

TECHNOLOGIES TRANSFORMATRICES ET EMPLOIS DE L'AVENIR

*Rapport de référence
en vue de la Réunion des
ministres de l'Innovation du G7
sous la présidence canadienne*

MONTREAL, CANADA
27-28 MARS 2018

Le présent rapport est publié sous la responsabilité du Secrétaire général de l'OCDE. Il a été préparé par la Direction de la science, de la technologie et de l'innovation, sous la conduite de Mme Gabriela Ramos, Directrice de Cabinet du Secrétaire général de l'OCDE et Sherpa, à la demande de la présidence canadienne du G7 en vue de la Réunion des ministres de l'Emploi et de l'Innovation du G7 qui se tiendra les 27 et 28 mars 2018 à Montréal (Canada) sur le thème « Se préparer aux emplois de l'avenir ». Les opinions et les arguments qui y sont exposés ne reflètent pas nécessairement les vues des pays membres de l'OCDE ou du G7.

Ce document et toute carte qu'il peut comprendre sont sans préjudice du statut de tout territoire, de la souveraineté s'exerçant sur ce dernier, du tracé des frontières et limites internationales, et du nom de tout territoire, ville ou région.

Les données statistiques concernant Israël sont fournies par et sous la responsabilité des autorités israéliennes compétentes. L'utilisation de ces données par l'OCDE est sans préjudice du statut des hauteurs du Golan, de Jérusalem-Est et des colonies de peuplement israéliennes en Cisjordanie aux termes du droit international.

Table des matières

Liste des acronymes	4
Résumé et recommandations	5
L'incidence des technologies transformatrices sur l'économie et les sociétés	5
Intelligence artificielle.....	6
Innovation inclusive	7
Se préparer aux emplois de l'avenir	7
Améliorer la mesure de la transformation numérique.....	8
1. Contexte	9
2. Technologies transformatrices	13
Intelligence artificielle.....	13
Internet des objets.....	15
Technologie des chaînes de blocs.....	16
Quelques incidences	17
3. Transformation économique et société.....	18
Réduire les fractures	18
Répercussions à l'échelle de la société.....	20
4. Innovation inclusive	22
La contribution des politiques industrielles et d'innovation	22
Technologies numériques et intégration des PME	23
Inclusion et régions infranationales.....	24
Favoriser l'inclusion sur fond de mutations technologiques rapides	25
5. Leviers d'action et problèmes tenant à la demande et à l'offre de main-d'œuvre	26
Références	28

Graphiques

Graphique 1. Abonnements au haut débit mobile et utilisation des données mobiles dans les pays du G7	9
Graphique 2. Croissance de la productivité du travail à long terme	10
Graphique 3. Écarts de croissance de la productivité multifactorielle.....	12
Graphique 4. Brevets liés à l'intelligence artificielle déposés par des sociétés figurant parmi les 2 000 entreprises qui investissent le plus dans la R-D, par secteur, 2012-14	14
Graphique 5. Écart d'adoption de l'internet selon le niveau d'instruction, 2016	18
Graphique 6. Le risque moyen d'automatisation varie selon les secteurs.....	19
Graphique 7. Part de l'emploi non répétitif et intensité des tâches liées aux TIC, 2012 ou 2015	26

Liste des acronymes

DPI	droits de propriété intellectuelle
Go	gigaoctet
IA	intelligence artificielle
IdO	internet des objets
IP5	cinq grands offices de la propriété intellectuelle
NFI	Nouvelle France industrielle (France)
NSS	<i>National Security Strategy</i> (États-Unis)
PIB	produit intérieur brut
PME	petites et moyennes entreprises
R-D	recherche et développement
R-I	recherche et innovation
STIM	sciences, technologies, ingénierie et mathématiques
TIC	technologies de l'information et des communications

Résumé et recommandations

Le présent rapport met l'accent sur les incidences de la transformation numérique sur les emplois et la productivité. Il a été conçu pour éclairer la discussion des ministres de l'Innovation au sommet du G7 de 2018 dans le cadre du volet sur l'innovation et l'emploi : « Se préparer aux emplois de l'avenir ». Il vient compléter la note de discussion sur l'avenir du travail qu'a préparée l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) pour appuyer la réunion parallèle des ministres responsables du Travail et de l'Emploi au sommet du G7, qui visera à examiner spécifiquement comment les politiques et les pratiques conçues pour le monde du travail du XX^e siècle doivent être adaptées pour veiller à ce qu'il y ait des possibilités d'emploi justes et gratifiantes pour tous à l'avenir.

Le sommet du G7 joue un rôle important quant à la sensibilisation accrue à la transformation en cours et il permet la mise en commun des expériences sur la meilleure façon d'exploiter les possibilités tout en abordant efficacement les défis. Un tel échange pourrait être axé sur la conception, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques. L'OCDE peut apporter son aide sur ce plan et agir en qualité de centre d'échange pour la diffusion des pratiques exemplaires et des pratiques fondées sur des preuves.

Au-delà de l'échange de renseignements, le sommet du G7 peut faciliter la collaboration sur **la résolution des enjeux communs qui sont de nature internationale**. Quatre enjeux ont grandi en importance dans le cadre du programme d'élaboration des politiques : i) s'assurer que l'économie et les sociétés tirent parti des meilleurs avantages possible des technologies transformatrices, y compris de l'importance grandissante des données; ii) établir une approche commune quant à l'application de l'intelligence artificielle (IA); iii) encourager l'innovation inclusive; et iv) se préparer pour les emplois de l'avenir. De plus, on ressent un besoin primordial d'améliorer la mesure de la transformation numérique afin d'établir des données probantes pour permettre la prise de décisions plus efficace en ce qui a trait à ces quatre enjeux politiques. L'OCDE est disposée à contribuer aux discussions du sommet du G7, à faire progresser le dialogue avec les intervenants et à appuyer la mise en œuvre de politiques fondées sur les données probantes dans ces domaines. Les messages clés à tirer du rapport sont énoncés ci-dessous.

L'incidence des technologies transformatrices sur l'économie et les sociétés

- Une **transformation numérique de grande envergure**, qui touche tous les secteurs économiques, est en cours. Cette transformation se caractérise par la connectivité presque universelle et l'informatique omniprésente, et elle est fondée sur la production et l'utilisation d'une vaste quantité de données.
- Cette transformation a des **incidences** positives sur la **productivité** de nombreuses sociétés, mais elle ne s'est pas encore traduite par une croissance améliorée de la productivité pour l'ensemble de l'économie. Des incidences plus importantes pourraient se manifester en raison des efforts stratégiques déployés en vue d'encourager une diffusion plus répandue des technologies numériques à toutes les sociétés, et plus particulièrement aux petites et moyennes entreprises (PME); des investissements plus importants à l'égard des actifs complémentaires essentiels comme le perfectionnement des compétences au niveau de l'entreprise, le changement organisationnel et l'innovation des procédés; de même que du soutien accordé à l'apport d'autres changements structurels pour permettre la croissance de nouveaux modèles d'entreprise et d'entreprises hautement numériques.
- La grande diversité des changements technologiques crée une grande **incertitude** à l'égard de leur orientation et des incidences futures. En effet, les prédictions par rapport à l'échéancier technologique sont souvent inexactes et la surestimation des incidences à court terme est commune.
- La liste des technologies transformatrices est longue, mais certaines technologies ont le potentiel d'avoir une **portée particulièrement grande**, notamment l'IA, l'Internet des objets et la chaîne de blocs. Ces trois technologies

transformatrices présentent des caractéristiques communes, par exemple leur dépendance à des ensembles de données volumineux et à un large éventail de technologies numériques. Elles ont également un fort potentiel d'améliorer la conception, la mise en œuvre et l'évaluation des politiques d'intérêt public.

- Une plus grande **convergence des technologies** peut être appuyée par la collaboration interdisciplinaire, notamment dans les domaines interdisciplinaires de la formation et de la recherche et du développement (R-D). Davantage de travail doit être réalisé par les pays du G7 pour mettre de côté les dispositions institutionnelles et organisationnelles monodisciplinaires établies depuis longtemps en ce qui a trait au financement et à l'exécution de la R-D. De nouveaux espaces multidisciplinaires, comme des grappes, peuvent appuyer cette convergence.
- **La recherche du secteur public** est souvent essentielle pour appuyer le développement des technologies transformatrices. Les nouvelles technologies présentent de nombreux risques et soulèvent souvent des questions d'éthique.
- Non seulement l'élaboration de la **technologie** est importante, mais la **diffusion efficace** de celle-ci l'est également. Certaines institutions, notamment celles qui offrent des services d'extension de la technologie, peuvent jouer un rôle important pour appuyer le processus de diffusion, mais leurs services ont tendance à se voir accorder une faible priorité dans les politiques actuelles en matière d'innovation.
- **Les données sont l'essence de la transformation numérique** et elles constituent de plus en plus la base du commerce et de l'économie globale, ainsi que des sciences et de l'innovation. Les pays adoptent différentes approches par rapport à la gestion des risques à la sécurité numérique et à la confidentialité, de même qu'aux défis communs associés à la mise à niveau de leurs contextes de réglementation par rapport à l'ère numérique. La valeur de la discussion multilatérale et multipartite sur les données et sa gouvernance ne peut pas être surestimée.

Intelligence artificielle

- Le **débat international sur l'IA** s'est fortement intensifié au cours des récentes années. Dans la déclaration ministérielle présentée à Takamatsu en avril 2016 (G7, 2016), les ministres chargés des TIC ont convenu de la nécessité de faciliter la R-D et l'adoption de nouvelles technologies, dont l'IA, et de s'assurer que les cadres politiques tiennent compte des vastes retombées économiques et sociétales de ces technologies à mesure qu'elles sont élaborées.
- En septembre 2017, les ministres chargés des TIC et de l'industrie du G7 se sont engagés à Turin à prendre part à des discussions avec divers intervenants sur une IA centrée sur l'humain pour les sociétés. Par ailleurs, ceux-ci ont réitéré la nécessité d'accroître l'échange d'information et les discussions, notamment sur la protection de la vie privée, la transparence et la responsabilisation, l'éthique, la création d'emplois et la cybersécurité, afin de **mieux comprendre les possibles répercussions générales des technologies d'IA sur la société et l'économie** ainsi que d'étudier les différentes approches multipartites à l'égard des enjeux politiques et réglementaires liés à l'IA. Les pays du G7 se sont entendus pour continuer de diriger les efforts déployés aux fins de la création d'une IA bénéfique pour la société avec l'aide l'OCDE.
- Une récente étude de l'OCDE montre que l'IA ne se limite pas au monde numérique et que d'importantes activités de brevetage sont menées dans d'autres secteurs, notamment ceux des transports et de la machinerie, et pourraient fort probablement s'étendre à tout un éventail de services, comme les soins de santé et les finances. Toutefois, des mesures politiques seront nécessaires dans de nombreux domaines si l'on veut tirer profit des avantages de l'IA. Les systèmes d'éducation et de formation devront être remaniés afin de s'assurer que les jeunes et les adultes au travail possèdent les bonnes compétences pour évoluer dans un environnement axé sur l'IA.

Innovation inclusive

- En 2016, entre 73 % et 98 % des adultes des pays du G7 étaient connectés à Internet et presque la totalité des adultes du Japon et du Royaume-Uni y avait accès. Toutefois, malgré l'adoption rapide des technologies numériques, **certains fossés persistent** et l'utilisation des technologies numériques varie encore selon l'âge, la région géographique, l'éducation et le niveau de revenu. Cependant, certains écarts se réduisent avec le temps.
- L'**égalité hommes-femmes** est particulièrement importante pour assurer une transformation inclusive. Bien que les femmes soient sous-représentées dans de nombreux secteurs de la transformation numérique, de nouvelles occasions se présentent pour renforcer l'autonomie des femmes ainsi que leur rôle sur le marché du travail et dans la transformation numérique.
- L'acquisition de **compétences** constitue une protection importante contre les risques associés à l'automatisation. Moins de 5 % des travailleurs qui possèdent un diplôme d'études supérieures courent un risque élevé de perdre leur emploi par suite de l'automatisation, comparativement à 40 % chez les travailleurs qui possèdent un diplôme d'études secondaires. Pour réussir dans cette ère numérique, tous les travailleurs devront posséder un vaste ensemble de compétences cognitives, non cognitives et sociales (p. ex. des compétences en technologies de l'information et des communications [TIC]; en sciences, en technologie, en génie et en mathématique [STGM]; et en organisation).
- Outre ces initiatives générales, **des mesures visant les groupes sous-représentés** devront être prises. Cela comprend non seulement les femmes, mais aussi les Autochtones, les décrocheurs, les personnes qui n'occupent pas d'emploi et qui ne suivent ni d'études ni de formation, les chômeurs de longue date et les jeunes sans-emploi ainsi que les minorités ethniques, dont la plupart possèdent des degrés de compétence moins élevés.
- De plus, les technologies numériques sont susceptibles de **favoriser l'inclusion sociale** en facilitant l'accès à une éducation de qualité, à de nouvelles occasions de perfectionnement des compétences et aux soins de santé ou en offrant un meilleur accès à l'information, aux données et aux connaissances gratuites ou à faibles coûts.
- L'amélioration de l'accès de tous les groupes de la société à la technologie peut contribuer à **assurer une innovation inclusive**, tout comme l'application des nouvelles technologies qui visent l'amélioration du bien-être. Les politiques relatives à l'industrie et à l'innovation des pays du G7 peuvent également y contribuer, en particulier si elles font appel aux PME et aux régions sous-nationales.
- Bien que **l'utilisation des TIC présente certains défis pour les PME, elle offre également certaines possibilités importantes**, comme le développement de petites entreprises internationales par nature (p. ex. lorsque les propriétaires sont situés dans des pays différents), le cybermarché mondial, un meilleur accès à un éventail d'instruments financiers ou l'externalisation des principales fonctions opérationnelles, et chacune d'elles peut contribuer à améliorer le rendement.
- Comme la **croissance de l'économie numérique** peut aggraver les disparités géographiques en matière de revenus, l'établissement de politiques de développement régional et local est important pour assurer une croissance inclusive.
- De façon plus générale, l'innovation inclusive exige une **gouvernance inclusive et anticipatoire du changement technologique** qui comprend une évaluation des avantages et des coûts ainsi qu'une participation active au développement à venir. Il reste encore beaucoup à faire pour mettre en place de telles dispositions dans les pays du G7.

Se préparer aux emplois de l'avenir

- Selon les estimations de l'OCDE, environ 14 % des travailleurs courent un risque élevé que la plupart de leurs tâches actuelles soient automatisées au cours des 15 prochaines années. Les tâches de 30 % des autres travailleurs changeront considérablement et, par conséquent, les compétences requises aussi. Environ **la moitié des travailleurs** seront confrontés à la nécessité de s'adapter considérablement au nouveau milieu de travail.

- Bien que la vitesse à laquelle les changements s'opèrent soit incertaine, il n'y a aucun doute que **les types d'emploi qui se créent ne sont pas les mêmes que ceux qui se perdent**. De plus, il se peut que les travailleurs ayant perdu un emploi dans un secteur d'activités en déclin ne soient pas ceux qui bénéficient des nouvelles possibilités d'emploi qui se présentent dans les domaines en expansion.
- **Les marchés du travail semblent se polariser**, car les emplois moyennement spécialisés sont en baisse, alors que les emplois peu spécialisés et hautement spécialisés sont en hausse. Désormais, les travailleurs peu spécialisés sont ceux qui risquent le plus de faire les frais de la transformation numérique, mais ils sont actuellement les moins susceptibles de recevoir une formation.

En particulier, les politiques devront faciliter la réaffectation des travailleurs, permettre d'investir dans les compétences et de renforcer la protection sociale, assurer la pérennité de la réglementation du marché du travail et favoriser le dialogue social.

- **Faciliter la réaffectation des travailleurs** : l'adaptation aux progrès technologiques nécessitera des politiques qui facilitent la réaffectation des travailleurs dans l'ensemble des entreprises, des secteurs d'activités et des régions.
- **Investir dans les compétences** : les gens, surtout les jeunes, doivent se préparer pour les emplois de l'avenir en se dotant de la combinaison idéale de compétences requises pour réussir à se frayer un chemin dans les milieux de travail en constante évolution qui sont hautement technologiques. Le développement des compétences ne concerne pas seulement les études, mais de plus en plus **l'apprentissage continu** qui requiert de repenser et de mieux cibler et encourager les bénéficiaires des programmes de formation.
- **Renforcer la protection sociale** : une protection sociale adéquate est essentielle pour aider les travailleurs à effectuer une transition en douceur vers un autre emploi, en particulier s'ils ont été licenciés.
- **Assurer la pérennité de la réglementation du marché du travail** – Le maintien et l'amélioration du rendement du marché du travail de l'avenir exigent également de poser un regard neuf sur la réglementation actuelle du marché du travail afin de s'assurer qu'elle convient encore aux fins visées.
- **Favoriser le dialogue social** : le monde du travail de l'avenir pourrait se façonner plus facilement et efficacement si les employeurs, les travailleurs et leurs représentants travaillaient en étroite collaboration avec les gouvernements dans un esprit de coopération et de confiance mutuelle.
- Un **programme d'adaptation axé sur les gens** doit être élaboré afin que tout le monde puisse bénéficier d'un plan d'avenir positif qui ne laisse personne derrière et place le bien-être au premier plan. Cela s'apparente à l'approche nordique de la « sécurité flexible », mais elle doit être adaptée aux établissements, aux antécédents et aux normes des divers pays.

Améliorer la mesure de la transformation numérique

Une **meilleure compréhension** de la portée probable de la transformation numérique, des secteurs, des emplois et des régions susceptibles d'être touchés, de même que de l'échéancier probable peut aider à élaborer de meilleures politiques. Il n'y a pas suffisamment de données probantes dans de nombreux domaines, notamment l'adoption des technologies numériques, la croissance de l'économie à la demande et les répercussions sur la productivité. Le **rôle croissant des données**, y compris dans le commerce international, est un domaine particulièrement important où il manque des données solides (c'est-à-dire les « données sur les flux de données »). L'amélioration des données et des statistiques sur ces questions pourrait constituer une contribution importante du G7.

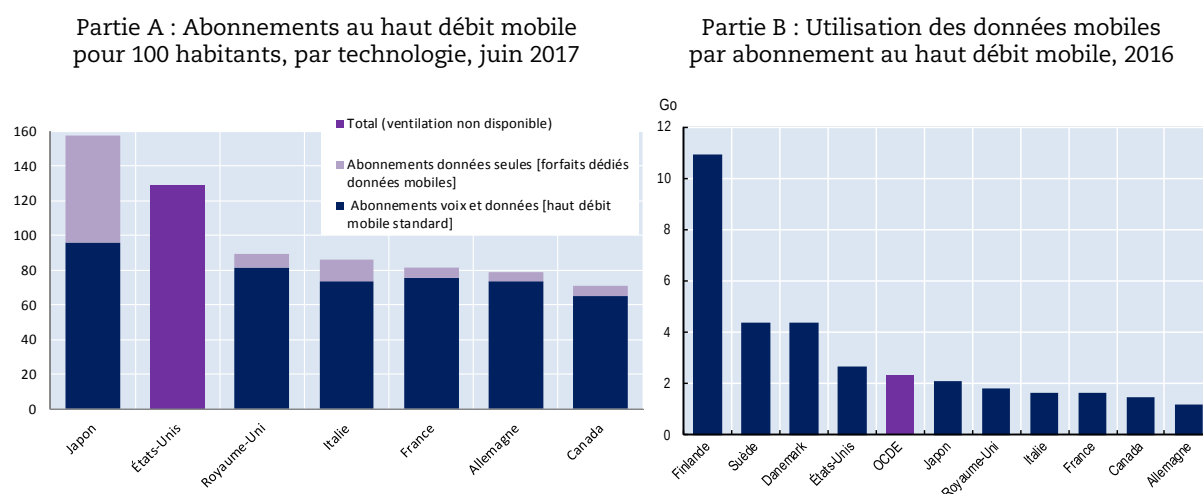
1. Contexte

Les pays du G7 ont amorcé leur transition vers une économie et une société numériques. Contrairement à ce qu'avancent certaines thèses, cette transformation numérique n'est pas nouvelle, puisqu'elle est à l'œuvre depuis près d'un demi-siècle. Le développement des TIC a d'ores et déjà ouvert la voie à de profonds changements structurels et induit des gains de productivité notables, dont nombre d'entreprises des pays du G7 ont su tirer pleinement parti. La principale différence par rapport aux phases précédentes de la transformation numérique tient à trois phénomènes nouveaux, qui ont érigé le sujet au rang des priorités du G7, du G20, de l'OCDE et de nombreuses autres enceintes internationales.

Premièrement, la connectivité a gagné la quasi-totalité des entreprises des pays du G7. De fait, elles sont déjà 95 % à disposer d'une connexion haut débit à l'internet. Bien que d'importantes disparités sectorielles demeurent en termes d'intensité numérique (OCDE, 2017a), rares sont les entreprises, dans quelque secteur que ce soit, qui sont épargnées par la révolution numérique, dont le périmètre et les retombées ne cessent de progresser.

Deuxièmement, l'arrivée des smartphones connectés en permanence a marqué l'avènement d'une ère de la connectivité universelle et de l'informatique ubiquitaire. En juin 2017, le Japon figurait en tête des pays du G7 (et de l'OCDE), avec 157 abonnements au haut débit mobile pour 100 habitants (graphique 1). Cette progression ininterrompue de la connectivité n'est pas près de marquer le pas, au vu du nombre croissant d'objets reliés aux réseaux (un phénomène connu sous le nom de l'« internet des objets », ou l'IdO).

Graphique 1. Abonnements au haut débit mobile et utilisation des données mobiles dans les pays du G7



Notes : Dans la partie A, les données afférentes aux États-Unis sont des estimations. Go = gigaoctets.

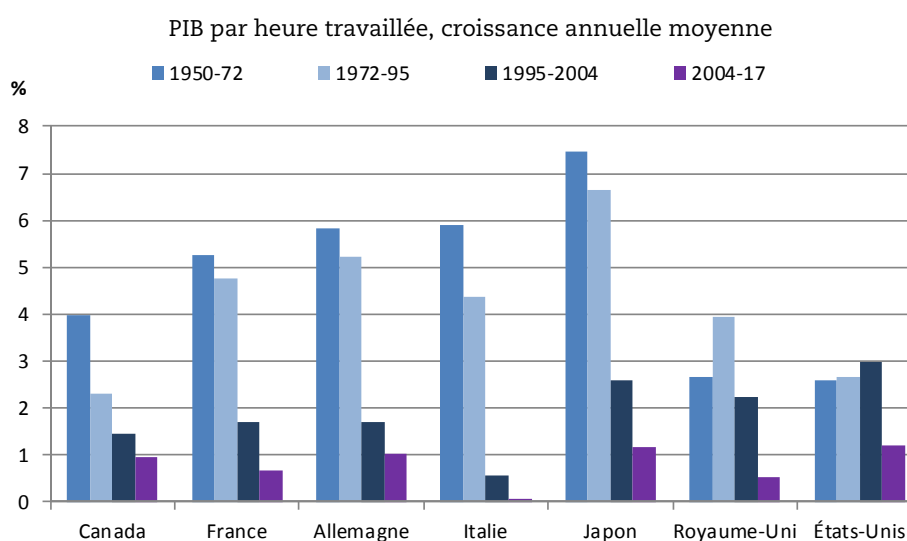
Source : OCDE (2018), Portail de l'OCDE sur le haut débit, www.oecd.org/fr/internet/portaildelocdesurlehautdebit.htm.

Troisièmement, ces appareils et la plupart des services qui s'exécutent au sein de l'architecture ouverte de l'internet génèrent des volumes considérables de données. Par exemple, dans les pays nordiques, qui affichent des taux de connexion particulièrement élevés, les flux de données mensuels par abonnement au réseau mobile ont bondi, entre 2014 et 2016, de 60 % en Suède, 180 % au Danemark et 185 % en Finlande, où l'utilisation mensuelle moyenne de données avoisine les 11 gigaoctets (Go) (OCDE, 2018). Les flux demeurent quelque peu inférieurs dans les pays du G7 (graphique 1), bien qu'en progression là aussi. Ils continueront d'augmenter au fur et à mesure de la généralisation des appareils connectés et, notamment, des véhicules automatisés.

La prolifération des données, alliée aux progrès constants en termes de puissance de calcul, ouvrent la voie à l'innovation fondée sur les données : l'activité en ligne et les objets en réseau génèrent des « données massives », qui alimentent l'apprentissage automatique sur lequel s'appuie l'intelligence artificielle (IA) ; à son tour, celle-ci fait progresser les machines intelligentes (robotique, véhicules autonomes) et donne naissance à de nouvelles techniques porteuses d'innovation. L'augmentation de la volumétrie, de la variété et de la vélocité des données, ainsi que les capacités d'analyse et d'utilisation de ces données changent la donne et marquent l'émergence d'un nouveau facteur de production, qui vient renforcer les deux facteurs traditionnels que sont le capital et le travail, tout en présentant des caractéristiques propres.

Reste à savoir si ces évolutions sont de même ampleur que les transformations industrielles précédentes, impulsées par l'émergence de technologies génériques comme la machine à vapeur ou l'électricité ; la question suscite d'ailleurs de vifs débats dans les milieux universitaires. Selon une vision pessimiste, reflétée dans certains des travaux de Robert Gordon (Gordon, 2012), le récent ralentissement constitue un phénomène permanent et les types d'innovation apparus dans la première moitié du XX^e siècle (l'électrification, par exemple) auront été bien plus importants que tout ce que nous avons connu depuis, ou même que ce que laisse entrevoir l'avenir. D'après cette thèse, la croissance économique future va continuer à s'étioler en raison d'un certain nombre de facteurs défavorables liés à la démographie, l'éducation, les inégalités, la mondialisation, l'environnement et la dette. D'autres, en revanche, à l'image de Brynjolfsson et McAfee (2011), se montrent plus optimistes, arguant que le taux de croissance sous-jacent du progrès technologique n'a pas diminué et que la révolution informatique va continuer à transformer radicalement les économies situées à la frontière.

Graphique 2. Croissance de la productivité du travail à long terme



Notes : PIB = produit intérieur brut. Le graphique illustre les taux de croissance annuels moyens pour des périodes qui ne correspondent pas nécessairement aux cycles conjoncturels dans les différents pays du G7. Les taux de croissance annuels sont disponibles dans la source sous-jacente.

Source : Conference Board (2017), *Total Economy Database*, <https://www.conference-board.org/data/economydatabase/>.

Cela dit, les tendances à long terme révèlent bel et bien un ralentissement de la croissance de la productivité depuis les années 50, période marquée par une progression exceptionnelle, à la faveur d'une conjoncture alliant processus de rattrapage et reconstruction des pays du G7 au lendemain de la Seconde Guerre mondiale (OCDE, 2015a). De 1972 à 1995, la croissance de la productivité est restée élevée dans la plupart des pays du G7 tandis que le processus de convergence se poursuivait (graphique 2). De 1995 à 2004, elle s'est accélérée aux États-Unis, essentiellement tirée par les gains de productivité associés à la diffusion des TIC ; celle-ci ne s'est pas, en revanche, matérialisée de la même manière dans les autres pays du G7, où l'on a enregistré un ralentissement considérable de la croissance de la productivité par rapport aux périodes précédentes. À compter

de la première moitié des années 2000, elle a marqué le pas dans l'ensemble des pays du G7, sous l'effet conjugué de facteurs conjoncturels et structurels. Deux d'entre eux ont été particulièrement saillants (OCDE, 2015a) : i) le fléchissement de la contribution de l'intensité capitaliste à la croissance du produit intérieur brut (PIB) après 2000, qui s'est accentué au cours de la période qui a suivi l'éclatement de la crise en 2007 ; et ii) le ralentissement de la croissance de la productivité multifactorielle, qui date d'avant la crise et s'est poursuivi depuis.

Les incidences potentielles de la transformation numérique sur la productivité doivent également être examinées dans le contexte de ce ralentissement à long terme. Une fois encore, les effets de l'informatique se font sentir partout sauf dans les statistiques de productivité, pour paraphraser Robert Solow (Solow, 1987). Si les raisons précises du paradoxe actuel de la productivité restent difficiles à décrypter, un certain nombre de facteurs y concourent sans doute :

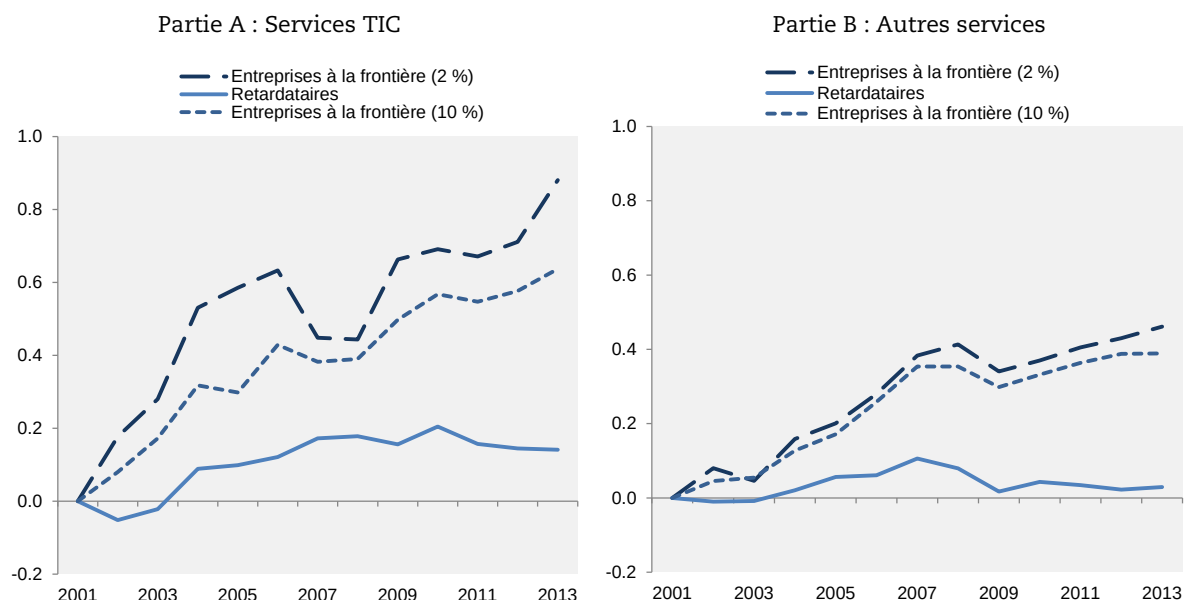
- Le premier facteur qui a, jusqu'à présent, limité les incidences de la transformation numérique tient à la **diffusion des technologies numériques** à l'échelle de l'économie. Si de nombreuses entreprises ont désormais accès aux réseaux haut débit, l'utilisation d'outils et d'applications plus élaborés reste très inégale selon les pays, y compris parmi ceux du G7. Par exemple, seuls 16 à 17 % des entreprises en France et en Allemagne avaient recours à l'infonuagique en 2016, contre quelque 45 % au Japon (OCDE, 2017a). De plus, on note d'importantes disparités infranationales entre les entreprises, les PME demeurant à la traîne. Comme en d'autres temps de changements technologiques rapides, les technologies avancées sont d'abord l'apanage de quelques entreprises de pointe, avant de se diffuser plus tard au reste des entreprises, une fois qu'elles sont plus éprouvées, que de nouveaux modèles économiques se sont développés et que les coûts ont diminué. En conséquence, il existe un écart considérable entre ce qu'il est possible d'automatiser d'un point de vue purement technique (et qui pourrait être déjà mis en œuvre dans les entreprises à la frontière) et ce qui l'est réellement au sein de l'entreprise moyenne. Les travaux de recherche de l'OCDE révèlent que les entreprises à la frontière mondiale ont continué d'enregistrer une progression solide de leur productivité, même après la crise économique, tant dans le secteur manufacturier que dans les services, tandis que les autres n'ont pas, pour la plupart, affiché de gains significatifs (OCDE, 2015a). Un constat particulièrement flagrant dans le secteur des services TIC (graphique 3).
- Deuxièmement, la transformation numérique n'est pas seulement une question de technologie : plus important encore, elle doit s'accompagner d'**investissements complémentaires** essentiels dans les compétences, le changement organisationnel, l'innovation de procédé, les nouveaux systèmes et les nouveaux modèles économiques (Haskel et Westlake, 2017). L'ampleur et la complexité de ces investissements pourraient aller croissant, faisant de la transformation numérique une gageure pour de nombreuses entreprises (Brynjolfsson, Rock et Syverson, 2017).
- Troisièmement, les incidences limitées des technologies numériques sur la productivité sont également imputables à la **lenteur des changements structurels et de la redistribution des ressources** dans les pays de l'OCDE. Par exemple, la proportion de vieilles entreprises non viables – soit les entreprises de plus de dix ans qui accusent des pertes pendant au moins deux années consécutives – a progressé dans de nombreux pays de l'OCDE, en particulier depuis la crise financière de 2007-08, alors que leur productivité a décliné rapidement par rapport à celle des vieilles entreprises « viables » et des entreprises plus jeunes en général (Adalet McGowan, Andrews et Millot, 2017 ; Berlingieri, Blanchenay et Criscuolo, 2017). Cette tendance s'est accompagnée d'un ralentissement des efforts visant à réformer les réglementations entravant la concurrence sur les marchés de produits (OCDE, 2017b).

Si les données factuelles disponibles laissent à penser que les effets à grande échelle de la transformation numérique sur la productivité devraient se manifester à l'avenir, les pouvoirs publics peuvent agir afin de créer les conditions nécessaires à leur concrétisation. Ils devront pour ce faire entreprendre des efforts dans différents domaines d'action, notamment en adoptant des politiques en faveur de l'investissement (dans les actifs tant corporels qu'incorporels) ; en poursuivant les réformes structurelles afin de favoriser la nécessaire

redistribution des ressources ; en déployant des efforts pour encourager la diffusion des technologies numériques, des pratiques organisationnelles et des modèles économiques à l'échelle de l'économie, en particulier dans les PME ; et en adoptant des politiques garantissant une concurrence saine.

Graphique 3. Écarts de croissance de la productivité multifactorielle

Services TIC et autres services



Notes : TIC = technologies de l'information et des communications. Ce graphique représente les moyennes non pondérées pour les secteurs d'activité à deux chiffres, normalisées à 0 l'année de départ. Les axes verticaux représentent les écarts logarithmiques par rapport à l'année de départ.

Source : Andrews, Criscuolo et Gal (2016), *The Best versus the rest: The global productivity slowdown, divergence across firms and the role of public policy*, <http://dx.doi.org/10.1787/63629cc9-en>.

De toute évidence, le changement technologique ne constitue pas le seul facteur qui sous-tend les mutations profondes à l'œuvre dans les pays du G7. Le vieillissement de la population a d'ores et déjà des incidences majeures dans plusieurs de ces pays, dont le Japon et l'Allemagne, et aura des répercussions importantes sur la croissance de la population active, l'évolution des obligations au titre des prestations de retraite, et dans d'autres domaines d'action phares. Parallèlement, tandis que les économies des pays du G7 se sont renforcées, plusieurs d'entre eux sont aujourd'hui confrontés à une pénurie de main-d'œuvre, qui frappe, entre autres, des professions techniques comme les « scientifiques des données ». Qui plus est, si les pays ont, dans l'ensemble, surmonté la récente crise financière, l'économie mondiale reste confrontée à un certain nombre de défis au long cours, dont la menace d'un surendettement public et privé. Les mutations de l'économie mondiale, notamment le poids croissant des économies émergentes, n'est pas sans incidence sur les pays du G7, dans la mesure où elles bouleversent les modèles de compétitivité mondiale et influent sur les emplois. Les estimations de l'OCDE révèlent ainsi qu'en 2014, entre 14 % et 42 % des emplois dans le secteur des entreprises des pays du G7 étaient soutenus par la demande étrangère (OCDE, 2017a). D'autres mégatendances, du changement climatique aux besoins croissants en eau, en énergie et en denrées alimentaires, affectent l'économie mondiale et peuvent jouer un rôle dans l'évolution structurelle de l'économie, y compris dans l'essor ou le déclin de certains secteurs.

2. Technologies transformatrices

Les évolutions technologiques constituent elles-mêmes une mégatendance majeure, qui ne cesse de remodeler les économies et les sociétés, induisant souvent des bouleversements radicaux. Le périmètre des technologies – que ce soit en termes de forme, de bases de connaissances et de domaines d'applications – est aussi étendu que varié, et les interactions avec les économies et les sociétés sont complexes et interdépendantes. Ces caractéristiques créent de fortes incertitudes quant aux orientations et aux impacts futurs du changement technologique. De fait, les prévisions en matière de calendrier des développements technologiques tendent à être particulièrement imprécises (Armstrong, Sotala et ÓhÉigeartaigh, 2014). Sans compter qu'il n'est pas rare de surestimer les incidences des nouvelles technologies à court terme. Les nanotechnologies en sont un exemple : jugées révolutionnaires dans les années 80, elles n'ont pas toujours été à la hauteur des résultats attendus (OCDE, 2017c). Pour autant, la composante numérique et la diversité des évolutions récentes offrent aux entreprises, aux industries, aux pouvoirs publics et aux citoyens la possibilité de façonner les technologies et leur adoption.

Le développement technologique peut induire de nombreux bouleversements : mutations des besoins en compétences, évolution de la structure des marchés, nécessité de mettre en place des modèles économiques inédits, nouveaux modèles d'échanges et d'investissement, nouvelles menaces sur la sécurité (numérique) des entreprises, et, plus largement, remise en question des processus sociétaux, voire politiques. Certains bouleversements pourraient se révéler exclusivement positifs. Tel est le cas, par exemple, des récentes avancées dans le domaine des sciences des matériaux, avec les nanofeuillets de graphène, qui pourraient aider à relever le défi mondial de l'accès à l'eau potable.

La liste des technologies transformatrices – ou potentiellement transformatrices – est longue, de l'informatique quantique aux solutions avancées de stockage de l'énergie, en passant par les nouvelles formes d'impression 3D, l'analytique des données massives et les neurotechnologies (OCDE, 2016a). Nous nous intéresserons ci-après à trois technologies susceptibles d'avoir des incidences d'une portée considérable : l'intelligence artificielle (IA), l'internet des objets (IdO) et la technologie des chaînes de blocs.

Intelligence artificielle

L'intelligence artificielle (IA) désigne la capacité des machines et des systèmes d'acquérir et de mettre en pratique des connaissances et d'adopter des comportements intelligents. Les premiers efforts visant à développer l'IA étaient axés sur la définition de règles que les logiciels pouvaient utiliser pour exécuter une tâche. Ces systèmes étaient capables de traiter des problèmes définis de manière très précise, mais échouaient face à des tâches plus complexes comme la reconnaissance de la parole (OCDE, 2015b). L'augmentation de la puissance de calcul, l'apparition de nouvelles méthodes statistiques et les progrès liés aux données massives ont ouvert la voie à des avancées majeures dans le domaine de l'IA, en particulier l'IA à visée « verticale » (appliquée aux véhicules autonomes, par exemple), par opposition à l'IA dite « générale ». Grâce aux algorithmes d'apprentissage automatique, capables d'identifier des modèles complexes dans des ensembles de données volumineux, les applications logicielles peuvent exécuter des tâches, tout en apprenant simultanément à améliorer les performances.

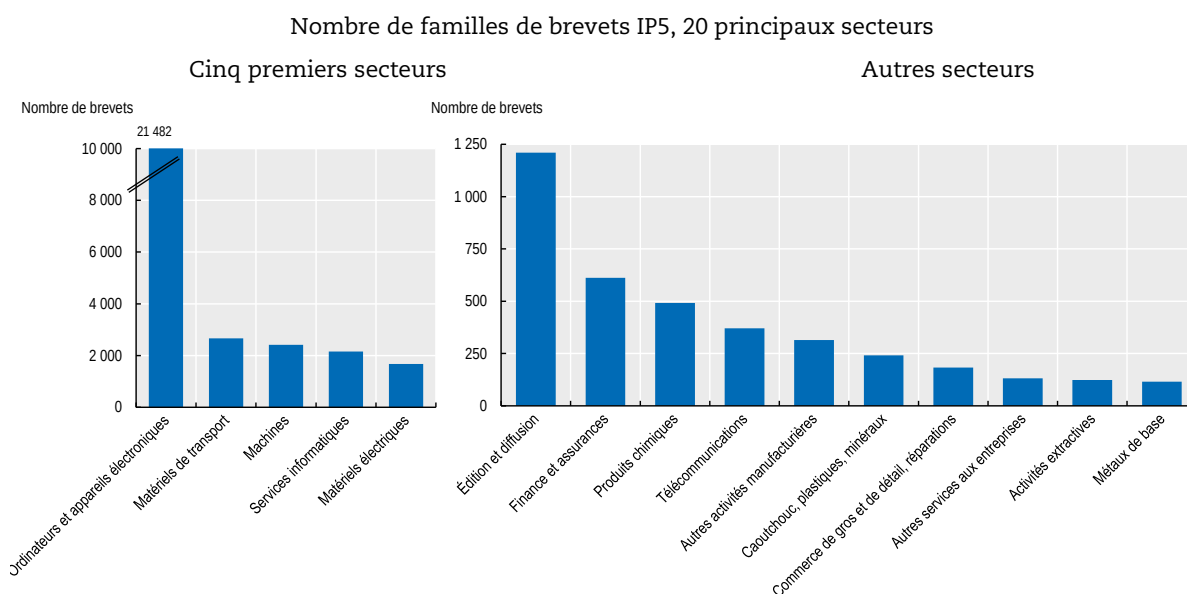
L'intelligence artificielle ne se limite pas au numérique. Alliée aux progrès dans le domaine du génie mécanique et électrique, elle a contribué à étendre la capacité des robots de réaliser des tâches cognitives dans le monde physique. Elle leur permettra à terme de s'adapter à de nouveaux environnements de travail sans avoir à être reprogrammés. Les robots exploitant l'IA joueront un rôle de plus en plus central dans la logistique et la fabrication manufacturière, complétant, voire supplantant, le travail humain dans de nombreux processus de production (OCDE, 2015b). Certains secteurs sont particulièrement exposés aux transformations de la production induites par l'IA : l'agriculture, la chimie, le pétrole et le charbon, le caoutchouc et les matières plastiques, l'industrie de la chaussure et du textile, les transports, la construction, la défense, ou encore la surveillance et la sécurité (FIT, 2015 ; ESPAS, 2015). Les données afférentes aux 2 000 entreprises qui investissent le plus dans

la R-D à l'échelle mondiale révèlent que les brevets liés à l'IA sont avant tout déposés par des entreprises appartenant au secteur des équipements informatiques et électroniques ; viennent ensuite les secteurs des équipements de transport, des machines et des services informatiques (OCDE, 2017a) (graphique 4).

L'intelligence artificielle trouvera également des applications dans un large éventail de services, de la santé au divertissement, en passant par le marketing et la finance (OCDE, 2017d). L'IA appliquée à la reconnaissance des expressions du visage humain pourrait être utile à la prestation de services publics, voire éducatifs (par exemple, l'entreprise néo-zélandaise Soul Machines a récemment mis au point, pour les pouvoirs publics australiens, un avatar tenant lieu d'assistant virtuel « intelligent », qui aide les handicapés à comprendre les services publics et y accéder ; l'avatar s'appuie sur les expressions du visage pour identifier ce qui peut contrarier ou déconcerter les personnes). Elle pourrait en outre devenir une source importante de connaissances scientifiques nouvelles (c'est ainsi qu'à l'Université de Manchester, une machine intelligente a découvert de manière autonome un composé efficace contre une souche résistante majeure du parasite du paludisme) et d'avantage concurrentiel. Selon une étude du McKinsey Global Institute, l'IA a ainsi permis à Netflix de gagner 1 milliard USD de revenus en évitant l'attrition des clients (McKinsey Global Institute, 2017).

L'un des facteurs essentiels pour tirer le meilleur parti de l'IA tient à la fiabilité des réseaux d'énergie et de communication, y compris pour l'IdO (OCDE, 2015c). C'est pourquoi la concrétisation de nombreux bienfaits de l'IA dans des domaines comme les transports et la santé pourrait nécessiter de réexaminer les législations et les cadres juridiques (FIT, 2015). À cela s'ajoute une autre dimension juridique : la gestion des droits de propriété intellectuelle (DPI) sur les inventions reposant sur l'IA, et le partage des DPI et des revenus.

Graphique 4. Brevets liés à l'intelligence artificielle déposés par des sociétés figurant parmi les 2 000 entreprises qui investissent le plus dans la R-D, par secteur, 2012-14



Notes : IP5 = Cinq grands offices de la propriété intellectuelle. Les notes afférentes à ce graphique sont consultables à l'adresse <http://dx.doi.org/10.1787/888933617301>.

Source : OCDE (2017a), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The Digital Transformation*, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264268821-en>.

La demande de travailleurs du savoir capables de développer l'intelligence artificielle ou d'exécuter des tâches complémentaires de l'IA va augmenter. Les compétences créatives ou tacites, qui se prêtent moins à une codification, et les compétences faisant appel aux interactions sociales ou à la dextérité physique, plus difficiles à automatiser, devraient rester l'apanage des humains au cours des prochaines décennies (Brynjolfsson et McAfee, 2015). Toutefois, les systèmes éducatifs devront faire en sorte que les jeunes et les adultes actifs

disposent des compétences nécessaires pour évoluer dans l'environnement de demain, dont l'IA fera partie intégrante (voir section 5 du présent rapport).

Ces dernières années, le débat international sur l'IA a pris de l'ampleur. Dans la Déclaration ministérielle de Takamatsu d'avril 2016 (G7, 2016), les ministres des pays du G7 chargés des TIC se sont accordés sur la nécessité de faciliter la R-D et l'adoption des technologies émergentes, notamment l'IA, et de faire en sorte que les cadres d'action prennent en compte les répercussions économiques et sociétales plus larges de ces technologies au fur et à mesure de leur développement. En septembre 2017, les ministres des TIC et de l'Industrie des pays du G7 réunis à Turin se sont engagés à mener des échanges multipartites sur une IA centrée sur l'humain au service des sociétés ; ils y ont réitéré la nécessité de poursuivre le partage d'informations et le débat afin de mieux appréhender les effets potentiels à grande échelle de ces technologies sur les sociétés et les économies – sur des sujets allant de la protection de la vie privée à la transparence, en passant par la redevabilité, l'éthique, la création d'emplois, ou encore la cybersécurité –, et d'aborder les questions politiques et réglementaires liées à l'IA selon des approches multipartites. Les pays du G7 ont convenu de poursuivre les efforts déployés en faveur d'une IA porteuse d'avantages pour la collectivité, avec le soutien de l'OCDE.

Les acteurs du secteur privé, de la recherche, de la société civile et des syndicats s'intéressent également de près aux questions afférentes à l'IA. Par exemple, certaines des entreprises les plus actives dans ce domaine ont conclu un partenariat pour une intelligence artificielle au service des individus et de la société (*Partnership on Artificial Intelligence to Benefit People and Society*) ; l'organisation de normalisation *IEEE Standards Association* a lancé une initiative pour la prise en compte des considérations éthiques dans la conception des systèmes autonomes (*Global Initiative for Ethical Considerations in the Design of Autonomous Systems*) ; et des fondations et institutions centrées sur l'IA voient peu à peu le jour. Un large consensus se dégage entre les parties prenantes sur la nécessité d'adopter des politiques et des valeurs pour guider la conception et l'utilisation des systèmes basés sur l'IA.

Internet des objets

L'internet des objets (IdO) désigne les appareils et les objets dont l'état peut être modifié via l'internet (ou au sein de réseaux locaux), avec ou sans la participation active des utilisateurs (OCDE, 2015c). Les capteurs et les actionneurs reliés au réseau ouvrent la voie à de nombreuses applications ; ils permettent notamment de suivre la santé, la localisation et les activités des individus et des animaux, ou encore l'état des processus de production et de l'environnement naturel (OCDE, 2016b). Le développement de l'IdO est étroitement lié à l'analyse des données massives et l'infonuagique. Tandis que l'IdO collecte et transmet les données, l'infonuagique permet de les stocker ; enfin, l'analyse des données massives décuple la puissance de traitement et facilite la prise de décisions fondées sur les données.

Dans les pays de l'OCDE, le nombre d'appareils connectés à l'intérieur et à proximité du domicile des utilisateurs pourrait passer de 1 milliard en 2016 à quelque 14 milliards à l'horizon 2022 (OCDE, 2015c). Si l'IdO bouleverse tous les aspects et tous les secteurs de l'économie, les incidences les plus marquantes sont attendues dans les domaines de la santé, de la production manufacturière, des industries de réseau et des services publics. Il joue déjà un rôle majeur dans la production, où il contribue à améliorer les opérations en usine et aide à la gestion des risques au sein des chaînes d'approvisionnement (OCDE, 2015c).

La rapidité et l'ampleur du développement de l'IdO au cours des 15 prochaines années dépendront dans une large mesure du déploiement du haut débit fixe et mobile et de la baisse du coût des équipements. Certaines des évolutions les plus innovantes ne pourront se faire sans des réseaux 5G à faible latence, tandis que l'augmentation attendue des volumes de données générés par les véhicules autonomes utilisant ces réseaux sans fil nécessitera un réseau substantiel de lignes fixes garantissant une liaison efficace. Par exemple, Intel, l'un des premiers acteurs à mener des essais avec les constructeurs automobiles comme BMW, prévoit que les

véhicules sans conducteur généreront en moyenne 4 000 Go de données par jour. Soit l'équivalent de l'utilisation de données mobiles de près de 50 000 personnes, selon la moyenne actuelle de l'OCDE.

En outre, les entreprises comme les pouvoirs publics devront développer leurs capacités afin de traiter les volumes considérables et la variété extrême de données produites. Dans ce contexte, les compétences en matière d'analyse des données vont devenir essentielles, tant pour la croissance que pour l'équité sociale (Horizons de politiques Canada, 2013). Par ailleurs, avec la prolifération des appareils connectés, la sécurité et la protection de la vie privée constituent des volets importants de l'IdO (voir, par exemple, Simon [2017] sur la question des infrastructures critiques).

Technologie des chaînes de blocs

La technologie des chaînes de blocs repose sur une base de données distribuée tenant lieu de registre public ouvert, partagé et sécurisé qui ne peut être falsifié et que tout un chacun peut inspecter. Les protocoles s'appuyant sur les chaînes de blocs (tels que la monnaie numérique Bitcoin) spécifient la manière dont les participants au réseau peuvent tenir à jour le registre. La technologie des chaînes de blocs a été conçue à l'origine pour le Bitcoin, mais ses incidences devraient dépasser le cadre de la monnaie numérique pour modifier en profondeur toute activité fondée sur l'authentification de transactions. Les applications potentielles peuvent être regroupées en trois catégories :

- **Les transactions financières** : les chaînes de blocs peuvent être publiques, comme dans le cas du Bitcoin, c'est-à-dire ouvertes ; tous les utilisateurs peuvent ajouter des données et détiennent collectivement le registre. D'autres sont privées : seuls certains utilisateurs du réseau peuvent ajouter des enregistrements et vérifier le contenu du registre. Les registres privés ouvrent la voie à de nombreuses applications dans le secteur privé. Les chambres de compensation et les bourses (comme le Nasdaq), les banques (comme Goldman Sachs), les entreprises émettrices de cartes de crédit (comme Master Card) et les compagnies d'assurance ont investi plus de 1 milliard USD dans des startups qui utilisent des technologies de chaînes de blocs (Pagliery, 2015).
- **Les systèmes d'enregistrement et de vérification** : la technologie des chaînes de blocs peut également être utilisée pour créer et tenir à jour des registres sécurisés. Elle peut servir à diverses applications, telles que l'enregistrement et la preuve de propriété de titres fonciers et de pensions, ou encore la vérification de l'authenticité et de l'origine d'articles comme des œuvres d'art ou des médicaments, par exemple (*The Economist*, 2015). Les registres de chaînes de blocs peuvent par ailleurs contribuer à améliorer l'allocation des ressources dans le secteur public, en consolidant la comptabilité, en améliorant la transparence et en facilitant les audits.
- **Les contrats intelligents** : la technologie des chaînes de blocs offre la possibilité d'ajouter des données supplémentaires à des transactions de valeur. Ces données peuvent spécifier que certaines règles doivent être respectées pour que le transfert puisse avoir lieu. La transaction fonctionne alors comme une facture qui serait automatiquement réglée dès lors que certaines conditions seraient réunies. On parle également de « monnaie programmable » pour qualifier ces contrats (Bheemaiah, 2015).

Le pseudo-anonymat des transactions basées sur les chaînes de blocs ne va pas sans susciter diverses inquiétudes. Si les transferts ainsi réalisés sont enregistrés définitivement et infalsifiables, ils contiennent uniquement des informations relatives à l'identité internet d'un agent, qui n'est pas nécessairement authentique. Des méthodes d'authentification plus efficaces pourraient à terme conduire à une application de la loi, dans le cadre des transactions impliquant des monnaies numériques, plus rigoureuse que pour le numéraire (OCDE, 2015d). D'un autre côté, les contrats intelligents pourraient aussi permettre la création et l'exploitation de marchés illégaux échappant à tout contrôle réglementaire.

Quelques incidences

Les technologies transformatrices examinées ici varient quant à leurs origines et leurs applications potentielles. Pour autant, elles présentent également des caractéristiques communes qui peuvent intéresser l'action des pouvoirs publics. La première d'entre elles tient à leur dépendance à l'égard d'ensembles de données volumineux et des TIC. La convergence des technologies – reflétée par le rôle croissant que jouent les technologies numériques dans toutes les sciences – peut être favorisée par l'instauration d'espaces institutionnels pluridisciplinaires (à l'appui par exemple de la R-D et de la formation interdisciplinaires). Tandis que les gouvernements des pays du G7 apportent un soutien de plus en plus marqué à ce type d'efforts, beaucoup reste à faire pour mettre un terme aux dispositifs institutionnels et organisationnels monodisciplinaires établis de longue date pour le financement et l'exécution des activités de R-D.

La recherche publique joue souvent un rôle essentiel dans l'apport de nouvelles connaissances sur les phénomènes qui sous-tendent les technologies émergentes, et contribue à la mise au point de prototypes et de démonstrateurs. Qui plus est, elle développe une grande part des compétences nécessaires. Les technologies émergentes sont sources de risques et d'incertitudes ; beaucoup posent en outre des problèmes d'éthique. D'où l'importance de mettre en place une gouvernance inclusive préventive du changement technologique, avec une évaluation des avantages et des coûts et un véritable effort de structuration des développements et des utilisations futurs. Or de tels dispositifs de gouvernance restent trop rares dans les pays du G7.

L'implication des parties prenantes dans l'élaboration des politiques et des stratégies influe par ailleurs sur l'action des pouvoirs publics dans le domaine des technologies transformatrices. Les gouvernements doivent trouver des moyens efficaces pour dégager des consensus, notamment sur les questions scientifiques et technologiques épineuses, en encourageant la participation des parties concernées – non seulement des citoyens et des chercheurs, mais aussi des médias – et en incitant le public à s'investir dans la science. La mesure de la perception du public à l'égard de ces processus et du degré réel de participation éclairera la conception des politiques. À cela s'ajoute une autre problématique importante : la vision que les chercheurs ont du public et la façon dont ils interagissent. Les décideurs cherchent de plus en plus à encourager les chercheurs à démontrer, ou, du moins, à expliciter les retombées positives de leurs activités sur l'économie et la société.

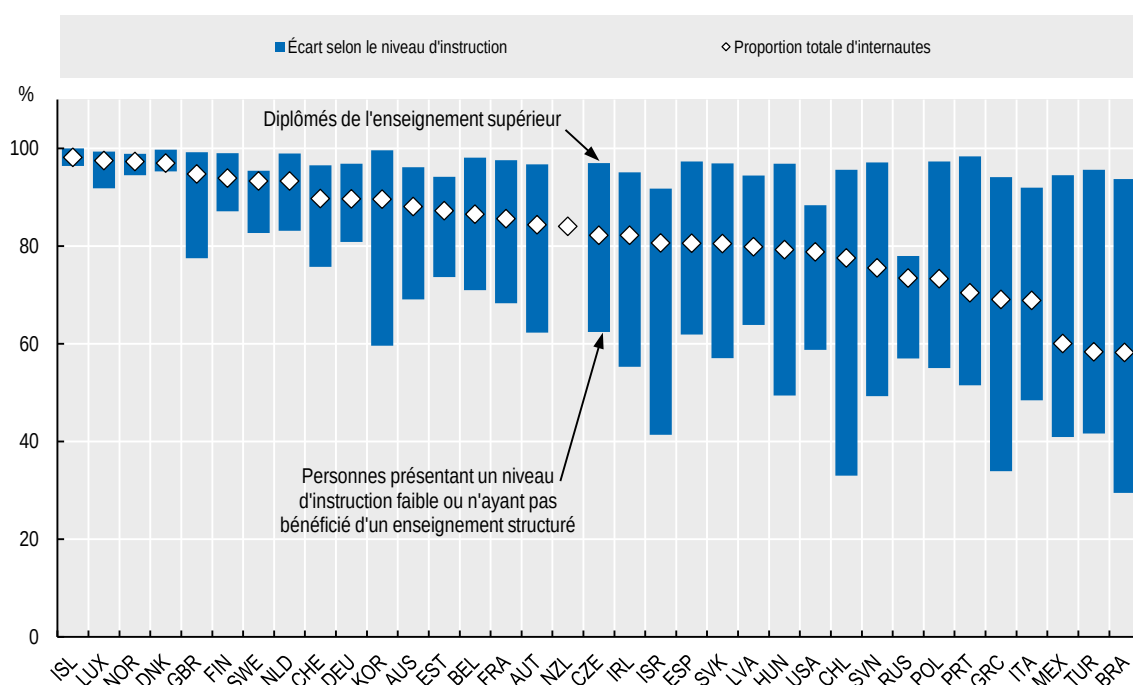
3. Transformation économique et société

Réduire les fractures

Quoique la transformation numérique soit à l'œuvre depuis près d'un demi-siècle déjà, c'est aujourd'hui seulement que ses fruits technologiques arrivent à la portée de la quasi-totalité de la population des pays du G7. En 2016, entre 73 et 98 % des adultes y avaient accès à l'internet, accès qui est pratiquement universel au Japon et au Royaume-Uni. Pour rapide qu'elle soit, l'adoption des technologies numériques n'en progresse pas moins un rythme différent selon le groupe d'âge, le niveau d'instruction et de revenu quand bien même les écarts tendent à s'amenuiser avec le temps (OCDE, 2017a). Le fossé entre les individus les plus instruits et les individus les moins instruits s'est par exemple peu ou prou résorbé dans certains pays du G7, même s'il demeure appréciable dans d'autres (graphique 5.)

Graphique 5. Écart d'adoption de l'internet selon le niveau d'instruction, 2016

En pourcentage de la population de chaque pays



Notes : Données manquantes pour certains pays du G7. Les notes relatives à ce graphique peuvent être consultées à l'adresse : <http://dx.doi.org/10.1787/888933620056>.

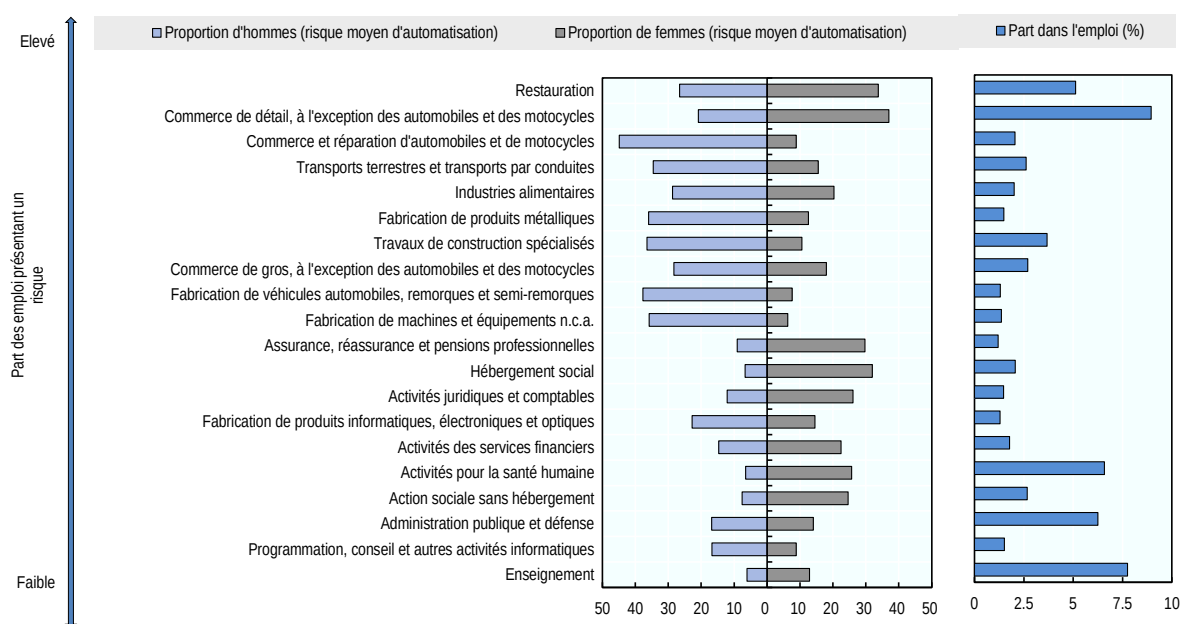
Source : OCDE (2017a), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The Digital Transformation*, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264268821-en>.

En plus d'avoir une influence sur l'accès à la technologie, l'âge et le niveau d'instruction des individus conditionnent également l'usage qui en est fait. Les communications numériques, la création de contenu, les réseaux sociaux, les achats en ligne, l'informatique en nuage et les téléchargements de logiciels seront ainsi l'apanage des jeunes, tandis que leurs aînés se retrouveront plus volontiers parmi les utilisateurs de services administratifs ou bancaires électroniques. Avec le niveau d'instruction croît la complexité des activités auxquelles on s'adonne : achats en ligne, infonuagique et recherche d'emploi, pour prendre ces exemples. Plusieurs pays ont aussi vu s'ouvrir d'autres fractures numériques de grande ampleur, en particulier entre citadins et ruraux, entre hauts et bas revenus, mais aussi entre hommes et femmes (OCDE, 2017a ; 2017e). Il s'agira de traiter et réduire ces fractures pour une transformation numérique sans exclus.

L'égalité entre femmes et hommes revêt une importance particulière de ce point de vue, et nombreux sont ceux qui estiment que la transformation numérique ouvre de nouvelles voies à l'autonomisation des femmes, qui y gagnent aussi une meilleure situation sur le marché du travail. L'assouplissement des modes d'organisation du travail doit leur permettre de mieux concilier l'exercice d'une activité rémunérée avec les responsabilités familiales qui leur incombent encore bien souvent ; l'automatisation, d'autre part, causera selon toute probabilité la disparition d'emplois peu qualifiés, ce qui sera à l'avantage des femmes, aujourd'hui devant les hommes au regard de la plupart des indicateurs renseignant sur l'instruction reçue.

À bien y regarder, cependant, les éléments d'appréciation dont on dispose brossent un tableau plus nuancé. Les deux sexes ont autant à espérer et à redouter des nouvelles technologies numériques. Certes les femmes profiteront sans doute de la flexibilisation du travail, mais le recours éhonté aux contrats atypiques pourrait aussi bien porter préjudice à l'emploi de qualité. L'automatisation, jusqu'à présent s'est rencontrée essentiellement dans des secteurs, comme l'agriculture et l'industrie, où la composante masculine est prépondérante. Elle devrait s'étendre à terme, mais sans doute pas de manière uniforme, à tous les secteurs ainsi qu'à l'essentiel des professions, y compris celles à dominante féminine, parmi lesquelles on peut ranger les activités liées au commerce de détail et à la restauration. Il faut s'attendre d'autre part à une croissance de l'emploi plus marquée qu'ailleurs dans les services aux entreprises, la santé, l'enseignement et les services sociaux – secteurs qui pour la plupart comptent traditionnellement une majorité de femmes (graphique 6). Parallèlement à cela, du fait de la persistance de différences dans les choix de cursus, il se pourrait que les femmes soient moins à même de saisir les nouvelles possibilités d'emploi qui s'offriront dans les domaines STIM.

Graphique 6. Le risque moyen d'automatisation varie selon les secteurs
20 principaux secteurs pour le nombre d'emplois menacés (29 pays ou régions de l'OCDE)



Notes : Le graphique montre les 20 secteurs comptant le plus grand nombre d'emplois à risque d'automatisation (mesuré comme le risque moyen d'automatisation pondéré par la part du secteur dans l'emploi), les secteurs étant classés de haut en bas en fonction du risque global d'automatisation, par ordre décroissant. La largeur de chaque barre dans le cadre de gauche représente la part moyenne des emplois à risque dans chaque secteur. La position de chaque barre par rapport à la ligne centrale montre dans quelle mesure le risque est partagé entre les hommes (bleu clair) et les femmes (gris). Les valeurs du cadre de droite représentent la part de l'emploi total que détient chaque secteur. Les valeurs du risque d'automatisation reposent sur la probabilité calculée par Arntz, Gregory et Zierahn (2016). Les pays couverts par cette analyse comprennent les 29 pays de l'OCDE ayant participé à la première et la deuxième session de l'Évaluation des compétences des adultes (PIAAC).

Source : OCDE (2017e), « Transformation numérique : L'avenir du travail des femmes », <https://www.oecd.org/going-digital/Going-Digital-the-Future-of-Work-for-Women.pdf>.

Les compétences prémunissent efficacement contre le risque d'automatisation. Moins de 5 % des travailleurs diplômés de l'enseignement supérieur font face à un risque élevé de perdre leur emploi à cause de l'automatisation, une proportion qui passe à 40 % pour les titulaires d'un diplôme du premier cycle de l'enseignement secondaire (Arntz, Gregory et Zierahn, 2016 ; OCDE, 2016e). Pour réussir dans le monde numérique, les travailleurs devront tous posséder une large palette de compétences cognitives, non cognitives et sociales, et en particulier des compétences en TIC, des compétences d'analyse quantitative appliquée au domaine des STIM, et un bon sens de l'organisation. Il faudra en parallèle prendre des mesures en direction des groupes sous-représentés, non seulement les femmes, mais aussi les populations autochtones, ceux qui ont quitté l'école de bonne heure, les NEET, les chômeurs de longue durée et les jeunes chômeurs, ou encore les membres de minorités ethniques, dont beaucoup ont aujourd'hui un capital compétences relativement faible.

Les écarts de taux d'activité se réduiront ou se creuseront sous l'effet de la transformation numérique, cela tiendra dans une large mesure à l'action des pouvoirs publics qui se trouvent par conséquent investis d'un rôle capital. Voici quelques-unes des principales mesures envisageables de leur part (OCDE, 2017e) :

- **Promouvoir la place des femmes dans les disciplines STIM** : si elles surpassent aujourd'hui les hommes au regard du niveau d'instruction général, les femmes restent moins enclines à poursuivre des études dans les domaines STIM les plus pointus.
- **Lever les obstacles à l'apprentissage tout au long de la vie et à l'équité au regard des possibilités de formation** : l'adaptation et la remise à niveau des compétences et savoir-faire de ceux qui sont déjà entrés sur le marché du travail réclament elles aussi le concours des pouvoirs publics. On constate dans les pays du G7 que les individus qui ont le plus de chances de recevoir une formation sont ceux déjà à l'aise en lecture et en calcul, et non pas les travailleurs employés à des tâches répétitives (OCDE, 2017g). Une remise à plat des programmes de formation et un meilleur ciblage de leurs bénéficiaires assureront aux plus vulnérables la possibilité de s'adapter à l'évolution des besoins de compétences dans le monde numérique.
- **Réduire les disparités dans l'accès aux nouvelles technologies et leur utilisation** : même dans les pays du G7, des disparités demeurent quant à l'accès à l'internet et son utilisation parmi les groupes sous-représentés. À côté du renforcement du cadre nécessaire à un meilleur accès aux technologies, il sera indispensable de prendre des mesures propres à faire mieux accepter l'économie numérique et à renforcer la confiance du public à son égard pour que les technologies soient plus largement adoptées et utilisées.
- **Encourager l'assouplissement de l'organisation du travail grâce aux nouvelles technologies** : salariés et patrons peuvent utiliser les nouvelles technologies pour modifier les horaires de travail et mettre en place des systèmes de partage de poste et de télétravail. Ce genre de dispositif profitera à tous les travailleurs, à commencer par les femmes qui, partout, supportent encore l'essentiel des tâches domestiques et dont le temps de travail rémunéré est généralement inférieur à celui des hommes.
- **Adapter les systèmes de protection sociale aux nouvelles formes de travail** : l'essor de l'emploi atypique met à mal la protection sociale telle que nous la connaissons, qui repose encore en bonne partie sur le principe que l'emploi s'exerce à temps plein, dans le cadre d'un contrat à durée indéterminée, conclu avec un seul et unique employeur. La « flexisécurité », modèle adopté par plusieurs pays nordiques, est une voie d'approche possible. L'extension de la protection sociale à l'emploi atypique atteindra son but si et seulement si elle n'incite pas les travailleurs à se réclamer d'un statut plutôt que d'un autre (arbitrage réglementaire) ; si le taux de couverture parmi les groupes cibles est élevé ; si elle ne donne pas lieu à un phénomène d'antisélection ; si la charge pour les cotisant est supportable ; et si les frais de gestion sont modérés.

Répercussions à l'échelle de la société

Outre ses retombées sur l'économie, la transformation numérique a également d'importants prolongements pour la société et le bien-être général des individus. Ainsi, les technologies numériques peuvent faire grandir la cohésion sociale parce qu'elles favorisent l'accès à une éducation de qualité, offrent de nouvelles possibilités

de développement des compétences, rapprochent les patients des systèmes de soins ou procurent un accès illimité à l'information, à la connaissance et aux données pour un coût dérisoire. Pour prendre un exemple, le portail OnlineTele, au Danemark, met à la portée des personnes âgées vulnérables toute une gamme de services, notamment de communication par vidéo (en mode « tête-à-tête », « conférence » ou « échanges à plusieurs »), qui sont propices aux soins à distance. La téléphonie mobile, en particulier, est largement utilisée dans diverses initiatives d'innovation inclusive visant à améliorer les conditions de vie de certains groupes à faible revenu ou marginalisés dans les pays en développement (OCDE, 2015e).

D'une manière plus générale, les nouvelles plateformes numériques permettent aux consommateurs de négocier de meilleurs prix (mais aussi de trouver des produits de meilleure qualité). Elles leur facilitent de plus l'accès à des biens et services essentiels – par exemple pour les transports et le logement – quand elles ne permettent pas d'épargner de grosses dépenses. Les technologies numériques peuvent aussi amener une amélioration sensible des services offerts à certains groupes sociaux vulnérables (Mickoleit, 2014). Ainsi le fait de pouvoir déclarer ses revenus ou soumettre des demandes d'aide sociale à distance a simplifié ces démarches administratives, en particulier pour les habitants de zones isolées et pour les membres de groupes à faible revenu ou de groupes marginalisés qui vivent de cette aide. Par ailleurs, grâce aux médias sociaux, les pouvoirs publics peuvent ajuster leurs messages aux besoins des catégories de population auxquelles ils s'adressent, d'où la possibilité d'une meilleure communication entre eux et les citoyens. Les médias sociaux aident en outre les membres de groupes sous-représentés à tisser des liens et à s'entraider.

Si les technologies numériques peuvent élever considérablement le niveau de bien-être général, elles ne peuvent en revanche lever complètement les obstacles spécifiques qui privent de leurs bienfaits certains groupes défavorisés. Ainsi, quoiqu'elle soit plus accessible, rien ne permet encore d'affirmer qu'une éducation plus ouverte réduit les inégalités au regard des possibilités de formation. Quant aux personnes âgées – qui pourraient être les premiers bénéficiaires des applications de santé – elles sont moins enclines que les jeunes générations à utiliser des outils numériques.

La transformation numérique est aussi porteuse de défi de grande envergure. À titre d'exemple, une technologie comme le chaînage par blocs peut grandement aider une administration à gérer ses paiements et juguler le risque de fraude, mais elle peut tout aussi bien faciliter les transactions financières illégales. Autre exemple, le Bitcoin, quoique son emploi soit légal, peut être utilisé pour se soustraire au contrôle des autorités (par exemple, à des fins de trafic d'armes ou de stupéfiants). Ces risques sont aggravés par la rapidité et l'omniprésence des technologies, qui dans certains cas mettent à rude épreuve la capacité d'adaptation de la société. La transformation numérique peut faire beaucoup pour le bien-être mais les risques de retombées négatives sont bien réels et ne devraient pas être méconnus des responsables de la formulation des politiques. Toute la question est de savoir comment maximiser ses bienfaits avec le minimum de désagréments.

4. Innovation inclusive

Devant les transformations induites par le progrès technologique, l'un des grands défis de l'heure consiste à faire en sorte que l'innovation, omniprésente, ouvre de nouveaux horizons et soit bénéfique à tous. Faciliter l'accès aux technologies de toutes les catégories de population, nous l'avons dit plus haut, est une condition importante pour rendre l'innovation inclusive, au même titre que l'utilisation des nouveautés technologiques au service de la société et d'un plus grand bien-être. Des politiques industrielles et d'innovation savamment conçues peuvent aussi avoir leur utilité, tout comme la participation des PME et des collectivités régionales à la formulation des secondes.

La contribution des politiques industrielles et d'innovation

Les politiques industrielles et d'innovation font l'objet d'un intérêt croissant depuis une dizaine d'années. Suite à la dernière crise économique, les responsables de nombreux pays se sont mis en quête de nouvelles sources de croissance. La crainte d'une contraction des capacités de production, ajoutée à la concurrence de plus en plus sérieuse des économies émergentes, n'est pas non plus étrangère à ce regain d'intérêt, non plus que la perspective de voir s'amorcer une « nouvelle révolution industrielle » portée par les progrès des sciences et des technologies. La plupart des pays du G7 ont donc commencé à chercher de nouveaux moyens par lesquels stimuler la création de valeur dans l'industrie et par l'innovation. Ainsi :

- Au **Canada**, le Plan pour l'innovation et les compétences, d'introduction récente, comprend notamment une Initiative des supergrappes d'innovation, dotée d'une enveloppe de 950 millions CAD entre 2017 et 2022 qui sera employée pour soutenir les grappes d'entreprises les mieux à même de dynamiser l'économie et de devenir des moteurs de croissance. L'initiative passe par un nombre réduit d'investissements stratégiques importants, réalisés conjointement avec le secteur privé, visant à épauler les grappes les plus prometteuses et encourager la montée en puissance de supergrappes. Cinq supergrappes recevront ainsi des fonds en 2018, qui sont spécialisées dans les domaines des technologies numériques, des industries des protéines, de la fabrication avancée, des chaînes d'approvisionnement gérées par l'IA et de l'économie maritime.
- Au niveau de l'**Union européenne**, les débats d'orientation au sujet de la politique d'innovation ont eu trois maîtres-mots – innovation ouverte, science ouverte et ouverture au monde – et débouché sur des initiatives comme le nuage européen pour la science ouverte, le fonds de fonds européen, le label d'excellence ou les pactes pour l'innovation. Les préparatifs du prochain Programme-cadre Recherche et innovation de l'Union européenne, qui doit être lancé en 2018, sont en cours et il est notamment question : i) de donner, sur la base du programme Horizon 2020, des directives plus claires pour le financement de la recherche et de l'innovation dans l'UE avec l'introduction de la notion de « mission » ; ii) d'encourager l'innovation dans les entreprises en soutenant les marchés qui lui sont propices. Un Conseil européen de l'innovation pourrait être mis en place à titre expérimental pour aider l'élite des innovateurs, entrepreneurs, petites entreprises et scientifiques à donner à ses activités une dimension internationale.
- Au **Japon**, le cinquième Plan-cadre pour la science et la technologie dessine les contours de la « Société 5.0 », où le savoir se fait omniprésent et où l'imbrication du cyberspace et du monde réel est à la fois source de croissance économique et remède aux maux de la société. Pour donner corps à cette vision, le plan comporte des mesures visant à renforcer les fondamentaux de la science, de la technologie et de l'innovation et à faire entrer les technologies avancées dans tous les secteurs d'activité de même que dans la vie sociale. De pair avec le plan, la Stratégie de croissance 2017 isole cinq domaines dans lesquels il convient d'agir plus particulièrement pour bâtir la Société 5.0, à savoir : i) les soins (préventifs) et les services médicaux et infirmiers ; ii) la mobilité ; iii) les chaînes d'approvisionnement ; iv) les villes (et infrastructures intelligentes ; et v) les services financiers (fintech).

- Aux **États-Unis**, la *National Security Strategy (NSS)* dévoilée en décembre 2017 (The White House, 2017) isole des mesures précises que le pays doit prendre pour « être le premier dans les domaines de la recherche, des technologies, de l'invention et de l'innovation ». Pour conserver un avantage concurrentiel, il faut miser sur plusieurs technologies émergentes – science des données, cryptographie, technologies autonomes, édition génomique, IA, par exemple – mises en avant dans cette stratégie en raison de leur importance capitale pour la croissance économique et la sécurité.
- En **France**, les 34 plans d'action pour relancer l'activité industrielle présentés en septembre 2013 ont été ramenés à 10 « solutions industrielles » s'inscrivant dans le cadre du programme Nouvelle France industrielle (NFI) qui vise à aider toutes les entreprises à poursuivre leur modernisation et à se transformer grâce aux technologies numériques.
- En **Allemagne**, l'initiative stratégique nationale *Industrie 4.0* (ou I40) mise sur l'intégration numérique des activités manufacturières et l'interconnexion des produits, des chaînes de valeur et des modèles économiques en plus de soutenir la recherche, les partenariats industriels et la définition de normes.
- L'**Italie** a créé en 2012 un pôle technologique national baptisé *Fabbrica intelligente* (Usine intelligente) ayant pour mission de proposer, définir et appliquer une stratégie fondée sur la R-D au service de la modernisation de son secteur manufacturier. La mise en œuvre de cette stratégie passera par la constitution de réseaux, la mise en commun d'infrastructures de recherche ou encore la prospective technologique.
- Le **Royaume-Uni** a lancé sa nouvelle stratégie industrielle en novembre 2017. Il y expose comment préparer le pays à l'avenir en aidant les entreprises à créer des emplois de meilleure qualité et plus rémunérateurs grâce à des investissements dans les compétences, industries et infrastructures de demain. Son objectif est de stimuler la productivité et d'augmenter le pouvoir d'achat à l'échelle nationale, par une action fondée sur cinq piliers : les idées, les individus, les infrastructures, l'environnement économique et le terreau local.

Ces initiatives – et bien d'autres qui leur ressemblent – contribuent à susciter de nouvelles sources de croissance susceptibles d'offrir de nouveaux débouchés aux travailleurs et aux régions touchés par la transformation numérique ou d'autres changements structurels. La priorité donnée aux pôles et à l'échelon régional dans plusieurs stratégies adoptées par les pays du G7 rend compte de l'importance de la dimension locale et de la nécessité de faire davantage pour certaines zones qui risqueraient de prendre du retard.

Technologies numériques et intégration des PME

Si mettre au point une technologie peut faire la fortune d'une entreprise, la plupart ne feront jamais qu'utiliser les technologies développées par d'autres. D'autre part, même dans les économies les plus avancées, la diffusion des innovations technologiques se révèle parfois lente ou incomplète. À titre d'exemple, l'infonuagique a beau avoir rendu les ressources informatiques plus accessibles, y compris financièrement, seuls 22 % des entreprises de 10 à 49 salariés ont eu recours à de tels services en 2016, contre près de 47 % de celles qui emploient plus de 250 personnes (OCDE, 2017d).

La question de la diffusion présente une double facette. La première a trait à la création d'entreprises et à la croissance de celles qui deviennent porteuses de nouvelles technologies, qu'il convient d'encourager. Les pouvoirs publics doivent être attentifs aux divers éléments qui conditionnent cette dynamique, dont l'application en temps voulu des procédures de faillite et l'exécution rigoureuse des contrats (Calvino, Criscuolo et Menon, 2016). La seconde concerne l'application, par les entreprises en place, de technologies propres à augmenter leur productivité. Il y a à cet égard un problème majeur du fait que les petites entreprises ont moins volontiers recours à ces technologies clés que les grandes structures. Ainsi en Europe, une enquête a montré que 36 % des entreprises de 50 à 249 salariés disposent de robots industriels quand cette proportion atteint 74 % chez celles qui ont 1 000 salariés ou plus (Fraunhofer, 2015).

La diffusion des technologies est tributaire de différents facteurs d'envergure nationale ou internationale. Parmi ceux-ci : i) les interconnexions mondiales via les échanges commerciaux – lesquels participent à la diffusion des technologies et en encourageant l'adoption – et les investissements directs étrangers ; ii) la mobilité internationale des travailleurs qualifiés ; iii) les réseaux et les échanges de connaissances au sein des économies nationales, à l'image des interactions entre établissements scientifiques et entreprises ; iv) l'action normative (l'industrie des semi-conducteurs utilise ainsi plus de 1 000 normes) ; v) la complémentarité des investissements du secteur privé dans les actifs immatériels : R-D, compétences, capacités de gestion et autres formes de capital intellectuel ; vi) l'efficacité des processus par lesquels les entreprises s'assurent les ressources nécessaires à leur croissance.

Les institutions de diffusion technologique eux aussi peuvent se montrer efficaces. Les systèmes d'innovation englobent plusieurs vecteurs de diffusion technologique, comme les universités et les organisations professionnelles. Certaines des institutions intéressées, comme les services de vulgarisation scientifique, ont cependant tendance à être reléguées au second plan dans la politique générale d'innovation. Or elles peuvent jouer un rôle valable pour peu qu'elles soient bien conçues, dûment encouragées et dotées de ressources suffisantes (OCDE, 2017c).

L'utilisation des TIC posent des défis aux PME, mais leur offre aussi de réelles opportunités, comme la possibilité d'avoir d'emblée une « vocation mondiale » (par exemple lorsque leurs dirigeants sont établis dans des pays différents), de tirer parti du commerce électronique à l'échelle mondiale, de bénéficier d'un plus large accès à toute une gamme d'instruments de financement, d'une meilleure compréhension des processus internes, des marchés et de l'environnement commercial grâce à l'analytique de données, ou encore d'externaliser des fonctions clés – autant d'éléments de nature à contribuer à l'amélioration de leurs performances. Ajoutons que les plateformes internet augmentent l'offre de produits et services et permettent des échanges commerciaux qui n'auraient pu avoir lieu autrement. Elles peuvent aider les PME à accéder plus facilement à une clientèle et leur ouvrir l'accès à des marchés internationaux.

Inclusion et régions infranationales

Il n'est pas exclu que l'économie numérique accentue les disparités géographiques en termes de revenu dès lors qu'elle amplifie les effets économiques et sociaux de la dotation initiale en compétences (Moretti, 2012). Dans tous les pays de l'OCDE, on observe que la convergence des revenus entre les régions est passée au point mort au cours des dernières décennies, quand elle ne s'est pas inversée (Ganong et Shoag, 2015). Plusieurs moyens de la relancer s'offrent aux pouvoirs publics. L'investissement dans les compétences et la technologie revêt une importance notable (car l'investissement dans les infrastructures et les transports, pour faciliter la diffusion des compétences et des retombées économiques, s'il conserve des effets positifs, affiche un rendement en baisse (Filippetti et Peyrache, 2013)). Chaque emploi créé par les technologies de pointe dans une région peut en susciter de nombreux autres, pas moins de cinq semble-t-il (Moretti, 2012).

Les politiques de développement régional et local sont elles aussi un moyen de remédier aux disparités géographiques de revenu et de bien-être des individus. Elles visent traditionnellement à réaliser des investissements ciblés au service de l'essor économique local et de la qualité de vie des habitants. Ces politiques s'attaquent souvent aux obstacles locaux à l'entrepreneuriat, à l'innovation et au développement des compétences afin de renforcer la croissance locale (OCDE, 2016c). Pour ce qui est des politiques urbaines, il est possible de faire beaucoup plus dans bien des pays pour améliorer le fonctionnement des villes, notamment en renforçant la gouvernance métropolitaine ainsi que le réseau des villes, de manière à accroître les retombées de la croissance sur l'ensemble du territoire national. Les politiques de développement rural sont encore pour certaines trop tournées vers l'agriculture ; on pourrait attacher plus d'importance à l'amélioration de la productivité des activités économiques non agricoles, en tenant compte de la diversité de ces régions (OCDE, 2016d).

Favoriser l'inclusion sur fond de mutations technologiques rapides

On ne saurait prédire l'ampleur et le rythme des changements technologiques susceptibles, dans l'avenir, d'avoir une incidence sur l'inclusion, voire d'être un frein pour elle. À titre d'exemple, ceci s'est vu dans le passé, des difficultés techniques conjuguées à des lacunes scientifiques pourraient très bien ralentir les progrès de l'IA. Inversement, il n'est pas impossible qu'une découverte majeure autorise dans ce domaine des progrès plus rapides que prévus actuellement et ouvre un plus large champ à l'automatisation. Les responsables politiques doivent se confronter aux problèmes d'exclusion déjà présents et anticiper les développements à venir. Renforcer les systèmes d'enseignement et de formation, faciliter l'ajustement des marchés du travail et veiller à la présence de conditions-cadres qui aident à convertir le potentiel technologique en croissance sont autant de mesures essentielles – et bénéfiques à tout coup, indépendamment de la vitesse à laquelle interviendra le changement. Il y aura lieu également de faire évoluer dans leur ensemble les systèmes de protection sociale pour amortir l'impact des technologies futures. Pas question cependant de faire obstacle à l'innovation et au progrès technologique sans quoi il n'y aura pas de gains de productivité du travail ni de maintien, et à plus forte raison d'élévation, des niveaux de vie. Cet impératif est d'autant plus grand que la productivité du travail stagne, que le vieillissement de la population doit entraîner le doublement du taux de dépendance au cours des 35 prochaines années et que, à ce qu'il ressort de certains travaux, les nouvelles idées se raréfient (Bloom et al., 2017). L'innovation et la technologie seront indispensables à la génération de ressources économiques susceptibles à termes de renforcer l'inclusion. Elles pourraient aussi être mises au service d'une population active plus diverse et ouverte dont tous les membres puissent donner le meilleur d'eux-mêmes.

5. Leviers d'action et problèmes tenant à la demande et à l'offre de main-d'œuvre

Il est beaucoup question des conséquences que la transformation numérique emporte pour l'emploi. Selon des estimations récentes de l'OCDE, les technologies numériques vont placer environ 14 % des travailleurs face à un risque élevé d'automatisation des tâches qui leur sont demandées au cours des 15 prochaines années, tandis que 30 % supplémentaires verront ces tâches changer radicalement, et avec elles les qualifications requises par leur emploi. En résumé, près d'un actif sur deux aura un gros effort à fournir pour s'adapter au nouveau monde du travail.

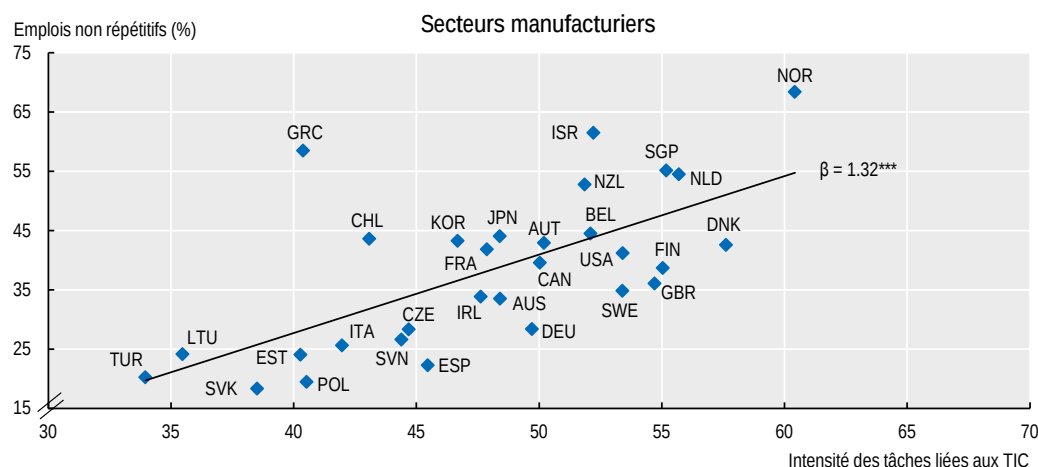
Les estimations que l'on donne quant au risque présenté par l'automatisation demandent toutefois à être considérée avec recul. Il convient par exemple de différencier ce qui est techniquement automatisable (c'est ce que l'on cherche à apprécier à travers ces estimations) de ce qui sera effectivement automatisé. Nous l'avons déjà dit, les données relatives à la diffusion de telle ou telle TIC nous révèlent que la grande majorité des entreprises, quand bien même la plupart est reliée aux réseaux haut débit, n'ont pas encore adopté les technologies numériques les plus avancées, comme les données massives, signe que ces technologies ne se diffusent qu'avec lenteur. À cela s'ajoute que les différents secteurs de l'économie sont loin d'utiliser les TIC avec une égale intensité (OCDE, 2017a).

Ce qui fait moins de doute, c'est que la transformation numérique s'accompagnera de modifications structurelles significatives, en particulier au niveau des modèles économiques au fur et à mesure que les entreprises adopteront des stratégies d'innovation fondée sur les données, et d'une vaste redistribution de la main-d'œuvre. Les emplois connaîtront pour la plupart un changement, quel qu'il soit, d'autres disparaîtront – comme les liftiers et les téléphonistes en leur temps – et d'autres enfin feront leur apparition. Ces emplois nouveaux ne seront pas identiques à ceux qui perdent leur raison d'être, de sorte que les travailleurs qui feront l'objet d'un licenciement dans les secteurs d'activité en déclin ne seront pas nécessairement en mesure de saisir les opportunités que d'autres secteurs en pleine expansion auront à offrir. Bon nombre de ces emplois nouveaux feront appel aux technologies numériques (et leur seront complémentaires) et les tâches à effectuer n'en seront que plus complexes et donc que plus difficiles à codifier. Les pays de l'OCDE dans lesquels les travailleurs utilisent le plus les TIC dans le cadre professionnel sont aussi ceux où la proportion d'emplois non répétitifs est la plus forte (graphique 7).

On observe en particulier que le marché du travail tend à se polariser, avec un recul de l'emploi moyennement qualifié au profit de l'emploi peu ou très qualifié (OCDE, 2017f). Sur le plan prospectif cependant, ce seront plus probablement les travailleurs les moins qualifiés qui feront les frais de la transformation numérique puisque, si l'on excepte quelques emplois relativement peu exigeants de ce point de vue – par exemple les activités de soin ou d'aide aux personnes – le risque d'automatisation est d'autant plus faible que le niveau d'études et de qualification est élevé (Nedelkoska et Quintini, 2018). Leurs emplois semblent particulièrement menacés, la concurrence s'aiguise sur le marché du travail entre eux et les individus moyennement qualifiés, ils sont moins enclins à s'adapter aux nouvelles technologies et méthodes de travail et saisiront moins facilement les opportunités qui s'offrent avec la transformation numérique.

Face à ces changements structurels, il faut impérativement que les travailleurs, les entreprises et les pouvoirs publics se préparent dès aujourd'hui au monde du travail de demain plutôt que de chercher comment enrayer ou inverser le cours de choses. Si incertains que soient l'ampleur et la vitesse du changement, l'immobilisme n'est pas une option envisageable ; il faut au contraire formuler un « programme d'adaptation », centré sur la personne, de sorte que tout un chacun profite d'un plan d'action allant dans le bon sens, celui de l'avenir, avec lequel nul ne soit laissé sur le bord du chemin et où le bien-être individuel reçoive la première place. Ainsi, les individus comme les entreprises y trouveront leur compte. Si l'on préfère jouer les autruches, le contrecoup technologique qui pourrait s'ensuivre nous priverait d'une bonne partie des retombées positives que la transformation numérique laisse présager.

Graphique 7. Part de l'emploi non répétitif et intensité des tâches liées aux TIC, 2012 ou 2015
Corrélation des valeurs sectorielles moyennes dans l'industrie manufacturière



Note : Les notes relatives à ce graphique peuvent être consultées à l'adresse : <http://dx.doi.org/10.1787/888933617586>.

Source : OCDE (2017a), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The Digital Transformation*, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264268821-en>.

La transformation numérique offre une occasion exceptionnelle d'améliorer le bien-être et de remédier à des problèmes sociaux urgents dans les domaines de la santé, de l'éducation ou de l'environnement. Elle soulève aussi divers défis puisqu'elle modifie la nature et la structure des entreprises et des marchés, remet en question les emplois et les compétences, la protection de la vie privée, la sécurité, nos modes d'interaction, la formation et la composition des communautés, les notions d'équité et d'inclusion. Des ajustements s'imposent. Le moment est bien choisi pour les opérer avec discernement et clairvoyance au service d'une croissance inclusive et du bien-être.

Les pouvoirs publics devront en particulier faciliter les reconversions, investir dans les compétences, renforcer la protection sociale, assurer la viabilité à long terme de la réglementation du marché du travail et promouvoir le dialogue social :

- **Faciliter les reconversions.** L'adaptation au progrès technologique réclamera des mesures facilitant les redéploiements de main-d'œuvre entre entreprises, secteurs d'activité et régions.
- **Investir dans les compétences.** Chacun, à plus forte raison s'il est jeune, doit se préparer aux emplois de demain et acquérir pour cela la panoplie de compétences qui lui permettra de frayer son chemin dans des environnements de travail en perpétuelle évolution où la technologie est omniprésente. La panoplie en question comprend des compétences cognitives générales, des compétences complémentaires, comme la capacité à résoudre des problèmes, la créativité, le sens de la communication, des compétences génériques en TIC et des compétences techniques ainsi qu'une bonne disposition pour l'apprentissage en continu.
- **Renforcer la protection sociale.** Une protection sociale adaptée est indispensable pour aider les travailleurs à changer d'emploi sans trop de difficulté, surtout dans le cas d'un licenciement. Alors que tant de pays déjà peinent à offrir une couverture sociale correcte à ceux qui exercent un emploi atypique (travailleurs temporaires, travailleurs indépendants, travailleurs à la demande, par exemple), l'avènement de l'économie des plateformes va venir compliquer encore les choses.
- **Assurer la viabilité à long terme de la réglementation du marché du travail.** Pour maintenir, sinon améliorer, les résultats sur le plan de l'emploi dans le monde de demain, il sera par ailleurs nécessaire de scruter la réglementation du travail avec un regard neuf afin de s'assurer qu'elle demeure adaptée à son objet.
- **Favoriser le dialogue social.** Devancer les défis et opportunités de demain, trouver des solutions, anticiper le changement et façonner le monde du travail à venir : tout cela se fera plus facilement et efficacement si les employeurs, les travailleurs et leurs représentants entretiennent des rapports étroits avec les pouvoirs publics dans un esprit de coopération et de confiance mutuelle.

Références

- Adalet McGowan, M., D. Andrews et V. Millot (2017a), « The walking dead? Zombie firms and productivity performance in OECD countries », *OECD Economics Department Working Papers*, n° 1372, <http://dx.doi.org/10.1787/180d80ad-en>.
- Andrews, D., C. Criscuolo et P. Gal (2016), « The best versus the rest: The global productivity slowdown, divergence across firms and the role of public policy », *OECD Productivity Working Papers*, n° 5, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/63629cc9-en>.
- Armstrong, S., K. Sotala et S.S. ÓhÉigeartaigh (2014), « The errors, insights and lessons of famous AI predictions – and what they mean for the future », *Journal of Experimental and Theoretical Artificial Intelligence*, vol. 26, n° 3, pp. 317–342, <http://dx.doi.org/10.1080/0952813X.2014.895105>.
- Arntz, M., T. Gregory et U. Zierahn (2016), « The risk of automation in OECD countries: A comparative analysis », *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, n° 189, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jlz9h56dvq7-en>.
- Berlingieri, G., P. Blanchenay et C. Criscuolo (2017), « The great divergence(s) », *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, n° 39, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/953f3853-en>.
- Bheemaiah, K. (2015), « Block Chain 2.0: The renaissance of money », *Wired*, 17 février, www.wired.com/insights/2015/01/block-chain-2-0/ (consulté le 7 mai 2016).
- Bloom, N. et al. (2017), « Are ideas getting harder to find? », *NBER Working Paper*, n° 23782, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- Brynjolfsson, E. et A. McAfee (2015), « The jobs that AI can't replace », BBC News, 13 septembre, www.bbc.com/news/technology-34175290 (consulté le 7 mai 2016).
- Brynjolfsson, E. et A. McAfee (2011), *Race Against The Machine: How the Digital Revolution is Accelerating Innovation, Driving Productivity, and Irreversibly Transforming Employment and the Economy*, Digital Frontier Press, Lexington, Massachusetts.
- Brynjolfsson, E., D. Rock et C. Syverson (2017), « Artificial intelligence and the modern productivity paradox: A clash of expectations and statistics », *NBER Working Paper*, n° 24001, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- Calvino, F., C. Criscuolo et C. Menon (2016), « No country for young firms?: Start-up dynamics and national policies », *OECD Science, Technology and Industry Policy Papers*, n° 29, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jm22p40c8mw-en>.
- Conference Board (2017), *Total Economy Database*, <https://www.conference-board.org/data/economydatabase/> (consulté en novembre 2017).
- ESPAS (European Strategy and Policy Analysis System) (2015), *Global Trends to 2030: Can the EU Meet the Challenges Ahead?*, ESPAS, Bruxelles, <http://europa.eu/espas/pdf/espas-report-2015.pdf> (consulté le 7 mai 2016).
- Filippetti, A. et A. Peyrache (2013), « Labour productivity and technology gap in European regions: A conditional frontier approach », *Regional Studies*, vol. 49, n° 4, pp. 532–554, <http://dx.doi.org/10.1080/00343404.2013.799768>.
- FIT (Forum international des transports) (2015), *Automated and Autonomous Driving: Regulation under Uncertainty*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jlwvzdfk640-en>.

- Fraunhofer (2015), « Analysis of the impact of robotic systems on employment in the European Union », <https://ec.europa.eu/digital-single-market/news/fresh-look-use-robots-shows-positive-effect-automation>.
- G7 (2016), *Déclaration des ministres des Technologies de l'information et des communications*, G7, Takamatsu, Japon, www.soumu.go.jp/joho_kokusai/g7ict/english/main_content/000416959.pdf.
- Ganong, P. et D. Shoag (2015), « Why has regional income convergence in the U.S. declined? », *NBER Working Paper* n° 23609, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts, <http://scholar.harvard.edu/files/shoag/files/ganongshoagian2015.pdf>.
- Gordon, R. (2012), « Is U.S. economic growth over? Faltering innovation confronts the six headwinds », *NBER Working Paper*, n° 18315, National Bureau of Economic Research, Cambridge, Massachusetts.
- Haskel, J. et S. Westlake (2017), *Capitalism without Capital: The Rise of the Intangible Economy*, Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Horizons de politiques Canada (2013), *METASCAN3 – Technologies émergentes : Une étude prospective explorant la façon dont les technologies émergentes vont façonner l'économie et la société, et les défis et les occasions que ces technologies vont créer*, gouvernement du Canada, Ottawa, http://www.horizons.gc.ca/sites/default/files/Publication-alt-format/version_pdf_0239_7184kb-51pages.pdf (consulté le 7 mai 2016).
- McKinsey Global Institute (2017), *Jobs Lost, Jobs Gained: Workforce Transitions in a Time of Automation*, McKinsey & Company, décembre.
- Mickleit, A. (2014), « Social media use by governments: A policy primer to discuss trends, identify policy opportunities and guide decision makers », *OECD Working Papers on Public Governance*, n° 26, Éditions OCDE, <http://dx.doi.org/10.1787/5jxrcmghmk0s-en>.
- Moretti, E. (2012), *The New Geography of Jobs*, Houghton Mifflin Harcourt Publishing, Boston.
- Nedelkoska, L. et G. Quintini (2018), « Automation, skill use and training », *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, n° 202, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/2e2f4eea-en>.
- OCDE (2018), Portail de l'OCDE sur le haut débit, base de données, www.oecd.org/sti/broadband/oecdbroadbandportal.htm (consulté le 15 mars 2018).
- OCDE (2017a), *OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017: The Digital Transformation*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264268821-en>.
- OCDE (2017b), *Perspectives économiques de l'OCDE, Volume 2017*, n° 2, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/eco_outlook-v2017-2-fr.
- OCDE (2017c), *The Next Production Revolution: Implications for Governments and Business*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-en>.
- OCDE (2017d), *OECD Digital Economy Outlook 2017*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264271036-en>.
- OCDE (2017e), « Transformation numérique : L'avenir du travail des femmes », *OECD Policy Briefs on the Future of Work*, OCDE, Paris, <https://www.oecd.org/going-digital/Going-Digital-the-Future-of-Work-for-Women.pdf>.

OCDE (2017f), *Perspectives de l'emploi de l'OCDE 2017*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/empl_outlook-2017-fr.

OCDE (2017g), « *Towards the implementation of the G20 Roadmap for digitalisation: skills, business dynamics and competition* », www.oecd.org/g20/OECDreport_Implementation_G20_Roadmap.pdf.

OCDE (2016a), *Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2016*, Éditions OCDE, Paris, http://dx.doi.org/10.1787/sti_in_outlook-2016-fr.

OCDE (2016b), « *The Internet of Things: Seizing the benefits and addressing the challenges* », *OECD Digital Economy Papers*, n° 252, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/5jlwvzz8td0n-en>.

OCDE (2016c), *Création d'emplois et développement économique local 2016 (Version abrégée)*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264263963-fr>.

OCDE (2016d), *Perspectives régionales de l'OCDE 2016 : Des régions productives pour des sociétés inclusives*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264284050-fr>.

OCDE (2016e), « *Automation and independent work in a Digital Economy* », *OECD Policy Briefs on the Future of Work*, www.oecd.org/employment/emp/Policy%20brief%20-%20Automation%20and%20Independent%20Work%20in%20a%20Digital%20Economy.pdf.

OCDE (2015a), *The Future of Productivity*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264248533-en>.

OCDE (2015b), *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229358-en>.

OCDE (2015c), *Perspectives de l'économie numérique de l'OCDE 2015*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264243767-fr>.

OCDE (2015d), « *Affiner la réglementation pour favoriser des innovations majeures au sein des marchés financiers* », *Document de réflexion de la Division de la concurrence*, OCDE, Paris, [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WP2\(2015\)9/fr/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WP2(2015)9/fr/pdf) (consulté le 7 mai 2016).

OCDE (2015e), *Innovation Policies for Inclusive Growth*, Éditions OCDE, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229488-en>.

Pagliery, J. (2015), « *Record \$1 billion invested in Bitcoin firms so far* », *CNN Money*, 3 novembre, <http://money.cnn.com/2015/11/02/technology/bitcoin-1-billion-invested/> (consulté le 7 mai 2016).

Simon, T. (2017), « *Critical infrastructure and the Internet of Things* », *Commission mondiale sur la gouvernance d'Internet, Paper Series*, n° 46, janvier, https://www.cigionline.org/sites/default/files/documents/GCIG%20no.46_0.pdf.

Solow, R.M. (1987), « *We'd better watch out* », *New York Times Book Review*, n° 36, 12 juillet.

The Economist (2015), « *The great chain of being sure about things* », *The Economist*, 31 octobre, www.economist.com/news/briefing/21677228-technology-behind-bitcoin-lets-people-who-do-not-know-or-trust-each-other-build-dependable (consulté le 7 mai 2016).

www.oecd.org/innovation

www.oecd.org/ieconomy

www.oecd.org/going-digital

 **[@OECDInnovation](https://twitter.com/OECDInnovation)**

STI.contact@oecd.org