

# PERSPECTIVE

## Les technologies de rupture : plus que des questions économiques



Que ce soit comme consommateur, travailleur, entrepreneur ou membre d'un gouvernement, chacun a l'impression d'être au centre d'une bousculade technologique tellement les développements sont nombreux et se précipitent. On ne sait où porter le regard, comment agir et par où commencer pour tirer profit de ces avancées. À cela s'ajoutent les défis de mesurer l'apport de ces nouvelles technologies dans l'économie et de comprendre comment elles la transforment. Même si les découvertes et les applications se multiplient de façon quasi exponentielle, il faut prendre le temps de mieux comprendre ce qui s'en vient. Les pronostics sont majoritairement favorables quant à leurs effets sur l'économie et sur le bien-être des populations. Après analyse, on constate rapidement que les aspects économiques de ces technologies renvoient aux humains et à des questions de redistribution de la richesse, de vie privée, de sécurité et de propriété intellectuelle.

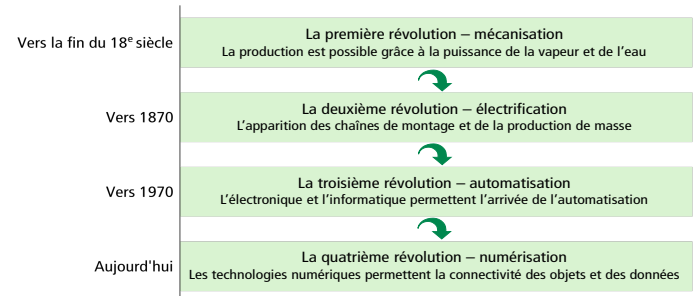
### Nommer le phénomène présente déjà un défi

Le foisonnement actuel de découvertes et de développements technologiques amène avec lui bien des tentatives pour qualifier le mouvement ou pour nommer les technologies elles-mêmes. Pour bon nombre d'observateurs, la période actuelle peut être qualifiée de quatrième révolution industrielle. La première étant la mécanisation rendue possible grâce à la puissance de la vapeur et de l'eau à la fin du 18<sup>e</sup> siècle (encadré 1). La seconde correspond à l'électrification, vers la fin du 19<sup>e</sup> siècle, et la troisième, à l'automatisation, où l'électronique et l'informatique travaillent de concert. La quatrième serait la numérisation, où les technologies numériques permettent la connectivité des objets et des données. Il s'agit d'une vision qui touche principalement à la production des biens.

D'autres ne relient pas nécessairement les développements actuels avec l'histoire du développement économique et ils proposent une vision qui dépasse le secteur de la fabrication pour englober tous les aspects de la vie humaine, où les frontières physiques, sociales et biologiques sont abolies. Ces technologies sont dites « perturbatrices » ou « de rupture ». La réalité que couvrent ces appellations est sensiblement la même : il s'agit de technologies qui bousculent l'ordre établi et pas juste un peu... La notion de rupture n'est pas nouvelle. On l'attribue à Clayton Christensen, un professeur de management aux États-Unis qui a utilisé l'équivalent anglais *disruptive* dans un

### ENCADRÉ 1

#### Les révolutions industrielles



Source : Banque de développement du Canada

ouvrage publié dans les années 1990, *The Innovator's Dilemma*. Grosso modo, on pourrait résumer ainsi son propos : les entreprises actuelles qui ont de bonnes assises sont appelées à se faire déstabiliser (*disrupt*) par de nouvelles venues qui n'auront pas les mêmes contraintes (par ex. : rentabiliser les investissements effectués, composer avec les employés déjà en place, respecter les engagements contractuels, utiliser les équipements non entièrement amortis, etc.) et qui pourront utiliser pleinement les nouvelles technologies pour conquérir les marchés.

François Dupuis, vice-président et économiste en chef • Mathieu D'Anjou, économiste en chef adjoint • Joëlle Noreau, économiste principale

Desjardins, Études économiques : 418-835-2450 ou 1 866-835-8444, poste 5562450 • desjardins.economie@desjardins.com • desjardins.com/economie

NOTE AUX LECTEURS : Pour respecter l'usage recommandé par l'Office québécois de la langue française, nous employons dans les textes et les tableaux les symboles k, M et G pour désigner respectivement les milliers, les millions et les milliards. MISE EN GARDE : Ce document s'appuie sur des informations publiques, obtenues de sources jugées fiables. Le Mouvement des caisses Desjardins ne garantit d'aucune manière que ces informations sont exactes ou complètes. Ce document est communiqué à titre informatif uniquement et ne constitue pas une offre ou une sollicitation d'achat ou de vente. En aucun cas, il ne peut être considéré comme un engagement du Mouvement des caisses Desjardins et celui-ci n'est pas responsable des conséquences d'une quelconque décision prise à partir des renseignements contenus dans le présent document. Les prix et les taux présentés sont indicatifs seulement parce qu'ils peuvent varier en tout temps, en fonction des conditions de marchés. Les rendements passés ne garantissent pas les performances futures, et les Études économiques du Mouvement des caisses Desjardins n'assument aucune prestation de conseil en matière d'investissement. Les opinions et les prévisions figurant dans le document sont, sauf indication contraire, celles des auteurs et ne représentent pas la position officielle du Mouvement des caisses Desjardins. Copyright © 2019, Mouvement des caisses Desjardins. Tous droits réservés.

### Une foison de nouvelles applications technologiques

L'étourdissement que l'on peut ressentir actuellement vient du nombre colossal d'applications des technologies numériques dans tous les domaines de la vie. Le fourmillement de nouveaux développements est tel qu'il est difficile de s'y retrouver. Nombre de firmes de recherche, d'analyse et de consultation font même appel à des groupes d'experts afin d'établir des palmarès identifiant celles qui sont susceptibles de provoquer le plus de bouleversements. Chaque groupe parvient à bâtir un classement des technologies jugées plus marquantes que d'autres. Toutefois, à la lumière des différentes listes consultées, on constate que les choix diffèrent en fonction des préoccupations de ceux qui établissent ces classements.

Les avis sont partagés selon que les experts qui se prononcent sont préoccupés par les questions de santé, par la production industrielle, par les enjeux énergétiques ou, encore, par le traitement de l'information (données, sons, images). Après consultation de quelques listes, on constate qu'il y a une pléthore de technologies qui sont retenues et qui sont considérées comme « de rupture ». Bref, on est loin de l'unanimité. Toutefois, parmi l'éventail des possibilités, il y a quelques points de convergence

dans les choix de groupes qui se sont prononcés publiquement. À ce titre, l'intelligence artificielle (encadré 2), les objets connectés (encadré 3), la robotique avancée ainsi que la réalité virtuelle ou augmentée (encadré 4 à la page 3) sont mentionnés par une majorité. Parmi les autres technologies, numériques ou autres, identifiées et susceptibles de changer complètement les façons de faire, on a également mentionné la mobilité (véhicules autonomes, notamment), la génomique<sup>1</sup>, l'impression en trois dimensions, les drones, les diagnostics avancés, la médecine personnalisée, les algorithmes pour les calculateurs quantiques (ou ordinateurs quantiques), pour ne nommer que celles-là.

Là où les chercheurs, les analystes et les consultants se rejoignent, c'est dans leur appel à l'action. Ils mentionnent l'importance de ne pas rester cantonnés dans les technologies actuelles et d'entamer des changements. À leurs yeux, tous doivent réagir : entreprises, travailleurs, gouvernements et institutions. Toutefois, avant de faire des choix, il convient de réfléchir aux questions suivantes : pourquoi faire des changements et à l'avantage de qui?

<sup>1</sup> La génomique est la science qui vise à élucider et à comprendre toute l'information génétique d'un organisme (humain, animal, végétal ou microorganisme) codé dans son ADN et les molécules connexes (soit l'ARN et les protéines) – Génome Canada.

#### ENCADRÉ 2

##### L'intelligence artificielle

Les données sont le carburant de l'intelligence artificielle (IA). Grâce à elles, l'IA permet de bâtir des modèles d'analyse et de prévisions dans le but de développer des applications qui peuvent s'adapter et qui peuvent apprendre par l'expérience. Deux caractéristiques peuvent être accolées à l'IA : vélocité et transversalité. Les développements sont très rapides et les applications touchent tous les aspects de la vie.

On attend de l'IA qu'elle aide, notamment, à prendre de meilleures décisions, que ce soit en entreprise, dans les milieux gouvernementaux (municipaux, régionaux, nationaux et internationaux), en santé, en recherche, etc. Bref, les domaines d'application sont infinis. C'est le sujet de l'heure en matière de technologie de rupture, tant les développements sont grands et les promesses, gigantesques. L'intelligence artificielle suscite actuellement beaucoup de craintes parce qu'elle est méconnue. Ceux qui en font la promotion la voient non pas comme une faucheuse d'emplois, mais comme un outil permettant d'augmenter la performance des entreprises et des organisations.

Fait à noter, Montréal est un pôle de recherche très important. Un des chercheurs à la tête de ce pôle est Yoshua Bengio, pionnier en apprentissage profond. Il est le récipiendaire, avec deux autres collègues, du prix Turing 2018 (considéré comme le « prix Nobel de l'informatique ») qui sera remis en juin prochain.

#### ENCADRÉ 3

##### Les objets connectés

« L'Internet des objets caractérise des objets physiques connectés ayant leur propre identité numérique et capables de communiquer les uns avec les autres », [Futura Tech](#). Les exemples sont multiples : on peut penser à des capteurs qui permettent de tracer le parcours d'un stock ou des diverses marchandises en transit. Dans la gestion des bâtiments, il peut s'agir de compteurs intelligents, de systèmes de sécurité connectés à des appareils permettant de détecter des fuites d'eau ou de gaz à distance. En santé, il y a les montres connectées et le monitoring des signes vitaux à distance, pour ne nommer que ceux-là. En environnement, des capteurs permettent de surveiller la qualité de l'air, notamment. En industrie, certains croient que l'utilisation de l'Internet des objets, à des fins de prévention, permettrait de diminuer le temps d'arrêt des machines (pour les bris, notamment) jusqu'à 50 %. Dans la production manufacturière, on peut facilement imaginer que des contrôles de qualité soient faits avant la sortie d'un bien de la chaîne de montage grâce à des capteurs intégrés dans différentes composantes. On réduirait considérablement les retours de marchandises en raison de défauts de fabrication. Plus près du quotidien, les appareils comme l'Assistant Google et Alexa s'intègrent à la vie domestique et permettent, entre autres, de contrôler les thermostats, de démarrer des électroménagers ou d'amorcer des achats.

#### ENCADRÉ 4

##### La réalité virtuelle et la réalité augmentée

« La réalité virtuelle plonge l'utilisateur dans un monde virtuel, modélisé en trois dimensions, dans lequel il est possible de se déplacer et d'interagir »<sup>2</sup>. On a recours à un casque et à des capteurs de mouvement. Certains jeux vidéo en sont une belle illustration. De même, des destinations de vacances ont mis au point des expériences de réalité virtuelle permettant de visiter des endroits de rêve ou des sites historiques sans se déplacer physiquement dans le but d'attirer des visiteurs.

La réalité augmentée est une technologie qui permet de superposer des informations tels des images ou des textes et même des éléments en trois dimensions à la réalité. Les systèmes de modélisation permettant l'aménagement d'une pièce d'un logement par l'ajout de meubles en sont un exemple et l'essai de vêtements sans passer par la cabine d'essayage en est un autre.

De façon très simple, voire simpliste, s'il fallait résumer en un mot chacune de ces réalités pour les différencier, on pourrait parler d'immersion dans le premier cas et de surimpression dans le second.

<sup>2</sup> Jérémie PIROTTE, *Quelles différences entre réalité augmentée, virtuelle et mixte?*, Realite-virtuelle.com, Ecosystème, 15 avril 2016.

#### Les répercussions attendues

Au chapitre des effets attendus ou potentiels, on a déjà un aperçu des changements à venir. Sur le marché du travail, on peut d'ores et déjà anticiper que l'automatisation changera la nature des tâches qui seront désormais confiées aux humains comme lors de l'introduction des premiers robots dans les usines. Sachant cela, certains travailleurs voient déjà leur emploi disparaître (dans la vente au détail, notamment, comme l'a identifié le Brookfield Institute dans ses travaux). Quel pourcentage? Cela reste encore à déterminer. La question a déjà été abordée dans un précédent *Perspective* publié en septembre 2016. Depuis, on voit sporadiquement apparaître des études sur le sujet où il est de plus en plus question de tâches plutôt que d'emplois. En contrepartie, de nouvelles fonctions sont créées. On peut penser à des concepteurs dans les domaines de la réalité virtuelle et augmentée, à des gestionnaires de plateformes et même à des « nettoyeurs de données », qui ont pour fonction d'enlever les doublons et de corriger des informations dans des bases de données. Ce n'est là qu'un maigre aperçu des nouveaux métiers qui sont apparus plus récemment.

Par ailleurs, il y aura des gagnants et des perdants, à l'image de ce qui s'est produit dans la mondialisation des marchés. On peut s'attendre à ce que toutes les répercussions financières ne soient pas réparties également. Il faudra prévoir une façon de redistribuer les retombées positives de ces changements technologiques et de pallier les effets négatifs. C'est pourquoi il est important de savoir où se font les gains et les pertes.

Les effets dépasseront largement les domaines où les changements seront implantés. On peut penser au secteur culturel (contenus visuels, musicaux, etc.) où le milieu créatif et ceux qui gèrent les nouvelles plateformes de diffusion sont en train d'établir leur rôle respectif. Les relations entre les créateurs, les éditeurs de contenu et les compagnies de technologie sont redéfinies et cela soulève des questions importantes sur la propriété, les redevances et les modes de diffusion, pour ne citer que celles-là.

L'arrivée des technologies perturbatrices amène aussi à réfléchir sur des enjeux aussi variés que la protection de la vie privée et les vols d'identité, la sécurité des personnes, des lieux, des systèmes et des données, l'intégrité des processus démocratiques, la propriété intellectuelle des découvertes ou innovations résultant de travaux en mode collaboratif, le détournement possible des chaînes de production (*hacking*), l'application de la fiscalité, les manipulations génétiques, et les choix éthiques dans des domaines tels que la santé ou la prévention des accidents.

D'autres défis se posent, dont celui de la mesure de l'apport des nouvelles technologies à l'économie et au bien-être. Contribuent-elles à diminuer les prix ou à les hausser? Sous estime-t-on la croissance? Voilà des questions qui ne trouvent pas encore de réponses précises.

#### Prendre la mesure du phénomène

Ce n'est pas un fait nouveau, la mesure du PIB ne permet pas de capter toute la croissance et le progrès d'une économie et nous avons déjà traité de cette question à l'automne 2018 dans un *Point de vue économique*. Cela est vrai pour le développement humain et pour l'appréciation du bien-être d'une population. De même, il est très difficile de capter, à l'heure actuelle, l'effet positif ou négatif des technologies perturbatrices. Malgré les écueils, des organismes comme la Banque du Canada (BdC) et Statistique Canada s'intéressent à la numérisation de l'économie et aux effets qu'elle peut induire.

On sait que le numérique bouleverse la façon d'acheter (en ligne comparativement à en magasin), de consommer de la musique (achat de pièces sur iTunes ou Spotify et de services payants d'écoute en continu par opposition à l'achat d'albums physiques et de billets de concert à un guichet), de faire des transactions financières (sur un téléphone intelligent), de soigner (télé médecine) ou, encore, de produire des biens (imprimantes à trois dimensions, objets interconnectés, contrôle de la qualité

à distance, maximisation dans l'usage des matières premières, réduction des déchets, etc.), pour ne donner que ces exemples.

Dans un [discours](#) prononcé en septembre 2018, le gouverneur de la BdC, Stephen Poloz, a fait état des préoccupations de la BdC en regard des technologies numériques et du fait qu'elle s'y intéressait de près depuis quelques années. Il a présenté plusieurs constats, dont les suivants : le numérique bouleverse la façon dont on prend le pouls de l'économie et il faut s'adapter. Bien que nombreux soient ceux qui suivent le mouvement, le rythme d'adaptation diffère tant chez les personnes, les entreprises, les gouvernements que les organisations. À la BdC, on estime que la révolution numérique porte en elle une réelle création de valeur. Cette dernière passe, notamment, par cinq canaux différents. Il y a d'abord la hausse des profits. Cette hausse se reflète dans la capitalisation boursière en croissance presque exponentielle dans les secteurs de la conception des systèmes informatiques et services connexes. Viennent ensuite l'augmentation des salaires réels (une fois que l'on a pris en compte l'inflation), la création de nouveaux types d'emplois, les emplois générés par les dépenses des titulaires de ces nouveaux emplois (effet multiplicateur : dans les ventes au détail, la construction, l'entretien, la restauration, etc.) et, finalement, la croissance et les bénéfices induits dans l'ensemble de l'économie.

Toutefois, ces retombées sont difficiles à mesurer. Seulement au chapitre de la variation des prix, on parle de plus en plus de « l'effet Amazon ». Il s'agit en fait de la mise en vitrine des biens et des services via les plateformes numériques qui permettent une plus grande comparaison des prix et une concurrence accrue. Dans quelle proportion cet effet contribue-t-il à réduire le taux d'inflation? Difficile à dire. Par ailleurs, la façon dont les entreprises investissent évolue : il fut un temps où investir se traduisait nécessairement par l'acquisition d'équipements et par la construction d'usines ou de bureaux. Maintenant, investir en informatique peut se faire par l'achat de services d'infonuagique, par l'acquisition d'applications numériques ou par l'embauche d'informaticiens. Dans les faits, on ne peut utiliser les outils de mesure du passé : il faut en mettre au point de nouveaux mais, pour cela, il faut savoir comment se font désormais les investissements et les transactions.

Statistique Canada fait à son tour des [constats](#) qui ressemblent à ceux de la BdC : la dématérialisation de l'économie complique singulièrement les choses lorsque vient le temps d'ausculter l'économie. Par exemple, même si le commerce en ligne est une pratique qui est apparue il y a déjà plusieurs années, on peine à en saisir tous les contours et à inclure les achats faits par des Canadiens sur certains sites d'achat en ligne à l'étranger.

Cela n'est qu'un aspect de la dématérialisation de l'économie. On peut se demander comment mesurer l'incidence des formations gratuites sur Internet, des locations (appartements, maisons, chalets, etc.) entre particuliers, du marché de seconde main, du télétravail et des consultations en ligne, pour ne nommer

que ces nouvelles réalités. Aux réalités modernes il faudra répondre par des outils de mesure modernes : images satellites pour les cultures agricoles, extractions des sites Web pour avoir un meilleur aperçu des prix, intelligence artificielle pour traiter et compiler ces masses de données, etc. Les outils de mesure n'évoluent pas à la même vitesse que ces phénomènes et sont donc un pas ou deux en retard par rapport à la réalité même si des efforts sont faits pour rattraper le mouvement. Ce constat peut amener à penser que la croissance qualifiée « d'anémique » depuis le début du millénaire ne l'est peut-être pas autant qu'il n'y paraît et que les gains de production et de productivité sont peut-être sous-estimés. Plusieurs éléments peuvent concourir à une amélioration du niveau de vie de la population et à la croissance du PIB, mais on mesure difficilement leur apport à l'heure actuelle même si celui-ci est bien réel. La réduction des coûts de production par l'automatisation de certaines opérations et une plus grande visibilité dans les prix affichés partout sur le Web, qui permet de contenir des hausses et stabiliser l'inflation, en sont des exemples. On sait peu de choses sur le caractère cumulatif des différentes technologies, mais on pressent que l'effet serait positif. Par ailleurs, il reste à mieux apprécier les bienfaits attendus des percées scientifiques susceptibles d'améliorer la santé humaine et la prise de décisions (dans des domaines aussi divers que la production agricole ou les situations d'urgence), de renforcer le suivi des milieux naturels ou de perfectionner la gestion des ressources hydriques. Tous ces exemples montrent la diversité de progrès attendus susceptibles de créer de la valeur économique et plus de bien être pour les populations.

Toutefois, ce n'est pas la première fois que l'on se butte à des difficultés de mesure. Il a fallu être créatif pour prendre le pouls du secteur du tourisme au Canada, de celui de la culture ou, encore, pour estimer l'activité économique souterraine et l'on y est parvenu.

### Lorsqu'on regarde en avant

On sait d'ores et déjà que le marché du travail est en transformation et que la rareté de main-d'œuvre actuelle pourrait précipiter certaines actions, dont la robotisation avancée. Il y aura, certes, des pertes d'emplois et la création de nouveaux. Au chapitre des pertes, on a identifié les emplois répétitifs et dangereux comme étant plus menacés. Toutefois, la plupart des analystes insistent sur le fait qu'il faut dès à présent suivre des formations plus fréquemment pour se maintenir sur un marché du travail qui est déjà en perpétuel changement. Cette tâche n'incombe pas qu'aux travailleurs, disent-ils, c'est aussi une responsabilité des entreprises et des gouvernements, qui verront à faciliter cette mise à jour.

Les firmes de consultation convergent dans leur vision des technologies de rupture : elles insistent sur le fait que les dirigeants des sociétés et des entreprises qui veulent les adopter doivent d'abord se préparer. Bien que la course à l'adoption de ces nouveaux outils soit entamée et que chacun cherche à

détenir le statut de précurseur, investir dans la connaissance de ces technologies est un incontournable.

Il faut d'abord savoir et comprendre ce qu'elles peuvent faire pour qu'elles soient au service des objectifs poursuivis et non le contraire. La réflexion s'impose afin d'évaluer si l'adoption, ou non, de ces outils peut nuire ou propulser les avantages comparatifs dont disposent déjà les entreprises et les sociétés. On ne peut occulter les questions sur les effets qu'auront les changements dans la relation avec les clients ou les citoyens, chez les employés et sur les valeurs de l'entreprise (de la société, de l'organisme, de l'autorité gouvernementale, etc.).

D'autres questions se posent, dont celle des avantages dont disposent les géants du Web (Google, Apple, Facebook, Amazon et Microsoft : GAFAM) à cause des effets monopolistiques de leurs réseaux numériques et de leurs moyens financiers colossaux. Quelle place reste-t-il pour les entreprises en démarrage? Quel avenir surtout? L'acquisition par un des membres du GAFAM est-elle le seul horizon qui accompagnera leur succès?

Comment gérer les nouveaux risques? Quel équilibre établir entre le progrès annoncé, la sécurité des informations et le respect de la vie privée? Quelles règles prévaudront en matière de propriété intellectuelle? Comment cohabiteront les travailleurs en usine avec des robots collaboratifs (appelés cobots) susceptibles de prendre des initiatives? Cette dernière interrogation renvoie à la santé et à la sécurité ainsi qu'aux besoins de formation de ceux qui côtoieront ces nouveaux « collègues ».

Enfin, s'il y a des promoteurs des technologies de rupture, il y a aussi des détracteurs et des sceptiques. L'unanimité ne règne pas partout, notamment en ce qui a trait à l'intelligence artificielle. À l'heure où le sujet est traité sous toutes ses coutures et sur toutes les tribunes, certains estiment qu'on en a déjà trop parlé et que les développements actuels sont davantage une « [version déformée de l'innovation](#) » ou de simples perfectionnements de techniques ou de technologies existantes plutôt qu'une véritable révolution.

Il y a également ceux qui se penchent sur les coûts sociaux et sur la nature du travail que commandent les technologies de rupture. On perçoit déjà de nouveaux problèmes. Il est question ici de « travail numérique » (et non informatique), qui ne requiert pas une grande expertise et qui, en contrepartie, ne reçoit pas une forte rémunération, au contraire<sup>3</sup>. On parle ici de la division du travail en de petites opérations comme la collecte de données, l'identification et le classement de contenu ou la mise de mots sur des images. Ce travail peut être fait en mode autonome à partir du domicile du travailleur. Il existe également ce qui est qualifié de « fermes à clics », où l'on regroupe ces travailleurs

dans d'anciennes usines désaffectées dans certains pays de l'hémisphère sud. Ces réalités n'effacent pas les bienfaits que l'on peut tirer de l'intelligence artificielle et des autres technologies de rupture. Cependant, elles font prendre conscience que tous ne tirent pas le gros lot.

### Au-delà de l'économie : les personnes

Le potentiel de développement des technologies de rupture est énorme. Ce que l'on décidera d'en faire fera toute la différence. Il est difficile d'imaginer ce qu'il en sera. On peine déjà à mesurer les premières manifestations. Certains sont déjà essoufflés par la vitesse de transformation de l'économie. Il faut pourtant prendre le temps de réfléchir aux objectifs poursuivis par l'adoption de ces technologies et à leur effet sur les gens et sur la société.

Pour la majorité de ceux qui analysent et commentent le mouvement actuel, les changements à venir se solderont par des gains. Par ailleurs, les pronostics sont majoritairement favorables quant à leurs effets sur l'économie et le bien-être des populations. Cela renvoie immédiatement au partage de ces bénéfices parce qu'on peut se douter que tous n'en tireront pas avantage de la même façon. Gare à ceux qui s'estiment fatigués d'entendre parler des technologies de rupture. Les débats ne font que commencer.

Joëlle Noreau, économiste principale

<sup>3</sup> Diane BÉRARD, [IA : les fermes à clics remplacent les Sweatshops](#), *Les Affaires*, 21 mars 2019.