



Conseil économique et social

Distr. générale
8 mai 2020
Français
Original : anglais

Session de 2020

25 juillet 2019-22 juillet 2020

Point 5 b) de l'ordre du jour

**Débat de haut niveau : concertation de haut niveau
sur les tendances et les scénarios futurs et les effets
à long terme des tendances actuelles sur la réalisation
du Programme de développement durable
à l'horizon 2030**

Les scénarios futurs à long terme et les effets des tendances actuelles sur la réalisation des objectifs de développement durable

Rapport du Secrétaire général

Résumé

Le présent rapport vise à éclairer le débat de haut niveau du Conseil économique et social qui devrait se tenir en juillet 2020 et vient compléter le rapport du Secrétaire général intitulé « Action accélérée et solutions transformatrices : une décennie d'action et des résultats pour le développement durable » (E/2020/59). Les décisions prises à l'heure actuelle dans le contexte de la pandémie de maladie à coronavirus (COVID-19) et celles prises au sujet des nouvelles applications Internet et de l'intelligence artificielle peuvent avoir des conséquences à long terme sur la capacité de l'humanité d'affronter les grands problèmes mondiaux. À la lumière de ces tendances, le rapport présente un scénario optimiste de transformation globale qui permettrait de réaliser les objectifs de développement durable et de faire progresser le développement durable d'ici à 2050 et le compare à un scénario tendanciel et à des scénarios pessimistes.



I. Introduction

1. En application de la résolution 72/305 de l'Assemblée générale, le dernier jour du débat de haut niveau du Conseil économique et social, qui suivra le débat ministériel du forum politique de haut niveau, sera consacré aux tendances et scénarios futurs en lien avec le thème principal des travaux du Conseil et aux effets à long terme des tendances actuelles, par exemple la contribution des nouvelles technologies utilisées dans les domaines économique, social et environnemental à la réalisation des objectifs de développement durable, compte tenu des travaux de l'Organisation, des autres organisations et organismes régionaux et internationaux et d'autres parties prenantes, le but devant être d'encourager l'échange de connaissances et la coopération régionale et internationale. Le présent rapport vise à éclairer la concertation de haut niveau sur les tendances et les scénarios futurs et les effets à long terme des tendances actuelles sur la réalisation du Programme de développement durable à l'horizon 2030, qui se tiendra le 17 juillet 2020. Il vient compléter et consolider le rapport du Secrétaire général intitulé « Action accélérée et solutions transformatrices : une décennie d'action et des résultats pour le développement durable » (E/2020/59).

2. Le rapport présente plusieurs scénarios optimistes et ambitieux à long terme concernant la réalisation des objectifs de développement durable et les compare aux résultats d'un scénario tendanciel et d'un scénario pessimiste pour 2030 et 2050. Il examine également les effets de la pandémie de maladie à coronavirus (COVID-19) et des nouvelles technologies de l'Internet et de l'intelligence artificielle. Les décisions prises actuellement et à court terme dans ces deux domaines devraient avoir de fortes répercussions sur les capacités et les options dont l'humanité disposera pour lutter contre les autres grands problèmes de durabilité auxquels elle sera exposée à long terme.

3. Le Programme 2030 expose une vision large et ambitieuse pour l'humanité, la planète et la prospérité (voir le préambule de la résolution 70/1 de l'Assemblée générale). Les objectifs et les cibles qui y sont associés donnent un aperçu quantitatif et qualitatif de ce que le monde aspire à réaliser d'ici à 2030. Le Programme fixe également des cibles particulières pour d'autres années et présente des recommandations et des mesures à prendre, mais n'offre pas d'orientations précises sur les activités coordonnées qu'il est possible de mener dans le temps pour atteindre les objectifs. Les scénarios sont conçus pour explorer ces possibilités. Il s'agit d'hypothèses logiques et plausibles sur l'évolution de la situation. Ces scénarios associent de manière cohérente les connaissances scientifiques et techniques de toutes les disciplines et sources pertinentes, l'objectif étant de mieux comprendre de quelles manières la situation peut évoluer et de promouvoir la prise de décisions et la planification de l'avenir. Les décideurs se réfèrent souvent aux scénarios comme à des solutions, ce qui rejoint la terminologie utilisée dans le présent rapport.

4. Toutefois, les scénarios ne sont ni des prédictions ni des prévisions¹. L'avenir étant incertain, les analystes de scénarios doivent faire des hypothèses sur la dynamique des systèmes sous-jacents et les facteurs à prendre en compte, les liens scientifiques mal connus, la technologie, les politiques et les changements de comportement. Ils recourent à diverses techniques permettant d'examiner des systèmes complexes lorsqu'ils posent leurs hypothèses afin de formuler des conjectures cohérentes sur la manière dont la situation pourrait évoluer à l'avenir. C'est la raison pour laquelle on dit parfois que l'analyse de scénarios tient plus de l'art que de la science. Les analystes s'attachent à trouver et à tester des solutions viables aux principaux problèmes auxquels le monde devra faire face à l'avenir. Ces solutions ne dépassent pas les frontières physiques, techniques, économiques ou

¹ Nebojša Nakićenović et autres, *Special Report on Emission Scenarios* (Cambridge, Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, Cambridge University Press, 2000).

sociopolitiques, mais ont vraiment du sens et reposent sur les meilleures données scientifiques disponibles.

5. Le scénario présenté ci-après est un scénario optimiste, également appelé scénario de demande énergétique faible ou scénario pour un avenir meilleur². C'est un scénario cohérent et très ambitieux, inspiré par les derniers progrès technologiques, les changements de comportement et les innovations commerciales à fort impact. Il examine ce qu'il est nécessaire d'accomplir aujourd'hui et dans les années à venir pour réaliser les objectifs de développement durable d'ici à 2030 et faire progresser le développement durable d'ici à 2050. Plusieurs variantes sont présentées de façon à montrer les possibilités offertes si on suit d'autres chemins et si on prend d'autres décisions. Le scénario le plus optimiste est comparé à un scénario tendanciel, qui illustre la situation future si l'on poursuit les tendances et les politiques actuelles, ainsi qu'au scénario le plus pessimiste, qui met en évidence les principaux risques et les points de décision importants. Le champ d'application des scénarios est le même que celui des objectifs mais un certain nombre de questions institutionnelles, sociales et de gouvernance qui sont difficiles à quantifier mais font partie du scénario global sont laissées de côté. On trouvera dans le tableau 1 un aperçu des scénarios élaborés par certains des plus grands concepteurs de scénarios au monde³.

Tableau 1
Aperçu général des scénarios

	<i>Scénario 1 : scénario le plus optimiste</i>	<i>Scénario 2 : scénario tendanciel</i>	<i>Scénario 3 : scénario le plus pessimiste</i>
Scénarios présentés dans le présent rapport	Le scénario de faible demande énergétique pour un avenir meilleur.	Le scénario intermédiaire ayant une valeur nominale de forçage radiatif de 4,5 W/m ⁻² des scénarios « Shared Socioeconomic Pathways » (SSP2-4.5) et le scénario des tendances actuelles de la Food and Land Use Coalition.	Le scénario de développement à base de combustibles fossiles (SSP5-8.5) et le scénario de rivalité régionale (SSP3) des scénarios Shared Socioeconomic Pathways.
Variantes connexes	Le scénario sur le lien entre l'alimentation, l'énergie et l'eau de l'Agence néerlandaise d'évaluation environnementale ; le scénario des 1,5°C et celui des routes de Rio ; le scénario de développement durable du <i>World Energy Outlook</i> de l'Agence internationale de l'énergie.	Le scénario des politiques formulées dans le <i>World Energy Outlook</i> de l'Agence internationale de l'énergie.	
Explication du scénario	Transition rapide mue par les gains d'efficacité très élevés de l'utilisation finale, les changements	Poursuite des tendances, pratiques et progrès technologiques actuels et	Un monde fragmenté incapable de lutter contre les

² Arnulf Gruebler et autres, « A low energy demand scenario for meeting the 1.5 °C target and Sustainable Development Goals without negative emission technologies », *Nature Energy*, vol. 3, n° 6 (juin 2018).

³ On trouvera plus de détails sur les scénarios dans les revues académiques dans lesquelles ils ont été respectivement publiés. Ces scénarios s'appuient également sur d'importants rapports d'évaluation ou y sont présentés, tels que le rapport *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future* et les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat, de la Plateforme intergouvernementale science-politique sur la biodiversité et les services écosystémiques, du Groupe international d'experts sur les ressources et de l'initiative « Le monde en 2050 ».

	<i>Scénario 1 : scénario le plus optimiste</i>	<i>Scénario 2 : scénario tendanciel</i>	<i>Scénario 3 : scénario le plus pessimiste</i>
	de comportement et les innovations commerciales dans les domaines de l'énergie, de l'eau et de l'utilisation des sols, alimentés par les nouvelles technologies de l'information et des communications.	application des politiques formulées (par exemple, mise en place de mesures contre les gaz à effet de serre, conformément aux contributions déterminées au niveau national).	grands problèmes mondiaux auxquels il est en proie.
Hypothèses	Un monde interconnecté qui s'appuie sur la science, la technologie et l'éducation, s'attache à diffuser la technologie à l'échelle mondiale, plaide pour l'ouverture à la science et nourrit l'ambition commune de parvenir au développement durable.	Maintien des systèmes de gouvernance actuels et poursuite des progrès technologiques rapides, mais persistance d'importants clivages socioéconomiques et technologiques.	Fragmentation et effondrement du système multilatéral, auxquels s'ajoutent des obstacles qui entravent l'accès aux connaissances et aux technologies.
Aspects liés à la COVID-19	Renforcement de la coopération mondiale, collaboration dans le domaine de la science et de la technologie, fin rapide de la pandémie et reprise rapide.	Réponses nationales principalement et effets persistants jusqu'en 2021.	Catastrophe sanitaire et dépression économique prolongées et de grande ampleur.
Aspects liés à l'intelligence artificielle	De nombreuses applications à haut rendement énergétique, dont l'utilisation est pondérée par des considérations de suffisance énergétique.	De nombreuses applications utiles mais une demande énergétique croissante et des conséquences environnementales dues à l'utilisation de l'intelligence artificielle. Celle-ci dispute l'énergie qu'elle utilise à d'autres domaines.	Des solutions d'intelligence artificielle moins nombreuses qui atteignent rapidement leurs limites énergétiques. L'intelligence artificielle est concentrée dans une poignée de pays. Aucun gain d'efficacité important en ce qui concerne l'énergie et les matériaux.
Résultats en 2030	Réalisation des objectifs de développement durable.	Accomplissement de progrès dans la réalisation des objectifs, mais des lacunes importantes subsistent.	Progrès dans quelques domaines et régression dans d'autres.
Résultats en 2050	Un monde caractérisé par la haute technologie et interconnecté, et qui le reste.	Progrès considérables.	Catastrophes majeures en ce qui concerne le développement durable.

Sources : Gruebler et autres, « A low energy demand scenario », ainsi que de nombreuses informations complémentaires (voir <https://doi.org/10.1038/s41560-018-0172-6>) ; Riahi et autres, « The shared socioeconomic pathways and their energy, land use, and greenhouse gas emissions implications: an overview », *Global Environmental Change*, vol. 42 (janvier 2017) ; Food and Land Use Coalition, *Mieux cultiver : dix transitions critiques pour transformer l'alimentation et l'utilisation des terres* (2019) ; Detlef P. van Vuuren et autres, « Pathways to achieve a set of ambitious global sustainability objectives by 2050: explorations using the IMAGE integrated assessment model », *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 98 (septembre 2015) ; Detlef P. van Vuuren et autres, « Alternative pathways to the 1.5°C target reduce the need for negative emission technologies », *Nature Climate Change*, vol. 8, n° 5 (mai 2018) ; Detlef P. van Vuuren et autres, « Integrated scenarios to support analysis of the food-energy-water nexus », *Nature Sustainability*, vol. 2, n° 12 (décembre 2019) ; Agence internationale de l'énergie, *World Energy Model* (Paris, 2019). Leurs données sont disponibles dans la base de données LED de l'International Institute for Applied Systems Analysis, disponible à l'adresse suivante : <https://db1.ene.iiasa.ac.at/LEDDB> (présentant les données publiées dans Gruebler et autres, « A low energy demand »), ainsi que dans les bases de données Shared Socioeconomic Pathways de l'International Institute for Applied Systems Analysis (voir <https://tntcat.iiasa.ac.at/SspDb>), de l'Agence néerlandaise d'évaluation environnementale et de l'Agence internationale de l'énergie.

II. Tendances actuelles et facteurs imprévisibles des scénarios

6. Diverses tendances actuelles et persistantes à long terme auront d'importantes répercussions à l'avenir. Parmi les facteurs influant sur les scénarios, on peut mentionner : la population et les tendances démographiques ; l'accroissement de la prospérité, l'amélioration de la santé et de la qualité de la vie ; l'urbanisation rapide dans le monde en développement, en particulier dans les villes de taille moyenne ; les services d'infrastructure novateurs ; la décentralisation, qui permet aux utilisateurs finaux d'assumer de nouveaux rôles (aussi bien chez les consommateurs que chez les producteurs, les innovateurs et les opérateurs économiques) ; l'innovation dans le domaine de l'informatique et des communications. Dans le même ordre d'idées, dans son rapport sur l'action accélérée et les solutions transformatrices : une décennie d'action et des résultats pour le développement durable (E/2020/59), le Secrétaire général présente certaines tendances et solutions de transformation concernant plusieurs des points d'entrée pour l'action, comme proposé dans le Rapport mondial sur le développement durable de 2019⁴. Il est extrêmement important de prendre en compte tous ces éléments pour comprendre les scénarios à long terme de réalisation des objectifs de développement durable. Il existe toutefois deux domaines dans lesquels les décisions prises à court terme auront probablement des conséquences décisives sur la concrétisation ou non des scénarios futurs à long terme : la pandémie de COVID-19 ainsi que les nouvelles applications Internet et l'intelligence artificielle.

Pandémie de maladie à coronavirus

7. Dans une déclaration du 11 mars 2020, l'Organisation mondiale de la Santé a qualifié l'épidémie de COVID-19 de pandémie. À la date du présent rapport, le 22 avril 2020, la situation évolue rapidement et les effets de la pandémie se font sentir dans tous les pays du monde. Plus de 2,6 millions de personnes ont été testées positives au virus, au moins 180 000 en sont mortes et 720 000 se sont rétablies. Les cas n'étant pas suffisamment signalés et les tests pas assez nombreux, le nombre réel d'infections et de décès est sans doute beaucoup plus élevé : d'après les estimations statistiques, le nombre d'infections au niveau mondial est probablement dix à cent fois plus élevé. Cela signifie qu'il est probable que le nombre de personnes infectées se situe quelque part entre 20 millions et 200 millions. D'après les résultats des modèles épidémiologiques, des millions de personnes pourraient mourir dans les prochains mois, le nombre de décès pouvant s'établir entre 1,9 million et 40 millions de morts d'ici à la fin de la pandémie, selon les mesures prises (voir fig. I). Il pourrait y avoir plusieurs vagues d'infection jusqu'à ce qu'un vaccin soit disponible à grande échelle ou que l'on parvienne à une immunité collective⁵.

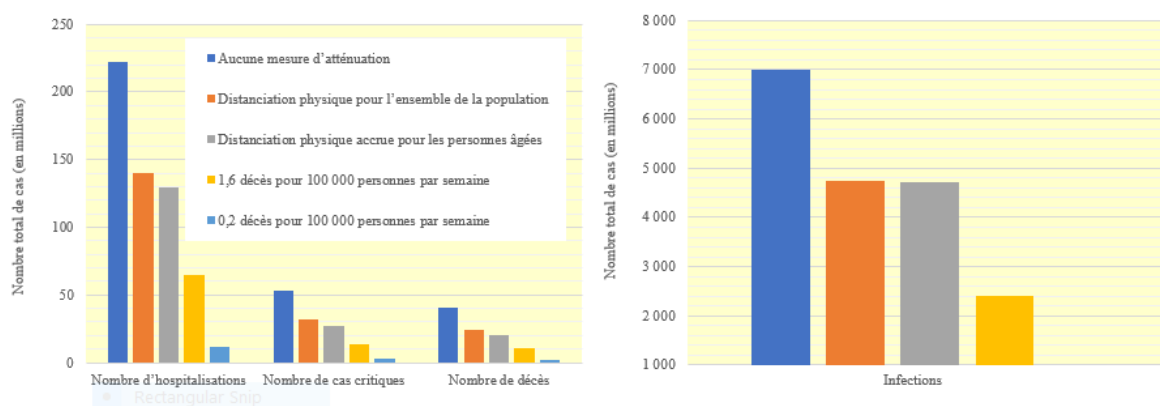
8. Début avril 2020, quelque 2,6 milliards de personnes, soit un tiers de la population mondiale, étaient confinées et plus de 100 pays avaient fermé leurs frontières, ce qui a eu de graves effets sur leur économie. Des dizaines de millions de personnes ont perdu leur emploi et l'économie mondiale devrait entrer dans une profonde récession [voir la série de notes d'orientation du Département des affaires économiques et sociales et le rapport du Secrétaire général intitulé « Action accélérée et solutions transformatrices : une décennie d'action et des résultats pour le développement durable » (E/2020/59)]. Il ne fait aucun doute que l'humanité finira par vaincre le nouveau coronavirus, grâce à ses capacités scientifiques et

⁴ Groupe indépendant de scientifiques nommés par le Secrétaire général, *Global Sustainable Development Report 2019: the Future is Now – Science for Achieving Sustainable Development*, (New York, Nations Unies, 2019).

⁵ Patrick G.T. Walker et autres, « The global impact of COVID-19 and strategies for mitigation and suppression », 26 mars 2020.

technologiques. Toutefois, on ne sait pas encore très bien comment la pandémie elle-même évoluera et quelles seront ses conséquences socioéconomiques dans les prochains mois, ni à quel point les mesures socioéconomiques et politiques sans précédent prises dans le contexte de cette crise influenceront sur l'évolution de la situation à long terme et limiteront potentiellement sa capacité de faire face aux risques liés à la durabilité. En effet, la réponse à la pandémie semble être un facteur imprévisible. L'humanité se trouve à un carrefour : elle optera soit pour une collaboration internationale plus étroite, soit pour un affaiblissement du système actuel de coopération internationale. La figure I montre le nombre total d'infections, d'hospitalisations, de cas critiques et de décès résultant de cinq choix faits à court terme face à la COVID-19, qui conduisent aux trois scénarios à long terme présentés plus loin.

Figure I
Nombre total d'infections, d'hospitalisations, de cas critiques et de décès à l'échelle mondiale d'ici la fin de la pandémie de maladie à coronavirus



Source : Département des affaires économiques et sociales, illustration des estimations de Walker et autres, « The global impact of COVID-19 ».

Note : La figure montre le nombre total d'infections, d'hospitalisations, de cas critiques nécessitant des soins dans une unité de soins intensifs et de décès d'ici à la fin de la pandémie d'après cinq scénarios épidémiologiques établis à partir des mesures de distanciation physique suivantes :

- 1) Absence de mesures d'atténuation : aucune mesure n'est prise ;
- 2) Distanciation physique pour l'ensemble de la population : des mesures sont prises pour réduire de manière uniforme le taux de contact entre les personnes d'environ 45 %, mais cela n'empêche pas totalement la propagation de l'épidémie ;
- 3) Distanciation physique accrue pour les personnes âgées : identique au scénario 2 mais, pour les personnes âgées de 70 ans ou plus, le taux de contact social est réduit de 60 % ;
- 4) et 5) Obstacles à la propagation de l'épidémie : des mesures intensives de distanciation physique à grande échelle (correspondant à une réduction de 75 % des taux de contact interpersonnel) sont prises afin d'endiguer rapidement la propagation de l'épidémie et de réduire au minimum les cas et les décès à court terme lorsque l'on atteint respectivement les seuils de 1,6 décès ou 0,2 décès pour 100 000 personnes par semaine.

Des incertitudes scientifiques considérables demeurent quant à la contagiosité du virus, mesurée par R_0 , pour laquelle un taux estimé de 3 a été utilisé dans les calculs. Autrement dit, si aucune mesure n'était prise, chaque personne infectée contaminerait trois autres personnes. Les estimations pour le R_0 vont de 2,4 à 3,3, ce qui représente 35 à 42 millions de décès pour le scénario 1, 20 à 26 millions pour le scénario 2 et 12 à 22 millions pour le scénario 3.

9. Scénario 1 concernant la COVID-19 (scénario le plus optimiste) : dans ce scénario, la crise est considérée comme un signal d'alarme qui conduit à une coopération mondiale plus efficace et à une meilleure collaboration entre les communautés scientifique et technologique en vue d'éliminer le virus, les connaissances scientifiques et les ressources économiques étant utilisées conjointement pour lutter contre l'ennemi commun de l'humanité. Un premier vaccin devient ainsi disponible en septembre 2020 et est rapidement fabriqué et distribué à la majorité de la population mondiale. La reprise de l'économie est rapide pendant le second semestre de 2020, soutenue par une coopération mondiale accrue et par des systèmes consultatifs efficaces dans les domaines scientifique et technologique, dont on tire de plus en plus parti pour lutter contre d'autres problèmes mondiaux en matière de santé et de durabilité. Une grande confiance est accordée à la science et les technologies les plus performantes deviennent accessibles dans le monde entier.

10. Scénario 2 concernant la COVID-19 (scénario tendanciel) : dans ce scénario, la coopération mondiale entre les institutions existantes se poursuit, mais en temps de crise, les réponses nationales sont privilégiées et, la plupart du temps, ne sont pas coordonnées entre elles. Les décideurs continuent de tenir compte des données scientifiques et des solutions technologiques, mais les politiques varient considérablement d'un gouvernement ou d'une société à l'autre et ont souvent une portée limitée. En réponse, d'autres collaborations se nouent entre les communautés scientifiques et technologiques, ce qui laisse espérer une meilleure coopération à l'avenir, mais nombre d'entre elles restent sous-financées et d'envergure moindre. Différents vaccins contre la COVID-19 deviennent disponibles au premier ou au second semestre de 2021. Un programme mondial de vaccination permet finalement d'éliminer le virus en 2021, ce qui ouvre la voie à la reprise économique. Toutefois, diverses restrictions en matière de transport continuent de s'appliquer et les entreprises et les gouvernements se montrent de plus en plus prudents quant à la résilience des chaînes d'approvisionnement mondiales, ce qui conduit à un recul de la mondialisation et à un monde dans lequel les transports publics et partagés et les zones densément peuplées deviennent des options moins satisfaisantes.

11. Scénario 3 concernant la COVID-19 (scénario le plus pessimiste) : dans ce scénario, la crise actuelle donne l'impression que le système multilatéral est de moins en moins pertinent. Les mesures sont prises au niveau national sans aucune coordination, les pays se livrant concurrence pour le matériel de santé et les ressources économiques. Des vaccins deviennent disponibles en 2021 dans un certain nombre de pays mais restent inaccessibles pour beaucoup. Les restrictions en matière de transport et de voyage sont levées lentement, et certaines continuent de s'appliquer. En l'absence de mesures permettant une reprise économique efficace et coordonnée au niveau mondial, une dépression mondiale risque de se produire et d'entraver la capacité et la volonté de la communauté internationale d'unir ses forces pour affronter les grands problèmes mondiaux auxquels l'humanité devra faire face à l'avenir.

Les nouvelles technologies, les applications Internet et l'intelligence artificielle

12. La rapidité des progrès technologiques réalisés ces dernières années dans les domaines de la robotique, de l'intelligence artificielle, de la biotechnologie, de la nanotechnologie et dans les domaines connexes, tels que celui des mégadonnées, a des répercussions majeures sur l'économie, la société et l'environnement. Les télécommunications et les technologies de l'information et des communications sont au cœur de ces tendances. D'un côté, ces technologies émergentes sont très prometteuses dans la mesure où elles permettraient de créer des systèmes d'énergie et d'eau à haut rendement qui pourraient être déployés dans tous les pays pour favoriser la viabilité mondiale. De l'autre, malgré les gains d'efficacité qu'elles permettraient de réaliser, ces technologies, notamment l'intelligence artificielle,

nécessiteront de plus en plus d'électricité et de ressources minérales et entraîneront une augmentation de la pollution et des déchets qui y sont associés (par exemple, les déchets d'équipements électriques et électroniques, les déchets issus des nanomatériaux et les déchets chimiques), car elles serviront notamment à alimenter de nombreux services entièrement nouveaux. Compte tenu des limites fondamentales qui empêchent la technologie à base de silicium de gagner en efficacité sur le plan énergétique, il est évident que les nouvelles applications qui ne proposent pas un meilleur rendement énergétique continueront de faire croître la demande d'énergie si l'on ne met pas en place des mesures de stricte suffisance ou des limitations en matière d'utilisation de l'énergie.

13. Selon la meilleure estimation qui a été faite à ce sujet, l'énergie totale utilisée par le réseau Internet à l'échelle mondiale en 2019 est d'environ 2 000 TWh ou 7,2 exajoules, ce qui représente environ 9 % de la consommation mondiale totale en électricité. Environ la moitié de ce total, soit 966 TWh, correspond aux appareils grand public, tels que les ordinateurs, les téléphones et ordinateurs portables et les téléviseurs. Les 1 022 TWh restants correspondent aux réseaux locaux, fixes et mobiles, aux centres de données et à la fabrication de divers composants. Si l'on exclut les appareils grand public, cette dernière catégorie a engendré à elle seule des émissions d'environ 949 millions de tonnes de dioxyde de carbone en 2019. La consommation d'énergie du réseau mobile, en particulier, devrait s'intensifier rapidement avec l'avènement des technologies mobiles de cinquième génération (5G) et l'utilisation croissante des services de diffusion vidéo mobile en continu. La diffusion en continu cause à elle seule des émissions annuelles de carbone équivalentes à celles de l'ensemble de l'Espagne⁶. Le court cycle de vie des produits électroniques tels que les smartphones et les ordinateurs explique la grande quantité de déchets électroniques et électriques produits chaque année dans le monde. En 2017, l'empreinte énergétique des smartphones du monde entier était environ 30 % plus élevée que celle de toutes les voitures particulières⁷. À l'heure actuelle, pas moins de 50 millions de tonnes de déchets électroniques sont produits chaque année, soit davantage que le poids de tous les avions de ligne jamais construits, et seulement 20 % de ces déchets sont effectivement recyclés.

14. La loi de Moore fait référence à une observation faite en 1965 selon laquelle le nombre de transistors par circuit intégré dense doublerait environ tous les deux ans, un fait qui s'est vérifié pendant 50 ans ; les performances dans le domaine de l'électronique s'en sont trouvées améliorées de façon exponentielle. La mise à l'échelle de Dennard est une loi formulée en 1974 selon laquelle, à mesure que la taille des transistors diminue, leur densité de puissance reste constante et leur consommation d'énergie reste donc proportionnelle à leur surface. La loi de Moore et la mise à l'échelle de Dennard ont permis aux fabricants d'unités centrales de traitement d'augmenter les fréquences d'horloge d'une génération à l'autre sans pour autant accroître de manière considérable la consommation globale d'électricité du circuit. Depuis 2012 environ, on observe un ralentissement de la loi de Moore et de la mise à l'échelle de Dennard, si bien que les microprocesseurs à usage général ne gagnent plus en rapidité ou en efficacité énergétique au même rythme⁸. Toutefois, les performances des superordinateurs ont continué de progresser de façon exponentielle grâce à des conceptions ingénieuses. En 2014, le superordinateur le plus rapide a dépassé pour la première fois les 20 pétaflops en vitesse de calcul, ce qui correspond

⁶ Maxime Efoui-Hess, « Climat : l'insoutenable usage de la vidéo en ligne – Un cas pratique pour la sobriété numérique », juillet 2019.

⁷ Vaclav Smil, *Energy and Civilization: a History* (Cambridge, Massachusetts, the MIT Press, 2018).

⁸ Vivian Sze, « Efficient computing for AI and robotics », conférence du MIT, mai 2019.

à peu près à l'équivalent du cerveau humain⁹. À la fin de 2019, il a atteint un record de 201 pétaflops, ce qui équivaut à environ 10 cerveaux, et pourrait atteindre une vitesse de calcul correspondant à 500 cerveaux d'ici à 2025, 10 000 cerveaux d'ici à 2030 et 700 000 cerveaux d'ici à 2040. La consommation annuelle totale d'électricité des superordinateurs les plus rapides a augmenté rapidement chaque année, passant de 12,6 GWh en 2006 à 88,4 GWh en 2019, bien que leur efficacité énergétique ait été multipliée par 10 tous les cinq ans. C'est la raison pour laquelle les superordinateurs sont rapidement devenus de gros consommateurs d'énergie dans le monde¹⁰.

15. Les réseaux de neurones à apprentissage profond, qui sont la technologie d'intelligence artificielle la plus performante utilisée actuellement, consomment beaucoup de données et de ressources informatiques. En 2019, un modèle de réseau de neurones à apprentissage profond de pointe utilisé pour la reconnaissance faciale aurait nécessité 656 MWh pendant la phase consacrée à la formation, entraînant des émissions de dioxyde de carbone à hauteur de 313 tonnes¹¹.

16. Les autres domaines pour lesquels les décisions prises aujourd'hui pourraient avoir une influence considérable sur les possibilités futures à long terme sont liés aux applications Internet et à l'intelligence artificielle. Tous les scénarios de développement durable reposent nécessairement sur la limitation de la consommation globale d'énergie et de matériaux, qui se fera au moyen d'un accroissement rapide des gains d'efficacité dans la production et l'utilisation de l'énergie, couplé à des changements de comportement en faveur de la suffisance énergétique. Toutefois, les tendances récentes remettent en question les circonstances dans lesquelles un tel équilibre peut être atteint à long terme. La demande énergétique des applications Internet et de l'intelligence artificielle et les émissions de gaz à effet de serre qui y sont associées, qui étaient toutes deux relativement faibles par le passé, sont déjà importantes et ne cessent d'augmenter. Ces technologies sont essentielles aux systèmes énergétiques intelligents et à l'amélioration de l'efficacité énergétique globale. Néanmoins, les nouvelles technologies continueront également à créer des services entièrement nouveaux, dont la plupart ne seront pas axés sur l'amélioration de l'efficacité et augmenteront donc encore la demande énergétique mondiale. L'efficacité énergétique des technologies de l'information et des communications a atteint des limites fondamentales, tandis que les performances et l'utilisation générales des ressources informatiques continuent de croître. On estime que l'efficacité énergétique des appareils informatiques actuels à base de silicium est 10 000 à 100 000 fois inférieure à celle du cerveau humain. Ces tendances conduiront sans doute à une accélération et à une augmentation de la demande énergétique des applications Internet et de l'intelligence artificielle, à moins que des mesures de suffisance ne viennent changer radicalement la tendance actuelle.

17. L'effet global qu'auront les technologies de l'Internet et de l'intelligence artificielle sur la consommation mondiale d'énergie et de matériaux dans les années à venir reste très incertain et dépendra des choix technologiques, des normes et des mesures en matière d'efficacité et de suffisance qui seront adoptés. Sans surprise, la consommation énergétique globale des technologies de l'information et des communications en 2030 pourrait, d'après les meilleures estimations qui ont été

⁹ Selon le fondateur du Flow Genome Project, Steven Kotler. Voir Peter H. Diamandis et Steven Kotler, *Bold: How to Go Big, Create Wealth and Impact the World* (New York, Simon and Schuster, 2015).

¹⁰ R. Roehrl, « Exploring the impacts of ICT, new Internet applications and artificial intelligence on the global energy system », article de recherche du Mécanisme de facilitation des technologies, décembre 2019.

¹¹ Emma Strubell, Ananya Ganesh et Andrew McCallum, « Energy and policy considerations for deep learning in NLP », 5 juin 2019.

faites, être extrêmement incertaine, et aller de 2 067 à 8 265 TWh¹². Cette incertitude est également ressortie d'une enquête menée récemment, qui a montré que la majorité des experts et des analystes de scénarios interrogés prévoient un accroissement de la demande énergétique mondiale au-delà des tendances habituelles d'ici à 2030. Une minorité (20 %) s'attendait à une diminution et près d'un tiers (30 %) mettaient en avant les facteurs d'incertitude¹³.

18. Scénario 1 concernant l'intelligence artificielle (scénario le plus optimiste) : dans le meilleur des scénarios, l'ensemble des nouvelles technologies et l'intelligence artificielle deviennent disponibles, ce qui permet une utilisation globalement plus efficace de l'énergie et des matériaux et apporte de nouvelles solutions à de nombreux problèmes au prix d'une augmentation modérée de la consommation d'énergie. Ce scénario repose sur les innovations perturbatrices qui continuent à accroître rapidement l'efficacité énergétique de l'intelligence artificielle et de l'informatique, bien que la loi de Moore ne soit plus valable.

19. Scénario 2 concernant l'intelligence artificielle (scénario tendanciel) : comme dans le scénario 1, un large éventail de solutions nouvelles devient disponible, mais au prix d'une augmentation rapide de la consommation d'énergie des technologies de l'information et des communications, couplée aux conséquences environnementales qui en découlent et à un accès largement inégal aux nouvelles technologies. L'intelligence artificielle et d'autres domaines se disputent de plus en plus l'énergie.

20. Scénario 3 concernant l'intelligence artificielle (scénario le plus pessimiste) : dans ce scénario, les solutions d'intelligence artificielle sont moins nombreuses et celles qui émergent atteignent rapidement leurs limites énergétiques. L'intelligence artificielle est concentrée dans quelques pays, si bien qu'ils sont peu à en tirer vraiment parti. En outre, aucune amélioration marquante n'est constatée pour ce qui est de l'efficacité de l'utilisation de l'énergie et des matériaux à l'échelle mondiale.

III. Scénarios à long terme pour la réalisation des objectifs de développement durable et au-delà

21. Depuis la Conférence Rio+20 de 2012, de nombreux scénarios de développement durable à l'échelle mondiale ont été élaborés et, depuis 2015, des scénarios plus spécifiquement liés aux objectifs de développement durable, axés sur des stratégies économiques, technologiques ou politiques. Cependant, au cours des huit dernières années, l'augmentation constante de la consommation mondiale d'énergie, de matériaux et de terres, ainsi que les conséquences environnementales, sociales et sanitaires en découlant, ont conduit les analystes à étudier des scénarios de plus en plus ambitieux concernant la réalisation des objectifs de développement durable durant les quelques années qui restent jusqu'à 2030.

22. Pour prendre l'exemple de l'objectif 13 sur l'action climatique, il faudrait réduire les émissions de gaz à effet de serre de 7,6 % par an jusqu'en 2030 ; si des mesures décisives avaient été prises il y a 10 ans, il aurait suffi de les réduire de 3,3 % par an¹⁴. Pour réaliser pareille ambition, de nombreux analystes de scénarios sont partis du principe que des solutions technologiques non encore éprouvées, telles que la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone, entraîneraient une

¹² Anders S.G. Andrae, « Drawing the fresco of electricity use of information technology in 2030: part II », février 2019.

¹³ R. Roehrl, « Exploring the impacts of ICT, new Internet applications and artificial intelligence on the global energy system ».

¹⁴ Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), Rapport sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions 2019, Nairobi, 2019.

diminution des émissions à grande échelle, en particulier dans 30 ans. Le stockage en toute sécurité de milliards de tonnes de dioxyde de carbone chaque année présente des difficultés, tout comme l'utilisation à grande échelle des sols pour les biocultures.

Scénario le plus optimiste : faible demande énergétique pour un avenir meilleur

23. Dans ce contexte, en 2018, plusieurs analystes de scénarios et scientifiques de renom ont adopté une autre approche et imaginé un scénario dans lequel on pourrait faire des progrès exceptionnels concernant l'objectif 12, relatif à la consommation et à la production durables, si l'on passait rapidement à des technologies et à des pratiques axées sur une réduction de l'utilisation primaire et sur une utilisation finale efficace en ce qui concerne l'énergie, l'eau, les sols et les matériaux. S'agissant du scénario de faible demande énergétique mondiale¹⁵, des mises en pratique cohérentes et détaillées ont été élaborées pour l'utilisation des sols et l'alimentation (pour un avenir meilleur)¹⁶, l'eau¹⁷, et d'autres secteurs des objectifs de développement durable. Le scénario de faible demande énergétique pour un avenir meilleur qui en résulte offre des avantages importants pour tous les objectifs de développement durable.

24. Dans le scénario de faible demande énergétique, l'objectif climatique de 1,5 °C et les objectifs de développement durable seraient réalisés sans recourir à des technologies à émissions négatives, comme la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone, ce qui permettrait d'épargner des centaines de millions d'hectares de terres cultivées. Plus important encore, d'ici à 2050, la demande mondiale d'énergie finale ne serait que de 245 exajoules¹⁸, soit 40 % de moins qu'aujourd'hui, malgré l'augmentation de la population, des revenus et de l'activité économique. Dans la documentation examinée par les pairs, ce scénario est celui de la demande d'énergie finale la plus faible à long terme. Toutefois, la baisse de la demande d'énergie finale ne se ferait pas au détriment des services énergétiques, qui continueraient au contraire à augmenter jusqu'à des niveaux garantissant un niveau de vie décent pour toutes et tous. Au niveau mondial, les services proposés dans le cadre de ce scénario seraient bien au-dessus des seuils d'accès et de pauvreté et bien au-dessus également de ceux de nombreux autres scénarios, grâce à des améliorations nettes de l'efficacité. Autrement dit, les services et les dispositifs d'utilisation finale deviendraient bien plus efficaces au cours des dix prochaines années. L'énergie de pointe serait atteinte d'ici à 2020 et une électrification rapide serait réalisée (voir fig. II). Les taux actuels de déploiement des énergies renouvelables seraient suffisants pour répondre aux besoins énergétiques futurs. Les transformations liées à l'utilisation finale entraîneraient une décarbonisation en amont, car la taille beaucoup plus réduite du système énergétique mondial faciliterait considérablement la transition vers une offre à faible intensité de carbone. On trouvera dans le tableau 2 une vue d'ensemble des principaux paramètres du scénario.

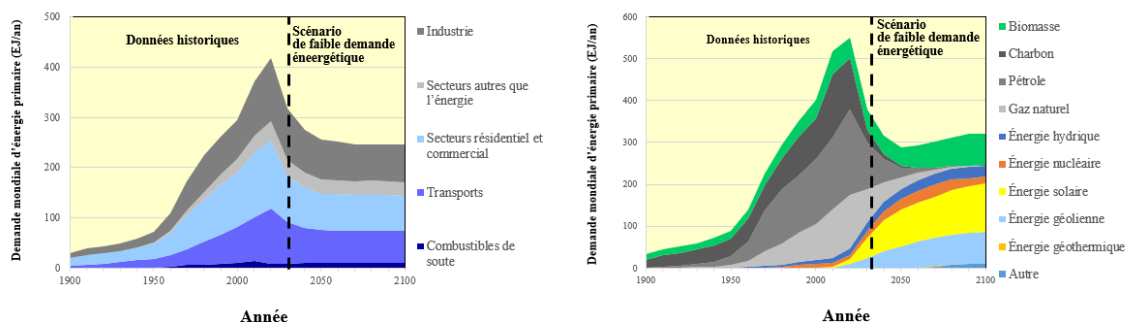
¹⁵ Gruebler et autres, « A low energy demand scenario ».

¹⁶ Food and Land Use Coalition, *Growing Better*.

¹⁷ Simon Parkinson et autres, « Balancing clean water-climate change mitigation trade-offs », WP-18-005, mai 2018.

¹⁸ À l'exclusion de 10,5 exajoules supplémentaires pour les combustibles de soute au niveau international (utilisés par le transport maritime et aérien international).

Figure II
Demande mondiale d'énergie primaire et d'énergie finale dans le scénario de faible demande énergétique



Source : Gruebler et autres, « A low energy demand scenario ». Les données historiques proviennent de la base de données sur l'énergie primaire, finale et utile de l'International Institute for Applied Systems Analysis. (Simon De Stercke, « 2014 Dynamics of energy systems: a useful perspective », IR-14-013, juillet 2014).

25. Dans le scénario de faible demande énergétique, près de la moitié de la réduction de la demande énergétique d'ici à 2050 tiendrait à l'adoption de certaines technologies¹⁹, l'autre moitié à des changements de comportement²⁰. Entre 2019 et 2030, un investissement mondial annuel d'environ 45 milliards de dollars (soit le double du montant investi dans le scénario tendanciel) serait nécessaire pour parvenir à un accès universel à l'énergie, principalement à l'électricité. Cela représenterait moins de 2 % de l'investissement annuel total dans le secteur de l'énergie. Dans le scénario de faible demande énergétique, les besoins globaux d'investissement dans l'approvisionnement en énergie pour les systèmes de combustible, les centrales et les réseaux électriques n'augmenteraient que légèrement d'ici à 2030 et diminueraient par la suite car, au cours de la prochaine décennie, l'augmentation requise des investissements dans l'électricité serait à peu près aussi importante que la réduction prévue des investissements dans les systèmes de combustible. Toutefois, les investissements dans l'utilisation finale de l'énergie, notamment dans les appareils et les services, ainsi que dans les débouchés commerciaux connexes, se développeraient rapidement. Dans le scénario de faible demande énergétique, on ne dispose pas de chiffres détaillés sur les investissements liés à l'utilisation finale et aux services, mais le *World Energy Outlook*, publié par l'Agence internationale de l'énergie, qui s'intéresse également à l'utilisation finale de l'énergie dans le cadre du scénario « développement durable », apporte un éclairage supplémentaire : au cours de la période 2019-2050 (en comparaison avec la période 2014-2018), les investissements annuels dans le combustible et les systèmes électriques devraient passer de 1 710 milliards à 1 920 milliards de dollars, et de 370 à 1 640 milliards de dollars pour l'utilisation finale, ce qui se traduirait par une augmentation du total des investissements dans l'énergie de 2 080 à 3 560 milliards de dollars par an. Toutefois, une grande partie des investissements réalisés pour améliorer l'efficacité de l'utilisation finale profiterait en fin de compte aux consommateurs grâce à la baisse des coûts de l'électricité et du combustible²¹.

¹⁹ Par exemple, les véhicules et les appareils à haut rendement énergétique.

²⁰ Par exemple, en ce qui concerne la mobilité partagée, les transports publics et l'isolation des bâtiments.

²¹ Agence internationale de l'énergie, « Abstract », dans International Energy Agency, *World Energy Model*.

Tableau 2
Comparaison entre le scénario de faible demande énergétique pour un avenir meilleur et le scénario tendanciel

Catégorie	Aujourd'hui	Scénario de faible demande énergétique		Scénario tendanciel (SSP2-4.5)		Unité
	2020	2030	2050	2030	2050	
Population	7,6	8,3	9,2	8,3	9,2	milliards
Produit intérieur brut (parité de pouvoir d'achat)	101	143	231	143	231	en milliers de milliards de dollars (2010)
Produit intérieur brut (taux de change du marché)	71	109	197	Non disponible	Non disponible	en milliers de milliards de dollars (2010)
Investissement dans l'approvisionnement en énergie	1,17	1,25	1,05	Non disponible	Non disponible	en milliers de milliards de dollars (2010)
Énergie finale	410	309	245	509	618	EJ/an
Énergie primaire	551	378	289	645	771	EJ/an
Production agricole	4,1	4,7	5,9	5,4	6,9	milliards de tonnes de matières sèches/an
Demande alimentaire	2 905	2 985	3 130	Non disponible	Non disponible	kcal/habitant/jour
Émissions de CO2	39,6	16,2	2,7	43,5	43,5	Gt CO2/an
Forçage radiatif	2,7	2,9	2,7	3,0	3,7	W/m ²
Consommation d'eau	2,4	2,4	2,3	Non disponible	Non disponible	1 000 km ³ /an

Source : International Institute for Applied Systems Analysis, bases de données *LED* et *Share Socioeconomic Pathways*.

Note : L'énergie primaire est calculée selon la méthode de l'énergie (physique) interne.

26. Le scénario de faible demande énergétique étudie les nouvelles innovations sociales, comportementales et technologiques, y compris celles à haute performance en marge des marchés actuels. Le scénario montre ce qui pourrait être fait en augmentant le rendement énergétique dans le bâtiment, les transports et la fabrication de biens de consommation, ce qui permettrait de multiplier par deux, voire par quatre, l'éco-efficacité mondiale²².

Tableau 3
Transformation des services d'utilisation finale et des secteurs en amont dans le scénario de faible demande énergétique pour la période 2020-2050

	Niveaux d'activité	Intensité énergétique
Services d'utilisation finale	<p><i>Confort thermique</i> Le niveau reste globalement constant dans le monde du Nord et augmente de 35 % dans le monde du Sud, pour aboutir à une moyenne mondiale de 30m²/habitant.</p>	<p>Des technologies thermiques efficaces combinées à un doublement du taux de rétroinstallation dans le monde du Nord et à de nouvelles normes de construction dans le monde du Sud réduisent l'intensité énergétique de</p>

²² Nations Unies, « The clean energy technological transformation », dans *World Economic and Social Survey 2011: The Great Green Technological Transformation* (publication des Nations Unies, numéro de vente : E.11.II.C.1).

		Niveaux d'activité	Intensité énergétique
			75 % dans le monde du Nord pour la ramener à environ 160-170 mégajoules/m ² , et de 86 % dans le monde du Sud où elle s'établit à 40 mégajoules/m ² .
	<i>Biens de consommation</i>	Le niveau double dans le monde du Nord pour s'établir à 42 appareils par habitant ; il triple dans le monde du Sud pour s'établir à 24 appareils par habitant.	L'intensité énergétique moyenne mondiale diminue (pondérée par la part du total des appareils), passant de 93 à 82 kWh par appareil, les plus fortes réductions concernant l'éclairage et l'électroménager.
	<i>Mobilité</i>	Le niveau double pour tous les modes de transport (en particulier pour le covoiturage souple) dans le monde du Sud ; il baisse de 20 % dans le monde du Nord, où les réductions les plus importantes concernent les modes de transport par la route, qui compensent l'augmentation de l'utilisation du transport ferroviaire et aérien.	Baisse de 70 % de l'intensité énergétique moyenne mondiale, pondérée par la part modale, les réductions les plus importantes concernant les modes de transport par la route du fait de l'électrification, des services de partage de véhicules, de transports publics souples et des modes de déplacement actifs.
	<i>Alimentation</i>	Augmentation de la demande alimentaire de 70 à 100 % au niveau mondial et poursuite de la transition alimentaire. La question de l'approvisionnement alimentaire est réglée dans les pays du monde du Sud, les populations obtenant l'apport calorique approprié.	Information non disponible
<i>Secteurs intermédiaires et en amont</i>	<i>Bâtiments publics et commerciaux</i>	Le niveau augmente de 43 % dans le monde du Nord pour s'établir à 23m ² /habitant et de 50 % dans le monde du Sud pour s'établir à 9m ² /habitant.	L'intensité énergétique chute de 76 % dans le monde du Nord pour atteindre une moyenne de 139 mégajoules/m ² et de 90 % dans le monde du Sud pour atteindre une moyenne de 44 mégajoules/m ² .
	<i>Secteur industriel</i>	La demande de produits de base au niveau mondial (acier, aluminium, ciment, papier, produits pétrochimiques et produits chimiques intermédiaires) chute d'environ 15 % pour s'établir à 6,4 gigatonnes, ce qui s'explique pour un tiers par la dématérialisation et pour deux tiers par l'amélioration de l'efficacité matérielle.	L'intensité énergétique moyenne mondiale, pondérée par la part de l'activité de processus spécifiques de fabrication et de construction, diminue d'un cinquième pour s'établir à 16,7 gigajoules/tonne.

	Niveaux d'activité	Intensité énergétique
<i>Transport de marchandises</i>	Le niveau augmente d'environ 20 % dans le monde du Nord pour s'établir à 64 000 milliards de tonnes-kilomètres et d'environ 70 % dans le monde du Sud pour s'établir à 58 000 milliards de tonnes-kilomètres, l'augmentation la plus importante concernant le transport ferroviaire et maritime, et certaines réductions étant enregistrées dans l'activité des camions de transport.	L'intensité énergétique moyenne mondiale baisse de moitié pour atteindre entre 0,5 et 0,7 mégajoules/tonne-kilomètre pour les camions,

Source: Gruebler et autres, « A low energy demand scenario ».

27. Dans ce scénario, les technologies de l'information et des communications en général, et l'intelligence artificielle en particulier, s'appliquent à presque tous les aspects du système énergétique mondial, sur lesquels elles ont des répercussions, y compris l'approvisionnement en énergie (extraction et production), les centrales électriques et les services publics, la distribution finale et les dispositifs d'utilisation finale, accélérant ainsi le progrès technologique. On trouve dans le tableau 3 un résumé chiffré des principales transformations des services destinés aux utilisateurs finaux et des secteurs en amont. La baisse de la demande énergétique réalisée dans tous les secteurs est si importante qu'elle l'emporterait largement sur l'augmentation de la demande associée à l'intelligence artificielle. Par exemple, en recourant à des services de partage de véhicules électriques à la demande, véhicules plus efficaces sur le plan énergétique et pouvant transporter davantage de passagers, on pourrait réduire la demande énergétique mondiale pour les transports de 60 % d'ici à 2050. C'est beaucoup plus que les 3 % d'augmentation de la demande énergétique liée aux appareils informatisés qui équipent les prototypes de voiture autonome²³. Les smartphones pourraient inciter les utilisateurs à privilégier l'abonnement à des services, au lieu d'acheter tel ou tel élément. Grâce aux normes de performance énergétique applicables aux bâtiments, la demande d'énergie pour le chauffage et le refroidissement pourrait diminuer de 75 % d'ici à 2050. L'intelligence artificielle pourrait contribuer à l'intégration de sources d'énergie renouvelables modernes intermittentes, telles que l'énergie éolienne et solaire, et réduire les besoins de stockage d'énergie. Une faible consommation de viande pourrait réduire les émissions du secteur agricole tout en augmentant la couverture forestière. Selon ce scénario, des procédés novateurs continueraient d'augmenter considérablement l'efficacité énergétique des puces d'intelligence artificielle et de la robotique, même si la loi de Moore ne s'appliquerait plus. Les personnes qui ont élaboré ce scénario ont exposé en détail le potentiel de réduction de la consommation d'énergie et des émissions de 99 innovations dans les domaines de l'énergie, de la mobilité, de l'alimentation et du bâtiment, ainsi que dans les villes²⁴.

28. En redoublant d'efforts concernant la recherche-développement, la diffusion de technologies et l'investissement dans les infrastructures, on pourrait obtenir des

²³ Les prototypes de voitures autonomes utilisent généralement 2,5 kW de puissance de calcul, contre 75 kW pour une voiture type de 100 ch. Les caméras et les radars génèrent à eux seuls environ 12 Go de données par minute. Certains prototypes nécessitent un système de refroidissement par eau (*Wired Magazine*, février 2018).

²⁴ Charlie Wilson et autres, « The potential contribution of disruptive low-carbon innovations to 1.5 °C climate mitigation », *Energy Efficiency*, vol. 12, n° 2 (février 2019).

rendements plus élevés et augmenter ainsi la productivité des ressources. Associés à des pratiques agricoles régénératives, à la réduction des pertes et du gaspillage de nourriture, à une évolution du régime alimentaire qui favorise la consommation de protéines nécessitant moins de ressources, et à la protection et la rémunération des services écosystémiques rendus par les forêts, les océans et les sols, les systèmes alimentaires seraient très bénéfiques pour l'environnement, la biodiversité, les océans et les moyens de subsistance locaux et contribueraient à la réduction de la pauvreté rurale. Suffisamment de nourriture serait produite en 2030 pour réaliser l'objectif de développement durable n° 2 : éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir l'agriculture durable. Le scénario de faible demande énergétique pour un avenir meilleur donne de bien meilleurs résultats que le scénario tendanciel (voir tableau 4).

Tableau 4
Les terres, l'alimentation, la biodiversité et les océans dans le scénario de faible demande énergétique pour un avenir meilleur - comparaison avec le scénario tendanciel

	<i>Scénario de demande énergétique faible pour un avenir meilleur</i>		<i>Scénario tendanciel</i>		
	2030	2050	2030	2050	
Déforestation	0,2	0,2	7,6	6,7	en millions ha/an
Changements concernant les terres agricoles	(475)	(1 200)	200	400	en millions ha (par rapport à 2010)
Restauration de sols naturels	450	1 300	100	225	en millions ha (par rapport à 2010)
Personnes en situation d'insécurité alimentaire	0	Non disponible	475	Non disponible	en millions
Indice d'intégrité de la biodiversité	(0,6)	0,2	(1,8)	(3,2)	en pourcentage (par rapport à 2010)
Décès liés un IMC élevé	4,0	5,6	6,4	10,1	en millions de personne/an
Émissions liées à l'alimentation et à l'exploitation des terres	4,7	0	12	13	en Gt d'équivalent CO ₂ /an
Océans – mariculture de bivalves	Non disponible	80	Non disponible	3	en millions de tonnes métriques
Océans – pêche sauvage	Non disponible	24%	Non disponible	(15%)	augmentation par rapport à 2010

Source : Food and Land Use Coalition, *Growing Better*.

29. Une productivité agricole globale plus élevée (1,1 % par an), une réduction des pertes et du gaspillage de nourriture (moins 25 % d'ici à 2050) et des changements alimentaires (les océans fournissant 40 % de protéines en plus d'ici à 2050) permettraient de transformer plus de 1,5 milliard d'hectares de terres agricoles (en comparaison avec le scénario tendanciel). Au cours des dix prochaines années, des niveaux négligeables de transformation des forêts et d'autres écosystèmes naturels sont en principe possibles, mais une action immédiate serait de mise avant 2025. Dans ce scénario, l'avantage supplémentaire apporté sur le plan social par la réduction des émissions de gaz à effet de serre est estimé à 1 300 milliards de dollars par an, ce qui est énorme, et est lié essentiellement à la protection et la restauration des forêts tropicales. Le déclin de la biodiversité serait inversé dès la fin des années 2020. L'évolution de la demande et des méthodes de production dans les années à venir entamerait les avantages de l'agriculture intensive en réduisant la surutilisation

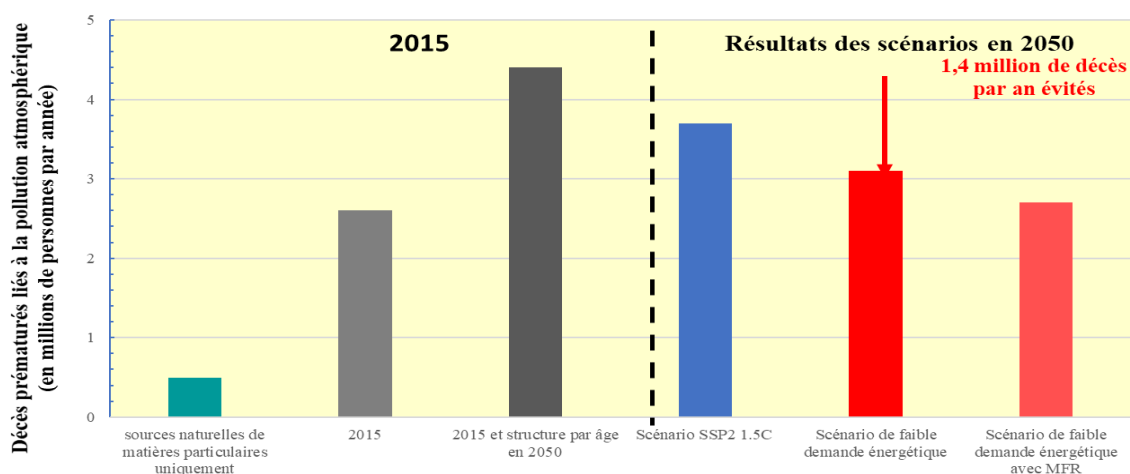
d'engrais, d'herbicides et de pesticides. Grâce à une alimentation plus saine, le nombre de décès prématurés causés par des problèmes de poids et d'obésité liés à l'alimentation pourrait passer de plus de 10 millions à moins de 6 millions d'ici à 2050.

30. Les enjeux sont importants, étant donné que les coûts sanitaires, environnementaux et économiques cachés des systèmes mondiaux d'alimentation et d'utilisation des sols s'élevaient au total à 11 900 milliards de dollars en 2018, soit 1 900 milliards de dollars de plus que la valeur marchande totale du système alimentaire mondial, qui était de 10 000 milliards de dollars. Selon le scénario de faible demande énergétique pour un avenir meilleur, les coûts seraient ramenés à 5 500 milliards de dollars en 2050, alors que selon le scénario tendanciel, ils monteraient jusqu'à 16 100 milliards de dollars²¹. Une augmentation des investissements de 0,3 % du produit intérieur brut mondial, équivalant à 350 milliards de dollars par an, dans le capital humain, les technologies et les systèmes alimentaire et d'exploitation des sols pourrait se traduire par des gains annuels de 5 700 milliards de dollars dans les domaines sanitaire, environnemental et économique d'ici à 2030 et de 10 500 milliards de dollars d'ici à 2050. Cela pourrait aussi doubler la croissance des revenus ruraux par rapport aux tendances actuelles et créer 120 millions d'emplois décents supplémentaires.

31. Une réduction de la pollution de l'air ambiant (exposition aux particules fines d'un diamètre de 2,5 micromètres ou moins) pourrait éviter 1,4 million de décès prématurés par an d'ici à 2050 (si on ne fait rien) et environ 1 million de décès prématurés par an par rapport au scénario intermédiaire (SSP2), qui atteint le même objectif climatique de 1,5 °C mais qui, pour le reste, suit les hypothèses du scénario tendanciel décrites dans le présent rapport (voir fig. III). Une réduction aussi importante devrait bénéficier en particulier aux pauvres, qui sont les plus exposés à la pollution atmosphérique.

Figure III

Décès prématurés dus à la pollution de l'air ambiant (exposition aux particules fines d'un diamètre de 2,5 micromètres ou moins) en 2015 et d'ici à 2050, selon différents scénarios



Source : Gruebler et autres, « A low energy demand scenario ».

Abréviations : MFR, réductions maximales possibles des émissions avec l'application d'une technologie à court terme ; SSP2-1,5°C, scénario tendanciel auquel on a appliqué une politique climatique ambitieuse visant à stabiliser l'augmentation de la température à 1,5°C.

32. Des variantes très proches du scénario de faible demande énergétique pour un avenir meilleur évoquent d'autres moyens de réaliser les objectifs de développement durable, au cas où l'une ou l'autre des hypothèses ambitieuses ne se concrétiserait pas. Divers chercheurs, de l'Agence néerlandaise d'évaluation environnementale notamment, ont proposé un scénario analogue au scénario de faible demande énergétique pour un avenir meilleur, dans lequel l'objectif de 1,5 °C est atteint, notamment grâce à une électrification rapide dans le secteur de l'utilisation finale, mais qui prévoit aussi l'utilisation de la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone et l'infléchissement de la courbe vers la durabilité grâce à des changements de mode de vie plutôt que grâce à la technologie²⁵. Le scénario le plus récent est pleinement intégré et étudie les changements dans les régimes alimentaires, l'efficacité agricole, la politique climatique, la biodiversité et l'approvisionnement en eau et fait apparaître un système d'énergie et de ressources fortement réduit²⁶. Le scénario des « routes de Rio » remonte à la Conférence Rio+20 mais inclut une évaluation quantitative de nombre des objectifs qui sont ensuite devenus les objectifs de développement durable²⁷. Un autre scénario étudie le potentiel maximal de préservation des terres cultivées au niveau mondial dans le cadre de l'agriculture à haut rendement. Il conclut que les besoins en terres cultivées pourraient être réduits de près de 40 %, même si 20 % de ces terres cessaient d'être cultivées et retrouvaient un usage naturel et que celles de régions névralgiques de la biodiversité étaient épargnées²⁸.

Comparaison avec le scénario tendanciel

33. De nombreux éléments du scénario tendanciel ont été présentés qui diffèrent de ceux du scénario de faible demande énergétique pour un avenir meilleur décrit plus haut. Dans le scénario tendanciel, de gros progrès sont accomplis dans la réalisation des objectifs de développement durable, mais des lacunes importantes persistent en 2030. Dans ce scénario, on part de l'hypothèse selon laquelle les changements technologiques et les pratiques et tendances actuelles se poursuivent, et que les politiques annoncées sont appliquées.

34. Pour le secteur de l'énergie, le scénario tendanciel est similaire au scénario de politique générale exposé par l'Agence internationale de l'énergie dans le *World Energy Outlook*. Les scénarios tendanciels typiques sélectionnés pour le présent rapport sont regroupés sous le scénario SSP2, qui comporte un ensemble de scénarios intermédiaires utilisés par le Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat. En particulier, les données présentées proviennent des variantes de scénarios intégrés SSP2-4.5, dans lesquelles on part du principe que toutes les mesures de réduction des émissions de gaz à effet de serre contenues dans les contributions déterminées au niveau national en application de l'Accord de Paris, qu'elles soient conditionnelles ou non, sont appliquées effectivement à l'avenir. Le scénario SSP2-4.5 correspond dans les grandes lignes au scénario se rapportant aux contributions conditionnelles déterminées au niveau national qui est décrit dans le Rapport sur l'écart entre les besoins et les perspectives en matière de réduction des émissions 2019 établi par le PNUE, dans lequel on s'attend à une augmentation moyenne de la température de 3,2°C par rapport aux niveaux préindustriels, principalement en raison de la très grande taille du système énergétique mondial.

²⁵ Van Vuuren et autres, « Alternative pathways to the 1.5 °C ».

²⁶ Ibid., « Integrated scenarios to support analysis ».

²⁷ Ibid., « Pathways to achieve a set of ambitious global sustainability objectives by 2050 ».

²⁸ Christian Folberth et autres, « The global cropland-sparing potential of high-yield farming », *Nature Sustainability*, vol. 3, n° 4 (avril 2020).

35. La production agricole globale moyenne continue d'augmenter de 0,9 % par an, ce qui serait insuffisant pour freiner la perte continue de biodiversité (moins 3,2 % jusqu'en 2050 selon l'indice d'intégrité de la biodiversité) ou pour éliminer l'insécurité alimentaire. Cependant, les progrès technologiques se poursuivent à un rythme soutenu ; d'importants clivages socioéconomiques et technologiques persistent, que les progrès exacerbent dans certains domaines ou aplanissent dans d'autres.

36. L'ingéniosité humaine serait le moteur de l'offre et de la demande de technologies entièrement nouvelles et de services basés sur l'intelligence artificielle, dont beaucoup n'amélioreraient pas le rendement énergétique mais augmenteraient encore la taille du système énergétique mondial. En ce qui concerne la diffusion vidéo mobile en continu, par exemple, la consommation d'énergie est importante (le système de diffusion des vidéos sur YouTube a consommé 21 TWh en 2019) et la 5G, nouvelle génération de réseau de téléphonie mobile, augmenterait considérablement l'empreinte énergétique et climatique de ce type de diffusion vidéo, notamment celle tenant aux jeux vidéo en ligne²⁹.

Comparaison avec les scénarios les plus pessimistes

37. Les scénarios les plus pessimistes et leurs implications environnementales et socio-économiques sont exposés en détail dans les principaux rapports d'évaluation environnementale, notamment ceux du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat et de la Plateforme intergouvernementale science-politique sur la biodiversité et les services écosystémiques, ainsi que dans le Rapport sur l'avenir de l'environnement mondial établi par le PNUE. Le scénario de développement à base de combustibles fossiles (SSP5-8.5)³⁰ mentionné dans le rapport du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat conduirait probablement à des changements climatiques catastrophiques ayant des répercussions sur tous les secteurs et domaines socioéconomiques. Dans le scénario de rivalité régionale (SSP3)³¹, le monde serait fragmenté et pauvre, et caractérisé par un développement économique lent, une consommation à forte intensité matérielle, une aggravation des inégalités et une forte population. La question de savoir lequel de ces deux scénarios est le plus pessimiste est subjective. Ils ont en commun de décrire un monde dans lequel la coopération n'est pas efficace et qui est incapable de faire face aux grands problèmes qui touchent la planète. Dans un cas de figure, le système multilatéral ne serait plus de mise, dans l'autre, il serait dysfonctionnel. Les deux scénarios sont caractérisés par un conflit. Des progrès technologiques importants seraient faits, mais les obstacles à l'accès aux connaissances et aux technologies persisteraient ou s'aggravaient. Par conséquent, les quelques domaines dans lesquels des progrès ont été réalisés en matière de développement durable seraient rapidement réduits à néant par une régression dans d'autres domaines, ce qui risquerait d'entraîner des catastrophes majeures en matière de durabilité.

²⁹ Chris Preist, Daniel Schien et Paul Shabajee, « Evaluating sustainable interaction design of digital services : the case of YouTube », in Association of Computing Machinery, *Proceedings of 2019 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems* (2019).

³⁰ Elmar Kriegler et autres, « Fossil-fuelled development (SSP5) : an energy and resource intensive scenario for the 21st century », *Global Environmental Change*, vol. 42 (janvier 2017).

³¹ Riahi et autres, « Shared socioeconomic pathways ».

IV. Questions à examiner

38. Pour appuyer l'élaboration des politiques dans le cadre d'une décennie d'action réussie, il convient d'examiner les questions ci-après, qui viennent compléter les questions de fond proposées pour examen par le Secrétaire général dans son rapport intitulé « Action accélérée et solutions transformatrices : une décennie d'action et des résultats pour le développement durable » (E/2020/59) :

a) Prendre en compte les implications à long terme sur le développement durable des décisions prises à l'heure actuelle pour faire face à la pandémie de COVID-19 et soutenir la reprise, et donner la priorité à celles qui améliorent la résilience face aux crises futures ;

b) Prendre en compte les implications à long terme sur le développement durable des politiques, plans et programmes liés aux nouvelles applications Internet et à l'intelligence artificielle, en vue d'équilibrer les considérations d'efficacité et de suffisance énergétiques ;

c) Faciliter et hiérarchiser les investissements et les actions coordonnées en matière d'efficacité technologique, d'innovation commerciale et de changement de comportement afin d'augmenter rapidement l'efficacité de l'utilisation finale, en s'inspirant du scénario de faible demande énergétique pour un avenir meilleur ;

d) Renforcer la coopération internationale sur les solutions scientifiques et technologiques en faveur de la réalisation des objectifs de développement durable ;

e) Promouvoir les coalitions entre les intervenants et les agriculteurs et citoyens des villes et envisager des incitations systémiques, notamment en ce qui concerne l'utilisation des sols, les transports et les infrastructures ;

f) Encourager les entreprises à étudier de nouvelles possibilités grâce à des modèles d'activité axés sur les services, l'amélioration de l'efficacité, des utilisations finales hyper-calibrées et l'innovation technologique ;

g) Encourager le système des Nations Unies à appuyer de manière coordonnée le renforcement des capacités pour l'élaboration de scénarios nationaux liés aux objectifs de développement durable et à collaborer avec les scientifiques et les technologues, notamment pour contribuer aux préparatifs des examens nationaux volontaires ;

h) Réunir des analystes de scénarios, des scientifiques et des experts en technologies de pointe dans le cadre du Mécanisme de facilitation des technologies pour qu'ils mettent en commun leur expérience et leur prospective technologique et synthétisent les dernières données sur le développement durable et sur les effets des nouvelles technologies sur les objectifs de développement durable ;

i) Établir un échange régulier entre les analystes de scénarios, les conseillers scientifiques des gouvernements et les décideurs sur les actions à fort impact pour le développement durable.