

**Commission de la science et de la technique
au service du développement****Vingt-deuxième session**

Genève, 13-17 mai 2019

Point 3 a) de l'ordre du jour provisoire

**Incidences de l'évolution rapide des technologies
sur le développement durable****Rapport du Secrétaire général***Résumé*

Le présent rapport donne suite à la résolution 72/242 de l'Assemblée générale, dans laquelle la Commission de la science et de la technique au service du développement est priée, par l'intermédiaire du Conseil économique et social, d'accorder toute l'attention voulue à l'incidence qu'ont les principales évolutions rapides de la technique sur la réalisation des objectifs de développement durable. Il contient une analyse des incidences de l'évolution rapide des technologies sur le développement durable, en particulier des répercussions de cette évolution sur le principe central du Programme de développement durable à l'horizon 2030, qui consiste à « ne laisser personne de côté ». Le rapport présente les ressources qu'offre l'évolution rapide des technologies sur le plan de la réalisation et du suivi des objectifs de développement durable dans les diverses dimensions économiques, sociales et environnementales. Les effets de transformation et de perturbation que peut avoir cette évolution rapide, y compris dans les domaines économique, social et normatif, y sont examinés. Il y est souligné que, sans politiques de la science, de la technologie et de l'innovation adéquates, les technologies, qu'elles soient anciennes ou nouvelles, ont peu de chances de contribuer au développement mondial. Une telle contribution exige un environnement qui favorise l'apprentissage et l'innovation et vise à mettre en place et à gérer des systèmes d'innovation efficaces. Ainsi, le rapport présente des exemples de stratégies et de politiques nationales face à l'évolution rapide des technologies et dresse le bilan de la coopération régionale, internationale et multipartite. Il y est en outre demandé à la communauté internationale de continuer à examiner la manière dont l'évaluation et l'analyse prospective des technologies à l'échelle internationale, ainsi que la recherche d'un consensus sur des lignes directrices normatives, peuvent, parallèlement aux politiques nationales et internationales, déterminer la contribution que l'évolution rapide des technologies peut apporter au développement. Le rapport se termine par des propositions à l'intention des États Membres et de la communauté internationale.



Introduction

1. À sa vingt et unième session, tenue à Genève en mai 2018, la Commission de la science et de la technique au service du développement a retenu le point suivant : « Incidences de l'évolution rapide des technologies sur le développement durable », parmi ses thèmes prioritaires pour la période intersessions 2018-2019.

2. Le secrétariat de la Commission a réuni un groupe d'étude intersessions du 15 au 17 janvier 2019 à Vienne afin d'aider la Commission à mieux cerner ce thème et à structurer ses débats lors de sa vingt-deuxième session. Le présent rapport se fonde sur la note thématique élaborée par le secrétariat de la Commission¹, sur les conclusions de la réunion intersessions, sur les études de pays communiquées par des membres de la Commission, sur des documents concernant la question et sur diverses autres sources.

3. Le présent rapport donne suite à la résolution 72/242 de l'Assemblée générale, dans laquelle la Commission de la science et de la technique au service du développement est priée, par l'intermédiaire du Conseil économique et social, d'accorder toute l'attention voulue à l'incidence qu'ont les principales évolutions rapides de la technique sur la réalisation des objectifs de développement durable. En 2018, l'Assemblée générale a également adopté une résolution sur l'incidence de l'évolution rapide de la technique sur la réalisation des objectifs et cibles de développement durable (A/73/L.20).

4. Le présent rapport ne définit pas expressément l'expression « évolution rapide des technologies ». Toutefois, aux fins du rapport, les technologies associées à l'« évolution rapide des technologies » comprennent (sans toutefois s'y limiter) : les mégadonnées ; l'Internet des objets ; l'apprentissage automatique ; l'intelligence artificielle ; la robotique ; la technologie de la chaîne de blocs ; l'impression 3D ; la biotechnologie ; la nanotechnologie ; la réalité de synthèse et la réalité augmentée ; les technologies des énergies renouvelables ; et les satellites et les drones.

I. Possibilités offertes par l'évolution rapide des technologies pour la réalisation des objectifs de développement durable

5. Les objectifs de développement durable étant divers, multidimensionnels, ambitieux et absolus, il n'est pas réaliste de s'attendre à ce qu'ils soient tous atteints d'ici à 2030 sans un développement et une application appropriée de la science, de la technologie et de l'innovation. La présente section mettra en lumière le rôle de la science, de la technologie et de l'innovation dans des domaines clefs du Programme de développement durable à l'horizon 2030, y compris les possibilités offertes, certaines considérations essentielles et les conditions et politiques préalables nécessaires à l'application effective de la science, de la technologie et de l'innovation au développement durable.

A. Accélération et suivi des progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de développement durable

6. L'évolution rapide des technologies peut contribuer à accélérer la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030 par l'intermédiaire de différents mécanismes, à savoir : en augmentant les revenus réels (grâce à une productivité accrue et à la réduction du coût des biens et des services), en permettant une application plus rapide et plus large de solutions novatrices face aux obstacles économiques, sociaux et environnementaux qui entravent le développement, en favorisant des formes plus ouvertes de participation à la vie sociale et économique, en remplaçant les modes de production coûteux sur le plan environnemental par des modes de production plus durables et en donnant aux décideurs de puissants outils de conception et de planification des actions en

¹ La note thématique et tous les exposés et contributions présentés au groupe intersessions mentionnés dans le présent rapport peuvent être téléchargés à l'adresse suivante : <https://unctad.org/en/pages/MeetingDetails.aspx?meetingid=2026> (date de consultation : 21 février 2019).

faveur du développement. La CNUCED donne des exemples détaillés d'un large éventail d'applications des technologies de pointe qui démontrent déjà une capacité d'accélérer les progrès dans la réalisation des objectifs de développement durable².

7. Les technologies de pointe, y compris les mégadonnées et l'apprentissage automatique, peuvent également être utilisées pour créer, mesurer, développer et contrôler plus largement l'efficacité des programmes de développement et les progrès accomplis dans la réalisation des objectifs de développement durable. Il a été démontré que les modèles basés sur l'activité de téléphonie mobile et les achats de temps de communication permettaient d'estimer avec précision les indicateurs de pauvreté multidimensionnelle³, et des études récentes ont prouvé que les images satellites et l'apprentissage automatique pouvaient permettre d'estimer la consommation et les actifs des ménages sur la base des données disponibles publiquement et non couvertes par un droit de propriété⁴.

8. Reste toutefois à savoir si ces indicateurs calculés à partir de mégadonnées continueront d'être aussi précis que le laissent entendre les travaux de recherche et les projets pilotes. Bien qu'il soit possible que les mégadonnées enrichissent la base de données des pays en développement, où les données statistiques traditionnelles sont peu nombreuses, certains algorithmes peuvent, avec le temps, se déconnecter de la réalité socioéconomique ou environnementale⁵. Les algorithmes de mégadonnées ne doivent pas être pris au pied de la lettre, mais examinés de manière critique, en particulier lorsqu'ils sont utilisés comme des indicateurs complémentaires dans le cadre des efforts de développement. Cela démontre l'importance de la capacité de l'être humain à évaluer l'exactitude des algorithmes de mégadonnées afin de déterminer si les résultats sont utiles ou trompeurs⁶. Ainsi, la CNUCED souligne la nécessité de déployer des efforts systématiques pour investir dans l'infrastructure physique et soutenir le système d'innovation et les capacités d'absorption dont les technologies de pointe ont besoin pour réaliser leur potentiel⁷.

B. Améliorer la sécurité alimentaire, la nutrition et le développement agricole

9. Environ 795 millions de personnes (soit un habitant de la planète sur neuf), dont la majorité vivent dans les pays en développement et les zones rurales, sont sous-alimentées. Les technologies nouvelles, actuelles et à venir peuvent répondre aux quatre composantes de la sécurité alimentaire, à savoir : l'approvisionnement en produits alimentaires, l'accès, l'utilisation et la stabilité.

10. Les mégadonnées, l'Internet des objets, la télédétection, les drones et l'intelligence artificielle peuvent être un catalyseur pour l'agriculture de précision, qui nécessite moins d'intrants agrochimiques pour les processus agricoles existants. Les drones offrent également à l'Afrique des possibilités de raccourci technologique en matière d'agriculture de précision, puisqu'ils permettent de mieux mesurer la variabilité de la production végétale et animale et d'y répondre plus efficacement. Le séquençage génétique est utilisé parallèlement à l'apprentissage automatique pour détecter la qualité du sol et contribuer à améliorer la qualité des cultures. L'apprentissage automatique est appliqué à l'imagerie par

² CNUCED, 2018, *Technology and Innovation Report 2018: Harnessing Frontier Technologies for Sustainable Development* (publication des Nations Unies, numéro de vente : F.18.II.D.3, New York et Genève).

³ Global Pulse, 2014, *2014 Annual Report: UN Global Pulse*, p. 8, disponible à l'adresse suivante : www.unglobalpulse.org/sites/default/files/Annual%20Report_2014_FINAL-DIGITAL%20VIEW.pdf.

⁴ Jean N., Burke M., Xie M., Davis W. M., Lobell D. B. et Ermon S., 2016, Combining satellite imagery and machine learning to predict poverty, *Science*, 353(6301) : 790-794.

⁵ Lazer D., Kennedy R., King G. et Vespignani A., 2014, The parable of Google flu: Traps in big data analysis, *Science*, 343(6176):1203-1205.

⁶ Commission de la science et de la technique au service du développement, 2016, *Issues paper on foresight for digital development*.

⁷ CNUCED, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*.

drone et satellite pour construire des modèles météorologiques détaillés qui aident les agriculteurs à prendre des décisions plus éclairées pour optimiser leurs rendements. Il est aussi utilisé avec les données génomiques et phénotypiques des végétaux pour prédire le rendement des nouveaux hybrides. L'agriculture est de plus en plus automatisée, des robots étant utilisés pour le désherbage écologique et économique des cultures en ligne.

11. Si l'on veut mettre l'évolution rapide des technologies au service des différentes composantes de la sécurité alimentaire, il faut rendre le système alimentaire lui-même plus innovant. Il s'agit notamment de définir un programme de recherche axé sur les petits exploitants agricoles, d'investir dans les capacités humaines, de mettre en place des infrastructures pour les systèmes alimentaires, de créer des structures de gouvernance appropriées aux fins de l'innovation agricole et de renforcer l'échange de connaissances entre agriculteurs et scientifiques⁸.

C. Promouvoir l'accès à l'énergie et l'efficacité énergétique

12. La mise au point de systèmes énergétiques décentralisés reposant sur l'énergie renouvelable pourrait permettre de fournir de l'électricité aux zones rurales éloignées de tout réseau électrique⁹. Les prix internationaux des énergies renouvelables ont chuté de façon spectaculaire ces dernières années à mesure que les investissements dans le développement de ces énergies augmentaient. Le coût des turbines éoliennes a diminué de près d'un tiers et celui des modules solaires photovoltaïques de 80 % depuis 2009¹⁰, ce qui rend ces deux systèmes de plus en plus compétitifs par rapport à la production d'électricité à l'aide de combustibles fossiles.

13. Plusieurs pays mettent en œuvre des stratégies visant à promouvoir le développement des technologies faisant appel à des énergies renouvelables. Le Chili met actuellement au point des technologies visant à modifier le bouquet énergétique du secteur de l'électricité grâce aux énergies renouvelables, et devient un chef de file régional dans le domaine de la gestion de la transition énergétique¹¹. Le Gouvernement canadien s'efforce également de devenir un chef de file dans le secteur des technologies propres en s'attaquant aux problèmes sans précédent que rencontrent les entreprises de technologies propres en matière d'accès aux capitaux à long terme et aux marchés nationaux et internationaux. Il s'emploie notamment à recapitaliser l'organisation Technologies du développement durable Canada pour aider les innovateurs canadiens à commercialiser leurs technologies propres novatrices¹².

14. Un exemple de l'incidence positive de la convergence des technologies de pointe est l'interaction, dans les réseaux de distribution d'électricité intelligents, entre les technologies renouvelables et les technologies fondées sur les données et l'intelligence artificielle. On peut par exemple utiliser des algorithmes d'apprentissage automatique pour prédire la production des parcs éoliens, ce qui permet de programmer l'approvisionnement du réseau en énergie¹³. On améliore également la production et la distribution d'énergie en permettant aux ménages équipés de panneaux solaires de réinjecter l'énergie excédentaire dans le réseau électrique. L'information en temps réel fournie par les réseaux de distribution d'électricité intelligents aide les entreprises de services publics à mieux répondre à la demande, à assurer un meilleur approvisionnement en électricité, à réduire les coûts et les

⁸ CNUCED, 2017a, *The Role of Science, Technology and Innovation in Ensuring Food Security by 2030* (publication des Nations Unies, New York et Genève).

⁹ CNUCED, 2017b, *Rapport 2017 sur les pays les moins avancés : L'accès à l'énergie comme vecteur de transformation* (publication des Nations Unies, numéro de vente : F.17.II.D.6, New York et Genève).

¹⁰ Agence internationale pour les énergies renouvelables, 2016, *The Power to Change: Solar and Wind Cost Reduction Potential to 2025*.

¹¹ Contribution du Gouvernement chilien.

¹² Contribution du Gouvernement canadien.

¹³ Voir www.theverge.com/2019/2/26/18241632/google-deepmind-wind-farm-ai-machine-learning-green-energy-efficiency (date de consultation : 28 février 2019).

émissions et à éviter les grosses pannes de courant¹⁴. Associée à des technologies innovantes de stockage de l'énergie, l'intelligence artificielle permet de répondre à la production intermittente de certaines formes d'énergie renouvelable grâce à un ajustement dynamique de l'offre et de la demande, facilitant ainsi la diffusion des technologies des énergies renouvelables. Les avancées réalisées concernant les accumulateurs et d'autres technologies améliorent également les performances des véhicules électriques. Lorsqu'elles sont soutenues par des politiques dynamiques, ces avancées se traduisent par une croissance importante de la part de marché. Par exemple, la part de marché des voitures particulières électriques en Chine a doublé entre 2017 et 2018, passant de 2,1 à 4,2 %¹⁵.

15. Selon un rapport établi en 2018 par le Secrétaire général, une combinaison de mesures et une approche systématique de l'innovation sont nécessaires pour augmenter la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique mondial. Il s'agit notamment de mesures ciblant à la fois la demande et l'approvisionnement en énergies renouvelables, ainsi que d'une combinaison de mesures de soutien visant à encourager la recherche-développement, à renforcer les compétences locales, à garantir un coût abordable et à créer un environnement réglementaire propice. La coopération internationale, y compris la coopération Nord-Sud et Sud-Sud, peut également faciliter le partage des connaissances, l'apprentissage en matière de politiques publiques, le renforcement des capacités, le développement des technologies et la mise en place d'infrastructures de réseau interconnectées¹⁶.

D. Favoriser la diversification et la transformation de l'économie, la productivité et la compétitivité

16. Pour les pays ayant les capacités technologiques requises, les technologies de pointe peuvent faciliter la transformation structurelle, promouvoir de nouvelles sources d'emploi et de revenus et permettre l'accès à de nouveaux marchés et de nouveaux débouchés¹⁷. À cet égard, la réduction rapide des coûts des technologies de pointe pourrait donner aux pays en développement l'occasion d'accélérer leur passage d'activités à bas salaires à des industries à salaires plus élevés et à rendement croissant, et de tirer davantage parti de leur participation aux chaînes de valeur mondiales. Les pays en développement qui n'ont pas les capacités technologiques et les moyens d'action nationaux liés aux technologies de pointe devront s'employer à renforcer leurs capacités et recevoir un appui en ressources pour réaliser leur potentiel dans ce domaine.

17. Généralement, les nouvelles technologies – ainsi que les politiques de la science, de la technologie et de l'innovation, les capacités technologiques endogènes et un environnement favorable – facilitent la modernisation de la production des économies de certains pays en développement. Par exemple, la Province chinoise de Taiwan est parvenue à enregistrer une croissance économique rapide grâce à un rattrapage technologique dans des secteurs technologiques spécifiques tels que ceux des semi-conducteurs et autres biens électroniques. D'autres pays se sont imposés en tant que concepteurs de technologies des énergies renouvelables ; ainsi, le Brésil est devenu le deuxième producteur mondial de biocarburants liquides pour les transports et la Chine est le chef de file mondial dans la production de technologies de chauffage photovoltaïque, éolien et héliothermique.

18. Toutefois, les pays en développement qui cherchent à réaliser des innovations technologiques à long terme grâce au développement industriel et à la mise au point de technologies d'avant-garde auront besoin à la fois d'infrastructures matérielles et non matérielles et de cadres politiques appropriés. Le Plan de route technologique pour les systèmes de fabrication intelligents, coordonné par le Conseil turc de la recherche

¹⁴ CNUCED, 2015, *Science, Technology and Innovation for Sustainable Urbanization*, UNCTAD Current Studies on Science, Technology and Innovation n° 10 (publication des Nations Unies, New York et Genève), p. 23.

¹⁵ Voir <http://ev-sales.blogspot.com/2019/01/china-december-2018.html> ; et <http://ev-sales.blogspot.com/2018/01/china-december-2017.html> (consulté le 28 février 2019).

¹⁶ E/CN.16/2018/2.

¹⁷ Contribution du Gouvernement mexicain.

scientifique et technologique, constitue un exemple de cadre politique propice¹⁸. Ce plan de route à plusieurs niveaux permet d'associer une technologie essentielle à certains projets de recherche-développement et certaines applications sectorielles et s'est révélé être un moyen efficace de soutenir la nouvelle révolution industrielle en Turquie¹⁹. La diversification et la transformation de l'économie peuvent également être favorisées par des politiques fondées sur une spécialisation intelligente, des plateformes de découverte économique, des incubateurs, des accélérateurs et des parcs technologiques²⁰.

E. Promouvoir l'inclusion sociale

19. Les technologies de pointe peuvent également favoriser l'inclusion. En Inde par exemple, la technologie Aadhaar, qui combine des données biométriques et démographiques²¹, a permis d'assurer l'inclusion financière de 1,2 milliard de personnes. Les gouvernements mettent également à l'essai des technologies de la chaîne de blocs qui peuvent avoir des applications très diverses dans les contrats intelligents, les systèmes d'identité numérique, l'enregistrement foncier et les transactions financières.

20. Les nouvelles technologies peuvent permettre aux collectivités et aux particuliers de coordonner de nouvelles formes d'innovation et d'y collaborer. L'innovation locale facilite l'intervention des acteurs locaux, comme les mouvements sociaux et les réseaux d'universitaires, de militants et de spécialistes qui expérimentent de nouvelles formes de création de connaissances et de nouveaux processus d'innovation. On citera comme bons exemples le programme indien Aadhaar pour l'inclusion financière et la plateforme lettone ManaBalss.lv, qui aide les Lettons à présenter leurs idées au Parlement et à les faire inscrire à l'ordre du jour²².

21. Les innovations favorables aux pauvres, ouvertes et frugales peuvent permettre d'intégrer les communautés marginalisées et sous-représentées en tant que producteurs et bénéficiaires des processus d'innovation dans de nouveaux modèles de production qui répondent aux besoins sociaux, stimulent l'entrepreneuriat favorable aux pauvres et favorisent la solidarité entre groupes. Toutefois, les nouveaux modèles d'innovation qui favorisent l'inclusion sociale devraient s'appuyer sur des politiques de la science, de la technologie et de l'innovation qui tiennent compte de l'orientation, de la répartition et de la diversité des modes d'innovation²³.

F. Lutter contre les maladies et améliorer la santé

22. Les technologies de pointe pourraient permettre de régler des problèmes complexes de santé humaine et de productivité agricole en répartissant plus efficacement les interventions, en surveillant et en évaluant les indicateurs liés à la santé et en mettant au point des techniques d'édition génomique. L'Égypte a transformé un projet pilote de télémédecine en une initiative nationale, en utilisant une solution globale de technologie de l'information et des communications pour fournir des services médicaux en mettant en relation les praticiens de santé avec des médecins et des experts²⁴. La Lettonie est un pays pionnier dans l'utilisation de l'intelligence artificielle dans les traitements individualisés du mélanome métastatique²⁵.

¹⁸ Contribution du Gouvernement turc.

¹⁹ Ibid.

²⁰ CNUCED, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*.

²¹ Contribution de la Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique (CESAP).

²² Contribution du Gouvernement letton ; CESAP, 2018, *Frontier technologies for sustainable development in Asia and the Pacific*. Disponible à l'adresse suivante : www.unescap.org/sites/default/files/publications/Frontier%20tech%20for%20SDG.pdf ; Bredaks I, 2017, *Citizen initiatives platform: MyVoice*, présenté aux Journées de la société civile 2017, Bruxelles. Disponible à l'adresse suivante : www.eesc.europa.eu/resources/docs/csdays2017---workshop-4---imants-bredaks---citizen-initiatives-platform-my-voice.pdf.

²³ CNUCED, 2017c, *New Innovation Approaches to Support the Implementation of the Sustainable Development Goals* (publication des Nations Unies, New York et Genève), p. 28.

²⁴ Contribution du Gouvernement égyptien.

²⁵ Contribution du Gouvernement letton.

La Food and Drug Administration des États-Unis d'Amérique étudie des technologies naissantes telles que la chaîne de blocs comme mécanisme d'échange de données permettant d'accéder immédiatement à des informations sur les patients, les fournitures et les interventions d'urgence en cas de situation d'urgence sanitaire publique²⁶.

23. La numérisation permet également une manipulation novatrice des processus biologiques. Les progrès des biotechnologies autorisent une ingénierie très fine du génome en médecine humaine, ce qui ouvre la voie à des traitements personnalisés de certaines maladies²⁷. Le forçage génétique a également été reconnu comme une intervention complémentaire pouvant permettre de contrôler et d'éliminer le paludisme en Afrique²⁸. Les technologies naissantes dans le domaine de la santé exigent des politiques stratégiques de mise en œuvre, notamment en matière de recherche, d'infrastructures, d'éducation, de réglementation, d'entrepreneuriat et de sensibilisation, ainsi que la participation active des gouvernements, des partenaires de développement et du secteur privé. La faiblesse de la coopération et de la gouvernance est particulièrement préoccupante, étant donné les risques potentiels pour la santé des citoyens et la responsabilité juridique des entreprises que soulèvent certaines biotechnologies de pointe.

G. Améliorer l'accès à l'apprentissage et aux ressources éducatives

24. De nouvelles plateformes numériques, notamment des cours en ligne ouverts à tous, proposent des apprentissages en ligne qui permettent un libre accès et une participation illimitée par Internet. Les principaux avantages potentiels sont les suivants : la reproduction à moindre coût d'un enseignement, d'un contenu et de méthodes de qualité, l'apprentissage à son propre rythme et l'analyse des données à des fins d'optimisation de l'apprentissage sur la plateforme²⁹.

25. L'impression 3D et les plateformes matérielles et logicielles ouvertes peuvent améliorer l'enseignement dans les pays en développement, où elles sont utilisées comme un moyen d'enseignement dans les écoles primaires, secondaires et postsecondaires. De même, l'initiative Open Labware, lancée par Teaching and Research in Natural Sciences for Development in Africa, l'initiative Open Neuroscience et Badenlab encouragent la collaboration dans le domaine des équipements scientifiques ouverts et peu coûteux destinés aux pays en développement à des fins d'enseignement et de recherche, ainsi que la production de ces équipements³⁰. Cependant, l'intégration des mécanismes d'apprentissage numérique, des imprimantes 3D et des plateformes ouvertes dans l'éducation exige également de renforcer les capacités des enseignants et de déterminer si ces technologies sont adaptées aux stratégies d'apprentissage existantes.

II. Effets de transformation et de perturbation que peut avoir l'évolution rapide des technologies

26. L'évolution rapide des technologies aura des effets de transformation et de perturbation susceptibles de favoriser comme de freiner le développement durable. L'exploitation de technologies nouvelles et naissantes peut accélérer le progrès sur la voie du développement durable, mais les changements technologiques rapides peuvent

²⁶ Contribution du Gouvernement des États-Unis d'Amérique.

²⁷ Ledford H., 2016 [Clustered regularly interspaced short palindromic repeats] CRISPR: Gene editing is just the beginning, *Nature*, 7 mars. Disponible à l'adresse suivante : www.nature.com/news/crispr-gene-editing-is-just-the-beginning-1.19510 (date de consultation : 22 février 2019).

²⁸ Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique, 2018, Gene drives for malaria control and elimination in Africa. Disponible à l'adresse suivante : <https://nepad.org/publication/gene-drives-malaria-control-and-elimination-africa-0> (date de consultation : 22 février 2019).

²⁹ Brynjolfsson E. et McAfee A., 2014, *The Second Machine Age: Work, Progress, and Prosperity in a Time of Brilliant Technologies*, WW Norton and Company ; et Khan S., 2012, *The One World Schoolhouse: Education Reimagined*, Twelve, New York.

³⁰ Baden T., Chagas A. M., Gage G.J., Marzullo T.C., Prieto-Godino L.L. et Euler T., 2015, Correction: Open labware: Three-D printing your own lab equipment, *PLoS Biology*, 13(5).

également perturber les marchés et les économies, accentuer les fractures sociales et soulever des questions d'ordre normatif. En tenant compte de l'orientation, de la répartition et de la diversité des modes d'innovation dans le contexte des objectifs de développement durable, les responsables politiques pourraient soutenir de nouvelles formes d'innovation qui permettraient d'éviter les problèmes économiques, sociaux et environnementaux que le progrès technologique a pu soulever par le passé.

A. Automatisation, marchés du travail et emploi

27. Sous l'effet de la convergence entre intelligence artificielle, apprentissage automatique et mégadonnées, l'automatisation pourrait avoir des répercussions difficiles à cerner et potentiellement négatives sur le commerce, la concurrence, la croissance et l'emploi. Dans l'ensemble et à long terme, les technologies de pointe devraient favoriser la création d'emplois et l'émergence de nouveaux marchés, mais leurs effets sur certains marchés et secteurs productifs pourraient être profondément perturbateurs. En définitive, l'incidence de l'automatisation dépendra de multiples facteurs, parmi lesquels le niveau d'industrialisation et de développement, les compétences et les capacités, le coût de la main-d'œuvre, les structures d'exportation et de production, les moyens technologiques, l'infrastructure et la démographie, ainsi que les politiques, selon qu'elles favoriseront ou décourageront l'automatisation³¹.

28. La CNUCED a examiné plusieurs études récentes, dans lesquelles sont estimés les effets de l'automatisation sur l'emploi³². Les résultats varient considérablement en fonction des hypothèses avancées et des méthodes employées. Dans la plupart de ces études, seuls les emplois perdus sont comptabilisés et il n'est pas tenu compte des perspectives de création d'emplois. En outre, l'automatisation numérique pourrait avoir des conséquences différentes pour les femmes et les hommes. Dans la mesure où les femmes exercent des professions qui risquent fortement d'être touchées par l'automatisation et sont sous-représentées dans les domaines des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques, familles d'emplois pour toutes lesquelles la demande ira croissant, le rôle des stéréotypes fondés sur le sexe qui caractérisent actuellement le marché du travail pourrait être amplifié. De plus, dans les professions peu exposées à l'automatisation, les emplois traditionnellement féminins sont généralement moins bien rémunérés que les emplois « à faible risque » où les hommes sont majoritaires³³.

29. Il convient en outre de noter que les machines et les technologies numériques ne sont pas parfaites et que, pour de nombreuses tâches, elles ne peuvent remplacer efficacement un humain – en tout cas pas pour le moment. De surcroît, à supposer qu'elle soit technologiquement possible et économiquement viable, l'automatisation complète des tâches prend du temps, même dans les pays développés³⁴.

30. Au-delà de l'intelligence artificielle et de la robotique, les secteurs fondés sur des plateformes Internet sont généralement caractérisés par des dynamiques de type « tout au vainqueur », les effets de réseau bénéficiant à ceux qui agissent en premier et fixent la norme. Malgré les nouvelles possibilités de commerce et de développement qu'offrent ces plateformes, de telles dynamiques pourraient accroître les inégalités de revenus et accentuer la polarisation de la société. Bien souvent, les travailleurs des plateformes d'emploi numériques doivent composer avec une rémunération insuffisante, des revenus instables et une protection du travail en deçà de la norme³⁵. Une surabondance de demandeurs d'emploi sur ces plateformes en ligne pourrait également limiter le pouvoir de négociation des

³¹ Pour de plus amples informations, voir CNUCED, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, p. 23.

³² Ibid., p. 25.

³³ Ibid., p. 22.

³⁴ Banque internationale pour la reconstruction et le développement et Banque mondiale, 2016, *World Development Report 2016: Digital Dividends*, Washington, p. 126.

³⁵ Berg J., Furrer M., Harmon E., Rani U. et Silberman M. S., 2018, *Digital Labour Platforms and the Future of Work: Towards Decent Work in the Online World* (Organisation internationale du Travail, Genève), p. xviii.

travailleurs, avec pour corollaire un nivellement par le bas des salaires et des conditions de travail. Il sera crucial de poursuivre les recherches et le dialogue sur les politiques à mener pour garantir que l'économie numérique, qui continue de croître, fournira des emplois décents et de qualité³⁶.

31. Les pays de l'Union européenne ont pris des mesures pour promouvoir l'évolution rapide de la technologie et en atténuer les éventuels effets négatifs. À cet égard, il convient de mentionner la nouvelle stratégie en matière de compétences pour l'Europe, qui vise à : a) améliorer la qualité de la formation et l'accessibilité des programmes d'apprentissage tout au long de la vie et de renouvellement des compétences ; b) rendre les qualifications plus comparables et donc plus polyvalentes ; c) promouvoir l'information sur les compétences en communiquant aux étudiants et aux adultes des renseignements utiles sur les conditions et les tendances du marché de l'emploi, de sorte qu'ils puissent faire de meilleurs choix d'études et de formation³⁷.

32. Il est essentiel de prendre en considération les coûts sociaux que pourraient avoir les effets perturbateurs de l'évolution rapide des technologies à court et à moyen terme, en particulier sur les marchés du travail. Cet impératif suppose de promouvoir l'apprentissage tout au long de la vie dans l'optique de la mise à jour et de l'amélioration des compétences, ce qui nécessitera l'adoption de mesures d'appui. Il importe également de renforcer la protection sociale pour compenser les répercussions négatives du progrès technologique sur l'emploi et protéger ceux qui ne sont pas en mesure de s'adapter à l'évolution rapide des besoins de compétences. Il s'agit donc d'établir un nouveau contrat social, prévoyant des dispositifs de protection sociale inédits, pour aider la population à faire face aux perturbations engendrées par les transitions technologiques. Pour mieux comprendre les implications sociales et économiques de l'évolution rapide des technologies, en particulier dans les pays en développement, il faut aussi expérimenter de nouvelles politiques, comme l'a fait la Finlande en 2017 et 2018 avec son projet pilote de revenu minimum universel partiel³⁸.

B. Fractures socioéconomiques

33. L'évolution rapide de la technologie risque de perpétuer les fractures qui existent à l'échelle nationale et internationale, entre les femmes et les hommes, entre les populations rurales et urbaines, et entre les communautés riches et pauvres³⁹. Ainsi que le révèlent de récentes données, la part des utilisateurs d'Internet dans l'ensemble de la population des pays développés est plus de quatre fois plus élevée que dans les pays les moins avancés. Cette fracture numérique pourrait creuser le fossé économique entre les pays à la pointe du progrès technologique et les pays les moins avancés.

34. Les pays désireux de rattraper leur retard technologique auront tendance à le faire principalement par l'adoption de technologies existantes plutôt que par la mise au point de technologies nouvelles. Pourtant, en élaborant des politiques d'innovation, les pays en développement peuvent promouvoir et faciliter la mise en place de technologies de pointe et l'adaptation de ces technologies à leurs propres besoins, favorisant ainsi le développement durable.

35. Le rythme croissant du progrès technologique risque d'accroître la fracture numérique entre les sexes et l'écart de représentation des hommes et des femmes dans les domaines des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques. Seuls 12 % des maîtres de recherche dont les travaux sont consacrés à l'apprentissage automatique sont des femmes⁴⁰, et au sein des entreprises technologiques, un tiers seulement des postes de

³⁶ CNUCED, 2017c, *Rapport sur l'économie de l'information 2017 : Numérisation, commerce et développement* (publication des Nations Unies, numéro de vente F.17.II.D.8, New York et Genève), p. xiv et xv.

³⁷ Contribution de la Commission économique pour l'Europe.

³⁸ CNUCED, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, p. 75 et 76.

³⁹ Ibid.

⁴⁰ Simonite T., 2018, *AI is the future-but where are the women?*, in *Wired*, 17 août. Disponible à l'adresse suivante : www.wired.com/story/artificial-intelligence-researchers-gender-imbalance (date de consultation : 22 février 2019).

début de carrière sont occupés par des femmes⁴¹. En outre, il y a lieu de penser que certaines applications de l'intelligence artificielle et des mégadonnées pourraient entretenir des préjugés, notamment des préjugés sexistes. Les femmes étant peu représentées dans les domaines des sciences, de la technologie, de l'ingénierie et des mathématiques, elles pourraient ne pas être en mesure de tirer profit de l'accroissement de la demande de travailleurs dotés de compétences en technologies de pointe, ou de contribuer sensiblement à l'évolution rapide des technologies.

C. Considérations d'ordre normatif

36. Si les technologies de pointe offrent une occasion sans précédent de réformer les pratiques de développement durable, l'application des mesures prises en la matière et le suivi de ces mesures, leur possible incidence sur les normes juridiques, sociales, éthiques et culturelles suscite par ailleurs de profondes interrogations, notamment en ce qui concerne l'intégrité de la vie humaine, la sauvegarde du milieu naturel, le respect de la vie privée, de la sécurité et de la sûreté des personnes ou la prévention de toute forme de discrimination.

37. Les techniques de génie génétique, par exemple, pourraient amener la communauté internationale à devoir se poser des questions fondamentales sur les valeurs essentielles qui sont attachées à la vie humaine, animale et végétale et à sa manipulation. La biologie de synthèse et l'édition génomique fondée sur les courtes répétitions palindromiques groupées et régulièrement espacées (CRISPR), notamment sur le système CRISPR/Cas9, soulèvent des questions au sujet de leurs potentiels effets pervers (par exemple les lésions permanentes de l'ADN en des points non ciblés du génome), des aspects réglementaires de l'étiquetage des produits issus de cultures transgéniques, compte tenu de la difficulté d'identifier un organisme modifié une fois qu'il a été mis en circulation, ainsi que des droits de propriété intellectuelle et de leurs implications encore méconnues pour les petits exploitants agricoles⁴².

38. Certes, les technologies numériques et l'intelligence artificielle rendent les plateformes numériques plus pratiques d'utilisation et plus personnalisables, mais il existe un risque qu'elles accentuent les préjugés, la discrimination et les inégalités dans une mesure sans précédent. Des mégadonnées biaisées pourraient conduire à des effets pervers et à des résultats parfois discriminatoires. Il est à craindre que de telles données puissent faire naître une discrimination ou l'aggraver dans des domaines tels que les activités de police prédictive, l'accès aux services financiers et le recrutement. Les procédés d'élaboration et d'utilisation des algorithmes d'apprentissage automatique ne sont pas suffisamment transparents. Le recours croissant à des systèmes d'apprentissage profond, qui établissent des prévisions difficiles à interpréter et à expliquer, suscite de graves préoccupations s'agissant de leurs applications dans des domaines tels que la santé humaine, la prestation de services publics et la publicité destinée aux consommateurs.

39. En outre, les algorithmes automatisés pourraient affaiblir la protection des consommateurs, en particulier de leur vie privée et de leur sécurité. Au moyen d'algorithmes statistiques d'un haut degré de sophistication, les compteurs intelligents peuvent recueillir des informations sensibles sur un ménage, notamment sur les appareils que possèdent les personnes qui le composent et les heures auxquelles ils sont utilisés. Les renseignements collectés par les appareils portables de suivi de l'état de santé et les dossiers médicaux électroniques, s'ils sont communiqués à des tiers, pourraient avoir des répercussions sur les contrats d'assurance des personnes concernées, voire sur leurs perspectives d'emploi.

⁴¹ Krivkovich A., Kutcher E. et Yee L., 2016, *Breaking down the gender challenge*, in *McKinsey Quarterly*, mars. Disponible à l'adresse suivante : www.mckinsey.com/business-functions/organization/our-insights/breaking-down-the-gender-challenge (date de consultation : 22 février 2019).

⁴² CNUCED, 2017, *The Role of Science, Technology and Innovation in Ensuring Food Security by 2030* (publication des Nations Unies, New York et Genève), p. 21 et 22.

40. Des acteurs issus des milieux universitaires, de la société civile, du secteur privé et de l'administration publique ont lancé, à divers niveaux, un certain nombre d'initiatives visant à apporter des réponses aux questions susmentionnées. Les établissements d'enseignement pourraient envisager de proposer des cours et des discussions sur les dimensions éthiques et la gouvernance de l'évolution rapide des technologies. Toutefois, les aspects normatifs du progrès technologique ont des implications qui dépassent clairement le cadre national, d'où la nécessité d'instaurer un dialogue mondial à la fois évolutif et ouvert sur les moyens d'orienter le développement des technologies de pointe pour qu'il soit compatible avec le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et, de manière plus générale, avec les principes universels qui sous-tendent le système international.

III. Principales considérations de politique générale

41. Les technologies nouvelles et naissantes pourraient faciliter l'exploration de voies inédites vers le développement durable, qui tiennent compte des dimensions économique, sociale et environnementale de ce mode de développement. La présente section porte sur les moyens de tirer parti des politiques nationales de la science, de la technologie et de l'innovation, de la coopération régionale et internationale et de la mobilisation de multiples parties prenantes pour exploiter le potentiel des technologies de pointe au profit du développement durable.

A. Retour aux fondamentaux : Renforcer les systèmes nationaux d'innovation

42. Sans politiques adéquates dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation, les technologies, qu'elles soient anciennes ou nouvelles, n'ont guère de chances de contribuer aux programmes de développement mondiaux. Une telle contribution exige un environnement qui favorise l'apprentissage et l'innovation et vise à mettre en place et à gérer des systèmes d'innovation efficaces. Les systèmes nationaux d'innovation impliquent de mettre en relation et de coordonner une multitude d'institutions tant publiques que privées pour faciliter l'adoption et l'adaptation des nouveaux produits et procédés par des organisations elles aussi publiques ou privées. Ils sont centrés sur les entreprises, mais englobent aussi les systèmes de recherche et d'enseignement, les pouvoirs publics, la société civile et les consommateurs.

43. Les responsables politiques souhaiteront peut-être concentrer leur action sur les points fondamentaux suivants : les capacités des divers acteurs, leurs relations propres à faciliter les échanges et la collaboration, et la façon dont l'innovation est encadrée⁴³. Les pays en développement dont le système d'innovation est encore récent doivent dans un premier temps acquérir certaines bases pour apprendre à adopter, assimiler, adapter et diffuser les connaissances et les technologies existantes, après quoi ils pourront libérer leur propre potentiel d'innovation.

44. Par l'intermédiaire des politiques nationales de la science, de la technologie et de l'innovation, les pouvoirs publics peuvent promouvoir l'utilisation de technologies clefs, renforcer les capacités des petites et moyennes entreprises, soutenir financièrement la recherche-développement et mettre en relation divers acteurs au sein du système d'innovation. Plusieurs pays ont pris des mesures en faveur de technologies essentielles. Ainsi, en Lettonie, la loi sur les marchés publics encourage la passation de marchés publics écologiques, et en Afrique du Sud, plusieurs initiatives sectorielles ont été mises en place, parmi lesquelles la construction d'un centre de développement du secteur de la bioraffinerie et le lancement du projet Mandela Mining Precinct, qui vise à soutenir l'innovation à l'échelle locale dans les industries extractives⁴⁴.

⁴³ CNUCED, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, p. 54 à 57.

⁴⁴ Contributions des Gouvernements letton et sud-africain.

45. Pour être efficaces, les politiques de la science, de la technologie et de l'innovation doivent être cohérentes par elles-mêmes et alignées sur les priorités et les plans de développement nationaux. La cohérence des politiques peut être assurée par l'élaboration et l'application de stratégies et d'instruments au niveau le plus approprié. Leur harmonisation, en revanche, nécessite d'envisager l'action publique dans son ensemble, en facilitant la coopération entre les ministères et les autres organes responsables des différents domaines d'action.

46. Les pays soucieux d'orienter leurs politiques de la science, de la technologie et de l'innovation vers le développement durable devraient envisager de placer les enjeux sociétaux au cœur de ces politiques⁴⁵. Lorsqu'elles tiennent compte de la problématique femmes-hommes, les politiques de l'innovation peuvent favoriser la participation des femmes en tant qu'innovatrices ou entrepreneuses, et des politiques axées sur les jeunes peuvent également contribuer à rendre le progrès technologique plus ouvert. Dans les contextes informels, l'innovation peut aussi être une source de revenus (objectif de développement durable n° 8)⁴⁶. Les petites entreprises informelles et artisanales peuvent jouer un rôle majeur dans l'adaptation d'innovations venues d'ailleurs aux conditions locales et assurer le relais lorsque les systèmes de production évoluent⁴⁷.

47. Les pays pourraient aussi envisager d'axer leurs politiques de la science, de la technologie et de l'innovation sur des technologies particulières, propres à faire avancer leurs programmes économiques et leurs objectifs de développement (voir l'encadré 1). Il importe toutefois de noter que l'élaboration de politiques nationales ou de stratégies centrées sur des technologies particulières ne suffit pas, et qu'il est crucial d'intégrer ensuite ces politiques ou stratégies à des programmes qui auront une incidence concrète sur les enjeux de développement pressants⁴⁸.

Encadré 1

Exemples de stratégies sectorielles face à l'évolution rapide des technologies

La moitié environ des observatoires astronomiques du monde se trouvent au Chili, qui tente de trouver des moyens de tirer parti de cette situation privilégiée pour renforcer ses capacités dans les domaines de l'analyse des mégadonnées et de l'intelligence artificielle. La Lettonie, quant à elle, a mis en place un projet de « nation fondée sur les données », qui repose sur trois piliers : a) la démocratie des données, c'est-à-dire la promotion de l'accès aux données et de leur utilisation ; b) la participation des citoyens à la prise de décisions grâce aux données ; c) la mise au point et la commercialisation de produits innovants grâce aux données et à la technologie.

Plusieurs pays de la région Asie-Pacifique ont élaboré des politiques centrées sur des technologies de pointe bien précises. La Chine, le Japon et la République de Corée ont mis au point des stratégies consacrées à l'intelligence artificielle, et la République de Corée a été le premier pays au monde à instaurer une taxe sur les robots. L'Australie, l'Inde, le Japon, la Malaisie, la Nouvelle-Zélande, la République de Corée et Singapour, entre autres pays, élaborent des orientations, des plans et des normes applicables à l'Internet des objets.

La plupart des pays arabes ont déjà adopté des stratégies dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation. C'est le cas de l'Arabie saoudite, de l'Égypte, des Émirats arabes unis, de la Jordanie et du Maroc. En outre, le Maroc et la Tunisie ont mis au point des stratégies numériques plus spécialisées, le Qatar et le Soudan appliquent des stratégies intelligentes, les Émirats arabes unis ont mis en place une stratégie en matière

⁴⁵ CNUCED, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, p. 66.

⁴⁶ Cozzens S. et Sutz J., 2014, *Innovation in informal settings: Reflections and proposals for a research agenda*, dans *Innovation and Development* 4(1): 5-31 ; Kraemer-Mbula E. et Wunsch-Vincent S. (dir. publ.), 2016, *The informal economy in developing nations: Hidden engine of innovation?*, Cambridge University Press, Cambridge.

⁴⁷ Müller J., 2010, *Befit for change: Social construction of endogenous technology in the South*, document présenté lors de la Conférence de l'Association danoise des chercheurs du développement, qui s'est tenue à Gjerrild (Danemark) en mars.

⁴⁸ Contribution de la Commission économique et sociale pour l'Asie occidentale.

d'intelligence artificielle et plusieurs pays du monde arabe, à savoir l'Arabie saoudite, Bahreïn, les Émirats arabes unis, la Jordanie, le Maroc, Oman, le Qatar et la Tunisie, ont lancé des initiatives consacrées aux données ouvertes.

Sources : contributions des Gouvernements chilien et letton, de la Commission économique et sociale pour l'Asie occidentale et de la Commission économique et sociale pour l'Asie et le Pacifique (CESAP).

B. Résorber les fractures numériques en renforçant l'infrastructure et les compétences numériques

48. La numérisation et la connectivité sont des caractéristiques fondamentales des technologies de pointe. Par conséquent, il est essentiel que les pays adaptent leurs politiques numériques selon qu'ils sont plus ou moins préparés à participer à l'économie numérique et à profiter de ses avantages⁴⁹. Dans son rapport intitulé « Renforcement des compétences numériques en vue de tirer parti des technologies existantes et émergentes, en mettant l'accent sur le rôle des femmes et des jeunes », publié en 2018, le Secrétaire général a fait clairement comprendre que les compétences numériques ne relevaient pas du seul domaine technique, mais englobaient aussi des aptitudes génériques et complémentaires, nécessaires pour comprendre différents canaux de communication, rechercher des informations et examiner d'un œil critique ce qu'on trouve, et communiquer en utilisant divers outils numériques et applications⁵⁰.

49. Différents types de compétences numériques sont nécessaires pour appréhender les nouvelles technologies, notamment pour adopter, utiliser et adapter de manière créative les technologies existantes, mais aussi pour mettre au point des technologies entièrement nouvelles⁵¹. Les programmes d'éducation et de formation aux compétences numériques doivent être ouverts et accessibles à tous. À cet égard, on peut citer, à titre d'exemple, le programme CodeCan et le Programme d'échange en matière de littératie numérique, au Canada, ou encore le partenariat entre le Secondary Transition to Employment Programme, programme de transition entre l'enseignement secondaire et l'emploi, et l'Institut d'études géologiques des États-Unis⁵².

50. Les technologies de l'information et de la communication sont aujourd'hui considérées comme un élément essentiel de l'infrastructure physique de tout pays. Technologies habilitantes, elles créent des synergies avec d'autres secteurs clés, parmi lesquels la biotechnologie, la nanotechnologie et la production manufacturière de pointe. Pour exploiter le potentiel qu'elles recèlent, il faut investir dans les infrastructures de base, y compris dans un approvisionnement énergétique fiable et les infrastructures de télécommunications, et mettre en place une réglementation favorable à la concurrence en vue de fournir des services qui soient de qualité, abordables et accessibles⁵³. Ainsi, en 2016, le Chili a lancé un projet de grande envergure pour déployer l'Internet par fibre optique dans tout le pays⁵⁴. Le Pérou prévoit quant à lui d'établir un réseau national par fibre optique long de plus de 13 000 kilomètres, qui relierait Lima à 22 capitales régionales et à 180 capitales provinciales⁵⁵.

C. Promouvoir la coopération régionale, internationale et multipartite

51. La communauté internationale peut, notamment par la coopération régionale, internationale et multipartite, appuyer l'action menée pour mettre l'évolution rapide des technologies au service du développement durable et éviter que cette évolution n'ait pour

⁴⁹ CNUCED, 2017c, *Rapport sur l'économie de l'information 2017*.

⁵⁰ E/CN.16/2018/3, par. 10.

⁵¹ Ibid., par. 13 à 16.

⁵² Contributions des Gouvernements du Canada et des États-Unis d'Amérique.

⁵³ CNUCED, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, p. 57.

⁵⁴ Chili, Sous-secrétariat aux télécommunications, *Proyecto Fibra Óptica Austral 2017*. Disponible (en espagnol) à l'adresse suivante : <https://foa.subtel.gob.cl/proyecto-fibra-optica-austral-2> (date de consultation : 16 novembre 2018).

⁵⁵ Contribution du Gouvernement péruvien.

effet d'accentuer les fractures, les inégalités socioéconomiques et la dégradation de l'environnement.

52. La communauté internationale devra accroître son appui pour éviter que l'évolution de l'économie numérique n'aggrave les fractures numériques et les inégalités de revenus. À titre d'exemple, la part des technologies de l'information et de la communication dans le montant total de l'aide au commerce est tombée de 3 % pendant la période 2002-2005 à 1,2 % seulement en 2015⁵⁶.

53. La collaboration mondiale dans le domaine de la recherche scientifique a notablement progressé au cours des dernières décennies, ce qui a ouvert de nouvelles possibilités de conjuguer les moyens scientifiques les plus modernes avec des connaissances locales très précises dans des domaines clés du développement durable. La capacité de participer à cette collaboration de bon nombre de pays en développement s'est sensiblement accrue. Pour orienter fermement ces réseaux vers la réalisation des objectifs de développement durable, les gouvernements doivent aller au-delà du financement et de la gestion de la recherche-développement pour adopter une logique d'influence des réseaux, ce qui nécessite d'en comprendre la formation, l'organisation, les normes, la dynamique, les motivations et les mécanismes internes⁵⁷.

54. Récemment, il y a eu plusieurs exemples de collaboration régionale et internationale réussie en matière de recherche scientifique et de renforcement des capacités dans le domaine des technologies de pointe⁵⁸. Pour faire face à l'évolution rapide des technologies, la collaboration internationale, y compris la collaboration Nord-Sud, Sud-Sud et triangulaire, peut s'étendre au partage des connaissances et des données, au renforcement des capacités et à la collaboration dans les domaines de la recherche et du développement technologique, des activités de prospective et de la politique des sciences, de la technologie et de l'innovation (voir l'encadré 2).

Encadré 2

Exemples de collaboration régionale et internationale

La collaboration régionale et internationale dans le domaine des technologies de pointe peut prendre de nombreuses formes et porter notamment sur la mise au point de technologies, le renforcement des capacités et la recherche sur les politiques. La collaboration internationale peut appuyer les actions menées pour partager des données et mettre au point des technologies. Le Programme européen d'observation de la Terre (aussi appelé « Copernicus ») fournit des données complètes, gratuites et ouvertes et contribue aux efforts régionaux et internationaux visant à recenser les problèmes qui se posent à l'échelle mondiale et à y répondre. L'Allemagne a lancé récemment l'initiative « Green Peoples' Energy for Africa », qui aide les pays partenaires à mettre au point des systèmes énergétiques décentralisés et fondés sur les énergies renouvelables. QualiREG est un réseau scientifique et technique d'acteurs agroalimentaires de l'océan Indien qui encourage la recherche, le développement et l'innovation pour la qualité de la chaîne agroalimentaire.

La formation et la participation aux échanges internationaux contribuent également à la diffusion de l'expertise scientifique et technique entre les pays. Par exemple, les Instituts nationaux de la santé des États-Unis d'Amérique parrainent des projets collaboratifs internationaux par l'intermédiaire du Fogarty International Centre et l'Union européenne accueille des « pays tiers » dans la plupart de ses programmes de recherche.

La collaboration régionale et internationale dans les domaines de l'analyse prospective des technologies et de la recherche sur les politiques peut renforcer la capacité des décideurs nationaux de répondre à l'évolution rapide des technologies. Un projet de la CESAP soutenu par le Canada et intitulé « Promotion de l'entrepreneuriat féminin – création d'un écosystème entrepreneurial tenant compte de la problématique femmes-

⁵⁶ Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) et Organisation mondiale du commerce (OMC), *Panorama de l'aide pour le commerce 2017 : promouvoir le commerce, l'inclusion et la connectivité pour un développement durable*, 2017, Genève et Paris, p. 336 et 337.

⁵⁷ CNUCED, 2018, *Technology and Innovation Report 2018*, p. 104.

⁵⁸ Ibid.

hommes » encourage les décideurs à élaborer des politiques et des programmes tenant compte de la problématique femmes-hommes et offre une formation aux femmes chefs d'entreprise.

Sources : contributions des Gouvernements autrichien et allemand ; contribution du Groupe africain de haut niveau sur les technologies émergentes ; Bureau des affaires spatiales de l'ONU, 2018, *European Global Navigation Satellite System and Copernicus: Supporting the Sustainable Development Goals. Building Blocks towards the 2030 Agenda* (publication des Nations Unies, Vienne) ; Gouvernement canadien, 2018, Promotion de l'entrepreneuriat féminin – création d'un écosystème entrepreneurial tenant compte de la problématique femmes-hommes. Disponible à l'adresse suivante : <http://w05.international.gc.ca/projectbrowser-banqueprojets/project-projet/details/D004857001> (date de consultation : 12 novembre 2018) ; et Centre international Abdus Salam de physique théorique, 2018, New Internet of Things doctoral programme : [International Centre for Theoretical Physics] ICTP supports [the African Centre of Excellence in Internet of Things] ACE IoT in Rwanda. Disponible à l'adresse suivante : www.ictp.it/about-ictp/media-centre/news/2018/5/iot-phds.aspx (date de consultation : 16 novembre 2018).

55. À l'échelle mondiale, le Groupe de haut niveau du Secrétaire général sur la coopération numérique étudie des mécanismes et des modèles qui pourraient améliorer la coopération internationale dans le domaine des technologies nouvelles et émergentes. Des initiatives multipartites peuvent également tirer parti des ressources fournies par leurs participants pour faire mieux connaître d'importants problèmes, comme la fracture numérique entre les sexes (par exemple, le partenariat mondial Equals et l'initiative Droits, éducation, accès, contenu et cibles de la World Wide Web Foundation) et préconiser des actions pour relever ces défis⁵⁹. Les pays peuvent aussi vouloir envisager d'établir des partenariats de recherche-développement en collaboration avec des entreprises technologiques de pointe et des experts nationaux en sciences et technologie pour résoudre leurs problèmes les plus critiques⁶⁰.

IV. Orienter l'évolution rapide des technologies de manière à soutenir le développement durable

56. Dans le présent rapport, il est pris note de la manière dont l'évolution rapide des technologies offre des possibilités sans précédent de relever les défis sociaux, économiques et environnementaux du XXI^e siècle. Un certain nombre de risques de perturbations sociales et économiques pouvant avoir des incidences sur la résilience de nos institutions sociales, culturelles et politiques, ainsi que d'éventuelles conséquences involontaires pour l'avenir de l'humanité et de la planète, sont mis en évidence.

57. Dans une économie mondialisée et un monde de plus en plus numérisé, où les produits, les services, l'information et le savoir circulent de plus en plus vite, les réponses à ces défis ne peuvent venir que d'initiatives coordonnées, fondées sur la coopération internationale, un multilatéralisme ouvert et une approche multipartite.

58. En particulier, la communauté internationale doit mieux comprendre collectivement comment orienter les technologies nouvelles et émergentes de manière à ne laisser personne de côté. Des progrès sont nécessaires pour : a) conceptualiser l'évaluation et l'analyse prospective des technologies à l'échelle internationale ; et b) instaurer un dialogue mondial largement ouvert, dans une optique de développement, sur les aspects normatifs de l'évolution rapide des technologies.

⁵⁹ Contribution du Gouvernement canadien ; Equals, 2018, disponible à l'adresse suivante : <https://www.equals.org> (date de consultation : 16 novembre 2018) ; Conseil des droits de l'homme, 2018, Rapport de la Rapporteuse spéciale sur la violence contre les femmes, ses causes et ses conséquences concernant la violence en ligne à l'égard des femmes et des filles du point de vue des droits de l'homme, 12 juin, A/HRC/38/47 ; World Wide Web Foundation, 2017, [Rights, Education, Access, Content, Targets] REACT with gender-responsive information and communications technology policy: The key to connecting the next 4 billion. Disponible à l'adresse suivante : <http://webfoundation.org/docs/2017/09/REACT-with-Gender-Responsive-ICT-Policy.pdf> (date de consultation : 12 novembre 2018).

⁶⁰ Contribution de l'Institute for Transformative Technologies.

A. Analyse prospective et évaluation des technologies à l'échelle mondiale face à l'évolution rapide des technologies

59. Le renforcement des capacités en matière d'évaluation et d'analyse prospective des technologies (par exemple, l'analyse prévisionnelle et les évaluations d'impact ex ante) peut permettre aux pays : de recenser et d'exploiter le potentiel que représentent les technologies de pointe pour le développement durable ; d'évaluer les effets et les risques potentiels des technologies émergentes ; et de déterminer quelles sont les avancées technologiques les plus probables à moyen et à long terme.

60. L'analyse prospective et l'évaluation des technologies sont des processus formels permettant d'éclairer la gouvernance de l'innovation et de la recherche. Analyse prospective des technologies et évaluation des technologies sont généralement définies respectivement comme suit : « tentatives systématiques et explicites pour recenser les domaines de recherche stratégique et les technologies génériques émergentes susceptibles d'apporter les plus grands bénéfices économiques et sociaux » et « anticipation des conséquences et des retours d'expérience afin de réduire les coûts humains et sociaux de l'apprentissage de la maîtrise de la technologie dans la société suivant une méthode empirique »⁶¹.

61. Les États Membres reconnaissent de plus en plus l'importance des activités d'évaluation et d'analyse prospective des technologies pour permettre aux sociétés et aux décideurs de s'adapter aux changements induits par la prolifération des nouvelles technologies. Le Conseil économique et social a reconnu que ces activités pouvaient aider les décideurs et les parties prenantes à mettre en œuvre le Programme de développement durable à l'horizon 2030 en contribuant à déterminer les défis à relever et les possibilités à exploiter de manière stratégique (E/RES/2017/22)⁶².

62. Les États Membres pourraient étudier les moyens de mener des activités d'analyse prospective et d'évaluation des technologies aux niveaux national, régional et international. Une capacité internationale de suivre ces avancées et d'en décrire les conséquences pour les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire renforcerait considérablement la capacité des décideurs nationaux à réagir.

63. Bien que les activités de prospective soient rarement menées au niveau international, des appels ont été lancés en faveur d'une telle internationalisation en tant que mécanisme permettant de définir et d'articuler les besoins de développement et de faire intervenir les acteurs de l'innovation pour répondre à ces besoins⁶³. En outre, il est nécessaire de mettre en place une initiative mondiale qui puisse réunir systématiquement des experts de toutes disciplines pour examiner les avancées de la science, de la technique et de l'innovation et leurs incidences potentielles sur l'économie, la société et l'environnement. Une telle initiative mondiale devrait idéalement reposer à la fois sur l'évaluation et l'analyse prospective des technologies pour permettre d'évaluer les incidences immédiates et à long terme des nouvelles technologies.

B. Un dialogue largement ouvert sur la dimension normative de l'évolution rapide des technologies

64. À l'échelle mondiale, l'évaluation et l'analyse prospective des technologies devraient être guidées par des normes, des principes et des valeurs qui orientent l'élaboration et l'application de changements technologiques rapides dans le respect des valeurs et principes fondamentaux des Nations Unies, notamment les droits de l'homme et la promotion du développement durable.

⁶¹ Van Zwanenberg P., Ely A. et Stirling A., 2009, *Innovation, Sustainability, Development A New Manifesto. Emerging Technologies and Opportunities for International Science and Technology Foresight*, Social, Technology and Environmental Pathways to Sustainability Centre, Working Paper 30, Brighton, p. 4.

⁶² Les résolutions de l'ONU sur le même sujet recommandant de mener des activités d'évaluation et d'analyse prospective des technologies sont notamment les suivantes : E/RES/2018/29 ; A/RES/72/228 ; et A/RES/72/242.

⁶³ Van Zwanenberg P. et al., 2009, *Innovation, Sustainability, Development A New Manifesto*.

65. La prise de conscience croissante des questions éthiques et normatives essentielles liées à l'émergence, au déploiement, à l'utilisation et à la multiplication des technologies de pointe est à l'origine de nombreuses initiatives volontaires visant à élaborer des principes d'équité, de transparence, de responsabilité et d'ouverture applicables à l'évolution rapide des technologies. Par exemple, dans le domaine de l'intelligence artificielle, plus de 30 principes ont été élaborés par des universitaires, des organisations non gouvernementales⁶⁴, des gouvernements et organismes supranationaux⁶⁵ et des entreprises⁶⁶.

66. La Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies s'est penchée récemment sur la question de l'éthique de la robotique⁶⁷. Le Secrétaire général des Nations Unies a publié récemment une stratégie en matière de nouvelles technologies⁶⁸ et le Groupe de haut niveau sur la coopération numérique a été

⁶⁴ Par exemple : Asilomar [Artificial Intelligence] AI Principles ; General Principles in Ethically Aligned Design, version 2, par l'Institute of Electrical and Electronics Engineers ; Principles for Algorithmic Transparency and Accountability, par l'Association for Computing Machinery ; Japanese Society for Artificial Intelligence Ethical Guidelines ; Déclaration de Montréal pour un développement responsable de l'intelligence artificielle ; Three ideas from the Stanford Human-Centred AI Initiative ; Three rules for artificial intelligence systems, Chief Executive Officer, Allen Institute for Artificial Intelligence ; Harmonious Artificial Intelligence Principles ; Universal Guidelines for Artificial Intelligence, par The Public Voice ; Principles for the Governance of AI, par The Future Society ; Tenets, par Partnership on AI ; Top 10 Principles For Ethical Artificial Intelligence, par UNI Global Union, 2017 ; AI Policy Principles, par l'Information Technology Industry Council, 2017 ; Toronto Declaration: Protecting the rights to equality and non-discrimination in machine learning systems ; 10 principles for public sector use of algorithmic decision making, par Nesta. Sources : Zeng Y., Lu E. et Huangfu C., 2018, Linking artificial intelligence principles, présenté à l'Association for the Advancement of Artificial Intelligence Workshop on Artificial Intelligence Safety, 2019, Cornell University ; www.accessnow.org/cms/assets/uploads/2018/08/The-Toronto-Declaration_ENG_08-2018.pdf ; et www.nesta.org.uk/blog/10-principles-for-public-sector-use-of-algorithmic-decision-making/.

⁶⁵ Par exemple : Japon, Ministère de l'intérieur et des communications, AI Research and Development Principles et Draft AI Utilization Principles ; Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, House of Lords AI Code ; Ethical principles and democratic prerequisites, par l'European Group on Ethics in Science and New Technologies ; Projet de lignes directrices de la Commission européenne en matière d'éthique pour une IA digne de confiance ; Charte éthique du Conseil de l'Europe sur l'utilisation de l'intelligence artificielle dans les systèmes judiciaires ; Singapore Model Governance Framework for AI ; et Déclaration franco-canadienne sur l'intelligence artificielle. Sources : Zeng *et al.*, 2018, Linking artificial intelligence principles ; https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/ai_hleg_draft_ethics_guidelines_18_december.pdf ; <https://www.coe.int/en/web/artificial-intelligence/-/31st-plenary-meeting-of-the-cepej-adoption-of-the-first-european-text-defining-the-ethical-framework-for-the-use-of-artificial-intelligence-in-judicia> (date de consultation : 27 février 2019) ; https://international.gc.ca/world-monde/international_relations-relations_internationales/europe/2018-06-07-france_ai-ia_france.aspx?lang=eng (date de consultation : 27 février 2019) ; et <https://channels.theinnovationenterprise.com/articles/singapore-releases-model-governance-for-ai-at-wef> (date de consultation : 27 février 2019).

⁶⁶ Par exemple : DeepMind Ethics and Society Principles ; OpenAI Charter ; AI at Google: Our principles ; Microsoft AI principles ; IBM's principles for the cognitive era and principles for trust and transparency ; Developing AI for Business with Five Core Principles, par Sage ; SAP's Guiding Principles for Artificial Intelligence ; Sony Group AI Ethics Guidelines ; Unity's Guiding Principles for Ethical AI ; et Telefónica AI Principles. Sources : Zeng *et al.*, 2018, Linking artificial intelligence principles ; <https://blogs.unity3d.com/2018/11/28/introducing-unitys-guiding-principles-for-ethical-ai/> (date de consultation : 27 février 2019) ; et www.telefonica.com/en/web/responsible-business/our-commitments/ai-principles (date de consultation : 27 février 2019).

⁶⁷ Commission mondiale d'éthique des connaissances scientifiques et des technologies (COMEST), 2017, Rapport de la COMEST sur l'éthique de la robotique, 14 septembre. Disponible à l'adresse suivante : <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000253952> (date de consultation : 25 février 2019).

⁶⁸ Organisation des Nations Unies, 2018, United Nations Secretary-General's strategy on new technologies, septembre. Disponible à l'adresse suivante : www.un.org/en/newtechnologies/images/pdf/SGs-Strategy-on-New-Technologies.pdf.

créé afin de sensibiliser le public au pouvoir transformateur qu'ont les technologies numériques et de nourrir le débat général⁶⁹.

67. La richesse des diverses initiatives prises en réponse aux défis normatifs de l'intelligence artificielle révèle en particulier des priorités et des accents différents et parfois contradictoires, ce qui montre la nécessité d'un cadre plus complet et plus cohérent⁷⁰. Au-delà de l'intelligence artificielle, des considérations normatives et éthiques au sujet de diverses technologies de pointe, notamment la biologie synthétique, l'Internet des objets, la nanotechnologie, les drones et les neurotechnologies, font l'objet de discussions et de débats.

68. En raison des questions éthiques et normatives susmentionnées, la question se pose de savoir comment instaurer un dialogue mondial sur ce sujet qui respecte la diversité, l'ouverture mondiale, la participation de nombreuses parties prenantes, la cohérence entre des initiatives multiples et leur conformité avec le programme de développement de la communauté internationale. Les gouvernements et les autres parties prenantes souhaiteront peut-être commencer à étudier les caractéristiques, éléments et orientations de haut niveau qui pourraient définir une réponse mondiale utile à ce défi. Les pays en développement, en particulier les pays les moins avancés, qui ne se sont pas lancés dans la mise au point de technologies d'avant-garde mais qui risquent d'en subir les conséquences, doivent participer à ce dialogue mondial.

V. Propositions à l'intention des États Membres et de la Commission de la science et de la technique au service du développement à sa vingt-deuxième session

69. L'évolution rapide des technologies a un potentiel en ce qui concerne la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030 et la réalisation des objectifs de développement durable. Toutefois, cette évolution pose de nouveaux problèmes d'élaboration des politiques, qui menacent de dépasser la capacité des gouvernements et de la société de s'adapter aux changements induits par les nouvelles technologies. Bien que la dynamique mondiale de l'évolution technologique ait le pouvoir d'accroître les fractures socioéconomiques, les politiques peuvent soutenir des investissements permettant de répartir plus largement les capacités et de stimuler l'innovation avec et pour les groupes en marge de la société. Les stratégies nationales qui visent à tirer parti de l'évolution rapide des technologies au profit du développement durable consistent à mettre en place et à gérer des systèmes d'innovation efficaces. La coopération Nord-Sud, Sud-Sud et triangulaire, les initiatives des milieux universitaires, techniques ou commerciaux et de la société civile et les efforts déployés à l'échelle du système des Nations Unies peuvent également contribuer à faire en sorte que l'évolution rapide des technologies ne laisse personne de côté. La communauté internationale est encouragée à mieux comprendre collectivement comment explorer et façonner les technologies nouvelles et émergentes d'une manière qui « ne laisse personne de côté ». Cela devrait donner lieu à des discussions sur l'évaluation et l'analyse prospective des technologies à l'échelle internationale et à la recherche d'un consensus sur des lignes directrices normatives et éthiques afin de déterminer la contribution que l'évolution rapide des technologies peut apporter au développement.

⁶⁹ Organisation des Nations Unies, 2018, Groupe de haut niveau du Secrétaire général sur la coopération numérique, disponible à l'adresse suivante : www.un.org/en/digital-cooperation-panel/ (date de consultation : 12 novembre 2018).

⁷⁰ Whittlestone J., Nyrop R., Alexandrova A. et Cave S., 2019, *The role and limits of principles in [artificial intelligence] AI ethics: Towards a focus on tensions*, Université de Cambridge ; et Zeng Y. *et al.*, 2018, *Linking artificial intelligence principles*.

70. Les États Membres souhaiteront peut-être examiner les propositions suivantes :

a) Accroître l'appui national aux activités de recherche-développement relatives à l'évolution rapide des technologies et associer des représentants des pouvoirs publics, du milieu universitaire, du secteur privé et de la société civile dans le cadre de ces activités, qui peuvent aller de la recherche fondamentale à l'application ;

b) Assurer une cohérence entre les politiques et stratégies de la science, de la technologie et de l'innovation en matière d'évolution rapide des technologies et le programme national de développement au sens large ;

c) Apprécier la situation sociale et culturelle des groupes locaux, en particulier celle des femmes, et en tenir compte, ainsi que soutenir l'innovation, le développement et la diffusion des changements technologiques rapides dans de tels contextes ;

d) Promouvoir les partenariats Nord-Sud, Sud-Sud et triangulaires concernant l'évolution rapide des technologies et examiner les mécanismes collaboratifs de recherche-développement qui pourraient contribuer à faciliter le progrès technologique ;

e) Mener des activités d'évaluation et d'analyse prospective des technologies afin d'encourager un débat structuré entre toutes les parties prenantes en vue d'établir une compréhension commune des conséquences de l'évolution rapide des technologies ;

f) Tenir compte de la problématique hommes-femmes dans les politiques de la science, de la technologie et de l'innovation, notamment en promouvant la science et la technologie et en tirant parti pour soutenir la valorisation des femmes dans les secteurs clés où les technologies évoluent rapidement. Les politiques devraient également promouvoir l'égalité entre les sexes dans l'enseignement, les carrières et l'exercice de responsabilités liés aux sciences et à la technologie, ainsi qu'encourager et soutenir le rôle des femmes dans l'innovation.

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

a) Travailler à la définition d'un mécanisme international d'évaluation et d'analyse prospective des technologies qui aiderait les pays en développement à évaluer les répercussions immédiates et à long terme des changements technologiques ;

b) Examiner comment les problèmes normatifs que pose l'évolution rapide des technologies peuvent être pris en compte dans le cadre d'un dialogue mondial ouvert conforme au Programme de développement durable à l'horizon 2030 ;

c) Encourager la collaboration internationale dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation en ce qui concerne l'évolution rapide des technologies ;

d) Favoriser une collaboration plus étroite entre les différentes organisations internationales et avec les organisations de la société civile en ce qui concerne les initiatives visant à renforcer les compétences face à l'évolution rapide des technologies ;

e) Promouvoir l'utilisation de méthodes numériques, comme les plateformes en ligne, à des fins de partage international des connaissances et de renforcement des capacités.

72. La Commission est encouragée à :

a) Soutenir la collaboration multipartite dans le cadre de l'apprentissage en matière de politique publique, du renforcement des capacités et de la mise au point de technologies ;

b) Améliorer la coordination entre les parties prenantes et encourager les partenariats dans le domaine de l'évolution rapide des technologies afin de tirer profit des compétences et des intérêts propres aux parties prenantes ;

c) Encourager le partage des enseignements tirés entre les pays et les régions tout en tenant compte du fait qu'il est impossible de simplement transposer des mesures et des combinaisons de mesures d'un endroit à un autre ;

d) Rassembler et partager des exemples de bonnes pratiques et les enseignements tirés de l'intégration de la problématique hommes-femmes dans les politiques et programmes de la science, de la technologie et de l'innovation, en vue de reproduire et d'amplifier les succès, et renforcer la collaboration avec la Commission de la condition de la femme.
