

**S20**  
**Arabie saoudite 2020**  
**Science**

**Sommaire**

La principale conclusion de l'assemblée 2020 du S20, représentant les Académies nationales des sciences des pays du G20, est qu'il est indispensable de considérer les questions relatives à la planète et aux personnes de manière holistique et en tenant pleinement compte de leur complexité et de leur interdépendance. Cette leçon a été tirée d'un examen systématique des nouvelles transitions mondiales dans les domaines de la santé, de l'environnement et de la technologie, ponctué par un exemple en temps réel d'un événement perturbateur à l'échelle mondiale, la pandémie de COVID-19. Cette pandémie virale a dévoilé les vulnérabilités sanitaires, économiques, sociales et éducatives des sociétés et a révélé le manque de prévoyance qui a entraîné des réponses inadaptées sur de multiples fronts.

Les principales économies mondiales, représentées par les pays du G20, doivent être suffisamment prévoyantes afin d'atténuer les perturbations socio-économiques systémiques qui seront engendrées par la prochaine pandémie et les autres transitions critiques à venir. À ce titre, les Académies des sciences du G20 recommandent les actions suivantes :

1. Améliorer la préparation aux pandémies afin d'élaborer un cadre de collaboration internationale pour surveiller et réagir rapidement aux maladies émergentes et gérer les futures pandémies.
2. Promouvoir la recherche dans le domaine de la thérapie avancée et de la médecine de précision pour de meilleurs soins personnalisés, en vue d'améliorer simultanément la technologie, le coût et l'accessibilité.
3. Élaborer des politiques et des actions pour relever les défis engendrés par les changements démographiques.
4. Développer une approche intégrée et efficace des systèmes à boucle fermée pour l'extraction, la distribution, la consommation, l'élimination et le recyclage des ressources naturelles.
5. Promouvoir la conception circulaire des matériaux et des systèmes énergétiques en faisant progresser les 3R (réduire, réutiliser, recycler) ainsi que les énergies renouvelables dans le but de réduire les émissions nettes de carbone à zéro.
6. Comblent la fracture numérique émergente afin que tous les habitants de la planète aient accès aux technologies numériques et à l'Internet, et soient en mesure de les utiliser, tout en garantissant la vie privée, la résilience et la sécurité des réseaux et des dispositifs numériques.
7. Améliorer la durabilité de l'infrastructure numérique, y compris les appareils d'utilisateurs finaux, et améliorer les possibilités pour les technologies relevant des villes intelligentes de contribuer à un environnement plus propre.
8. Adopter une approche pluridisciplinaire pour prévoir une société du futur centrée sur l'être humain et dotée d'une capacité numérique, dans laquelle l'infrastructure numérique est pleinement intégrée dans l'ensemble du paysage social, éducatif, politique, commercial et culturel.

9. Soutenir la recherche prospective fondée sur une science solide, des méthodes reproductibles et un partage ouvert, et qui intègre les progrès récents dans l'analyse des systèmes complexes.

10. Établir une plateforme permettant de mettre en œuvre et de favoriser la collaboration internationale et de renforcer la confiance dans la recherche et les activités prospectives.

### **Transitions critiques : changements soudains au sein des écosystèmes**

En 2008, le monde a connu une crise financière internationale, une transition critique qui a autorisé l'intégration des dirigeants du G20 dans les discussions du G20<sup>1</sup>. Douze ans plus tard, nous sommes confrontés à une nouvelle transition critique de grande ampleur avec la COVID-19. Ces transitions représentent des changements soudains au sein de nos écosystèmes<sup>2</sup> et deviennent critiques lorsque leurs répercussions sont mondiales ou de grande envergure. Les répercussions mondiales de ces transitions critiques pourraient être négatives et évitables, négatives et inévitables, ou positives et souhaitées. Plusieurs transitions critiques ont été identifiées dans les secteurs de la santé, de l'environnement et du numérique, et se produisent actuellement à un rythme et avec une ampleur sans précédent. Les principales économies mondiales, représentées par les pays du G20, doivent avoir la capacité d'atténuer les perturbations économiques et sociétales systémiques qui peuvent se produire pendant et après ces transitions critiques. La communauté scientifique et technique doit aider les gouvernements à identifier les risques et les opportunités imminents, mais elle doit également fournir aux décideurs politiques des conseils fondés sur des preuves afin d'étudier l'« espace de solutions » pour faire face à ces risques ou optimiser les opportunités.

La COVID-19 est la dernière d'une longue série d'épidémies de maladies infectieuses dont la fréquence et la diversité ont augmenté au cours des dernières décennies, une période qui coïncide avec le doublement de la population, l'urbanisation, la mondialisation et le changement climatique<sup>3</sup>. Les épidémies répétées et les pandémies prolongées deviendront probablement plus fréquentes à l'avenir et exigeront une recherche prospective soutenue et fondée sur des données. Les approches holistiques, telles que « One Health », doivent être considérées dans leur contexte comme étant complémentaires à la fourniture de base de l'accès aux soins de santé et à un large soutien aux objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies. Une autre transition critique liée à la santé et à la situation socio-économique est due aux importants changements démographiques auxquels de nombreux pays sont confrontés en raison de l'évolution des taux de natalité, du vieillissement des populations, des migrations et de l'urbanisation. Le vieillissement représente un changement démographique important affectant de nombreux pays développés. Les implications potentielles comprennent une vulnérabilité accrue aux maladies infectieuses, une augmentation des dépenses de santé et une demande accrue de services de santé pour les personnes âgées, y compris dans le domaine de la santé mentale. En outre, la pratique des soins de santé est en pleine transition. Les approches thérapeutiques conventionnelles sont confrontées à plusieurs défis, principalement liés à leur manque de spécificité et à la toxicité qui y est associée. De multiples approches sont apparues récemment pour dépasser ces limites, comme la technologie multiomique, la thérapie cellulaire sur mesure, l'immunothérapie spécifique, la thérapie génique et la nanomédecine. Toutefois, l'insuffisance de talents, d'institutions, de réglementations et de financement a entravé les progrès dans ces domaines. Si la pandémie de COVID-19 a accéléré la mise en œuvre de la télésanté et d'autres applications de santé numérique, elle a également révélé de graves lacunes dans les infrastructures numériques et la culture numérique, en particulier parmi les populations vulnérables. Cette situation est en outre aggravée par le manque de structures réglementaires et législatives uniformes ainsi que par l'absence de mécanismes de partage des données en temps réel qui garantissent également la confidentialité et la sécurité des données.

Les perturbations causées par la pandémie de COVID-19 semblent avoir temporairement ralenti de nombreuses répercussions environnementales engendrées par l'activité humaine. Pourtant, nous continuons à détruire l'environnement en suivant le modèle économique linéaire traditionnel basé sur les pratiques du « prendre-faire-consommer-jeter ». Ce modèle fait que nous utilisons nos ressources naturelles de manière non durable et générons d'énormes quantités de déchets. Le modèle économique linéaire traditionnel et ses inconvénients pourraient être atténués par une économie circulaire basée sur le « réduire, réutiliser, réparer, remettre à neuf et recycler », tout en maintenant l'accent sur le développement économique qui inclut des emplois verts. Toutefois, les défis technologiques et l'insuffisance des incitants à l'expansion et à l'adoption ont constitué des obstacles à la transition rapide vers des modèles économiques circulaires. Adopter une économie plus circulaire compléterait de manière harmonieuse les efforts mondiaux existants en matière de climat et d'environnement pour offrir des opportunités, notamment une réduction des pressions sur l'environnement, une sécurité accrue de l'approvisionnement en matières premières et un nombre accru d'emplois. Ces mesures contribueront à la réalisation de plusieurs objectifs de développement durable. L'augmentation des émissions de gaz à effet de serre entraîne une transition critique du changement climatique et des préjudices qui en résultent pour les écosystèmes terrestres et marins, qui à leur tour constituent des menaces pour la santé et la vie humaines. Les efforts visant à réduire les émissions et à permettre la circularité du carbone soutiendront les engagements mondiaux en faveur d'un développement responsable tout en réduisant les pressions environnementales dues à l'hyper croissance et à l'urbanisation. La faible sensibilisation aux approches disponibles et aux possibilités de réduire les émissions et d'adopter la circularité du carbone se poursuit, de même que le manque d'incitants économiques et réglementaires pour initier le changement. Un tel changement est essentiel pour atteindre les objectifs de développement durable liés à la résilience et à la durabilité des villes, à la lutte contre le changement climatique et ses conséquences, et à la préservation des océans et des ressources marines.

La pandémie de COVID-19 met en évidence le fossé qui existe au sein de notre société entre ceux qui ont la capacité et l'accès à la technologie numérique, en particulier l'Internet et ses services, et ceux qui n'y ont qu'un accès limité ou nul. De plus, la pandémie actuelle a renforcé l'idée que l'accessibilité à l'Internet devait être considérée comme un droit fondamental ou élémentaire de chaque citoyen. En outre, l'infrastructure de télécommunications existante est vulnérable aux perturbations causées par des transitions critiques telles que les catastrophes climatiques, les cyberattaques et les pandémies. Malgré le besoin important de résilience, la plupart des nations sont économiquement et politiquement empêchées d'investir dans la redondance du réseau qui assure la résilience. Ces vulnérabilités en matière de connectivité et de données ébranlent la confiance dans la technologie numérique. Cette méfiance a été aggravée récemment par l'émergence de graves impostures, de la désinformation et des fausses nouvelles. Nous assistons à une évolution du paysage sociétal dans de multiples domaines. La technologie numérique bouleverse les industries traditionnelles et donne naissance à de nouveaux domaines. À leur tour, ces bouleversements modifient le paysage professionnel par la suppression d'emplois et l'externalisation et touchent particulièrement les groupes vulnérables, notamment les femmes. Les facteurs géopolitiques, les migrations humaines involontaires et le changement climatique entraînent une urbanisation accrue. D'ici 2050, les deux tiers de la population mondiale devraient vivre dans des zones urbaines, ce qui pèsera lourdement sur les activités et les ressources des villes. Bien que les technologies de la ville intelligente puissent compenser ce phénomène, nous ne sommes pas en mesure d'exploiter pleinement leur potentiel en raison du manque d'interopérabilité entre les technologies brevetées concurrentes. En outre, l'infrastructure numérique mondiale et les milliards d'appareils d'utilisateurs finaux qui y sont associés consomment de grandes quantités d'énergie et contribuent de manière significative aux

émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Des efforts plus importants doivent être menés pour aider à réduire la consommation d'énergie et les déchets électroniques.

### **Prévoyance : faire le pont**

La crise pandémique actuelle a mis en évidence le fait que les transitions critiques pouvaient avoir des répercussions de grande envergure dans le monde entier et que les défis mondiaux dépassaient les domaines sociétaux, économiques, politiques et technologiques. La complexité et l'interconnexion croissantes des systèmes font qu'il est de plus en plus difficile pour les décideurs politiques de comprendre l'impact de leurs décisions lorsqu'ils traversent les transitions critiques auxquelles nous sommes confrontés. L'approche systémique globale est la voie vers un meilleur gouvernement, une meilleure politique et une meilleure action.

« La prévoyance est un processus délibéré de développement des connaissances sur l'avenir d'une unité ou d'un système d'acteurs donné, qui vise à agir sous la forme de l'élaboration de politiques publiques ou privées, de stratégies et de planification<sup>4</sup>. » Cela étant, l'actuelle pandémie de COVID-19 montre clairement que la prévoyance en matière de pandémie était et reste un défi nécessitant la convergence de disciplines médicales, sanitaires et socio-économiques complémentaires. Jusqu'à présent, les exercices de prospective ont été menés en grande partie par des analystes politiques au sein de groupes de réflexion, d'entreprises, d'organisations multilatérales et de gouvernements. La science reste une ressource ad hoc pour la plupart des études de prospective. Cependant, les défis mondiaux profonds et les transitions critiques exigent un leadership et une vision perspicaces pour transformer ces exercices de prospective traditionnels par une recherche prospective fondée sur des preuves.

La recherche prospective propulserait la communauté scientifique dans un rôle central nécessaire pour développer des méthodes de prévision approfondies, plus précises et plus complètes afin de conduire à une élaboration efficace des politiques. Nous avons besoin d'une recherche prospective permettant de faire le pont, d'évaluer l'impact et les conséquences involontaires des options de décision et de mener à des actions visionnaires au niveau international.

La coopération et la collaboration internationales sont nécessaires pour améliorer la recherche prospective. La pandémie a été un élément déclencheur pour briser les silos des professionnels de la santé, des ingénieurs, des scientifiques, des responsables politiques et des décideurs, ainsi que des dirigeants du monde entier. En fait, étant donné les grandes disparités entre les pays développés et les pays en développement en termes de capacités de recherche et de financement, une collaboration internationale en matière de recherche scientifique prospective, d'innovation et de financement est nécessaire. La collaboration internationale en matière de recherche prospective découle naturellement de l'interconnexion croissante du monde et trouve un écho dans l'ODD 17, « Renforcer les moyens de mettre en œuvre le Partenariat mondial pour le développement et le revitaliser ». Faire progresser la recherche prospective et la collaboration internationale dans les activités de prospective promet de réaliser le potentiel de nos meilleurs esprits pour éviter et atténuer les souffrances futures et parvenir à une meilleure santé, stabilité et prospérité.

Les Académies des sciences du G20 visent à :

- 1. Améliorer la préparation aux pandémies afin d'élaborer un cadre de collaboration internationale pour surveiller et réagir rapidement aux maladies émergentes et gérer les futures pandémies.**

Établir un programme de recherche international pour étudier la superposition des scénarios de pandémie sur la base des conditions sanitaires existantes, des modes de vie, des effets sur

la santé des changements environnementaux tels que le changement climatique, et des interactions sociales en utilisant des méthodes de recherche contemporaines. Cette recherche s'appuiera sur, et collaborera avec, les efforts mondiaux existants afin de renforcer la réponse à une pandémie ou à des situations d'urgence sanitaire similaires. L'impact et le retour d'information de la recherche sociale et comportementale, de la santé mentale et des interactions entre les communautés de première ligne doivent être pris en compte. Pour permettre la mise en application de la prévoyance, les données doivent être collectées, partagées et analysées, et les résultats doivent être communiqués de manière transparente, afin de garantir l'examen par les pairs, le partage continu des connaissances, l'assimilation des données et l'amélioration continue de la qualité.

**2. Promouvoir la recherche dans le domaine de la thérapie avancée et de la médecine de précision pour de meilleurs soins personnalisés, en vue d'améliorer simultanément la technologie, le coût et l'accessibilité.**

Accroître le développement de techniques telles que la technologie multiomique, la thérapie cellulaire sur mesure, l'immunothérapie spécifique, la thérapie génique et la nanomédecine pour alimenter l'industrie traditionnelle des soins de santé. Promouvoir l'intégration verticale de la recherche multidisciplinaire fondamentale, translationnelle, clinique et éthique, en recoupant les activités en silo et en tenant compte de la nécessité de faciliter la mobilité transnationale et l'accessibilité des scientifiques et des cliniciens grâce à de meilleures politiques d'échange. Les patients doivent être habilités à participer et à collaborer activement aux programmes de recherche en matière de santé. Le programme doit également intégrer le développement de solutions numériques de santé à faible coût et de haute précision, en tirant parti de modèles prédictifs pour comprendre en profondeur la pathogenèse, identifier de nouvelles cibles médicamenteuses et mettre au point des modalités diagnostiques et thérapeutiques plus personnalisées. Des investissements dans des programmes de recherche et de formation sont nécessaires pour renforcer le capital humain afin de soutenir le développement de diagnostics et de thérapies innovants, y compris les vaccins, et l'accès à ces derniers.

**3. Élaborer des politiques et des actions pour relever les défis engendrés par les changements démographiques.**

Tenir compte des différences démographiques, ethniques et socio-économiques mondiales dans les analyses de données relatives à la santé afin de permettre une interprétation des données et une prise de décision plus précises, notamment parmi les populations vulnérables et les systèmes présentant des inégalités croissantes. De même, effectuer une analyse comparative des données épidémiologiques recueillies dans différents pays en utilisant un cadre déterminé et des échantillons appropriés dans les enquêtes sur la population afin d'apporter une valeur ajoutée. Chez les personnes âgées, il faut s'attaquer aux problèmes de santé mentale résultant de l'isolement social, ainsi qu'à d'autres problèmes liés au risque plus élevé de contracter des maladies, à une habileté numérique limitée et à un accès insuffisant aux tests et aux traitements.

**4. Développer une approche intégrée et efficace des systèmes à boucle fermée pour l'extraction, la distribution, la consommation, l'élimination et le recyclage des ressources naturelles.**

Mettre en place la structure juridique et économique nécessaires pour que les entreprises et les consommateurs acceptent et appliquent à grande échelle des systèmes à boucle fermée et utilisent des produits recyclés et récupérés. Des mesures doivent être prises pour encourager le développement et l'adoption de systèmes à boucle fermée, en particulier dans des secteurs clés tels que l'exploitation minière, l'industrie manufacturière, la construction,

les services, l'agriculture et les logements urbains. Ces dispositions stimuleront à leur tour la recherche, le développement et l'utilisation de technologies innovantes de réduction des déchets. La conception de systèmes d'économie circulaire devrait créer de nouveaux emplois et encourager la participation des communautés au niveau local afin de réduire l'utilisation de matériaux vierges et de promouvoir une consommation responsable. Développer du matériel et des programmes éducatifs sur l'économie circulaire qui feront partie de tous les niveaux d'enseignement afin de sensibiliser et d'ouvrir la voie à l'innovation, aux jeunes entreprises et aux emplois dans tous les aspects de l'économie circulaire. L'exploitation de technologies numériques avancées telles que l'Internet des objets, l'IA, les mégadonnées et les chaînes de blocs améliorera l'efficacité, la résilience et la circularité de l'utilisation des ressources naturelles, ainsi que les synergies dans les domaines de l'énergie, de l'eau, des matériaux et de l'alimentation. Les progrès vers la circularité et la réduction des déchets doivent employer des indicateurs d'économie circulaire standardisés pour soutenir la mise en place d'objectifs de transition vers l'économie circulaire.

**5. Promouvoir la conception circulaire des matériaux et des systèmes énergétiques en faisant progresser les 3R (réduire, réutiliser, recycler) ainsi que les énergies renouvelables dans le but de réduire les émissions nettes de carbone à zéro.**

Promouvoir les énergies renouvelables ainsi que des systèmes énergétiques abordables et durables, y compris le stockage, par des approches de marché et des programmes de sensibilisation, qui réduiront la dépendance de la société à l'égard des combustibles fossiles. Mener des études de faisabilité technico-économique et des analyses de cycle de vie afin de déterminer l'équilibre optimal entre technologies énergétiques alternatives et technologies des 3R au sein de systèmes sociétaux intégrés qui permettront d'atteindre au mieux les objectifs de neutralité carbone. L'évaluation et la promotion des nouvelles technologies de captage, d'utilisation et de stockage du carbone (CCUS) telles que la bioénergie avec captage et stockage du dioxyde de carbone (BECCS) et la conversion du CO<sub>2</sub> en produits, y compris les essais sur des sites de banc d'essai, seront nécessaires pour clarifier leurs possibilités d'amélioration et de mise en œuvre. Encourager la récupération et la restauration de l'écologie forestière et marine comme méthodes de séquestration du carbone contribuera parallèlement à restaurer la biodiversité.

**6. Comblent la fracture numérique émergente afin que tous les habitants de la planète aient accès aux technologies numériques et à l'Internet, et soient en mesure de les utiliser, tout en garantissant la vie privée, la résilience et la sécurité des réseaux et des dispositifs numériques.**

Élaborer des stratégies visant à encourager le financement de l'infrastructure numérique et le développement de technologies et de dispositifs de communication adaptés au déploiement et à l'utilisation au sein des communautés pauvres et des régions éloignées disposant d'infrastructures limitées. Il est essentiel de mettre en place pour tous des programmes inclusifs d'éducation et d'alphabétisation afin de garantir des possibilités d'éducation numérique, en particulier pour les femmes, les groupes minoritaires et les communautés défavorisées. Tirer parti de la communauté scientifique dans la planification de l'infrastructure numérique afin de mettre à niveau les systèmes actuels pour améliorer leur résilience et répondre aux demandes accrues de trafic du réseau. Consacrer davantage de ressources à la promotion de la science des données pour le bien public, à la recherche et au développement d'algorithmes d'IA robustes et résilients, à des protocoles cryptographiques plus solides et à une réglementation élargie pour prévenir les menaces de défaillances aléatoires et les cyberattaques malveillantes.

**7. Améliorer la durabilité de l'infrastructure numérique, y compris les appareils d'utilisateurs finaux, et améliorer les possibilités pour les technologies relevant des villes intelligentes de contribuer à un environnement plus propre.**

Accélérer les initiatives visant à réduire l'impact environnemental des technologies numériques, y compris la conception en vue de l'efficacité énergétique, la mise au point de méthodes de calcul moins intensives et l'utilisation de sources d'énergie renouvelables en lieu et place de sources non renouvelables. Concevoir des outils et des cadres normalisés pour maximiser l'efficacité de l'utilisation des technologies numériques et maximiser leur durée de vie utile afin de réduire les déchets électroniques. Prévoir l'inclusivité au sein des villes et des communautés intelligentes, optimiser le partage des ressources, adopter l'interopérabilité et réduire les émissions de gaz à effet de serre et d'autres polluants. Promouvoir la collaboration et le partage des connaissances sur les meilleures pratiques et expériences entre les décideurs politiques, l'industrie, les parties prenantes de la communauté et la communauté scientifique. Sensibiliser davantage le public à l'impact environnemental de l'utilisation des technologies numériques.

**8. Adopter une approche pluridisciplinaire pour prévoir une société du futur centrée sur l'être humain et dotée d'une capacité numérique, dans laquelle l'infrastructure numérique est pleinement intégrée dans l'ensemble du paysage social, éducatif, politique, commercial et culturel.**

Mettre davantage l'accent sur l'éducation et la recherche multidisciplinaires, en reliant les sciences et l'ingénierie, les sciences sociales, les sciences humaines et l'éthique, et en améliorant la qualité de l'éducation numérique pour tous. Lancer un vaste discours scientifique et public sur les répercussions sociétales et sanitaires des technologies numériques, et s'engager dans une éducation publique fondée sur des preuves scientifiques. Soutenir le développement de technologies et de processus gérés par l'homme qui permettent de détecter et de bloquer rapidement les impostures, les fausses nouvelles et la désinformation, et donner aux utilisateurs les moyens d'identifier et de traiter les informations fausses et trompeuses. Accroître l'investissement dans la recherche et le développement d'une IA fiable et explicable dans des domaines à enjeux élevés tels que la finance et les soins de santé, et développer des méthodologies et des protocoles pour l'intégration de comportements éthiques dans les robots et les technologies autonomes connexes.

**9. Soutenir la recherche prospective fondée sur une science solide, des méthodes reproductibles et un partage ouvert, et qui intègre les progrès récents dans l'analyse des systèmes complexes.**

Transformer la recherche prospective compte tenu des récentes avancées majeures en matière de science des réseaux et de la complexité, d'IA, d'apprentissage machine, d'analyse de mégadonnées, et d'informatique avancée (par exemple, l'informatique quantique). Garantir le fondement de la recherche prospective sur une science solide et des méthodes reproductibles ouvertement partagées. Cette recherche impliquerait l'intersection, l'interaction et/ou la combinaison de méthodes scientifiques et d'ingénierie, de technologies, de tendances et de moteurs, ainsi que des contextes dans lesquels ils s'inscrivent. Une telle amélioration renforcerait la fiabilité de la recherche prospective et favoriserait la confiance dans l'utilisation et les résultats issus de ces applications.

**10. Établir une plateforme permettant de mettre en œuvre et de favoriser la collaboration internationale et de renforcer la confiance dans la recherche et les activités prospectives.**

Encourager les organisations internationales (telles que les Nations Unies) à créer un centre d'échange d'information et une plateforme de partage de connaissances au niveau mondial,

