

**Commission de la science et de la technique
au service du développement**

Vingt-cinquième session

Genève, 28 mars-1^{er} avril 2022

Point 3 a) de l'ordre du jour provisoire

Science et technique au service du développement**La quatrième révolution industrielle au service
d'un développement inclusif****Rapport du Secrétaire général***Résumé*

Le présent rapport traite de l'avènement de la quatrième révolution industrielle (industrie 4.0) dans les secteurs manufacturiers et de son incidence sur les inégalités dans et entre les pays. Les technologies de la quatrième révolution industrielle peuvent accroître la productivité des secteurs manufacturiers et atténuer les conséquences environnementales de l'industrialisation, et pourraient bien créer davantage d'emplois qu'elles n'en feront disparaître. Cela dit, dans les pays en développement, la grande majorité des entreprises ne sont pas prêtes à les adopter. La plupart mettent encore en œuvre des procédés de production fondés sur des technologies analogiques et doivent s'industrialiser davantage avant de pouvoir tirer parti de la quatrième révolution industrielle. Il y a un risque que l'industrialisation et l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 progressent lentement dans les secteurs manufacturiers des pays en développement, auquel cas les inégalités entre les pays se creuseront et cette révolution technologique suivra le sillon tracé par les précédentes. Les pays en développement ne peuvent pas se permettre de manquer cette nouvelle vague de progrès technologique. Leur capacité à suivre le rythme dépendra pour beaucoup des mesures qu'ils prendront et des partenariats qu'ils noueront. Tous les pays doivent se doter de politiques de la science, de la technologie et de l'innovation, en veillant à les adapter à leur niveau de développement, pour préparer leur population et leurs entreprises aux bouleversements à venir. Ils devront adopter une approche équilibrée pour pouvoir mettre en place un appareil industriel à la fois robuste et diversifié tout en propageant les technologies de l'industrie 4.0 dans les secteurs manufacturiers. Il s'agira aussi de consolider les partenariats et les mécanismes de collaboration internationale, et d'en établir de nouveaux, pour faciliter la diversification économique, la diffusion des technologies et leur adoption par les entreprises manufacturières des pays en développement.



Introduction

1. À sa vingt-quatrième session, en mai 2021, la Commission de la science et de la technique au service du développement a décidé que l'un de ses thèmes prioritaires pour la période intersessions 2021-2022 serait « La quatrième révolution industrielle au service d'un développement inclusif ».
2. Le secrétariat de la Commission a convoqué une réunion intersessions du 17 au 19 novembre 2021 afin d'aider la Commission à mieux cerner ce thème et à structurer ses débats à sa vingt-cinquième session. Le présent rapport se fonde sur la note thématique élaborée par le secrétariat, sur les conclusions et recommandations issues de la réunion intersessions, ainsi que sur les études de pays communiquées par des membres de la Commission et des entités des Nations Unies¹.
3. La pandémie de maladie à coronavirus (COVID-19) et les mesures prises pour la combattre ont accéléré la diffusion des technologies numériques de l'industrie 4.0 à une époque où celles-ci se développent déjà rapidement, qu'il s'agisse de l'intelligence artificielle, de la robotique ou de l'Internet des objets. Ces technologies peuvent contribuer à accroître la productivité des secteurs manufacturiers et à atténuer les conséquences environnementales de l'industrialisation, et pourraient bien créer davantage d'emplois qu'elles n'en feront disparaître. Cependant, elles ont une incidence sur la productivité relative des entreprises des différents secteurs et pays, et donc sur l'industrialisation et la transformation structurelle des pays en développement, qui sont cruciales pour promouvoir un développement inclusif et réduire les disparités dans et entre les pays. Dans les secteurs manufacturiers, leur adoption influe également sur les salaires et les perspectives d'emploi du fait des différences de compétences et des disparités de choix et de possibilités d'éducation en fonction du contexte social et de caractéristiques individuelles comme l'âge, le sexe ou l'appartenance ethnique. Les pays en développement doivent élaborer et mettre en œuvre des politiques qui leur permettront de tirer profit de la quatrième révolution industrielle tout en prévenant autant que possible ses effets néfastes. La communauté internationale a un rôle à jouer dans la diversification économique de ces pays et la mise à niveau technologique de leurs entreprises manufacturières.

I. Évolution de l'industrialisation, inégalités et répercussions de la pandémie

4. Depuis la première révolution industrielle, chaque vague de progrès technologique a accentué les inégalités entre les pays. Avant les années 1800, il y avait peu de disparités de revenus d'un pays à l'autre. Les inégalités étaient plutôt liées à l'existence de plusieurs classes de citoyens au sein d'un même pays. Aujourd'hui, elles dépendent de l'endroit dans le monde où chacun vit, l'écart moyen entre le revenu par habitant des pays développés et celui des pays en développement étant de plus de 40 000 dollars². Ces quarante dernières années, les inégalités infranationales ont aussi progressé dans de nombreux pays, jusqu'à atteindre des niveaux élevés dans certains cas. Traditionnellement, le développement est favorisé par l'industrialisation, la mise à niveau technologique et la transformation structurelle, qui entraînent une réorientation de la production et de la main-d'œuvre

¹ Le Secrétaire général remercie vivement les pays et entités suivants pour leur contribution : Afrique du Sud, Bélarus, Belgique, Brésil, Égypte, Fédération de Russie, Japon, Kenya, Lettonie, Pérou, Philippines, Portugal, République dominicaine, République islamique d'Iran, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Suisse, Thaïlande et Turquie ; Commission économique et sociale pour l'Asie occidentale, Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, Organisation mondiale du tourisme et Union internationale des télécommunications. L'ensemble de la documentation de la réunion intersessions est disponible à l'adresse <https://unctad.org/meeting/cstd-2021-2022-inter-sessional-panel>.

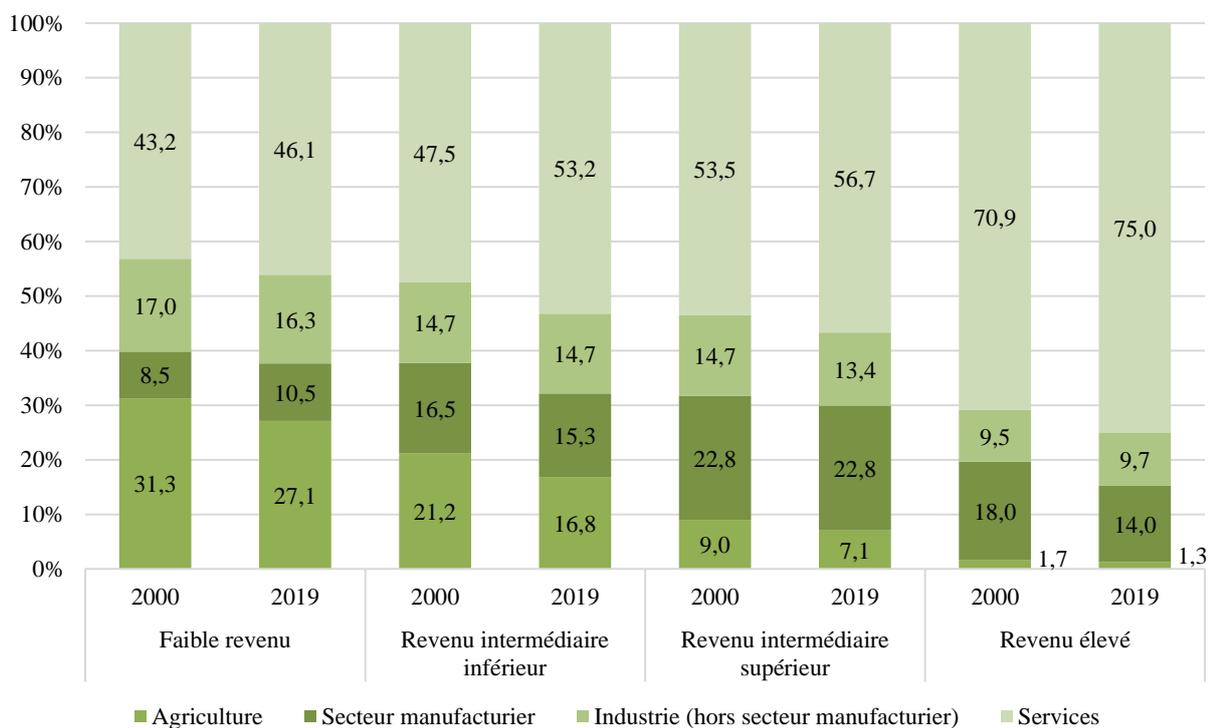
Note : Tous les sites Web mentionnés dans les notes de bas de page ont été consultés en décembre 2021.

² CNUCED, 2021a, *Technology and Innovation Report 2021: Catching Technological Waves – Innovation with Equity* (publication des Nations Unies, numéro de vente E.21.II.D.8, Genève).

d'activités à faible valeur ajoutée, en particulier l'agriculture de subsistance, vers les secteurs à forte valeur ajoutée que sont l'industrie et les services. Dans l'industrie, les secteurs manufacturiers offrent les meilleures perspectives de modernisation technologique et de croissance de la productivité, et leur essor peut avoir des retombées sur l'ensemble de l'économie, par exemple en tirant les salaires vers le haut. Toutefois, ces deux dernières décennies, la transformation structurelle des pays en développement s'est généralement accompagnée d'un transfert de la production et de l'emploi de l'agriculture vers les services, tandis que la part de la valeur ajoutée manufacturière dans le produit intérieur brut n'a augmenté que marginalement, lorsqu'elle n'a pas même reculé (fig. 1 et 2). Il s'agit là de signes de la lenteur de l'industrialisation des pays à faible revenu et du début de la désindustrialisation des pays à revenu intermédiaire inférieur.

Figure 1
Contribution des grands secteurs économiques au produit intérieur brut en fonction du niveau de revenu

(En pourcentage)

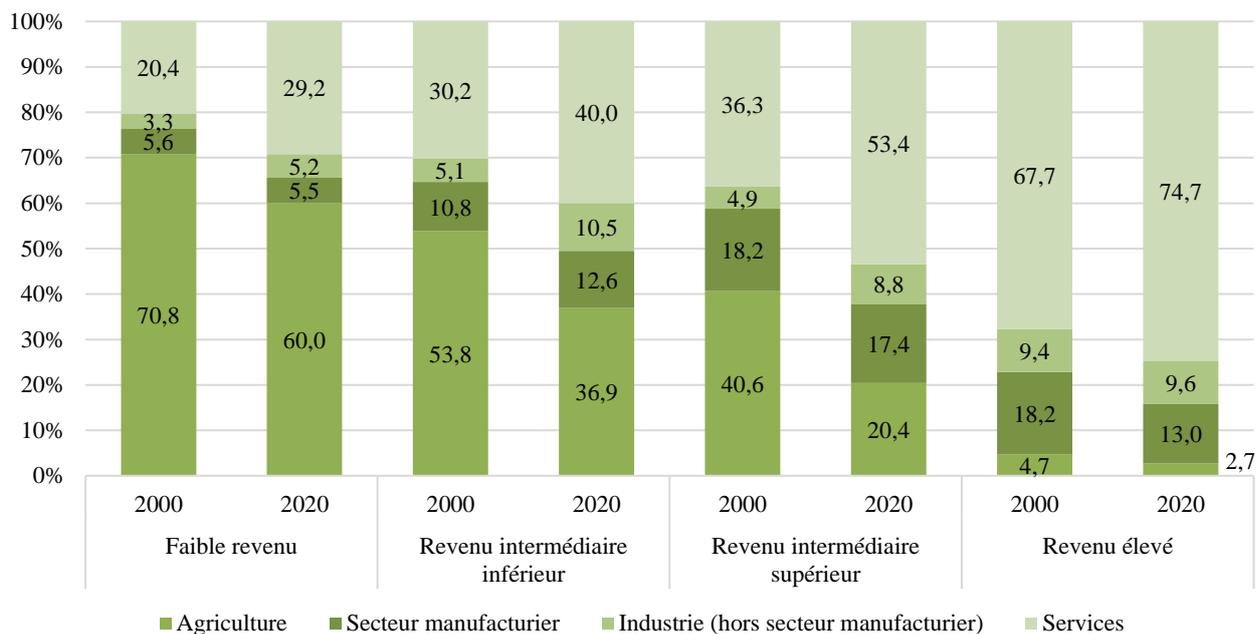


Source : Calculs de la CNUCED, d'après la base de données UNCTADstat.

Figure 2

Répartition de l'emploi dans les grands secteurs économiques en fonction du niveau de revenu

(En pourcentage)



Source : CNUCED, 2021a.

5. L'investissement étranger direct et les chaînes de valeur mondiales prennent rapidement de l'ampleur depuis les années 1990. Ces chaînes de valeur représentent environ 80 % du commerce international et la plupart des pays en développement y participent de plus en plus. La part de ces pays dans le commerce mondial en valeur ajoutée est passée de 20 % en 1990 à plus de 40 % en 2013³. La baisse des coûts des communications et du commerce a favorisé la segmentation de la production, et donc sa diversification géographique et l'émergence de chaînes d'approvisionnement internationales et complexes. Cette mondialisation de la production a souvent été le fait d'entreprises multinationales issues de pays développés qui voulaient bénéficier d'une main-d'œuvre à moindre coût et s'implanter sur les marchés des pays en développement grâce à l'investissement étranger direct. L'industrialisation des pays en développement a cependant été inégale et lente. Quant à la mesure dans laquelle leur participation aux chaînes de valeur mondiales a favorisé l'apprentissage technologique, elle est variable d'un pays à l'autre, puisqu'elle dépend de la gouvernance des chaînes, du degré de compétence des fournisseurs et de la maturité des systèmes nationaux d'innovation. Au sein de ces chaînes de valeur, les entreprises de la majorité des pays en développement exercent plutôt des activités de fabrication, qui exigent relativement peu de qualifications, tandis que les entreprises des pays plus développés se spécialisent davantage dans la recherche-développement.

6. Le capital humain est essentiel à l'apprentissage technologique et à l'innovation. Ce facteur ne peut toutefois expliquer à lui seul le caractère inégal et la lenteur de l'industrialisation des pays en développement, car, dans la grande majorité de ces pays, le niveau de qualification des travailleurs a augmenté au cours des vingt dernières années. Entre 2000 et 2020, la part des emplois moyennement qualifiés a augmenté de 6 points de pourcentage dans les pays à faible revenu et les pays à revenu intermédiaire inférieur, et de 10 points de pourcentage dans les pays à revenu intermédiaire supérieur⁴. Sur la même période, la part des emplois hautement qualifiés a progressé dans tous les pays, notamment dans les pays à revenu intermédiaire, où la hausse a été de 6 points de pourcentage. Des facteurs structurels influent cependant sur la répartition des travailleurs qualifiés. Les

³ CNUCED, 2013, « *Global Value Chains and Development: Investment and Value Added Trade in the Global Economy* » (publication des Nations Unies, Genève).

⁴ CNUCED, 2021a.

nouveaux emplois moyennement qualifiés ont essentiellement été créés dans les secteurs des services et de la vente, pas dans les secteurs manufacturiers.

7. Les différences structurelles entre l'économie des pays en développement et celle des pays développés subsistent, de sorte que l'écart de productivité entre les deux groupes s'est accentué, passant d'environ 60 000 dollars en 1991 à près de 90 000 dollars en 2019⁵. Dans de nombreux pays en développement, l'économie repose toujours essentiellement sur l'agriculture et sur des activités à forte intensité de ressources, et on y constate des écarts de productivité considérables entre les secteurs traditionnels et modernes. En outre, le secteur informel occupe une place importante dans la plupart des pays en développement, 93 % de l'emploi informel étant concentré dans les pays de cette catégorie. Il s'agit là à la fois d'une cause et d'une conséquence de la relative faiblesse de la productivité⁶.

8. La pandémie va vraisemblablement accentuer l'informalité et la précarité de l'emploi. Elle a déjà entraîné une diminution des emplois disponibles, un allongement du temps écoulé entre deux emplois et une réduction du nombre d'heures travaillées, avec des pertes équivalentes à la disparition de 100 millions d'emplois à temps plein pour 2021 et de 26 millions d'emplois à temps plein pour 2022⁷. Au niveau national, ses répercussions sur les secteurs manufacturiers dépendent de la structure de la production et des échanges. Au Bangladesh, par exemple, les travailleurs des microentreprises et des petites et moyennes entreprises des secteurs du textile, de l'habillement et du cuir ont été particulièrement touchés par les licenciements pour motif économique⁸. En Thaïlande, 8,4 millions de personnes pourraient perdre leur emploi à cause de la pandémie, dont 1,5 million d'employés de l'industrie manufacturière, les secteurs les plus durement frappés étant ceux de la production de boissons maltées et de la construction automobile⁹. Les entreprises des pays où les niveaux de chômage et de sous-emploi sont élevés pourraient ne pas être très enclines à adopter certaines technologies de l'industrie 4.0 destinées à réduire le coût de la main-d'œuvre, et risquent ainsi d'en retarder la diffusion.

9. La pandémie a également pesé lourdement sur l'investissement international. En 2020, les flux mondiaux d'investissement étranger direct se sont contractés de 35 %¹⁰. Les pays en développement ont relativement bien résisté au choc (-8 %), principalement grâce au bon maintien des flux en Asie. La chute a été inégale d'une région en développement à l'autre : -45 % en Amérique latine et dans les Caraïbes contre -16 % en Afrique, par exemple. Au premier semestre de 2021, l'investissement étranger direct est reparti fortement à la hausse pour atteindre un volume estimé à 852 milliards de dollars, mais la reprise a elle aussi été inégale, puisque les flux trimestriels à destination des pays à revenu élevé ont plus que doublé, tandis que les pays à faible revenu ont observé une baisse de 9 %¹¹. En raison de la lenteur du redressement de leur économie, ces derniers pourraient avoir plus de mal à attirer l'investissement étranger direct en lien avec l'industrie 4.0.

10. En outre, la crise de la COVID-19 pourrait influencer les décisions des acteurs du secteur privé quant à la participation aux chaînes de valeur mondiales. Les opérations de relocalisation, par exemple, pourraient donner lieu à des chaînes de valeur plus courtes et moins fragmentées, avec une plus forte concentration géographique de la valeur ajoutée, surtout dans les secteurs de haute technicité (construction automobile, machines et outillage, électronique, etc.). Elles risquent de freiner le déploiement des technologies de l'industrie 4.0

⁵ Ibid.

⁶ Organisation internationale du Travail, 2018, « Femmes et hommes dans l'économie informelle : un panorama statistique » (Genève).

⁷ Ibid.

⁸ Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, 2021a, « *Impact Assessment of COVID-19 on Bangladesh's Manufacturing Firms* », Vienne.

⁹ Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, 2021b, « *Impact Assessment of COVID-19 on Thailand's Manufacturing Firms* », Vienne.

¹⁰ CNUCED, 2021b, *World Investment Report 2021: Investing in Sustainable Recovery* (publication des Nations Unies, numéro de vente E.21.II.D.13, Genève).

¹¹ Voir <https://unctad.org/news/global-investment-flows-rebound-first-half-2021-recovery-highly-uneven>.

dans les pays en développement puisqu'elles sont plus susceptibles de concerner les secteurs de haute technicité, dans lesquels ces technologies sont les plus utilisées.

II. Quatrième révolution industrielle : définition et principales caractéristiques

11. La quatrième révolution industrielle désigne le passage à des systèmes de production intelligents et connectés. Elle a été rendue possible par les nouvelles technologies, en particulier par l'utilisation de plus en plus répandue de l'automatisation et de l'échange de données. Une production dite « intelligente » est une production intégrée et contrôlée au moyen de capteurs et d'équipements connectés à des réseaux numériques, qui repose sur l'intelligence artificielle. Elle suppose la création de nouvelles formes d'interaction entre humains et machines via l'utilisation de technologies traditionnelles et nouvelles, qui peuvent être classées dans trois grandes catégories : le matériel, les logiciels et les réseaux numériques. Le matériel recouvre les robots industriels modernes, les « cobots », c'est-à-dire des robots facilement reprogrammables qui collaborent avec les humains et sont utilisés dans plusieurs secteurs pour accomplir diverses tâches (conditionnement, palettisation, utilisation automatisée de machines-outils dans une usine, etc.), les systèmes automatisés et intelligents, les imprimantes 3D, qui servent à la fabrication additive, ainsi que les machines, équipements et outils ordinaires de moindre technicité. Ces technologies ne sont pas nouvelles dans les secteurs manufacturiers. Ce sont les technologies des deux autres catégories, les logiciels et les réseaux numériques, qui rendent la production véritablement intelligente. La catégorie des logiciels comprend les traditionnelles technologies de l'information et de la communication (TIC) (logiciels, fabrication assistée par ordinateur, production intégrée par ordinateur, conception assistée par ordinateur, etc.), ainsi que les outils d'analyse de données qui exploitent les mégadonnées et l'intelligence artificielle. Les réseaux numériques, qui englobent notamment les applications industrielles de l'Internet des objets, visent à faire des machines et outils traditionnels des objets connectés à l'aide d'actionneurs et de capteurs qui permettent de collecter, de transmettre et d'exploiter des données relatives à la production. Ensemble, le matériel, les logiciels et les réseaux numériques forment un système connecté, capable d'appréhender le monde physique, d'interagir avec lui, d'établir des prévisions quant à son évolution et de prendre des décisions pour optimiser la production en temps réel.

A. La possibilité d'un nouveau modèle technologique

12. La quatrième révolution industrielle est une révolution technologique, qui repose sur les technologies numériques et leur intégration, sur la connectivité et sur l'interconnexion entre les mondes physique, numérique et biologique. Une révolution technologique a des répercussions plus profondes et plus vastes que le déploiement d'une technologie en particulier qui entraîne un changement progressif ou soudain. Elle modifie le fonctionnement de l'économie et de la société, y compris la façon dont les personnes interagissent avec autrui et avec leur environnement, et appelle des changements de grande envergure sur le plan institutionnel. Selon les spécialistes du progrès technologique et de l'innovation, cinq révolutions technologiques se sont produites depuis la première révolution industrielle, chacune s'étalant sur une cinquantaine d'années (voir le tableau ci-dessous).

La technologie au service de l'économie : évolution des modèles

<i>Révolution</i>	<i>Modèle</i>
Première, deuxième et troisième révolutions :	
Révolution industrielle (à partir de 1771)	Production en usine, mécanisation, productivité, ponctualité et gains de temps, et réseaux locaux

<i>Révolution</i>	<i>Modèle</i>
Époque de la vapeur et du chemin de fer (à partir de 1829)	Économies d'agglomération, villes industrielles et marchés nationaux, l'échelle comme critère de progrès, normalisation des pièces et utilisation d'énergie si nécessaire (vapeur)
Époque de l'acier, de l'électricité et de l'industrie lourde (à partir de 1875)	Grandes structures en acier, économies d'échelle au niveau des usines et intégration verticale, approvisionnement en énergie de l'industrie (électricité), science au service de la production, réseaux mondiaux, normalisation universelle et comptabilité des coûts
Quatrième révolution : époque du pétrole, de l'automobile et de la production de masse (à partir de 1908)	Production et marchés de masse, économies d'échelle et intégration horizontale, normalisation des produits, intensité énergétique, matériaux de synthèse, spécialisation fonctionnelle, extension des banlieues et accords mondiaux
Cinquième révolution : révolution numérique (époque des TIC) (à partir de 1971)	Intensité informationnelle et communications instantanées, les connaissances comme capital, plateformes numériques et médias sociaux, connectivité et mobilité, commerce électronique et administration en ligne, segmentation des marchés, économies d'envergure, organisation horizontale et structures en réseau, et chaînes de valeur mondiales
Sixième révolution : industrie 4.0 (à partir de 2010)	Automatisation, intégration numérique, micromarchés, production locale à la demande, durabilité, production intelligente, décentralisation de la production, renforcement de l'intégration verticale et horizontale, reconfiguration de la production et autocorrection

Source : CNUCED, d'après C. Perez, 2002, *Technological Revolutions and Financial Capital: The Dynamics of Bubbles and Golden Ages*, Edward Elgar, Cheltenham, Royaume-Uni ; K. Schwab, 2017, *The Fourth Industrial Revolution*, Penguin, Londres.

13. Parmi ces six révolutions technologiques, les trois premières correspondent à la première révolution industrielle, les deux suivantes coïncident respectivement avec les deuxième et troisième révolutions industrielles, et la dernière correspond à la quatrième révolution industrielle (industrie 4.0), selon les définitions du Forum économique mondial¹². Cette dernière révolution est considérée comme inédite de par la vitesse à laquelle elle se propage, le nombre de secteurs concernés, ainsi que l'ampleur et la profondeur des changements qu'elle suscite¹³. Les technologies et les solutions qu'elle apporte peuvent sembler appartenir à un futur lointain pour beaucoup, mais elles finiront tôt ou tard par se généraliser.

B. La mise au point des technologies de l'industrie 4.0 et leur utilisation dans les secteurs manufacturiers

14. Quelques pays et un nombre relativement petit d'entreprises mettent au point l'essentiel des technologies de l'industrie 4.0. La Chine et les États-Unis dominent en nombre de publications et de brevets, puisqu'ensemble, selon les estimations, ils font paraître entre 26 et 41 % des publications relatives à ces technologies et déposent entre 45 et 63 % des brevets¹⁴. Ils arrivent également en tête sur les plans des investissements consacrés aux technologies de l'industrie 4.0 et des capacités mises en œuvre dans ce domaine, hébergent les principales plateformes numériques (90 % du marché en capitalisation boursière) et la moitié des centres de données « hyper-échelle » du monde, ont les taux les plus élevés d'utilisation des réseaux de cinquième génération (plus de 45 %), sont à l'origine de 94 % de

¹² Schwab, 2017. Voir <https://www.weforum.org/agenda/2016/01/the-fourth-industrial-revolution-what-it-means-and-how-to-respond/>.

¹³ Ibid.

¹⁴ D'après CNUCED, 2021a.

l'ensemble des financements dont les start-up du secteur de l'intelligence artificielle ont bénéficié au cours des cinq dernières années et comptent 70 % des chercheurs de renom spécialisés dans l'intelligence artificielle¹⁵. Il reste toutefois à savoir si ces deux pays vont chercher à exploiter les technologies de l'industrie 4.0 pour étendre aux secteurs manufacturiers l'avantage comparatif dont ils disposent dans le secteur des plateformes numériques. À cet égard, l'une des clefs est l'Internet des objets, dans lequel les entreprises d'Europe occidentale ont investi massivement. Ensemble, l'Europe occidentale, la Chine et les États-Unis représentent environ 75 % de l'ensemble des dépenses consacrées à cette technologie¹⁶.

15. Les capacités de mise au point et de fabrication de produits de haute technicité sont un autre déterminant essentiel de la diffusion des technologies de l'industrie 4.0. À cet égard, les pays peuvent être répartis dans quatre grandes catégories : les pionniers, les suiveurs, les adopteurs tardifs et les retardataires¹⁷. Les pionniers sont les 10 pays détenteurs d'au moins 100 familles internationales de brevets relatifs à des produits des technologies de l'industrie 4.0¹⁸. Ensemble, ils détiennent 91 % de l'ensemble des familles internationales de brevets et représentent près de 70 % des exportations et 46 % des importations de ces produits. En d'autres termes, ils créent, vendent et achètent la plus grande partie des produits des technologies de l'industrie 4.0. Les suiveurs sont eux aussi présents dans le secteur, mais ils représentent une part plus petite des brevets et des échanges. Ensemble, les pionniers et les suiveurs forment un groupe de 50 pays actifs dans le secteur des technologies de l'industrie 4.0. Les autres pays ne s'investissent pas ou guère dans le brevetage et le commerce de ces technologies. Même dans les 50 pays pionniers ou suiveurs, celles-ci n'ont été adoptées que dans quelques secteurs, et seul un petit nombre d'entreprises utilisent des systèmes de production intelligents. Les entreprises manufacturières des adopteurs tardifs et des retardataires utilisent encore principalement des technologies analogiques et commencent seulement à adopter des technologies numériques¹⁹.

C. Les avantages du déploiement des technologies de l'industrie 4.0 dans les secteurs manufacturiers

16. L'utilisation des technologies de l'industrie 4.0 dans les secteurs manufacturiers peut accroître la productivité, améliorer le rendement énergétique et rendre la production plus durable. Des études menées dans des entreprises ghanéennes, thaïlandaises et vietnamiennes ont révélé que celles qui adoptaient des technologies de production numérique avancées gagnaient en productivité²⁰. Grâce à ces technologies, on peut avoir une meilleure visibilité sur chacune des étapes de la production et donc repérer plus facilement celles où des optimisations sont possibles. Il est par exemple ressorti d'une étude conduite dans une usine mexicaine de fabrication d'outils électriques qu'en installant sur presque tous les composants des radio-étiquettes Wi-Fi, qui permettaient de connaître la position de ces composants en temps réel, les responsables de la production pouvaient ralentir ou accélérer la cadence et déterminer la vitesse à laquelle les employés effectuaient diverses tâches. Ils ont ainsi pu augmenter de 10 % le rendement de la main-d'œuvre et de 80 à 90 % les taux d'utilisation de la main-d'œuvre critique²¹.

¹⁵ CNUCED, 2021c, *Digital Economy Report 2021: Cross-Border Data Flows and Development – For Whom the Data Flow* (publication des Nations Unies, numéro de vente E.21.II.D.18, Genève).

¹⁶ Ibid.

¹⁷ Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, 2020, *Industrial Development Report 2020: Industrializing in the Digital Age*, Vienne.

¹⁸ L'Allemagne, la Chine, les États-Unis, la France, le Japon, les Pays-Bas, la République de Corée, le Royaume-Uni, la Suisse et la Province chinoise de Taiwan.

¹⁹ Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, 2020.

²⁰ Ibid.

²¹ Voir <https://entrepriseiotinsights.com/20180102/smart-factory/three-smart-manufacturing-case-studies-tag23-tag99>.

17. Une production intelligente améliore aussi la productivité en réduisant les temps d'immobilisation et les coûts de maintenance. La disponibilité des actifs pourrait augmenter de 5 à 15 % selon les estimations²². Au Portugal, les responsables d'une usine de construction automobile ont installé des capteurs de vibration et de température sur une machine depuis longtemps défaillante, et, grâce à l'Internet des objets, ils ont pu constater rapidement des non-conformités et planifier le remplacement des pièces défectueuses. L'opération de maintenance a offert un rendement de l'investissement initial d'environ 200 %²³.

18. Les technologies de l'industrie 4.0 stimulent la productivité de l'économie. Les pays où elles sont répandues affichent une croissance plus rapide de la valeur ajoutée manufacturière que les autres²⁴. Il importe de noter que cette hausse de la productivité s'accompagne de créations d'emploi.

19. La transformation numérique des procédés de fabrication peut également offrir des possibilités d'économie d'énergie. Il peut s'agir d'optimiser ou de remplacer des technologies gourmandes en énergie, de mettre en place des fonctions d'optimisation de la consommation ou de modifier les modalités d'exécution des tâches. En recueillant en temps réel des données sur le fonctionnement de leurs outils et systèmes, les fabricants peuvent améliorer les opérations et faire des économies. Une étude de cas menée dans une entreprise multinationale qui fournit du matériel et des services aux acteurs de l'industrie du plastique a révélé que l'utilisation de technologies de l'industrie 4.0 avait permis de réduire d'environ 40 % la consommation d'électricité d'une usine. L'entreprise a utilisé des compteurs divisionnaires, c'est-à-dire des capteurs de mesure des flux d'énergie, pour calculer précisément l'énergie consommée et la pression générée par plusieurs machines. Elle a constaté que les machines consommaient plus d'électricité qu'il n'en fallait pour obtenir une efficacité maximale, et que certaines en consommaient même lorsqu'elles n'étaient pas en usage. En modifiant les paramètres de production, elle a pu économiser plus de 200 000 dollars par an en coûts énergétiques²⁵.

20. Dans les usines intelligentes où sont utilisés des robots et des technologies de l'Internet des objets, l'amélioration des algorithmes peut permettre l'optimisation continue et l'accroissement du rendement énergétique. Ainsi, un fabricant chinois de smartphones a modifié ses algorithmes pour perfectionner le fonctionnement de ses robots et est parvenu à augmenter sa productivité de 50 % sans avoir à acheter de nouveaux robots ou de nouvelles machines²⁶.

21. La lutte contre le gaspillage énergétique rend aussi la production plus durable. À cet égard, l'impression 3D présente des avantages appréciables par rapport aux méthodes de production traditionnelles : elle peut faire diminuer sensiblement les coûts de production, le poids des produits et la quantité d'énergie nécessaire pour les fabriquer. Utilisée par exemple pour fabriquer certaines pièces d'aéronefs légères et non essentielles au bon fonctionnement de l'appareil (équerres, charnières, boucles de ceintures de sécurité, accessoires, etc.), elle pourrait permettre d'alléger de plus de moitié le poids de ces pièces, et de réduire ainsi le poids de l'aéronef de 4 à 7 % et sa consommation de carburant jusqu'à 6,4 %²⁷.

²² Voir <https://www.mckinsey.com/business-functions/operations/our-insights/digitally-enabled-reliability-beyond-predictive-maintenance>.

²³ J. Fernandes, J. Reis, N. Melão, L. Teixeira et M. Amorim, 2021, « The role of industry 4.0 and BPMN [business process model and notation] in the arise of condition-based and predictive maintenance: A case study in the automotive industry », *Applied Sciences*, vol 11, n° 8, art. 3438.

²⁴ Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, 2020.

²⁵ Voir <https://www.encyvermont.com/blog/your-story/how-did-simple-efficiency-solutions-help-husky-save>.

²⁶ Voir <https://www.automate.org/case-studies/the-paradox-of-smart-manufacturing>.

²⁷ R. Huang, M. Riddle, D. Graziano, J. Warren, S. Das, S. Nimbalkar, J. Cresko et E. Masanet, 2016, « Energy and emissions saving potential of additive manufacturing: The case of lightweight aircraft components », *Journal of Cleaner Production*, vol 135, p. 1559 à 1570.

III. La quatrième révolution industrielle et les inégalités

22. Compte tenu des avantages qu'apportent les technologies de l'industrie 4.0 et des disparités observées quant à leur mise au point et à leur diffusion, il se pose la question de leur incidence sur les inégalités socioéconomiques. Cette incidence peut être considérée soit à travers le prisme des indicateurs économiques dont l'évolution, sous l'effet du progrès technologique, influe sur les inégalités (les bénéfices, les salaires et l'emploi), soit à travers le prisme plus large du déroulement des révolutions technologiques.

A. Incidence sur les inégalités : le prisme des bénéfices, des salaires et de l'emploi

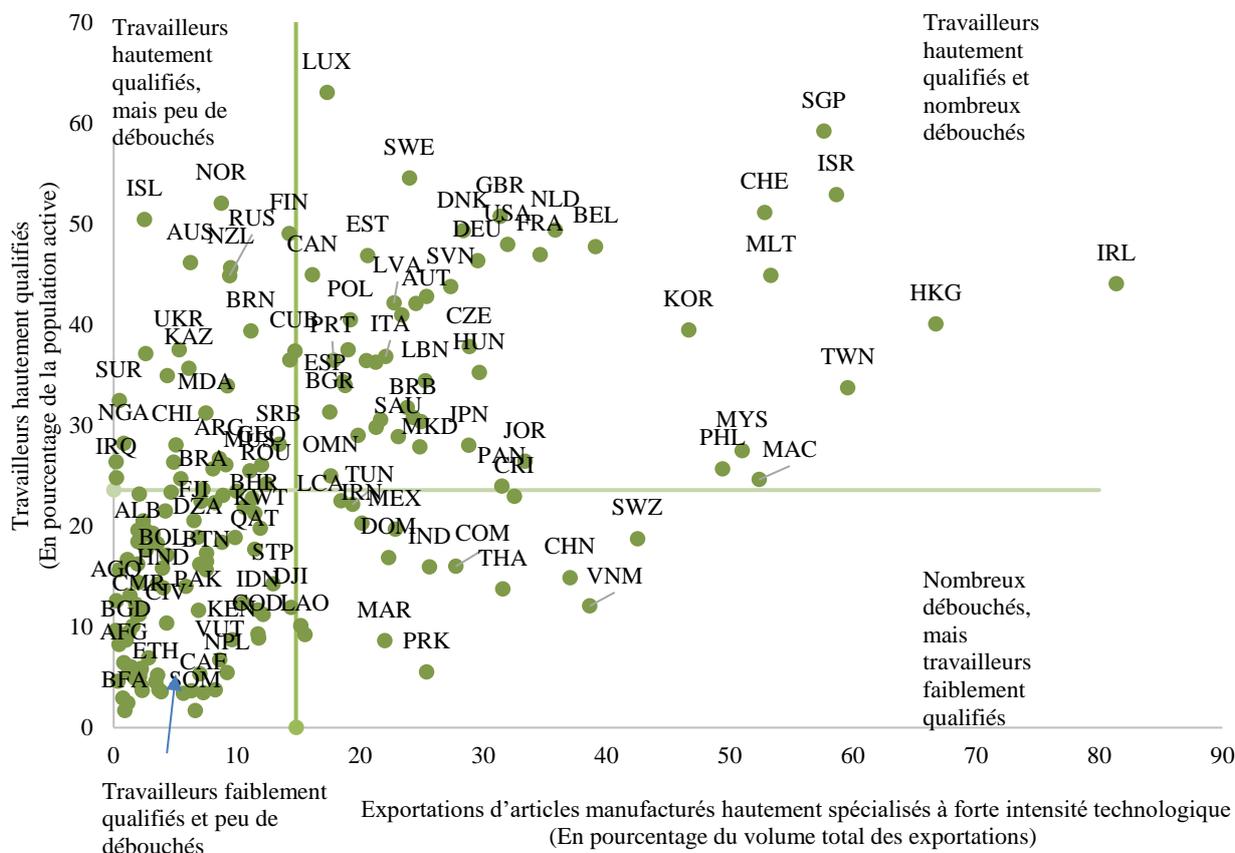
23. Le progrès technologique et l'innovation influent sur les inégalités en matière de bénéfices, de salaires et d'emploi en déclenchant une longue réaction en chaîne qui a des répercussions sur l'ensemble de la structure d'une économie. Dans les secteurs manufacturiers, les technologies de l'industrie 4.0 servent essentiellement à moderniser les procédés de production pour accroître la productivité. Les entreprises manufacturières qui commercialisent de nouveaux produits fondés sur ces technologies peuvent dégager des profits plus élevés que les autres entreprises du même secteur. Dans le cadre d'une production intelligente, les applications de l'intelligence artificielle et les robots peuvent aussi aider les employés qualifiés dans leur travail et faire croître la demande de travailleurs capables d'accomplir des tâches non routinières. Par conséquent, la quatrième révolution industrielle a pour effet immédiat et direct de creuser les inégalités de productivité entre entreprises d'un même secteur et de créer des disparités salariales du fait de l'évolution des besoins de main-d'œuvre et des tâches à accomplir.

24. Au niveau mondial, les pays dans lesquels un grand nombre de secteurs manufacturiers adoptent des technologies de l'industrie 4.0 pourraient voir leur productivité augmenter plus que celle des autres pays. Parallèlement, les travailleurs qualifiés pourraient être mieux préparés à la transition vers une production intelligente et pâtir moins que les autres de l'évolution des besoins de main-d'œuvre et des tâches à accomplir. Pour savoir si tel ou tel pays est susceptible d'être initialement parmi les mieux placés pour tirer parti de la diffusion des technologies de l'industrie 4.0, on peut utiliser comme indicateurs le pourcentage d'exportations d'articles manufacturés hautement spécialisés à forte intensité technologique et la part de travailleurs hautement qualifiés (fig. 3).

Figure 3

Pays susceptibles d'être initialement parmi les mieux placés pour tirer parti de la quatrième révolution industrielle : indicateurs de l'état de préparation

(En pourcentage)



Source : Calculs de la CNUCED, d'après la base de données UNCTADstat et la base de données de l'Organisation internationale du Travail.

Notes : Les lignes continues représentent les moyennes mondiales pour les deux indicateurs retenus. Les codes utilisés pour les noms des pays sont ceux de l'Organisation internationale de normalisation.

25. Un premier groupe, qui comprend les États-Unis et de nombreux pays d'Asie de l'Est, d'Europe et d'Asie du Sud-Est, englobe les pays qui offrent de nombreux débouchés pour les technologies de l'industrie 4.0 en raison de leur spécialisation dans la fabrication d'articles manufacturés hautement spécialisés à forte intensité technologique, et ont un pourcentage élevé de travailleurs hautement qualifiés. Dans ce groupe, huit pays affichent des pourcentages supérieurs à la moyenne et pourraient bénéficier plus encore que les autres, proportionnellement à la taille de leur population et au volume de leurs exportations, de la diffusion des technologies de l'industrie 4.0 dans les secteurs manufacturiers²⁸. Un deuxième groupe, dont font notamment partie la Chine, l'Inde, le Mexique, la Thaïlande et le Viet Nam, est constitué des pays où les débouchés sont nombreux du fait de la proportion élevée d'exportations à forte intensité technologique, mais où la part de travailleurs hautement qualifiés est inférieure à la moyenne mondiale, de sorte que le manque de compétences risque d'être un obstacle à la démocratisation des technologies de l'industrie 4.0 dans les secteurs manufacturiers. Un troisième groupe, auquel appartiennent par exemple certains pays en développement plus fortement tributaires de produits de base, comme l'Argentine, le Brésil, le Chili, le Kazakhstan et le Nigéria, comprend les pays où la proportion de travailleurs hautement qualifiés, et donc mieux à même de s'adapter aux nouvelles technologies, est supérieure à la moyenne mondiale, mais les débouchés sont peu nombreux. Ces pays pourraient avoir du mal à élargir l'utilisation des technologies de l'industrie 4.0 au-delà de quelques secteurs hautement spécialisés à forte intensité technologique. Un quatrième groupe

²⁸ L'Irlande, Israël, Malte, la République de Corée, Singapour, la Suisse, Hong Kong (Chine) et la Province chinoise de Taiwan.

réunit les pays dont les scores sont inférieurs à la moyenne mondiale pour les deux indicateurs retenus, c'est-à-dire la plupart des pays en développement. Les pays de ce groupe ne comptant pas beaucoup de secteurs à forte intensité technologique ni de travailleurs hautement qualifiés, l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 risque d'y être plus lente. Il ressort de l'analyse ici menée que, dans un premier temps, la quatrième révolution industrielle est plus susceptible de creuser les inégalités que de les réduire.

B. Effets des révolutions technologiques sur les inégalités

26. Les révolutions technologiques entraînent des inégalités. On distingue deux phases dans ces révolutions. Dans la première, un nouveau modèle technologique s'installe, d'abord dans quelques secteurs et quelques lieux situés au cœur de la vague technologique, comme ce fut le cas du secteur technologique aux États-Unis au début de l'ère des TIC ; il peut alors amplifier les inégalités de revenus en raison de l'augmentation des salaires des travailleurs des secteurs clés du nouveau modèle, notamment dans le secteur financier. Dans la deuxième phase, le modèle technologique se diffuse, ce qui s'est traduit dans le passé par une participation plus équitable à la croissance économique. Toutefois, la fin de cette phase pourrait correspondre à une période de mécontentement social dû à la prise de conscience que le progrès social censé découler de l'utilisation des nouvelles technologies avait laissé de nombreuses personnes de côté, ainsi qu'à une vague de fusions et de concentration du pouvoir dans les mains d'un petit nombre d'entreprises, ce qui ferait la fortune de quelques individus²⁹.

27. Si l'on applique ce cadre au présent, on appréhendera différemment les effets de la quatrième révolution industrielle sur les inégalités selon que l'on considère que la situation actuelle est le début d'un nouveau modèle technico-économique ou bien la continuation de l'ère des TIC.

28. Dans le premier scénario, les pays à la pointe de la technologie se trouvent à la fin de la phase de diffusion de l'ère des TIC et au début de la phase de déploiement de l'industrie 4.0. Pendant cette période, un mécontentement pourrait s'exprimer en raison des inégalités de revenus et des promesses non tenues d'un progrès généralisé grâce aux TIC, ainsi que de l'extrême concentration des richesses entre les mains des propriétaires des grandes plateformes numériques. Dans le même temps, le fait que les nouvelles technologies pourraient aggraver les inégalités suscite des inquiétudes. Ces craintes ne se sont pas encore concrétisées étant donné que le nouveau modèle n'en est qu'à ses débuts, mais certains ont envisagé la manière dont celui-ci pourrait accroître les disparités en raison de ses répercussions sur la production et la consommation. Dans le passé, la phase d'introduction d'un nouveau modèle technologique a donné l'occasion à certains pays en développement de rattraper leur retard et à d'autres de poursuivre leur développement. Pendant la phase d'introduction des TIC, certains pays d'Asie ont ainsi pu rattraper leur retard technologique et économique et exploiter ce secteur, tant au niveau du matériel que des logiciels, et le changement structurel que cela a entraîné leur a permis de développer leurs capacités dans des secteurs d'exportation à forte intensité technologique. De même, la phase d'introduction de l'industrie 4.0 pourrait avoir lieu lorsque les pays qui commencent à exploiter des secteurs associés au nouveau modèle enregistrent une croissance plus forte et comblent leur retard en acquérant des capacités technologiques de pointe. Au cours des deux prochaines décennies, on pourrait observer une augmentation des inégalités dans les pays à l'avant-garde de la technologie. Dans le même temps, certains pays en développement pourraient rattraper leur retard et d'autres aller de l'avant, ce qui réduirait les inégalités entre les pays. Toutefois, la plupart des pays en développement devront encore rattraper leur retard vis-à-vis des modèles technologiques précédents avant d'atteindre le stade de la quatrième révolution industrielle.

29. Dans le second scénario, une période de prospérité croissante pourrait s'ouvrir pour les pays développés, dans lesquels les gains de productivité actuellement enregistrés dans les secteurs technologiques s'étendraient aux secteurs traditionnels de l'économie grâce à la diffusion des technologies de l'industrie 4.0. Toutefois, on pourrait plutôt assister à une phase de consolidation de l'écart technologique entre les pays à la pointe dans ce domaine et les

²⁹ Perez, 2002.

autres. Si l'on se fie au passé, les trajectoires de rattrapage se produisent généralement pendant la phase d'introduction d'un modèle plutôt que lors de la phase de diffusion. Dans ce scénario, les inégalités seraient moins marquées entre les pays développés, mais l'écart se maintiendrait avec les autres pays.

30. Dans ces deux scénarios, les perspectives sont peu réjouissantes pour la plupart des pays en développement, à moins que des mesures efficaces ne soient prises, avec le soutien de la communauté internationale, pour promouvoir et appuyer la diversification économique de ces pays vers des secteurs à forte intensité technologique associés au nouveau modèle.

IV. Difficultés particulières

A. Les suppressions d'emplois

31. Selon de nombreuses études, les technologies de l'industrie 4.0 risquent de détruire une grande partie des emplois traditionnels, notamment dans les pays en développement, où l'on trouve généralement davantage d'emplois aux tâches répétitives. Cependant, les dotations factorielles, les avantages comparatifs et les compositions sectorielles varient d'un pays à l'autre. Si l'on y ajoute le fait que l'on ne connaît pas avec certitude les secteurs susceptibles de subir des suppressions d'emplois (le secteur manufacturier pourrait être concerné par la robotisation, mais celui de services pourrait connaître une automatisation sous l'effet du déploiement de l'intelligence artificielle et d'autres technologies), il se pourrait que les effets globaux ne soient pas aussi simples à déterminer que ces études semblent l'indiquer. En outre, la plupart des scénarios alarmistes ne tiennent pas compte du fait que toutes les tâches ne sont pas automatisables et, surtout, que de nouveaux produits, tâches, professions et activités économiques sont créés dans l'ensemble de l'économie.

B. La relocalisation de la production et la restructuration de l'investissement étranger direct et des chaînes de valeur mondiales

32. Avec l'apparition des technologies de l'industrie 4.0, les processus de production à forte intensité de main-d'œuvre pourraient être remplacés par une production fondée sur des technologies telles que la robotique et l'intelligence artificielle, ce qui affaiblirait l'avantage comparatif dont les pays en développement disposent en matière de fabrication dans les chaînes de valeur mondiales et conduirait à la relocalisation de la production dans les pays développés. Les technologies de l'industrie 4.0 pourraient renforcer l'avantage comparatif des pays développés dans les secteurs à forte intensité de qualification et de capital, notamment en ce qui concerne les composantes immatérielles, dont l'importance s'est accrue dans le contexte des technologies numériques. La combinaison de ces effets pourrait faire perdre aux pays en développement la part de la valeur ajoutée qu'ils détiennent dans les chaînes de valeur mondiales. D'un autre côté, en matière d'investissement étranger direct, les décisions sont fondées non seulement sur le coût de la main-d'œuvre, mais également sur d'autres facteurs tels que l'accès aux marchés, la qualité de l'environnement économique et l'existence de mesures incitatives. Le choix de relocaliser dépend également de facteurs tels que les coûts de transfert, l'inertie et la complexité du processus de relocalisation. Les technologies numériques pourraient également favoriser la participation d'un plus grand nombre d'entreprises aux chaînes de valeur mondiales, du fait qu'elles réduisent les distances et les coûts liés aux transactions et à l'assemblage. Les données recueillies auprès de 2 500 entreprises de huit pays d'Europe montrent que la relocalisation est une opération peu courante ; seulement 5,9 % des entreprises interrogées avaient relocalisé des activités, tandis que 16,9 % d'entre elles avaient procédé à des délocalisations, et le choix de la relocalisation avait principalement été fait sur la base de considérations de souplesse logistique plutôt que de coût de la main-d'œuvre³⁰.

³⁰ Allemagne, Autriche, Croatie, Espagne, Pays-Bas, Serbie, Slovaquie et Suisse (voir Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, 2020).

C. La protection des travailleurs

33. L'industrie 4.0 s'appuie sur de grandes quantités de données collectées à l'aide de capteurs, de dispositifs portables, de systèmes GPS, de journaux de données sur l'efficacité et le comportement des travailleurs, et de notes et d'évaluations fournies par les utilisateurs, auxquelles s'ajoutent des analyses réalisées grâce à l'utilisation d'algorithmes et de l'intelligence artificielle. L'utilisation de ces données pourrait permettre d'améliorer la productivité, mais elle suscite plusieurs inquiétudes : les pratiques de surveillance et de contrôle pourraient entraîner des intrusions dans la vie privée des travailleurs, les algorithmes pourraient être élaborés sur la base d'une vision restrictive de la productivité et de l'efficacité sans tenir compte des coûts cachés associés à ces tâches, ce qui empêcherait d'évaluer la performance réelle des travailleurs, et les algorithmes et l'intelligence artificielle pourraient être utilisés d'une façon biaisée et opaque révélatrice de préjugés notamment culturels ou sexistes, et être source d'erreurs. Au vu de ces préoccupations, des conventions collectives ont été signées dans différents pays pour réglementer l'usage de la technologie aux fins de la surveillance des travailleurs et de la gestion du travail, dans le but de préserver la dignité humaine ainsi que la santé et la sécurité des travailleurs. Il ne s'agit là que d'une première étape³¹.

D. Les implications en termes de genre

34. L'industrie 4.0 pourrait entraîner d'importants changements en matière de pouvoirs, de connaissances et de richesses et avoir des incidences sur la recherche de l'égalité des sexes. L'intelligence artificielle est le fer de lance de cette révolution et il est donc essentiel d'examiner les tendances liées au genre dans ce domaine. Généralement, les systèmes d'intelligence artificielle reflètent et amplifient les partis pris et les préjugés existants, notamment en ce qui concerne le genre, car les femmes n'occupent que 26 % des postes liés aux données et à l'intelligence artificielle³². Nous devons mieux comprendre les effets des nouvelles technologies, en particulier l'intelligence artificielle, car elles pourraient avoir des incidences sur l'égalité des sexes, notamment en ce qui a trait à l'emploi des femmes, à leur participation au marché du travail et à leur accès aux ressources financières, et donc sur leurs perspectives économiques et les moyens d'assurer leur subsistance. Cela pourrait nous aider à déterminer la façon de tirer parti de l'industrie 4.0 pour réduire les inégalités entre les sexes.

V. La quatrième révolution industrielle au service d'un développement inclusif et durable

35. Plusieurs pays en développement ont entamé la transformation numérique de leur industrie et commencé à adopter des technologies de la quatrième révolution industrielle. Cependant, les pouvoirs publics doivent surmonter diverses difficultés liées aux infrastructures, aux institutions d'appui, à la disponibilité d'une main-d'œuvre qualifiée et à l'état de préparation général des secteurs clefs de l'économie. Les stratégies mises en œuvre pour déployer les technologies de l'industrie 4.0 doivent tenir compte des priorités et capacités nationales en matière de mobilisation des ressources, des niveaux d'industrialisation, de l'infrastructure numérique et des capacités technologiques et productives, selon le modèle suivant³³ :

a) Les pays développés disposant d'un solide appareil industriel sont déjà à la pointe de la technologie et ils ont axé leurs politiques sur le maintien ou la reconquête d'une place de leader sur le plan manufacturier ;

b) Les pays émergents se sont attachés à combler leur retard technologique, à accroître leur compétitivité et à élargir leur participation aux segments à forte valeur ajoutée

³¹ Voir V. De Stefano et A. Aloisi, 2018, *European Legal Framework for Digital Labour Platforms*, Union européenne, Luxembourg.

³² Forum économique mondial, 2020, *The Global Gender Gap Report 2020*, Genève.

³³ Voir Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, 2020.

des chaînes de valeur mondiales ; ils ont pris des mesures axées sur la promotion de l'innovation et l'adoption de technologies dans le secteur manufacturier. Certains de ces pays comptent des entreprises de pointe qui déploient des technologies de l'industrie 4.0 ou sont prêtes à le faire, et il s'agit pour eux de parvenir à faire de même dans les secteurs manufacturiers traditionnels ;

c) Les pays en développement moins avancés sur le plan technologique et à l'économie peu diversifiée ont moins de secteurs propices au déploiement des technologies de l'industrie 4.0, et leurs capacités technologiques et d'innovation en général sont assez faibles ; ils doivent axer leurs efforts sur la diversification de leur économie, l'augmentation de la part du secteur manufacturier dans la production totale et la mise en place des conditions nécessaires à la création d'infrastructures et de compétences numériques pour préparer le déploiement des technologies de l'industrie 4.0.

36. On trouvera dans le présent chapitre une description des domaines essentiels dans lesquels les décideurs des pays en développement, quel que soit leur niveau technologique, doivent prendre des mesures pour faciliter le déploiement dans le secteur manufacturier des technologies de l'industrie 4.0, réduire la fracture technologique et diminuer les disparités de revenus entre les pays, afin que la quatrième révolution industrielle contribue à réduire les inégalités au sein des pays.

A. Créer les conditions propices à l'exploitation des avantages de la quatrième révolution industrielle

37. Les pays en développement ne seront pas en mesure de tirer réellement parti de la quatrième révolution industrielle pour se développer s'ils ne disposent pas des infrastructures industrielles et numériques et des compétences requises. En l'absence de ces éléments, peu d'entreprises des pays en développement seront en mesure de déployer les technologies de l'industrie 4.0, et encore moins de mettre en œuvre une production intelligente. Les pays en développement doivent également créer les conditions nécessaires au déploiement dans le secteur manufacturier des technologies de l'industrie 4.0, notamment en élaborant des stratégies nationales pour orienter et coordonner le développement et le déploiement de ces technologies, en créant un mécanisme multipartite institutionnalisant une approche participative, et en s'appuyant sur la coopération internationale pour accélérer le transfert de technologie et de savoir-faire.

a) Diversifier l'économie et développer le secteur manufacturier

38. Pour faciliter la diffusion à grande échelle des technologies de l'industrie 4.0 et en exploiter les avantages, les pays en développement doivent diversifier leurs appareils de production grâce à la maîtrise des technologies existantes (machines et équipements d'automatisation). L'État joue un rôle crucial en favorisant l'établissement de capacités productives dans le secteur industriel. Il doit faciliter le recensement des secteurs propices à la diversification, promouvoir les nouveaux secteurs clefs d'intérêt national présentant un potentiel (par exemple, en ciblant la création d'emplois, la sécurité alimentaire, la sécurité énergétique, l'industrialisation et la transformation numérique), renforcer l'efficacité des systèmes d'innovation pour appuyer la diversification, renforcer la cohérence entre la politique de la science, de la technologie et de l'innovation et les autres politiques économiques (tels que les politiques industrielles, fiscales, commerciales et éducatives) et faire participer un large éventail d'acteurs. Les préoccupations relatives à l'impact de la production sur l'environnement et aux risques liés aux changements climatiques doivent être au centre de ces stratégies et programmes, qui doivent favoriser la diversification et la mise à niveau technologique en faveur de processus de production écologiques et de la transition vers une économie circulaire.

b) Développer l'infrastructure numérique

39. La qualité de l'infrastructure numérique influe directement sur la capacité des entreprises des pays en développement à déployer les technologies de l'industrie 4.0. Les pouvoirs publics de ces pays doivent promouvoir un accès abordable et de qualité à Internet.

Il s'agit principalement de mobiliser l'investissement dans l'infrastructure informatique et d'instaurer un environnement réglementaire propice à une concurrence saine dans le secteur des télécommunications. Les pouvoirs publics doivent également essayer de combler l'écart en matière de connectivité entre les petites et les grandes entreprises.

c) *Renforcer les compétences liées à la quatrième révolution industrielle*

40. Les pouvoirs publics des pays en développement doivent aider les entreprises, notamment les petites et moyennes, à renforcer les compétences numériques de leurs travailleurs afin que ceux-ci puissent utiliser efficacement les TIC dans des fonctions telles que les études de marché, la mise au point de produits, l'approvisionnement, la production, la vente et le service après-vente. Le risque d'inadéquation des compétences augmente à l'aune du rythme rapide des progrès technologiques. Les pays en développement doivent former et attirer une main-d'œuvre qualifiée tout en minimisant ou en inversant la fuite du capital humain, notamment celle des personnes dotées de compétences porteuses de changement. Les décideurs doivent envisager de prendre des mesures incitatives pour retenir les professionnels qualifiés ou attirer des expatriés compétents.

d) *Élaborer des stratégies nationales pour la quatrième révolution industrielle*

41. Il est essentiel de disposer d'une stratégie nationale pour orienter les efforts d'innovation vers la mise au point et le déploiement des technologies de l'industrie 4.0 dans le secteur manufacturier. Une telle stratégie doit permettre de recenser les investissements à faire dans les infrastructures physiques et le capital humain, notamment les besoins de formation aux nouvelles compétences numériques, les secteurs clés dans lesquels un renforcement des capacités est nécessaire, et les aspects réglementaires qui doivent être modifiés pour que les entreprises puissent utiliser ces technologies et les adapter. Cette stratégie peut prendre différentes formes et être élaborée de façon autonome ou intégrée dans le cadre plus large de stratégies nationales en faveur de l'industrialisation et du secteur manufacturier ou de la science, de la technologie et de l'innovation. Il est essentiel d'harmoniser les politiques de l'innovation et les politiques industrielles afin de mettre l'industrie 4.0 au service du secteur manufacturier. Pour augmenter les gains de productivité, il faudra prendre diverses mesures de politique industrielle et d'innovation, notamment en mettant en œuvre des projets collaboratifs.

e) *Favoriser la collaboration entre les parties prenantes*

42. Les pouvoirs publics, le secteur privé, le monde universitaire et les autres parties prenantes doivent collaborer au pilotage du déploiement coordonné au niveau national des technologies de l'industrie 4.0 en vue d'atteindre les objectifs de développement nationaux tels que la transformation structurelle, la diversification économique et la création d'emplois. De nombreux pays pourraient bénéficier de la création d'espaces ou de mécanismes institutionnels permettant de réunir toutes les parties prenantes afin qu'elles puissent élaborer une approche commune de l'industrie 4.0 et coordonner le déploiement des technologies afférentes. Le bon fonctionnement d'un système national d'innovation nécessite souvent une structure de gouvernance adaptée et la participation des gouvernements nationaux et régionaux ainsi que de représentants des entreprises, des universités et des organismes de recherche. Dans les pays présentant d'importantes disparités régionales, la création d'une structure de gouvernance à plusieurs niveaux peut contribuer à répartir la croissance socioéconomique entre les différentes régions.

f) *Renforcer les partenariats internationaux*

43. Pour de nombreux pays en développement, il peut être utile d'intégrer une dimension externe dans les stratégies nationales relatives à la quatrième révolution industrielle. Les connaissances, les échanges d'informations et les collaborations transnationales peuvent offrir des possibilités inestimables de créer de nouvelles chaînes de valeur régionales et continentales et de participer à celles qui existent déjà. Par exemple, la Zone de libre-échange continentale africaine peut favoriser l'adoption de technologies d'avant-garde dans des domaines essentiels tels que le transport et la logistique, les technologies financières, l'eau

potable et l'assainissement, les villes intelligentes, le logement abordable et les soins de santé de qualité et à faible coût.

B. Favoriser l'adoption des technologies de la quatrième révolution industrielle

a) Sensibiliser les entreprises

44. Les pouvoirs publics des pays en développement doivent sensibiliser les entreprises à l'industrie 4.0 et aux effets positifs des technologies qui y sont associées. Ils doivent envisager d'aider les entreprises, en particulier les petites et moyennes entreprises, à comprendre l'importance de la transition numérique et à entamer ce processus. Pour y parvenir, ils peuvent organiser des réunions et des activités visant à promouvoir les avantages de l'industrie 4.0. Pour ce faire, ils peuvent également se rapprocher des parties prenantes dans chaque secteur pour organiser des démonstrations dans des parcs scientifiques, des pépinières d'entreprises, des accélérateurs d'entreprises et des laboratoires d'innovation. Dans le cadre de ces initiatives, les pouvoirs publics doivent encourager les universités, les organismes de recherche et la société civile à collaborer étroitement avec le secteur privé au déploiement des nouvelles technologies.

b) Investir dans la quatrième révolution industrielle

45. Les pays en développement doivent envisager d'élaborer un plan de promotion de l'investissement dans l'industrie 4.0 pour s'assurer que ces investissements s'inscrivent dans une stratégie nationale. On peut citer à cet égard différents exemples issus de pays membres de la Commission : le Gouvernement brésilien a lancé l'initiative CESTA 4.0, qui permet de recenser les secteurs industriels et technologiques associés à l'industrie 4.0 qui doivent bénéficier en priorité d'un effort d'investissement et de promotion au niveau national ; la Lettonie a élaboré et mis en œuvre l'initiative Green Channel, qui permet d'éliminer le fardeau administratif lié aux investissements à forte valeur ajoutée ; les Philippines ont élaboré une stratégie industrielle axée sur l'innovation visant à supprimer les obstacles à la croissance afin d'attirer l'investissement ; l'Afrique du Sud a lancé le programme Digital Advantage 2035, dans le cadre duquel elle exécute la stratégie nationale de recherche, de développement et d'innovation dans le domaine des TIC et s'efforce d'assurer un suivi complet et transparent de l'investissement ; le Gouvernement thaïlandais, dans le cadre de sa stratégie Industrie 4.0 (2017-2036), vise à attirer l'investissement dans les secteurs industriels et les services du futur³⁴.

c) Financer le déploiement des technologies de la quatrième révolution industrielle

46. Un accès facilité au financement pourrait accélérer l'adoption, le déploiement et l'adaptation des technologies de l'industrie 4.0. À cet égard, le fait que de nombreux domaines associés à la quatrième révolution industrielle soient nouveaux pour les entreprises et les intermédiaires financiers constitue une difficulté et incite les emprunteurs et les prêteurs à faire preuve de prudence. Par exemple, il est difficile d'étayer solidement les plans d'affaires et les prévisions de rendement de l'investissement et de garantir que les nouvelles applications des technologies de l'industrie 4.0 produiront les résultats attendus. À cet égard, les fonds pour l'innovation et la technologie financés par le secteur public, les donateurs internationaux ou les banques de développement peuvent jouer un rôle important en faveur de l'innovation dans les pays en développement, car ils peuvent être établis relativement rapidement et se caractérisent par leur souplesse d'utilisation, du fait de leur conception.

³⁴ Voir https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c02_I_Brazil_en.pdf, https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c06_I_Latvia_en.pdf, https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c34_IU_Philippines_en.pdf, https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c08_I_SouthAfrica_en.pdf et https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c36_IU_Thailand_en.pdf.

C. Protéger les travailleurs et faciliter les transitions professionnelles

47. Les décideurs des pays en développement doivent être attentifs à l'évolution de la structure des échanges commerciaux et aux changements technologiques rapides qui interviennent dans les chaînes de valeur mondiales, ainsi qu'aux effets de ces transformations sur la main-d'œuvre. Les travailleurs qui ne peuvent être formés ou recyclés et qui risquent de perdre leur emploi doivent pouvoir compter sur des mécanismes solides de protection sociale. Les syndicats acquièrent une importance accrue dans la défense des droits des travailleurs et dans l'expression de leurs préoccupations légitimes au sujet de leurs emplois compte tenu de l'automatisation croissante des tâches. Ils doivent renforcer et actualiser les conventions collectives pour anticiper les incidences de l'industrie 4.0 et concevoir de nouvelles stratégies pour faire face aux effets négatifs potentiels des systèmes intelligents de production sur le bien-être des travailleurs. Ils peuvent également essayer d'en faire bénéficier les travailleurs isolés, tels que les nombreux travailleurs de l'économie à la tâche. Dans le même temps, les organisations patronales pourraient élaborer des programmes d'éducation et de formation ciblés pour préparer les travailleurs aux changements du marché du travail et aux nouveaux besoins qui en découleront.

VI. Collaboration internationale

A. Mettre en commun les connaissances et l'information et mener des recherches

48. La coopération internationale permet de sensibiliser les pays en développement à la quatrième révolution industrielle et à ses incidences grâce au partage des connaissances et de l'information. À cet égard, la Commission de la science et de la technologie au service du développement offre un cadre propice à la planification stratégique et à l'échange de données d'expérience et de pratiques exemplaires, ce qui peut permettre d'attirer l'attention sur les technologies nouvelles et émergentes. Le Forum de suivi du Sommet mondial sur la société de l'information sert de plateforme pour le partage des stratégies, politiques, lois, initiatives et programmes nationaux relatifs à l'industrie 4.0. Le Sommet mondial sur l'industrie manufacturière et l'industrialisation, résultat d'une initiative conjointe de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) et du Gouvernement des Émirats arabes unis, a réuni des acteurs du domaine des technologies de pointe afin d'ouvrir la voie à l'avènement d'une quatrième révolution industrielle inclusive et durable. L'ONUDI a également mis en place une plateforme multipartite de partage des connaissances pour sensibiliser à l'arrivée de l'industrie 4.0 et aux possibilités et aux difficultés liées à la quête d'un développement industriel inclusif et durable³⁵.

49. Plusieurs organismes des Nations Unies réalisent des travaux de recherche et d'analyse et recueillent des données sur les possibles conséquences économiques et sociales des technologies de l'industrie 4.0 et les réponses qui peuvent être apportées par les politiques et la réglementation. Par exemple, la CNUCED, dans le cadre de ses *Rapports sur la technologie et l'innovation*, a examiné les moyens de mettre les technologies de pointe telles que l'intelligence artificielle et la robotique au service du développement durable, et a évalué les risques que ces technologies puissent creuser les inégalités existantes ou en créer de nouvelles.

B. Contribuer à la conception de politiques et de stratégies et à la mise en œuvre d'initiatives

50. La communauté internationale a aidé les pays en leur fournissant des services consultatifs sur les politiques à mettre en œuvre concernant la quatrième révolution industrielle et les technologies associées telles que l'intelligence artificielle. Par exemple, la Commission économique et sociale pour l'Asie occidentale a aidé des États membres à

³⁵ Voir <https://www.unido.org/unido-industry-40>.

élaborer des politiques et des stratégies liées à l'industrie 4.0, comme le montrent les exemples suivants : des politiques en matière d'intelligence artificielle et de cloud (Jordanie) ; une stratégie concernant l'intelligence artificielle (Liban) ; une stratégie de transformation numérique (Syrie) ; une politique sur l'intelligence artificielle et une évaluation de la situation en matière de mégadonnées (État de Palestine). Le programme d'examen de la politique de la science, de la technologie de l'innovation (STI) que mène la CNUCED aide les pays à aligner leur politique de la STI sur leur stratégie de développement en leur fournissant des informations sur la manière dont ils peuvent tirer parti des technologies de l'industrie 4.0 dans les secteurs traditionnels et aux fins de la diversification économique. L'ONUDI appuie les initiatives d'élaboration de politiques relatives à la quatrième révolution industrielle grâce à des actions de sensibilisation auprès des décideurs et des associations professionnelles concernant les nouvelles infrastructures, normes et politiques à mettre en place ou à généraliser pour tirer parti de l'industrie 4.0.

C. Contribuer au renforcement des capacités

51. L'élaboration et le déploiement des technologies de l'industrie 4.0 exigent de tous les acteurs des systèmes nationaux d'innovation qu'ils acquièrent de nouvelles capacités et compétences. Les activités de coopération internationale appuient des programmes sur mesure en faveur du passage au numérique, du relèvement des compétences et du renforcement de la capacité à élaborer des politiques et des stratégies afin que les pays en développement puissent bénéficier des progrès rapides des technologies numériques associées à l'industrie 4.0. Par exemple, l'ONUDI aide les petites et moyennes entreprises d'Azerbaïdjan et du Bélarus dans l'apprentissage des technologies, la fabrication intelligente et l'innovation en lien avec l'industrie 4.0 et facilite le renforcement des capacités du Kenya dans certains domaines technologiques, par exemple aux fins de l'exploitation et de la maintenance des technologies liées à l'Internet des objets³⁶.

D. Promouvoir le transfert de technologie

52. La communauté internationale doit chercher de nouvelles approches innovantes en matière de partenariat pour promouvoir le transfert des technologies liées à l'industrie 4.0 en remédiant aux lacunes du marché et du système d'innovation et au manque de capacités concernant l'adoption de nouvelles technologies et de nouveaux modèles d'affaires. Il faut également promouvoir le transfert des capacités d'innovation, c'est-à-dire la capacité d'utiliser une technologie en particulier pour créer de la valeur dans le contexte socioéconomique, matériel et naturel qui fait l'objet du transfert de technologie. La communauté internationale doit prendre des mesures concrètes et mettre en œuvre des solutions sur mesure en fonction des besoins locaux et des capacités d'absorption des pays, en tirant parti, dans la mesure du possible, des solutions mises en œuvre au niveau national, par exemple dans le cadre des pôles d'innovation.

E. Aider à définir des cadres juridiques, des principes directeurs, des modèles et des normes

53. Les pays, individuellement et dans le cadre d'actions internationales concertées, doivent guider le développement et le déploiement des technologies de l'industrie 4.0 pour appuyer le développement durable et faire en sorte que personne ne soit laissé de côté. À cet égard, l'Union internationale des télécommunications s'efforce de répondre au besoin de normaliser les technologies de l'Internet des objets et elle a créé plusieurs groupes de réflexion sur les technologies de l'industrie 4.0 et leurs incidences sur l'environnement, notamment en ce qui a trait aux critères d'efficacité environnementale pour l'intelligence

³⁶ Voir <https://open.unido.org/projects/AZ/projects/190347> <https://open.unido.org/projects/BY/projects/> et https://unctad.org/system/files/non-official-document/CSTD2021-22_c12_I_UNIDO_en.pdf.

artificielle et d'autres technologies émergentes, et elle a publié des normes internationales relatives à l'industrie 4.0 et aux technologies associées telles que l'Internet des objets.

VII. Propositions à examiner

54. L'avènement de la quatrième révolution industrielle dans le secteur manufacturier implique la mise en place d'une production intelligente, c'est-à-dire l'intégration et le contrôle de la production à l'aide de capteurs et d'équipements, notamment des machines traditionnelles et des robots industriels, des robots collaboratifs et des imprimantes 3D, connectés à des réseaux numériques et mus par l'intelligence artificielle. L'utilisation des technologies de l'industrie 4.0 doit permettre d'accroître la productivité et de réduire l'impact environnemental de la production. Cela dit, dans les pays en développement, la grande majorité des entreprises ne les ont pas encore adoptées. Ces pays doivent poursuivre leur industrialisation avant de pouvoir bénéficier de tous les avantages de l'industrie 4.0. Ils doivent mettre en œuvre une double stratégie consistant à continuer de diversifier leur économie et de renforcer la compétitivité de leur secteur manufacturier tout en créant les conditions de l'apparition et de la diffusion des technologies de la quatrième révolution industrielle dans leurs appareils productifs.

55. Les États membres souhaiteront peut-être examiner les propositions suivantes :

- a) Favoriser la diversification économique et le renforcement des compétences en matière de production manufacturière ;
- b) Faciliter la mise en place d'une infrastructure numérique favorable au développement en mobilisant l'investissement et en établissant un cadre réglementaire propice à la libre concurrence ;
- c) Élaborer des stratégies nationales présentant une approche commune et une compréhension approfondie des mesures à prendre pour tirer parti de la quatrième révolution industrielle ;
- d) Encourager la collaboration multipartite en vue de créer un écosystème de l'industrie 4.0 grâce à des mécanismes institutionnels associant tous les partenaires concernés par l'élaboration d'une approche commune dans ce domaine et de coordonner la mise en œuvre de cet écosystème ;
- e) Mener des exercices de prospective consistant à examiner les scénarios possibles et à élaborer une approche stratégique fondée sur des faits aux fins de la diffusion des technologies de l'industrie 4.0 ;
- f) Renforcer les qualifications dans les domaines relatifs à l'industrie 4.0 à l'aide d'initiatives visant à qualifier et à recycler les travailleurs, en accordant une attention particulière aux effets différenciés de l'automatisation sur la main-d'œuvre masculine et féminine ;
- g) Sensibiliser le secteur privé aux avantages du déploiement des technologies de l'industrie 4.0 du point de vue de la compétitivité ;
- h) Promouvoir la mise à niveau technologique dans le secteur manufacturier ;
- i) Prévoir des mesures incitatives en faveur des entreprises du secteur privé, notamment les petites et moyennes entreprises, pour qu'elles utilisent et élaborent des applications faisant appel aux technologies de l'industrie 4.0, notamment en facilitant l'acquisition des matériels, logiciels et outils nécessaires.

56. La communauté internationale souhaitera peut-être examiner les propositions suivantes :

- a) Faciliter le partage des résultats de la recherche et des données d'expérience, de connaissances, de réussites et de pratiques exemplaires avec les principaux innovateurs, décideurs et organismes de réglementation des pays développés et des pays en développement ;

- b) Contribuer à la conception et à la mise en œuvre des politiques, stratégies et programmes nationaux liés à l'industrie 4.0 ;
- c) Promouvoir le développement de l'infrastructure numérique pour faciliter le déploiement des technologies de l'industrie 4.0 dans le secteur manufacturier ;
- d) Aider les pays en développement à concevoir et à mettre en œuvre des programmes et des initiatives pilotes visant à déployer les technologies de l'industrie 4.0 dans les secteurs prioritaires ;
- e) Généraliser les activités de renforcement des capacités aux niveaux national et régional en ce qui concerne les technologies de l'industrie 4.0, notamment en concevant des programmes de formation en ligne et hybrides ;
- f) Promouvoir la coopération Sud-Sud, la coopération Nord-Sud et la coopération triangulaire en matière de transfert de connaissances et de technologies liées à l'industrie 4.0 ;
- g) Accroître l'investissement dans l'enseignement des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques dans les pays en développement au moyen de programmes ciblés, par exemple en appuyant l'éducation des filles dans ces domaines ;
- h) Contribuer à l'évaluation comparative des entreprises industrielles nationales par rapport aux entreprises internationales qui sont parvenues au stade de la quatrième révolution industrielle ;
- i) Renforcer la coopération internationale aux fins de l'élaboration de cadres éthiques et de lignes directrices pour l'adoption des technologies de l'industrie 4.0.

57. La Commission est invitée à prendre les mesures suivantes :

- a) Recueillir et partager des exemples de réussite et des dossiers de décision montrant les effets des technologies de l'industrie 4.0 sur le développement inclusif et durable ;
- b) Faciliter la conclusion de partenariats internationaux pour mobiliser des ressources et fournir une assistance technique pour les politiques d'appui à l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 par les entreprises ;
- c) Appuyer la participation des acteurs des systèmes d'innovation des États membres aux réseaux et programmes internationaux afin qu'ils puissent renforcer leurs capacités d'innovation en ce qui concerne l'industrie 4.0.