation.

Par conséquent, nous avons pris la décision délibérée de nous concentrer uniquement sur l'élaboration d'une mesure relative (qui n'a pas été touchée par la transition) pour qu'elle puisse être interprétée adéquatement.

Les travailleurs augmentés



NOUS EXAMINONS D'ABORD les emplois qui ont connu le rythme de numérisation le plus rapide entre 2006 et 2021. Le tableau 1 montre qu'il y a deux emplois liés aux soins de santé parmi ce groupe (professionnels de la gestion de l'information sur la santé). Les agents de gestion immobilière ont fait le plus gros bond dans le classement, passant de l'un des emplois les moins numérisés en 2006 (au 13^e percentile) au quartile supérieur en 2021 (au 77^e percentile).

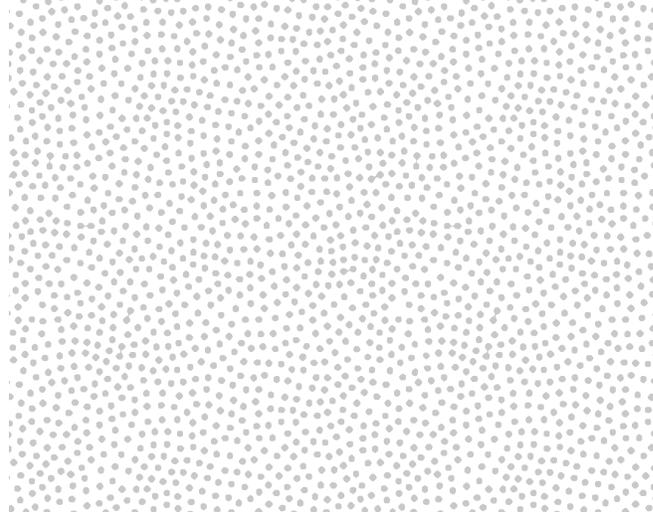


Tableau 1

Classement des dix emplois qui ont fait le plus gros bond de 2006 à 2021 (augmentation du pointage des compétences numériques)

Titre de la CNP	Percentile en 2006	Percentile en 2016	Percentile en 2021
Agents de gestion immobilière	13 ^e	59 ^e	77 ^e
Professionnels de la gestion de l'information sur la santé	32 ^e	47 ^e	89 ^e
Directeurs de l'exploitation et de l'entretien d'immeubles	13 ^e	59 ^e	69 ^e
Rechercheurs, experts-conseils et agents de programmes en politiques de la santé	27 ^e	87 ^e	84 ^e
Autres travailleurs assimilés des ventes	8 ^e	31 ^e	58 ^e
Superviseurs du personnel de coordination de la chaîne d'approvisionnement, du suivi et des horaires	25 ^e	80 ^e	77 ^e
Directeurs des services d'hébergement	36 ^e	82 ^e	87 ^e
Peintres, sculpteurs et autres artistes des arts visuels	34 ^e	69 ^e	85 ^e
Contrôleurs de la circulation ferroviaire et régulateurs de la circulation maritime	12 ^e	56 ^e	56 ^e
Chefs de train et serre-freins	12 ^e	56 ^e	56 ^e

Ces emplois (à quelques exceptions près, notamment les peintres, les sculpteurs et d'autres artistes des arts visuels) ont un point en commun : la prépondérance des tâches routinières dans leur contexte de travail. Les tâches routinières sont des tâches professionnelles pour lesquelles

on peut rédiger un ensemble d'instructions qui sont faciles à suivre et qui peuvent être appliquées par n'importe qui sans trop de formation. Autor et Dorn (2013) fournissent plusieurs exemples pour illustrer ce point et expliquent que la spécialisation de la population

active dans les tâches routinières a commencé dans les années 1980. Afin d'étudier comment les technologies informatiques influent sur la demande de compétences professionnelles, Autor, Levy et Murnane (2003) utilisent une matrice pour classer les emplois en fonction des tâches (tâches routinières versus tâches non routinières, travail cognitif versus travail manuel). Almeida et coll. (2017) ont utilisé cette matrice pour classer les activités et les contextes de travail du système O*NET dans ces quatre catégories.

Le tableau 3 décrit, pour certains emplois du classement ci-dessus, les tâches qui sont de nature routinière. Nous pouvons déduire à partir de cette information que la majeure partie de la numérisation pourrait être liée à l'introduction de technologies liées aux bases de données et que la majeure partie de l'amélioration numérique peut probablement être liée au volet logistique du travail.

En nous basant sur la matrice présentée au tableau 2 pour mieux comprendre les changements que les travailleurs occupant ces dix emplois ont connus, nous constatons que les emplois ont systématiquement obtenu un pointage plus élevé dans les contextes de travail du système O*NET avec une prépondérance de tâches routinières. Alors que le pointage moyen de l'ensemble des emplois était d'environ 65 (sur 100) pour le contexte de travail « importance de la répétition des tâches », le même pointage était plus élevé pour sept des dix emplois de notre classement. Un autre indice suggère que les technologies numériques ont eu une grande incidence sur le contexte de travail de ces emplois : le pointage associé à la caractéristique « rythme déterminé par la vitesse de l'équipement ». Les dix emplois du classement de la liste ont obtenu un pointage plus faible dans ce contexte de travail en 2021 par rapport à 2006,

Tableau 2

Almeida et coll. (2017), classement du contexte de travail

	Travail manuel	Travail cognitif
Tâches routinières	<ul style="list-style-type: none"> Rythme déterminé par la vitesse de l'équipement Mouvements répétitifs Contrôle des machines et des processus 	<ul style="list-style-type: none"> Importance de la précision Importance de la répétition des tâches Milieu structuré versus non structuré
Tâches non routinières	<ul style="list-style-type: none"> Orientation spatiale Dextérité manuelle Conduire des véhicules, des appareils ou de l'équipement mécanisés Utilisation des mains pour manipuler, contrôler ou sentir des objets, des outils ou des commandes 	<ul style="list-style-type: none"> Analyse des données ou de l'information Réflexion créative Interpréter le sens de l'information pour autrui Encadrement et perfectionnement des autres Guider, diriger et motiver les subordonnés Établir et entretenir des relations interpersonnelles

ce qui montre que les ordinateurs sont devenus plus rapides et que la vitesse de l'équipement n'est plus un obstacle à la production.

L'examen du contexte de travail « milieu structuré versus non structuré », où un pointage élevé est associé à la liberté de déterminer les tâches et les priorités, est peut-être encore plus révélateur : on constate que la liberté professionnelle a considérablement augmenté pour les dix emplois de notre classement au cours de la période échantillonnée. Cette observation est cohérente avec le point de vue selon lequel l'élimination des tâches routinières laisse aux travailleurs une part plus importante de tâches qui sont non routinières et qui peuvent être accomplies à leur discrétion. Cascio et Montealegre (2016) soulignent les changements touchant l'ensemble des structures d'entreprise, de travail et d'organisation attribuables à la technologie et discutent des perturbations occasionnées.

L'élimination des tâches routinières laisse aux travailleurs une part plus importante de tâches qui sont non routinières et qui peuvent être accomplies à leur discrétion.

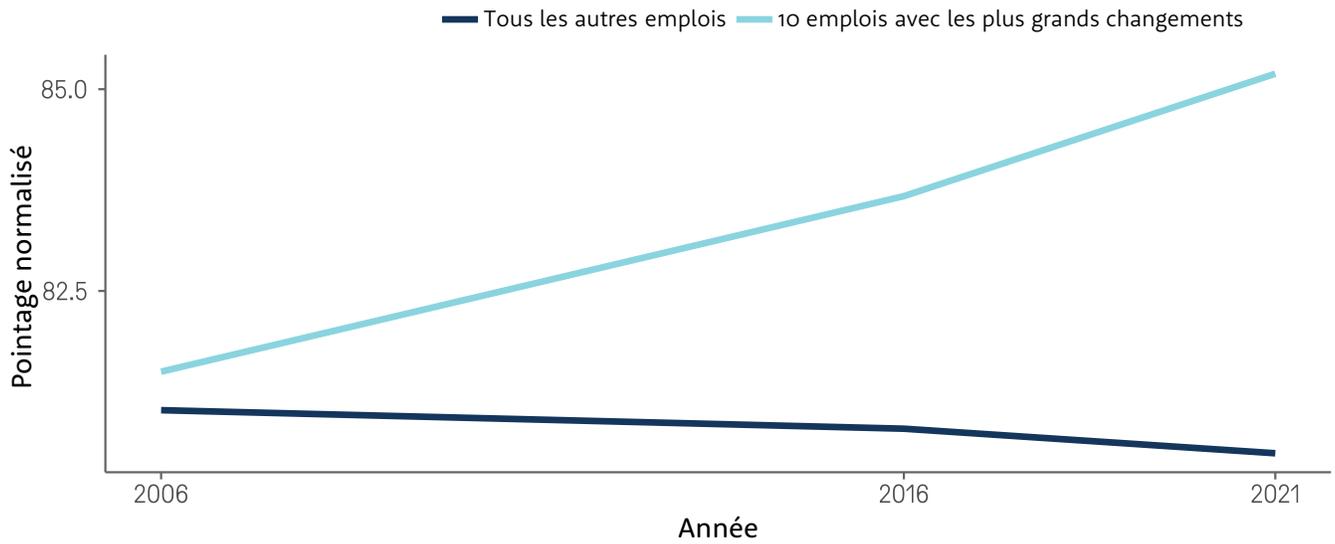
Tableau 3

Exemples de tâches pour les emplois de la CNP

Emploi de la CNP	Exemples de tâches
Agents de gestion immobilière	<ul style="list-style-type: none">• Compiler et tenir des dossiers sur les frais d'exploitation et les revenus, préparer des rapports et passer en revue les loyers pour vérifier s'ils sont conformes à la valeur marchande• Préparer et administrer les contrats prévoyant la prestation de services immobiliers tels que le ménage et l'entretien, ou les services de sécurité et les systèmes d'alarme
Chefs de train et serre-freins	<ul style="list-style-type: none">• Communiquer avec les membres de l'équipage par radiotéléphone, par signaux ou autres moyens afin de recevoir et de transmettre les instructions• Prendre les billets et en percevoir le prix auprès des passagers, annoncer le nom des gares et répondre aux demandes de renseignements des passagers
Professionnels de la gestion de l'information sur la santé	<ul style="list-style-type: none">• Recueillir, coder, ranger des documents sur la santé et autre information pertinente, et établir des renvois• Utiliser des systèmes de gestion de l'information pour tenir à jour les index des systèmes de classement et gérer et récupérer des documents d'information sur la santé

Figure 1

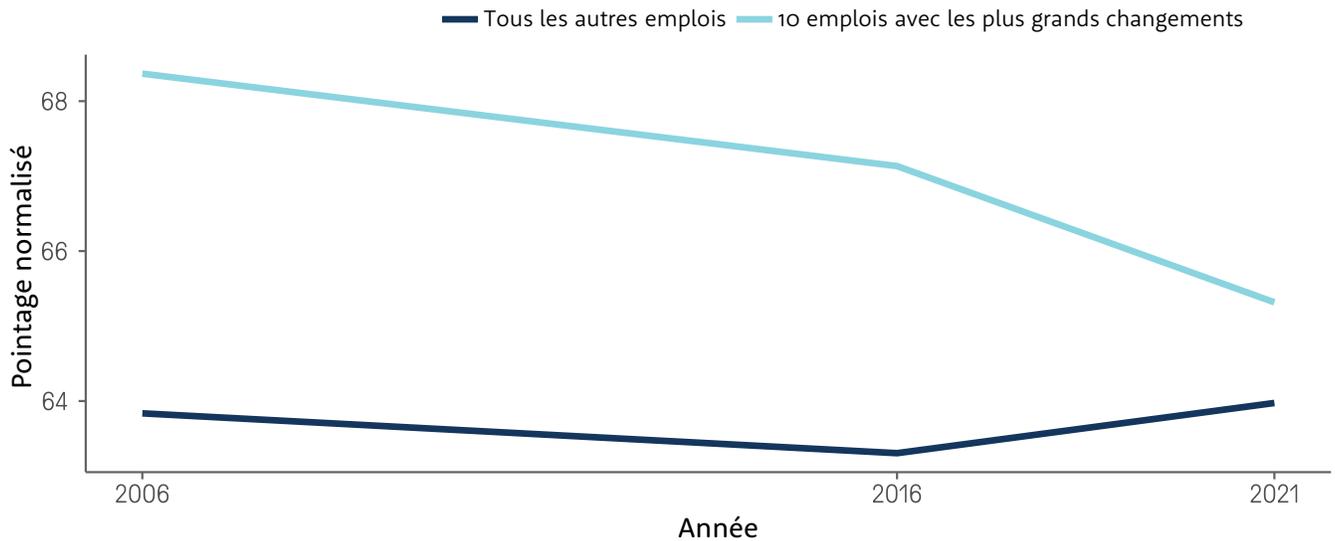
Contexte de travail : milieu structuré versus non structuré – Emplois au Canada, 2006-2021



Sources: O*Net, calculs des auteurs

Figure 2

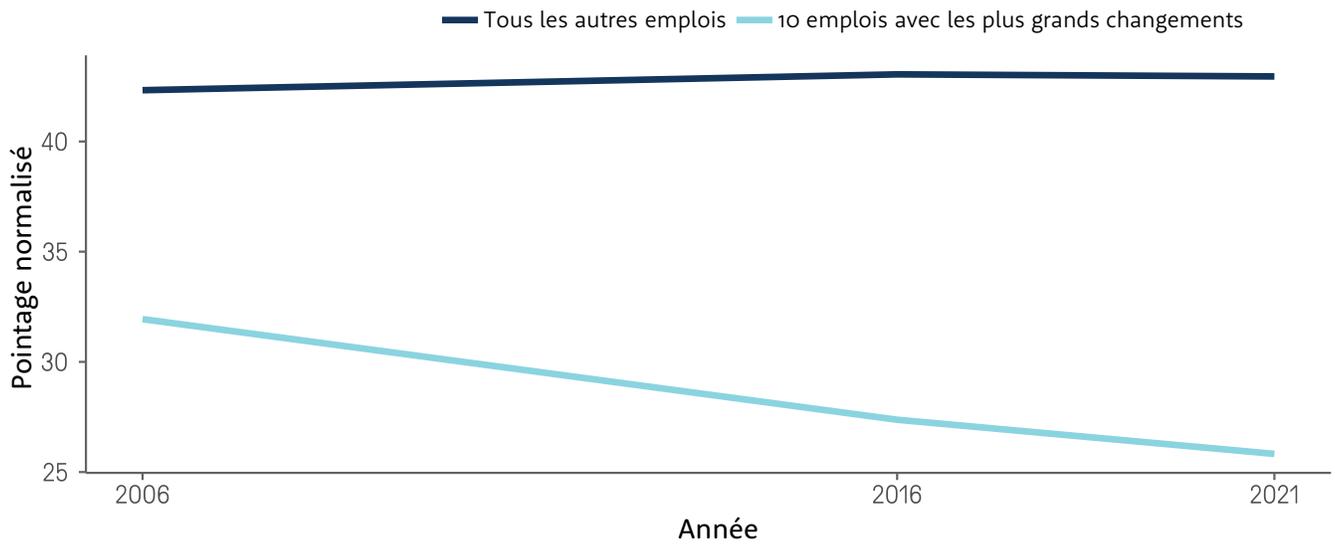
Contexte de travail : Importance de la répétition des tâches – Emplois au Canada, 2006-2021



Sources: O*Net, calculs des auteurs

Figure 3

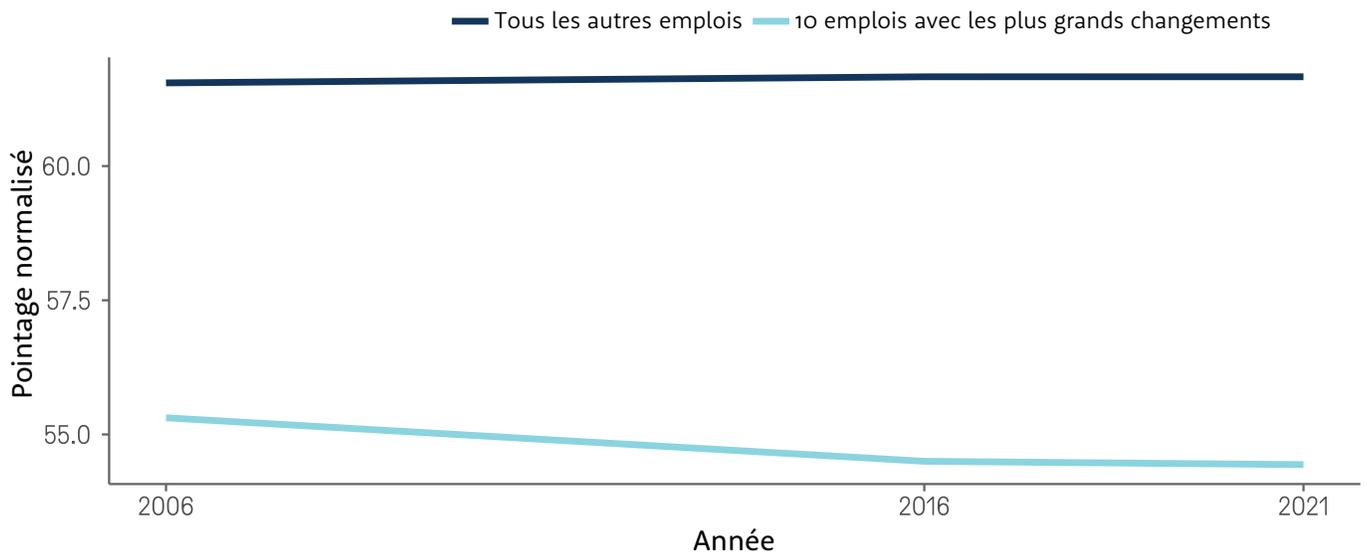
Contexte de travail : Rythme déterminé par la vitesse de l'équipement – Emplois au Canada, 2006-2021



Sources: O*Net, calculs des auteurs

Figure 4

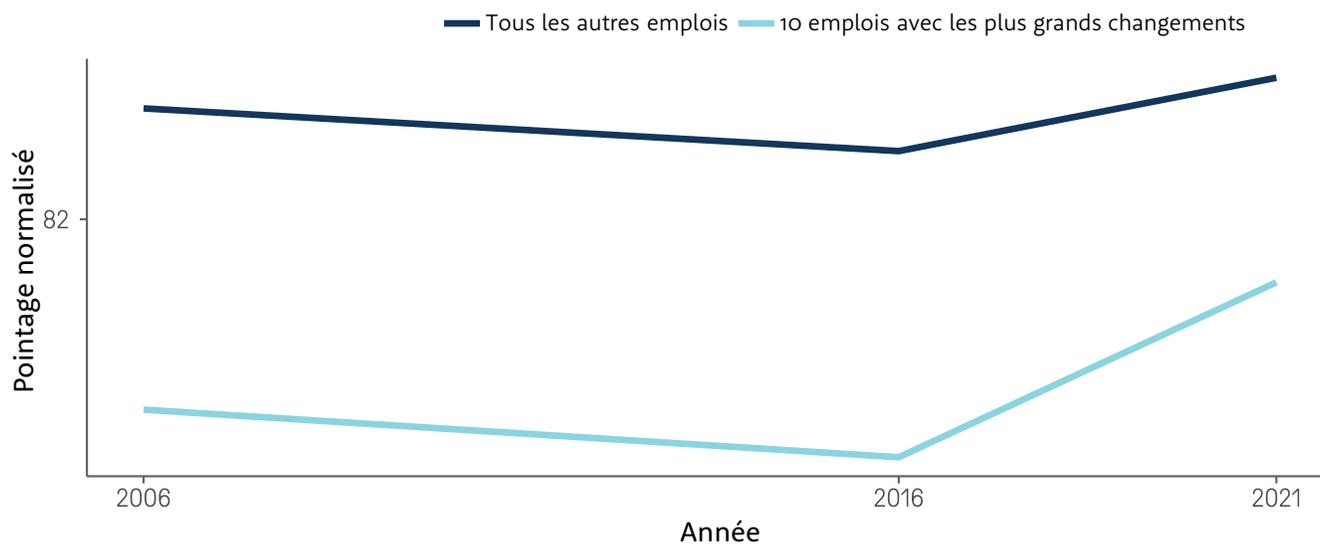
Contexte de travail : Mouvements répétitifs – Emplois au Canada, 2006-2021



Sources: O*Net, calculs des auteurs

Figure 5

Contexte de travail : Importance de la précision – Emplois au Canada, 2006-2021



Sources: O*Net, calculs des auteurs

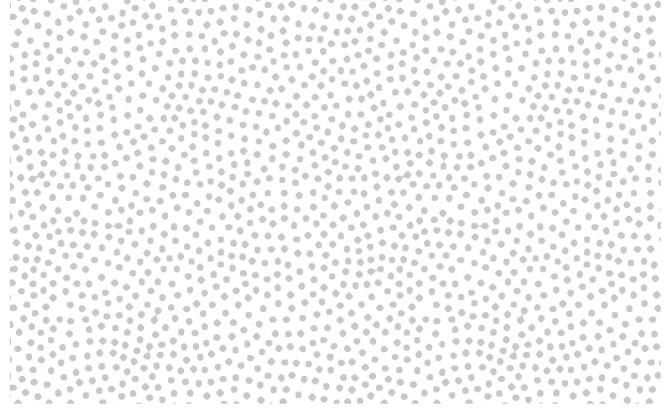
Tableau 4

Classement des dix emplois qui ont fait le plus gros bond de 2016 à 2021 (augmentation du pointage des compétences numériques)

Titre de la CNP	Percentile en 2006	Percentile en 2016	Percentile en 2021
Développeurs de films et de photographies	31 ^e	30 ^e	85 ^e
Omnipraticiens et médecins en médecine familiale	40 ^e	16 ^e	53 ^e
Inspecteurs d'ingénierie et officiers de réglementation	74 ^e	20 ^e	59 ^e
Professionnels de la gestion de l'information sur la santé	32 ^e	47 ^e	89 ^e
Réparateurs de wagons	71 ^e	22 ^e	50 ^e
Designers d'intérieur et décorateurs d'intérieur	85 ^e	51 ^e	80 ^e
Autres manœuvres et aides de soutien de métiers	41 ^e	27 ^e	65 ^e
Technologues de laboratoires médicaux	77 ^e	27 ^e	56 ^e
Optométristes	45 ^e	35 ^e	70 ^e
Commerce de gros (non technique)	47 ^e	29 ^e	57 ^e

Lorsque nous examinons les changements des cinq dernières années, soit de 2016 à 2021 (et donc les changements technologiques à court terme – résumés au tableau 4), une tendance différente se dégage. Les emplois qui ont fait le plus gros bond entre 2016 et 2021 sont les emplois qui avaient déjà été largement axés sur les tâches non routinières. Acemoglu (2019) souligne que même si le progrès technologique a éliminé de nombreuses tâches de « col blanc », il en a également créé bien d'autres, comme la programmation, la conception et le développement de logiciels.

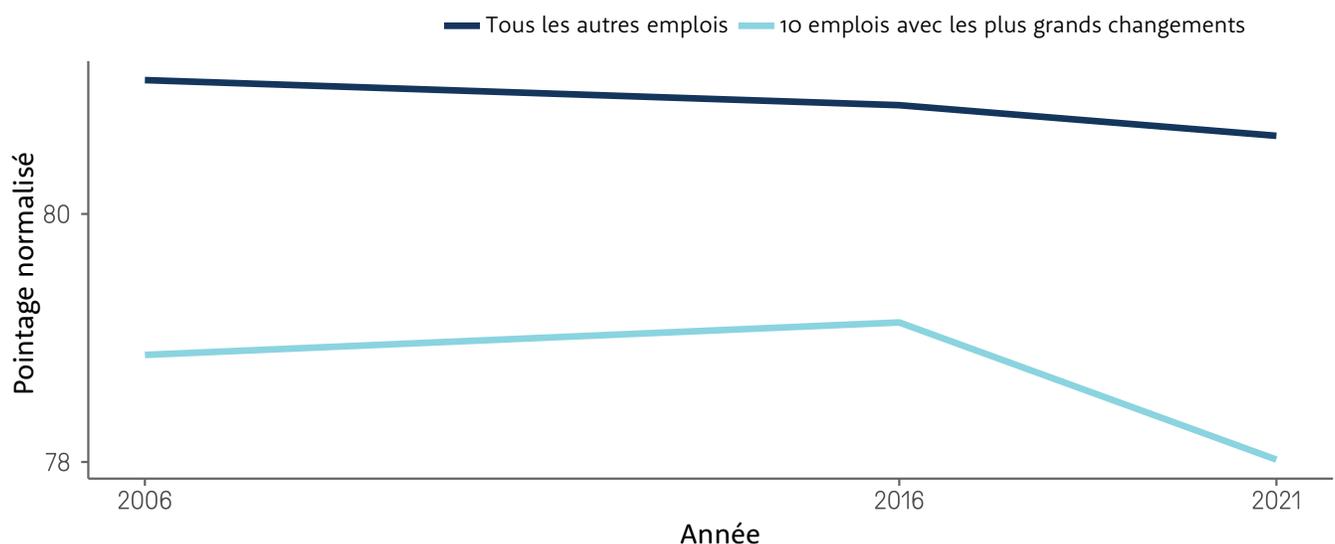
Parmi ce classement, les pointages normalisés des professionnels de la gestion de l'information sur la santé ont augmenté le plus dans les domaines de la conception technique, de la programmation, de l'informatique et de l'électronique. Les optométristes ont connu la plus forte augmentation de pointage pour l'interaction avec les ordinateurs. Les réparateurs de wagons ont connu la plus forte augmentation de pointage pour l'ingénierie et la technologie. Les inspecteurs d'ingénierie et les officiers de réglementation ont connu la plus forte augmentation de pointage pour les télécommunications.



Les emplois qui ont fait le plus gros bond entre 2016 et 2021 sont les emplois qui avaient déjà été largement axés sur les tâches non routinières.

Figure 6

Contexte de travail : Milieu structuré versus non structuré – Emplois au Canada, 2016-2021



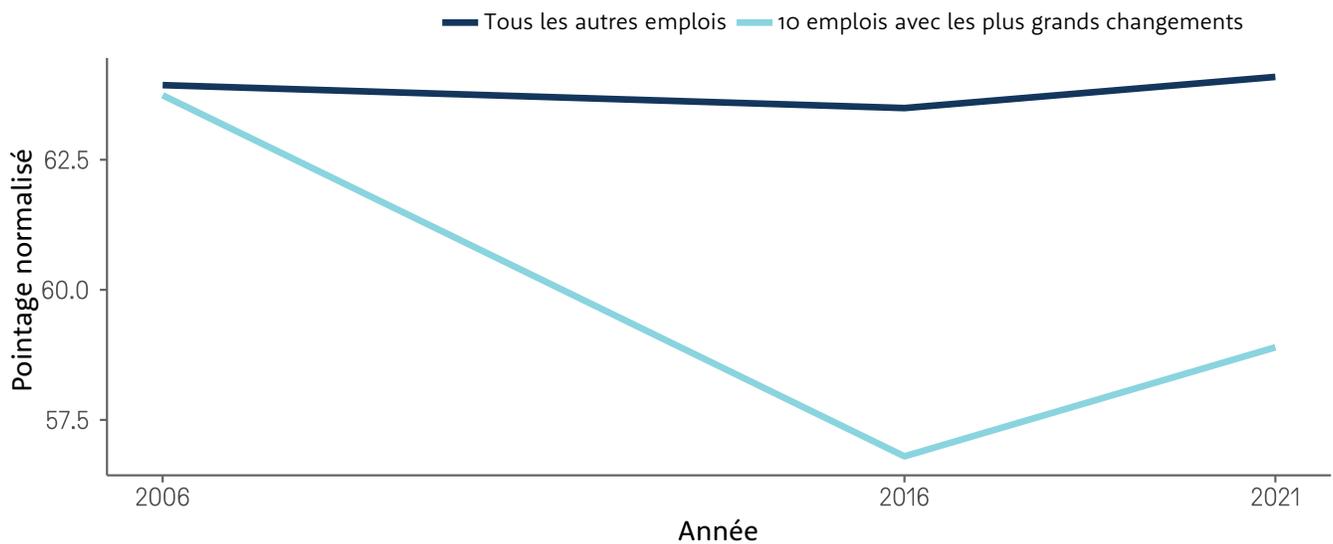
Sources: O*Net, calculs des auteurs

Une analyse similaire des changements dans les contextes d'emploi liés aux tâches routinières pour ces emplois caractérise davantage leurs différences par rapport aux emplois qui ont été les plus numérisés entre 2006 et 2021. Ces emplois affichaient souvent des pointages inférieurs à ceux des autres emplois dans toutes les catégories, avec un écart encore plus marqué entre 2006 et 2021. Fait intéressant, le pointage normalisé lié

à l'importance de la précision était initialement plus élevé pour ces emplois que pour les autres, mais en 2021, le pointage a baissé à des niveaux inférieurs à ceux observés par les autres emplois. Cette observation suggère que ces travailleurs peuvent se permettre d'être moins précis à mesure que les technologies sont intégrées à leur emploi, puisque celles-ci viennent corriger certaines inexactitudes.

Figure 7

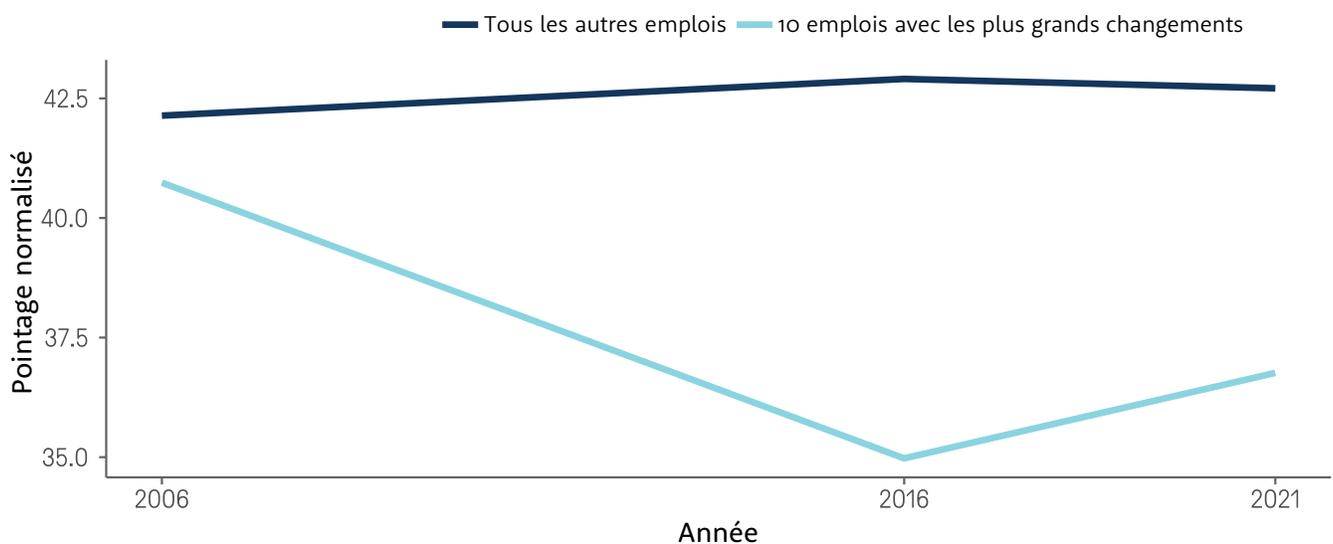
Contexte de travail : Importance de la répétition des tâches – Emplois au Canada, 2016-2021



Sources: O*Net, calculs des auteurs

Figure 8

Contexte de travail : Rythme déterminé par la vitesse de l'équipement – Emplois au Canada, 2016-2021

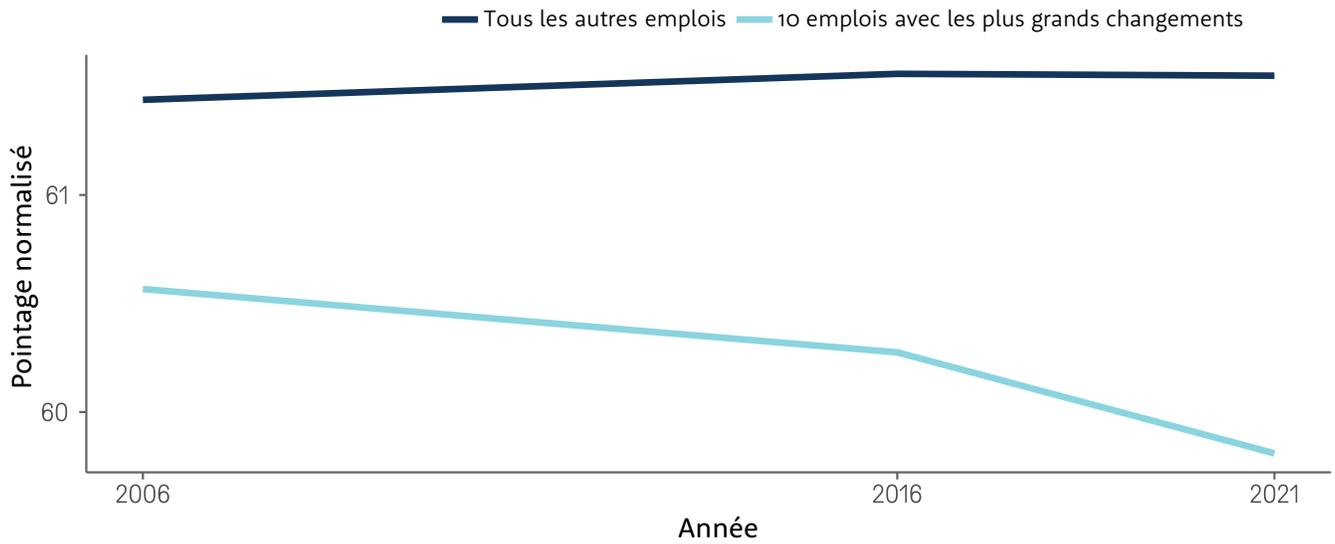


Sources: O*Net, calculs des auteurs



Figure 9

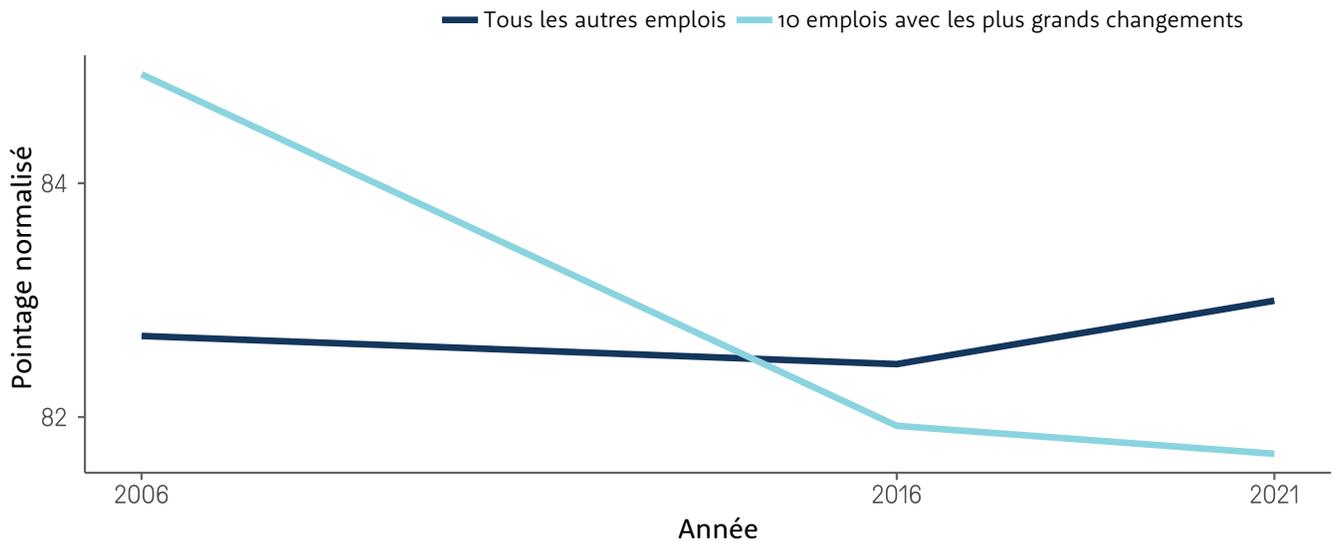
Contexte de travail : Mouvements répétitifs – Emplois au Canada, 2016-2021



Sources: O*Net, calculs des auteurs

Figure 10

Contexte de travail : Importance de la précision – Emplois au Canada, 2016-2021



Sources: O*Net, calculs des auteurs

Adoption numérique au point mort en agriculture (pêche) et en apprentissage automatique

Le tableau 5 montre les emplois qui ont connu le plus faible taux de numérisation par rapport aux autres entre 2006 et 2021. Comme les changements sont exprimés en percentiles dans notre étude, les baisses n'indiquent pas que la technologie est moins utilisée, mais plutôt que le rythme de la numérisation a ralenti par rapport aux autres emplois. Les emplois dont le rang percentile a chuté durant cette période font partie du secteur de la pêche et de l'agriculture. L'agriculture est un secteur connu pour l'introduction et l'utilisation continues de nouvelles technologies. Fitzgerald (1991) décrit les principales avancées technologiques dans le domaine de l'équipement et de la technologie agricoles, et Gianinazzi et coll. (2002) soulignent les principales percées dans les techniques de biologie des sols et de génie génétique. Cela dit, la baisse dans le classement sous-entend

Cela dit, la baisse dans le classement sous-entend un ralentissement du rythme d'adoption des technologies numériques par rapport aux autres emplois entre 2006 et 2016, ce qui pourrait indiquer que la vague de numérisation s'est produite plus tôt et qu'il reste moins de technologies à numériser facilement.

Tableau 5

Classement des dix emplois qui ont fait la plus grosse chute de 2006 à 2021 (diminution du pointage des compétences numériques)

Titre de la CNP	Percentile en 2006	Percentile en 2016	Percentile en 2021
Personnel d'entretien des canalisations d'eau et de gaz	81 ^e	67 ^e	67 ^e
Horairistes de trajets et d'équipages	76 ^e	76 ^e	29 ^e
Capitaines et officier de bateaux de pêche	72 ^e	60 ^e	18 ^e
Pêcheurs indépendants	72 ^e	60 ^e	18 ^e
Matelots de pont sur les bateaux de pêche	72 ^e	60 ^e	18 ^e
Opérateurs de machines d'usinage	87 ^e	34 ^e	29 ^e
Agents de programmes propres au gouvernement	69 ^e	27 ^e	23 ^e
Opérateurs d'installations de traitement des produits chimiques	75 ^e	43 ^e	31 ^e
Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros	93 ^e	76 ^e	33 ^e
Gestionnaires en aquaculture	94 ^e	72 ^e	45 ^e

un ralentissement du rythme d'adoption des technologies numériques par rapport aux autres emplois entre 2006 et 2016, ce qui pourrait indiquer que la vague de numérisation s'est produite plus tôt et qu'il reste moins de technologies à numériser facilement. Nous avons là un excellent exemple pour démontrer qu'il est préférable de faire nos comparaisons d'emplois en termes relatifs et non en termes absolus.

O'Donnell et Skuterud (2021) discutent de la croissance des programmes de travailleurs temporaires au cours des années 2000 à 2019, qui ont fourni au secteur agricole un nombre croissant de travailleurs à faible coût dans le cadre du Programme des travailleurs agricoles saisonniers (PTAS). Cette situation pourrait contribuer au plateau observé dans la numérisation de l'agriculture, bien qu'il soit peu probable qu'elle ait une incidence sur l'industrie de la pêche. Comme le montrent certaines études, le portrait pourrait changer considérablement dans les prochaines années.

Pensons notamment à l'étude de King (2017), qui discute des avancées en robotique dans l'agriculture, et à l'étude d'Usman et coll. (2020), qui aborde le rôle de l'Internet des objets (IdO) dans la modernisation du secteur agricole de demain.

Baisse la plus importante des compétences numériques de 2016 à 2021 pour les pilotes, les navigateurs et les instructeurs de pilotage du transport aérien

Le tableau 6 présente la même analyse pour la période de 2016 à 2021. Les pilotes, les navigateurs et les instructeurs de pilotage du transport aérien sont ceux qui ont fait la plus grosse chute au classement, passant du 87^e percentile en 2016 au 38^e percentile en 2021. Les traducteurs, les terminologues et les interprètes ont connu l'une des plus fortes hausses du classement entre 2006 et 2016 en raison de l'adoption des technologies numériques comme la formation en

Tableau 6

Classement des dix emplois qui ont fait la plus grosse chute de 2016 à 2021 (diminution du pointage des compétences numériques)

Titre de la CNP	Percentile en 2006	Percentile en 2016	Percentile en 2021
Pilotes, navigateurs et instructeurs de pilotage du transport aérien	76 ^e	87 ^e	38 ^e
Capitaines et officier de bateaux de pêche	72 ^e	60 ^e	18 ^e
Pêcheurs indépendants	72 ^e	60 ^e	18 ^e
Matelots de pont sur les bateaux de pêche	72 ^e	60 ^e	18 ^e
Personnel ambulancier et paramédical	57 ^e	83 ^e	37 ^e
Horairistes de trajets et d'équipages	77 ^e	76 ^e	29 ^e
Traducteurs, terminologues et interprètes	16 ^e	69 ^e	28 ^e
Techniciens dans les bibliothèques et les services d'archives publiques	59 ^e	77 ^e	33 ^e
Agents de sécurité et personnel assimilé des services de sécurité	20 ^e	64 ^e	24 ^e
Spécialistes des ventes techniques – commerce de gros	93 ^e	76 ^e	32 ^e

interprétation assistée par ordinateur (Sandrelli et Jerez, 2007). Toutefois, le rythme des progrès technologiques numériques a considérablement ralenti par la suite, ce qui a entraîné une baisse importante dans le classement pour la période allant de 2016 à 2021, et plusieurs études comme celle de Sigacheva, Baranova et Makaev (2021) mentionnent la nécessité d'améliorer davantage la traduction automatique.

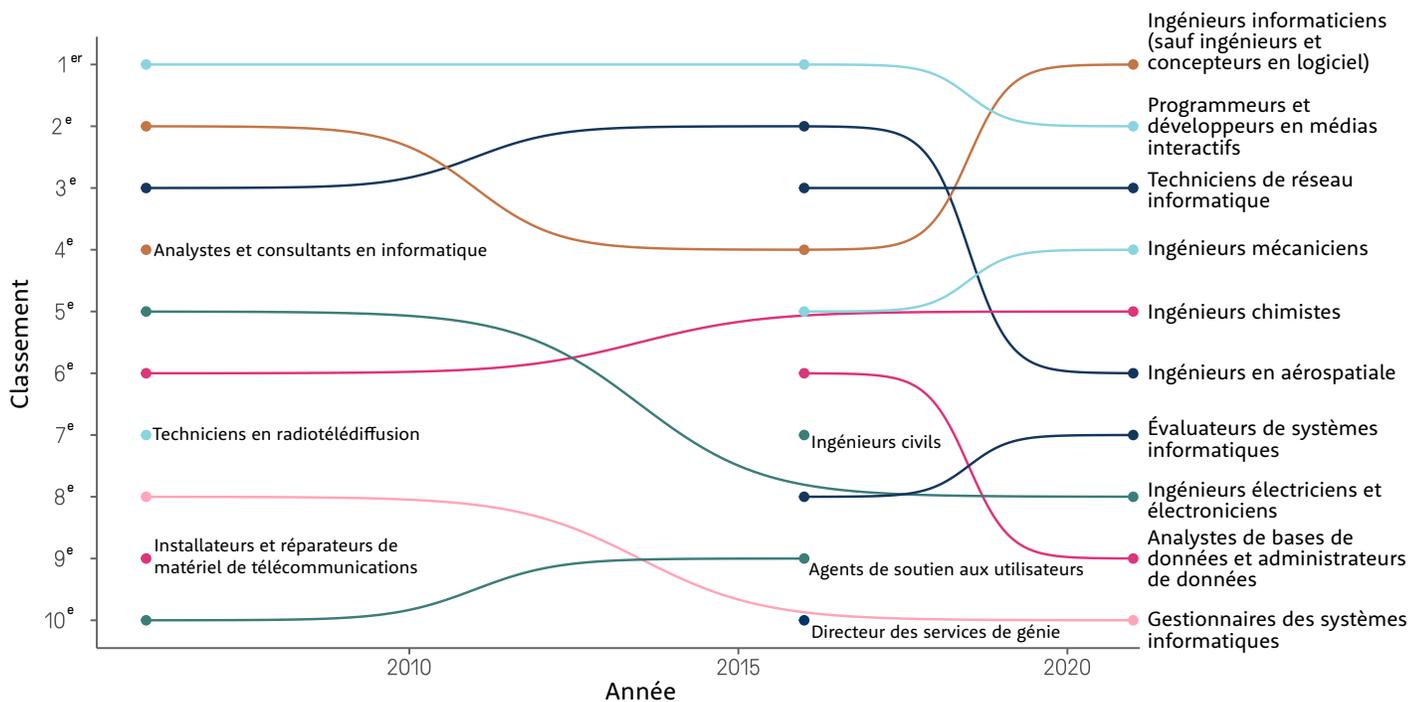
Les emplois dans l'industrie de la pêche poursuivent la tendance à la baisse dans le classement durant cette période. Pratiwy, Cahya et Andriani (2022) discutent du fait que l'industrie de la pêche se numérise depuis 1969 avec l'introduction d'outils électroniques et de technologies de l'information et l'utilisation des systèmes de positionnement global (GPS). Cependant, au cours des deux dernières décennies, ce virage vers la numérisation a considérablement ralenti, entraînant les importantes baisses que nous observons au classement. Pratiwy, Cahya et Andriani (2022)

discutent également du fait que l'industrie de la pêche devra utiliser l'IdO et des systèmes cyberphysiques (SCP), c'est-à-dire des systèmes informatiques mis en réseau avec capteurs, pour prévenir la pêche illégale et assurer sa durabilité. Dans le contexte canadien, les récents investissements fédéraux dans la grappe d'innovation mondiale en sciences océaniques (anciennement la Supergrappe des océans) montrent que le gouvernement est déterminé à continuer d'introduire des technologies dans ce domaine de l'économie.

Persistance des emplois hautement numérisés

Bien qu'il soit important d'examiner les changements dans les emplois qui ont connu les plus grands changements sur le plan de l'intensité numérique relative, notre étude cherche aussi à comprendre si la composition du classement des emplois les plus numérisés a évolué au cours des 15 dernières années.

Figure 11
10 emplois avec le niveau d'intensité numérique le plus élevé



Le tableau 5 montre les dix emplois de la CNP les plus numérisés, dans l'ordre. On constate que les programmeurs et développeurs en médias interactifs sont restés en tête entre 2006 et 2016. Bien que les installateurs et réparateurs de matériel de télécommunications soient demeurés dans le classement des dix emplois les plus numérisés pendant cette période, ils ont chuté au 11^e rang en 2021. Ce tableau met en évidence la persistance de ces dix emplois de la CNP au cours des trois années observées, ce qui indique que ces emplois ont connu des vagues de numérisation rapides et continues par rapport à d'autres emplois.

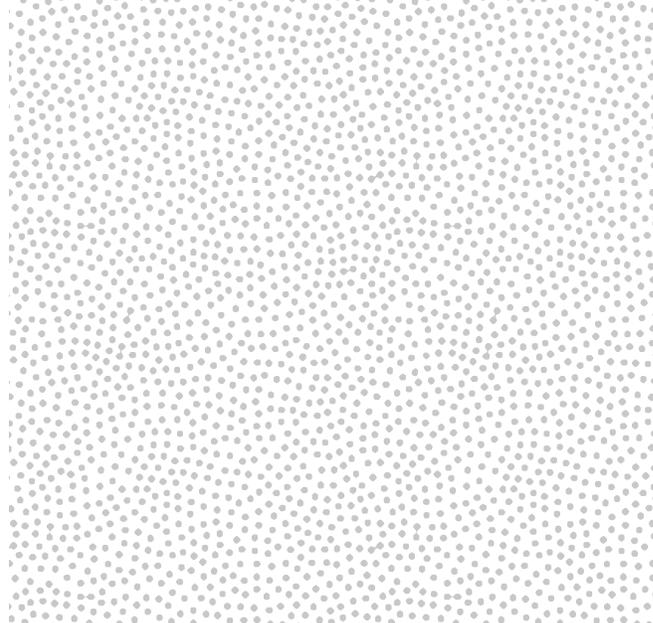


Tableau 7

Dix emplois les plus numérisés, trois années différentes

Dix titres de la CNP – 2006	Dix titres de la CNP – 2016	Dix titres de la CNP – 2021
Programmeurs et développeurs en médias interactifs	Programmeurs et développeurs en médias interactifs	Ingénieurs informaticiens (sauf ingénieurs et concepteurs en logiciel)
Ingénieurs informaticiens (sauf ingénieurs et concepteurs en logiciel)	Ingénieurs en aérospatiale	Techniciens de réseau informatique
Ingénieurs en aérospatiale	Techniciens de réseau informatique	Programmeurs et développeurs en médias interactifs
Analystes et consultants en informatique	Ingénieurs informaticiens (sauf ingénieurs et concepteurs en logiciel)	Ingénieurs mécaniciens
Ingénieurs électriciens et électroniciens	Ingénieurs mécaniciens	Ingénieurs chimistes
Ingénieurs chimistes	Analystes de bases de données et administrateurs de données	Ingénieurs en aérospatiale
Techniciens en radiotélédiffusion	Ingénieurs civils	Évaluateurs de systèmes informatiques
Gestionnaires des systèmes informatiques	Évaluateurs de systèmes informatiques	Ingénieurs électriciens et électroniciens
Installateurs et réparateurs de matériel de télécommunications	Agents de soutien aux utilisateurs	Analystes de bases de données et administrateurs de données
Agents de soutien aux utilisateurs	Directeur des services de génie	Gestionnaires des systèmes informatiques

Subdivision des changements selon le niveau de compétence de l'emploi

Pour illustrer l'effet de plateau dont il a été question précédemment (c'est-à-dire l'effet observé dans certaines industries, comme l'agriculture ou l'interprétation, où la technologie numérique semble progresser rapidement pendant un certain temps avant d'atteindre un plateau), nous nous concentrons sur les changements de technologie numérique dans différentes catégories de compétences de la CNP. L'une des principales questions de la littérature sur la numérisation et ses effets sur la demande de main-d'œuvre est de savoir si les progrès réalisés dans le domaine de la technologie numérique remplaceraient ou complèteraient la main-d'œuvre dans différentes industries et au sein de différents groupes de compétences. Acemoglu et Autor (2011) discutent d'un modèle canonique où l'on suppose que la technologie vient compléter les travailleurs hautement qualifiés et peu qualifiés, et proposent un autre cadre axé sur les tâches dans lequel la technologie, le capital et la main-d'œuvre sont en concurrence pour certaines tâches. Ces modèles suggèrent des répercussions différentes de la technologie sur différents types d'activités professionnelles.

Pour explorer et comprendre les répercussions de la technologie, nous nous appuyons les cinq grands niveaux de compétence définis par la CNP³ pour classer les emplois. Le niveau de compétence 0 est réservé aux postes de gestion, comme les gérants de restaurant, les directeurs de mine ou les capitaines de terre (pêche). Le niveau de compétence A concerne les emplois professionnels qui requièrent habituellement un diplôme universitaire, comme les médecins, les dentistes et les architectes. Le niveau de compétence B s'applique aux emplois techniques ou spécialisés qui requièrent généralement un diplôme collégial ou une formation d'apprenti, comme les chefs, les plombiers et les électriciens. Le niveau de compétence C désigne les emplois qui s'apprennent généralement vite et qui requièrent habituellement un diplôme d'études

secondaires ou une formation en milieu de travail, comme les conducteurs de camion sur long parcours, les serveurs d'aliments et de boissons et les bouchers industriels. Enfin, le niveau de compétence D correspond aux emplois qui ne nécessitent habituellement qu'une formation en cours d'emploi, même sans diplôme d'études officielles, comme les cueilleurs de fruits, le personnel de nettoyage ou les travailleurs du secteur pétrolier.

Compte tenu des catégories de compétences de la CNP et des tâches observées dans la CNP pour la plupart des emplois dans ces catégories, les compétences de la CNP peuvent être liées à la matrice créée par Autor, Levy et Murnane (2003) de la façon suivante :

Tableau 8

Niveaux de compétence de la CNP et classifications générales des tâches

Niveau de compétence de la CNP	Catégorie
0 et A	Travail cognitif avec tâches non routinières
B	Travail cognitif avec tâches routinières et tâches non routinières, et travail manuel avec tâches non routinières
C et D	Travail manuel, tâches non routinières et tâches routinières

Autor, Levy et Murnane (2003) fournissent des données probantes qui suggèrent que la technologie tend à compléter les travailleurs de la catégorie du travail cognitif avec tâches non routinières. En ce qui concerne les emplois de la catégorie du travail cognitif et manuel avec tâches routinières, ils sont nombreux à avoir progressé au classement en raison de l'intégration de la technologie numérique dans les tâches où des améliorations peuvent se produire au milieu de la répartition des tâches (ce que l'on appelle dans la littérature la « polarisation de l'emploi »).

Enfin, les technologies jouent un rôle mineur dans la catégorie du travail manuel avec tâches non routinières; c'est donc dire que les technologies ne remplacent pas et ne complètent pas les travailleurs. Une bonne compréhension des changements au sein de ces groupes de compétences peut donc contribuer à façonner des politiques plus hétérogènes pour les travailleurs des secteurs d'activité où se produisent le plus de changements en matière de technologies numériques. Nous jugeons donc très utile de définir le degré de changement technique pour chacun de ces niveaux de compétence.

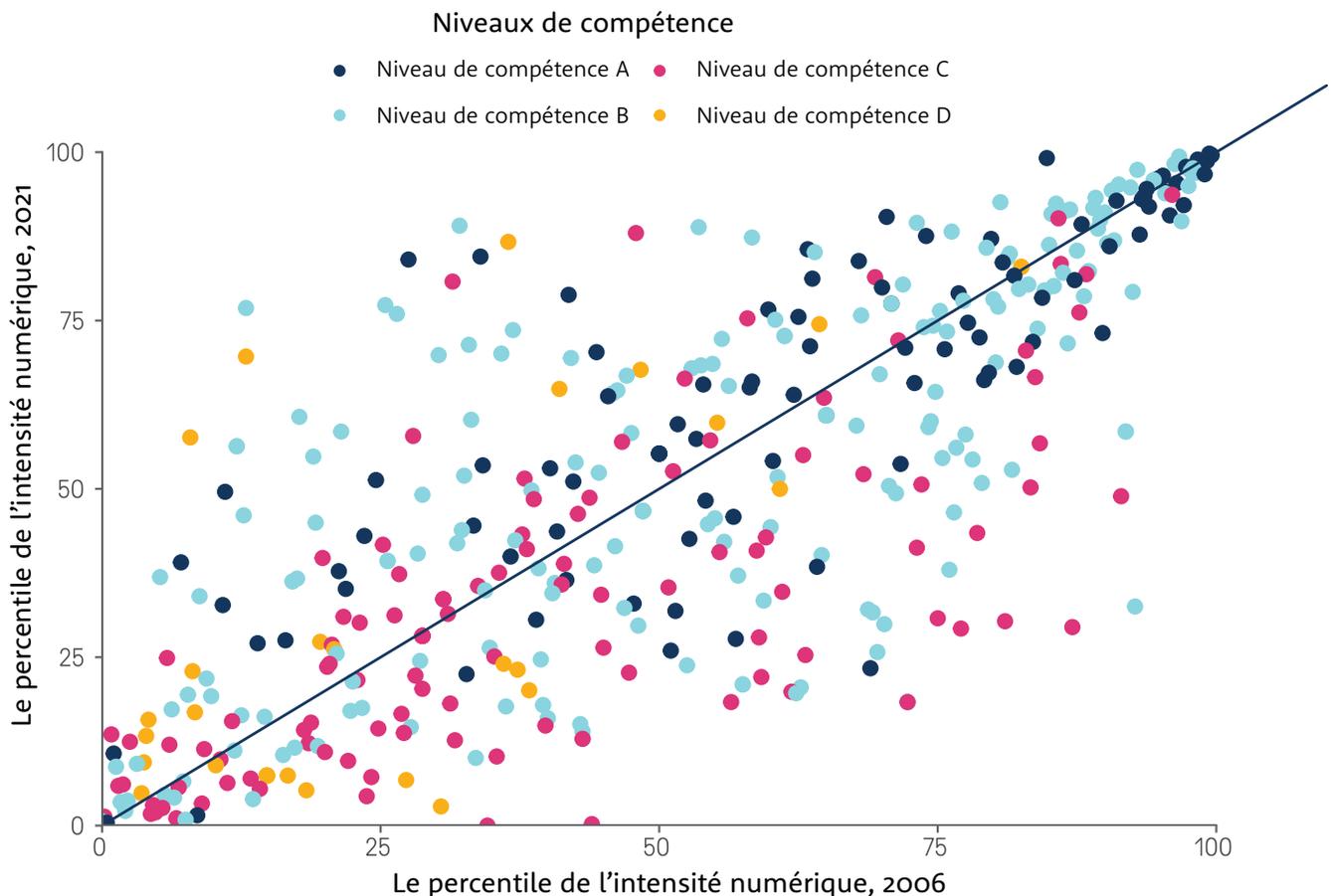
Un examen des tendances générales révèle que la majorité des emplois dans le niveau de compétence A (gestionnaires et professionnels) ont vu leur intensité numérique augmenter au

cours de la période de 15 ans couverte par la présente étude. Les emplois classés dans le niveau de compétence B ont connu les plus grands écarts : la moitié d'entre eux a vu son intensité numérique augmenter et l'autre moitié, non. Une grande partie des travailleurs qui occupent un emploi lié aux niveaux de compétence C et D ont vu leur intensité numérique diminuer au cours de la période étudiée.

Lorsque nous examinons les principaux emplois pour chaque groupe de compétences, nous constatons que les emplois du niveau de compétence A qui ont fait le plus gros bond sont liés aux soins de santé. Comme nous en avons discuté précédemment, il y a eu une augmentation globale de la demande en compétences numériques pour ces emplois.

Figure 12

Changements de l'intensité numérique relative dans les professions au Canada, 2006 à 2021



Sources: O*Net, calculs des auteurs

En explorant les tâches énumérées dans la CNP pour ces emplois, nous constatons que les gestionnaires des services d'utilité publique ont probablement acquis beaucoup plus de compétences numériques pour les tâches qui leur demandent d'analyser des données, des tendances, des rapports ou des résultats de test pour déterminer si les installations sont adéquates. Les avocats devront probablement utiliser davantage les bases de données et utiliser différents outils numériques pour améliorer leurs recherches de dossiers publics et d'autres documents juridiques. Les ergothérapeutes utilisent probablement des outils numériques pour organiser leurs programmes d'ergothérapie et gérer leurs dossiers.

Parmi les dix emplois qui ont fait le plus gros bond dans le tableau 1, cinq titres de la CNP appartenaient au groupe de compétences B. Cela montre que les hausses de la demande de compétences numériques pour la période comprise entre 2006 et 2021 étaient souvent associées à des emplois exigeant des études collégiales, une formation postsecondaire ou une formation d'apprenti.

Enfin, à quelques exceptions près, la plupart des dix plus grandes hausses dans les groupes de compétences C et D n'avaient pas donné lieu à des bonds importants dans le classement. Dans bien des cas, les emplois qui ont grimpé dans le

Un examen des tendances générales révèle que la majorité des emplois dans le niveau de compétence A (gestionnaires et professionnels) ont vu leur intensité numérique augmenter au cours de la période de 15 ans couverte par la présente étude.

Tableau 9

Incidence des variations des caractéristiques d'emploi sur l'intensité numérique

Caractéristique d'emploi	Incidence de la variation sur l'intensité numérique (les résultats en gras sont statistiquement significatifs)
Interaction avec les ordinateurs	-2 %
Informatique et électronique	-3,2 %
Ingénierie et technologie	-0,7 %
Télécommunications	0,5 %
Conception technologique	4,7 %
Programmation	2,8 %

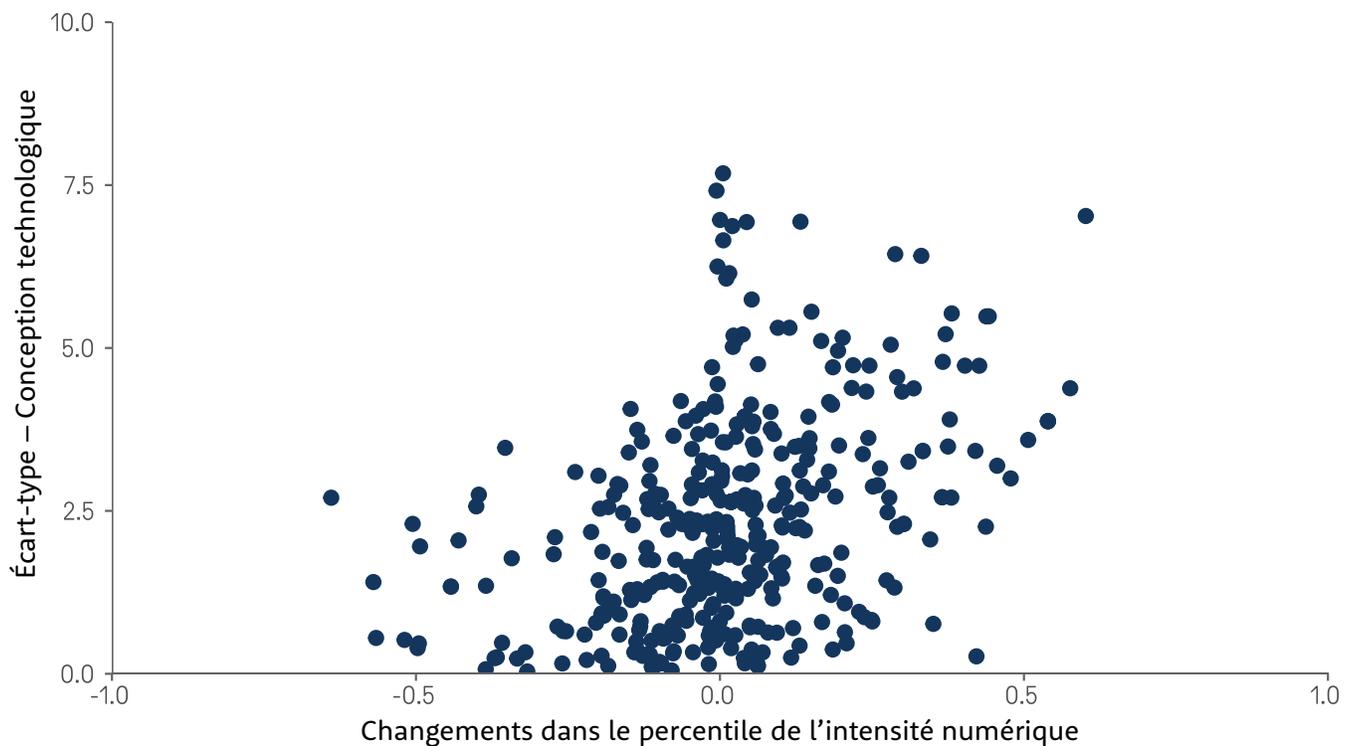
classement sont demeurés plus près du bas par rapport à la répartition professionnelle. Ce résultat était attendu puisque ces groupes de compétences sont classés dans la catégorie du travail manuel avec tâches non routinières, où le rôle de la technologie est mineur.

Pour le dernier élément de notre analyse, nous voulions mieux comprendre comment les six facteurs professionnels examinés ont contribué aux changements que nous observons. Par exemple, les fluctuations étaient-elles davantage provoquées par des changements (positifs ou négatifs) dans des emplois en particulier dans un domaine de compétences particulier plutôt qu'un autre? Pour le savoir, nous avons analysé comment les variations dans une catégorie de compétences ont influé sur le changement global du percentile de l'intensité numérique.

Comme le montrent les figures 13 à 18 et le tableau 9, les variations dans quatre compétences se sont révélées importantes par rapport aux changements d'intensité numérique observés pour l'emploi. En particulier, des niveaux plus élevés de variations dans la programmation et la conception technologique ont été associés à une amélioration de l'intensité numérique relative au cours de la période de 15 ans. Fait intéressant, des variations plus marquées dans les dimensions « interaction avec les ordinateurs » et « informatique et électronique » ont été associées à une baisse de l'intensité numérique relative au cours de la même période. Ce résultat suggère également des tendances de polarisation selon lesquelles les technologies d'automatisation, dans des contextes professionnels particuliers, font en sorte que les travailleurs n'ont plus à interagir directement avec les technologies.

Figure 13

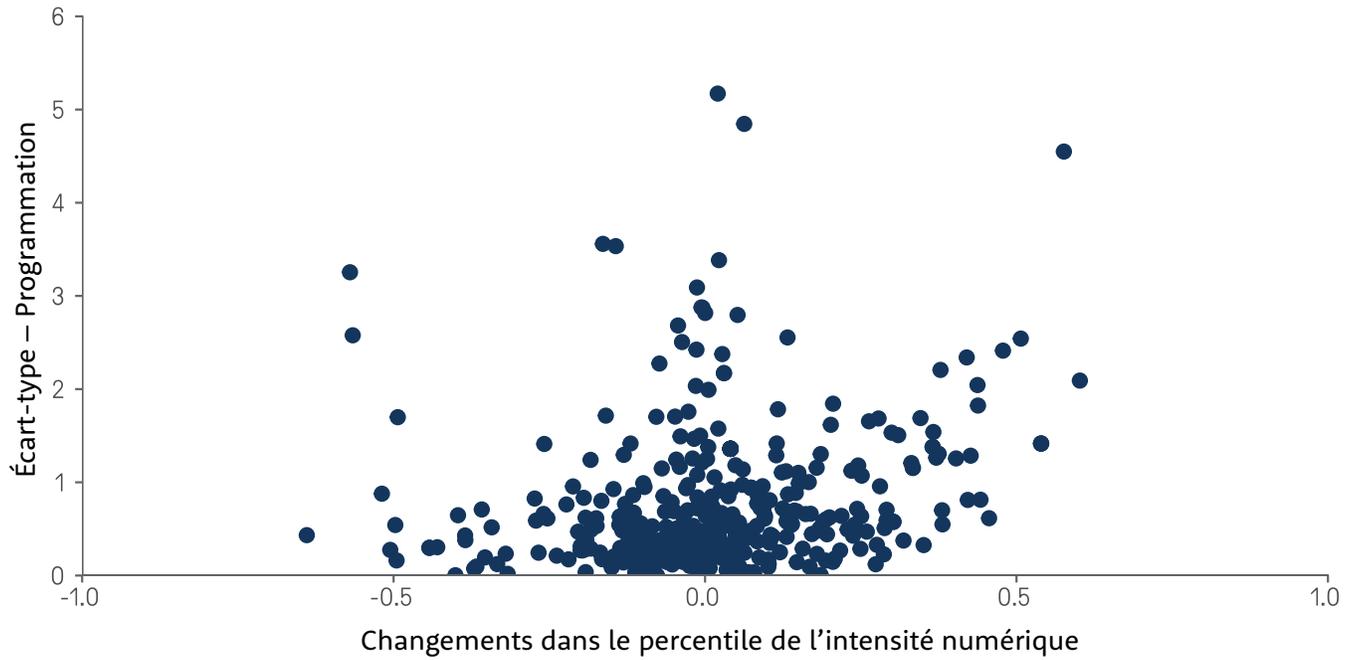
Écart dans le pointage pour la conception technologique, emplois au Canada, 2006-2021



Sources: Calculs des auteurs

Figure 14

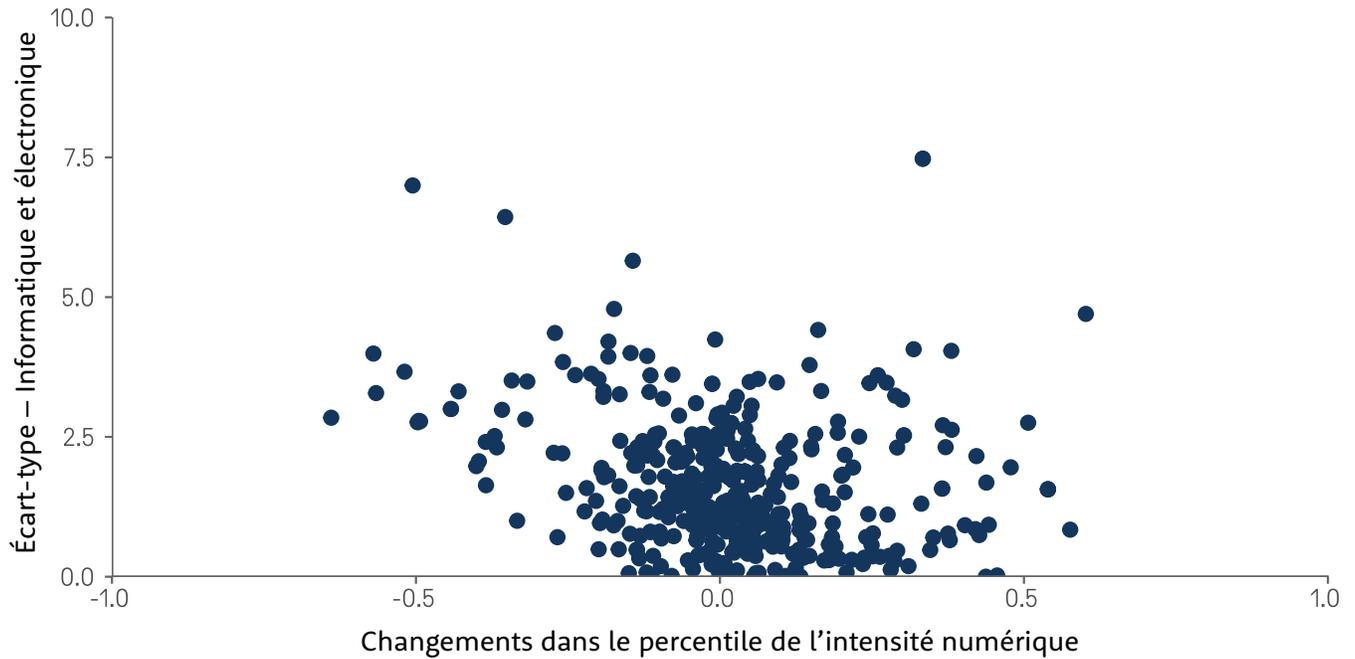
Écart dans le pointage pour la programmation, emplois au Canada, 2006-2021



Sources: Calculs des auteurs

Figure 15

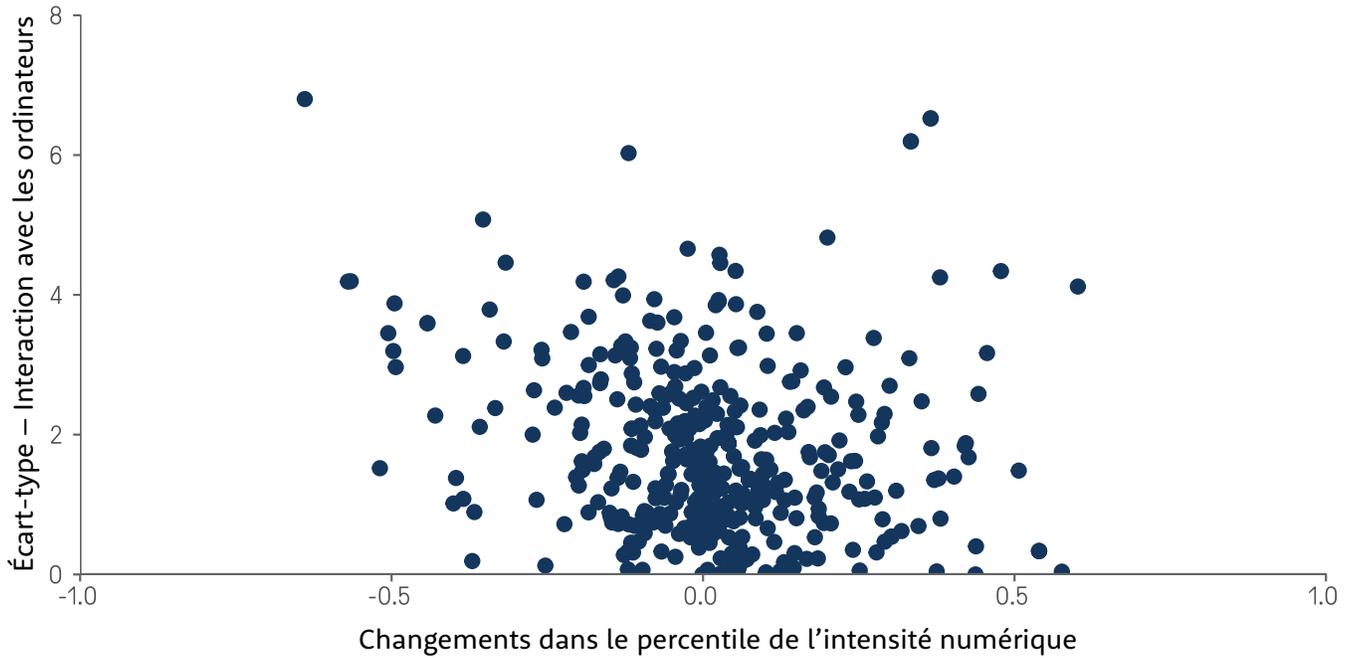
Écart dans le pointage pour l'informatique et électronique, emplois au Canada, 2006-2021



Sources: Calculs des auteurs

Figure 16

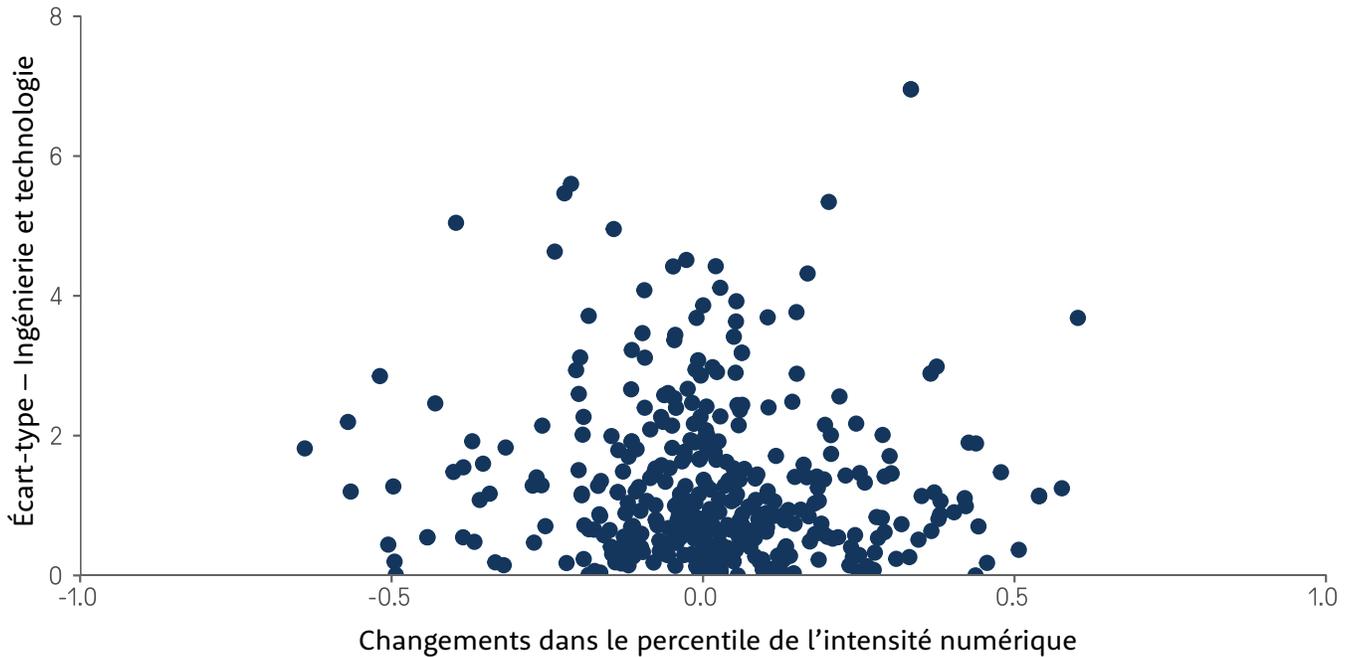
Écart dans le pointage pour l'interaction avec les ordinateurs, emplois au Canada, 2006-2021



Sources: Calculs des auteurs

Figure 17

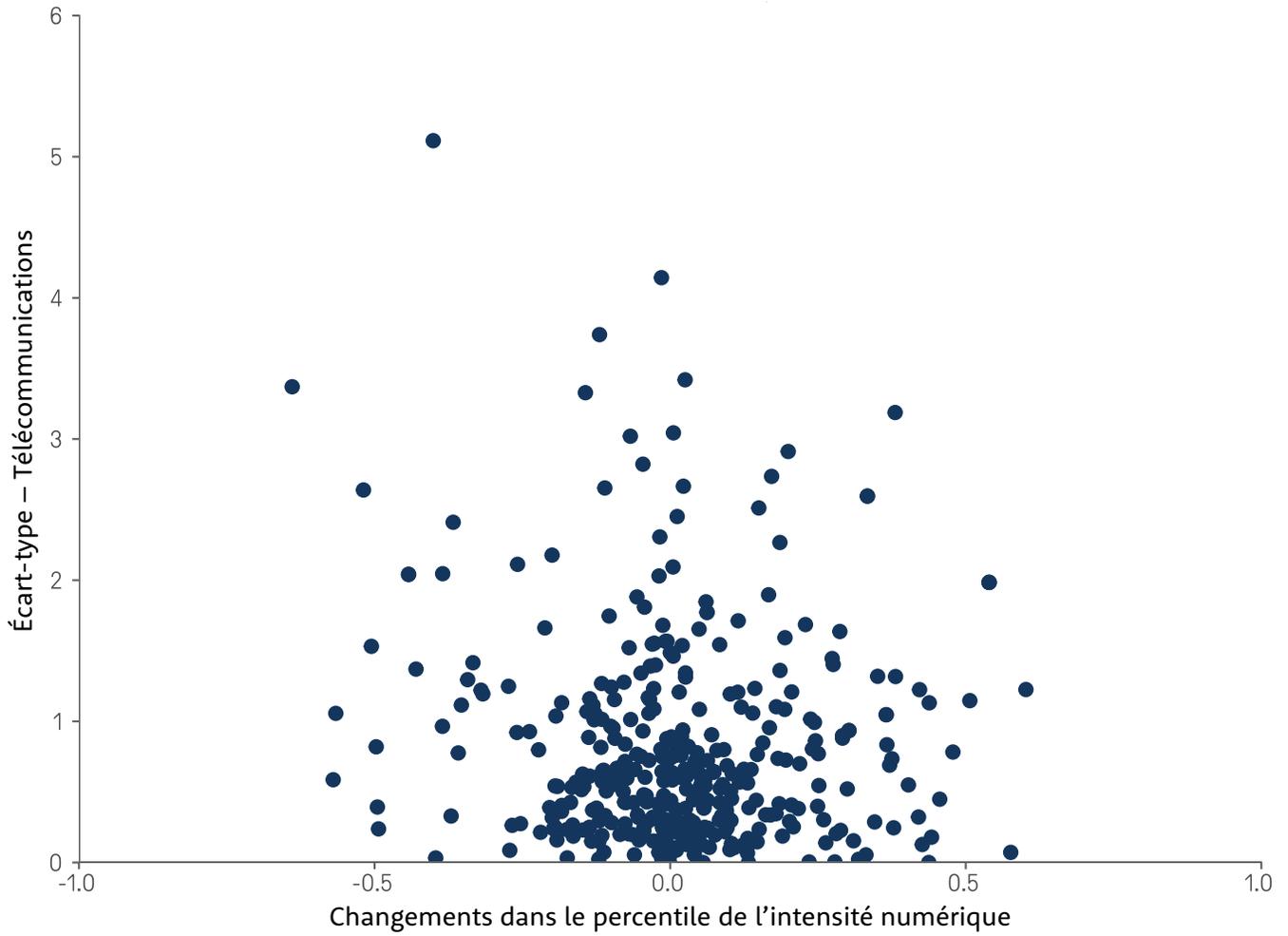
Écart dans le pointage pour l'ingénierie et la technologie, emplois au Canada, 2006-2021



Sources: Calculs des auteurs

Figure 18

Écart dans le pointage pour les télécommunications, emplois au Canada, 2006-2021



Sources: Calculs des auteurs



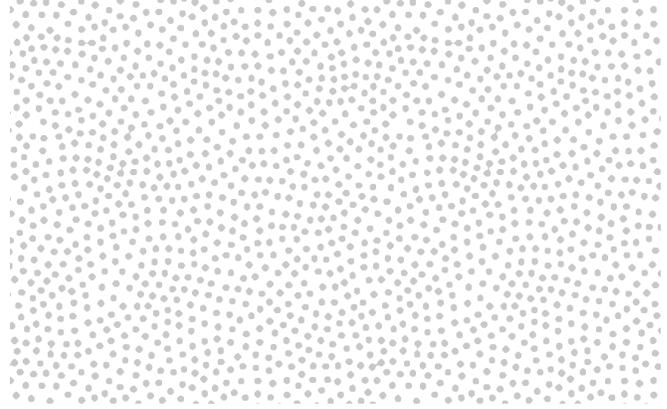
Conclusion



ÉTANT DONNÉ QUE l'innovation et l'avancement des technologies numériques devraient s'intensifier au cours des prochaines années, il est de plus en plus important d'évaluer les fluctuations de la demande de compétences numériques dans différents emplois canadiens au 21^e siècle. L'infonuagique, l'intelligence artificielle, l'Internet des objets (IdO) et les mégadonnées figurent parmi les innovations qui sont appelées à prendre de plus en plus de place dans le domaine des technologies numériques et qui devraient perturber les économies mondiales au cours des prochaines années. Il est essentiel de comprendre les exigences en matière de main-d'œuvre ainsi que leurs fluctuations et leurs tendances au fil des ans pour préparer les travailleurs canadiens aux prochaines vagues de numérisation.

Les données montrent qu'au cours des 15 dernières années, les emplois associés à des tâches plus routinières (agents de gestion immobilière, chefs de train et professionnels de la gestion de l'information sur la santé) avaient fait beaucoup plus de progrès numériques que les autres emplois. Toutefois, les données indiquent également que si nous nous concentrons uniquement sur les cinq dernières années, ce sont les emplois non routiniers qui ont été à l'origine de ces changements, avec une augmentation importante de tous les pointages relatifs aux connaissances et aux compétences numériques.

D'autre part, nous avons constaté que les emplois qui avaient chuté dans le classement au cours des 15 dernières années étaient surtout des emplois qui avaient déjà connu de grandes améliorations dans le domaine de la technologie numérique avant d'atteindre un plateau. Ce phénomène a été abordé pour les emplois du secteur agricole, où la mise en œuvre des technologies numériques avait été relativement plus importante avant 2006. Il permet aussi de faire une observation intéressante. L'adoption de la technologie ne concerne pas seulement l'intégration de la technologie la plus récente disponible (ou qui pourrait être développée) pour faciliter un travail, mais elle dépend plutôt de multiples facteurs comme la disponibilité et les coûts de la main-d'œuvre.



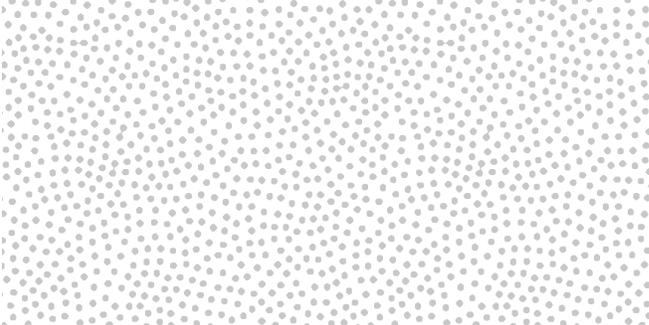
Les données montrent qu'au cours des 15 dernières années, les emplois associés à des tâches plus routinières avaient fait beaucoup plus de progrès numériques que les autres emplois.

Pour explorer davantage l'effet de plateau à l'aide du cadre de complémentarité et de substitution d'Autor, Levy et Murnane (2003), nous avons examiné les changements dans les technologies numériques survenus dans différents groupes de compétences de la CNP. Bien que la technologie soit généralement considérée comme un complément aux emplois de la catégorie du travail cognitif avec tâches non routinières, elle remplace probablement les tâches du travailleur occupant un emploi de la catégorie du travail cognitif et manuel avec tâches routinières, souvent au milieu de la répartition des tâches. Enfin, les technologies ne jouent souvent aucun rôle dans la catégorie du travail manuel avec tâches non routinières; elles ne remplacent pas et ne complètent pas les

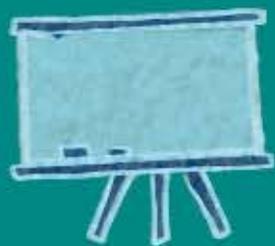
travailleurs. Cette observation a été confirmée par des données; le classement des emplois de cette catégorie a très peu changé.

En général, le classement des dix emplois les plus fortement numérisés en 2006 n'a pas beaucoup changé au cours des 15 dernières années. On observe seulement quelques changements de classement mineurs en 2016 et en 2021. Le fait que ces emplois restent en tête de liste est attribuable aux pointages élevés en conception technique, en ingénierie et technologie, et en programmation. En effet, cinq des dix emplois qui persistent dans le haut du classement sont liés à l'ingénierie et ce sont eux qui affichent les plus grands progrès en matière de technologie numérique.

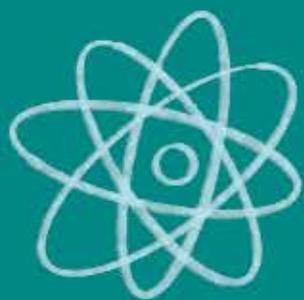
Enfin, nous avons exploré comment les six facteurs professionnels ont contribué aux changements observés dans l'intensité numérique entre 2006 et 2021 (et qui ont surtout touché les emplois avec une prépondérance de tâches routinières). Nous avons constaté que les emplois avec les plus grandes variations sur le plan de l'interaction avec les ordinateurs et de l'informatique et de l'électronique ont connu un déclin relatif de l'intensité numérique, tandis que les emplois avec les plus grandes variations sur le plan de la programmation et de la conception technologique ont connu une augmentation de l'intensité numérique. Cette observation vient renforcer l'hypothèse de polarisation professionnelle le long du spectre des emplois avec tâches non routinières. La malléabilité, la pensée critique et les connaissances dans toutes les compétences sont de plus en plus importantes pour que les travailleurs puissent continuer à travailler avec les technologies numériques de demain.



Sur les cinq dernières années, ce sont les emplois non routiniers qui ont été à l'origine de ces changements, avec une augmentation importante de tous les pointages relatifs aux connaissances et aux compétences numériques.



Bibliographie



- Acemoglu, Daron. « Why Do New Technologies Complement Skills? Directed Technical Change and Wage Inequality », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 113, n° 4 (1998), p. 1055-1089.
- Acemoglu, Daron et David Autor. « Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings », *Handbook of Labor Economics*, vol. 4 (2011), Elsevier, p. 1043-1171.
- Acemoglu, Daron et Pascual Restrepo. « Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labor », *Journal of Economic Perspectives*, vol. 33, n°2 (2019), p. 3-30.
- Almeida, André, Hugo Figueiredo, João Cerejeira, Miguel Portela, Carla Sá et Pedro N. Teixeira. « Returns to Postgraduate Education in Portugal: Holding on to a Higher Ground? », document de travail : institut de recherche économique sur le marché du travail IZA (2017).
- Autor, David H, Frank Levy et Richard J. Murnane. « The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration », *The Quarterly Journal of Economics*, vol. 118, n° 4 (2003), p. 1279-1333.
- Autor, David, H. et David Dorn. « The Growth of Low-Skill Service Jobs and the Polarization of the US Labour Market », *American Economic Review*, vol. 103, n° 5 (2013), p. 1553-1597.
- Bawden, David. « Origins and Concepts of Digital Literacy », *Digital Literacies: Concepts, Policies and Practices*, Colin Lankshear et Michele Knobel (éditeurs), Peter Lang Inc. (2008), p. 17-32.
- Cascio, Wayne F. et Ramiro Montealegre. « How Technology is Changing Work and Organizations », *Annual Review of Organizational Psychology and Organizational Behavior*, vol. 3, n° 1 (2016), p. 349-375.
- Fitzgerald, Deborah. « Beyond Tractors: The History of Technology in American Agriculture ». *Technology and Culture*, vol. 32, n° 1 (1991).
- Forum économique mondial. « The Future of Jobs Report 2020 », octobre 2020. En ligne. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Jobs_2020.pdf.
- Gianinazzi, Silvio, Hannes Schüepp, José Miguel Barea et Kurt Haselwandter. « Mycorrhizal Technology in Agriculture: From Genes to Bioproducts », *Springer Science & Business Media* (2002).
- Gregory, Terry, Anna Salomons et Ulrich Zierahn. « Racing with or Against the Machine? Evidence from Europe », document de travail : centre pour la recherche économique européenne ZEW (2016), p. 16-53.
- King, Anthony. « Technology: The Future of Agriculture », *Nature*, vol. 544 (2017), p. S 21-23.
- Levy, Frank et Richard J. Murnane. « Education and the Changing Job Market », *Educational Leadership*, vol. 62, n° 2 (2004), p. 80.
- Moloney, Clint et Helen Farley. « Digital Skills in Healthcare Practice », *Building Professional Nursing Communication*, Jill Lawrence, Cheryl Perrin, Eleanor Kiernan (éditeurs), Cambridge University Press (2015), p. 155-181.
- O'Donnell, Ian et Mikal Skuterud. « The Transformation of Canada's Temporary Foreign Worker Program », document de travail n° 39 (2021), Canadian Labour Economics Forum, University of Waterloo.

Pratiwy, Fitri Meyllianawaty, Muhamad Dwi Cahya et Yuli Andriani. « Digitalization of Aquaculture: A Review », *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, vol. 10, n° 1 (2022).

Sandrelli, Annalisa et Jesus De Manuel Jerez. « The Impact of Information and Communication Technology on Interpreter Training: State-of-the-Art and Future Prospects », *The Interpreter and Translator Trainer*, vol. 1, n° 2 (2007), p. 269-303.

Sigacheva, Natalya A., Alfiya R. Baranova, Khanif Makaev et coll. « Digitalization of Translation from English into Russian: Analysis and Comparison of Machine Service Quality », *Applied Linguistics Research Journal*, vol. 5, n° 1 (2021), p. 130-136.

Tsacoumis, Suzanne, Chad H. Van Iddekinge. « A Comparison of Incumbent and Analyst Ratings of O*Net Skills », O*Net Resource Centre (2006).

Usman, Muhammad, Muhammad Farooq, Abdul Wakeel, Ahmad Nawaz, Sardar Alam Cheema, Hafeez ur Rehman, Imran Ashraf et Muhammad Sanallah. « Nanotechnology in Agriculture: Current Status, Challenges and Future Opportunities », *Science of the Total Environment*, p. 721 (2020), 137778.

Van Laar, Ester, Alexander J. A. M. Van Deursen, Jan A. G. M. Van Dijk et Jos De Haan. « The Relation between 21st-Century Skills and Digital Skills: A Systematic Literature Review », *Computers in Human Behavior*, vol. 72 (2017), p. 577-588.

Vu, Viet, Creig Lamb et Asher Zafar. « Who Are Canada's Tech Workers? », Institut Brookfield pour l'innovation + l'entrepreneuriat (2019).

Notes de fin



- 1 La moyenne harmonique est un type de moyenne calculée pour nos données – la moyenne calcule l'inverse de la moyenne calculée pour les réciproques de chaque valeur. La moyenne est utilisée parce qu'elle est moins sensible à l'existence de valeurs prédominantes et qu'elle favorise la constance.
- 2 La mise à l'échelle min-max est une méthode servant à normaliser un ensemble de données sur un intervalle spécifié [0-1]. On fait le calcul en soustrayant le point de données minimal de l'ensemble de chaque point de données, et en divisant le résultat par la différence entre le point de données maximal et le point de données minimal de l'ensemble.
- 3 Il est important de noter que ces niveaux de compétence ne suggèrent pas une hiérarchie des compétences, mais classent généralement le niveau de préparation (sur le plan des qualifications officielles ou des années d'expérience) requis pour exécuter l'emploi.

