

**Commission économique pour l'Afrique
Sixième Forum africain sur la science, la technologie et l'innovation**

Addis-Abeba (hybride), 21 et 22 avril 2024

**Document de travail sur les technologies émergentes
pour la promotion d'une prospérité partagée en Afrique****I. Introduction**

1. L'objet du présent document de travail est de mettre en lumière certaines des principales questions et conditions qui permettent que les technologies nouvelles et émergentes jouent un rôle dans la promotion d'une prospérité inclusive et partagée, en vue de la réalisation du Programme de développement durable à l'horizon 2030 (Programme 2030) et de l'Agenda 2063 : L'Afrique que nous voulons, de l'Union africaine (Agenda 2063). Y sont notamment mis en exergue quatre grands groupes de technologies émergentes qui pourraient aider l'Afrique à réaliser ses aspirations.

2. Le nombre de personnes qui vivent dans la pauvreté dans le monde a diminué entre 1990 et 2018, baissant de 1,9 milliard à 689 millions, alors que, en Afrique, le nombre des personnes vivant dans la pauvreté s'est accru, passant de 283 millions à 433 millions¹. Selon les estimations de la Commission économique pour l'Afrique (CEA), en 2022, 546 millions de personnes vivaient dans la pauvreté sur le continent². De même, un Africain sur cinq, soit près de 278 millions de personnes, était sous-alimenté en 2022, ce chiffre passant à près de 283 millions en 2023³. Il est peu probable que l'Afrique respecte l'engagement pris dans la Déclaration de Malabo sur la croissance et la transformation accélérées de l'agriculture en Afrique pour une prospérité partagée et de meilleures conditions de vie, à savoir éliminer toutes les formes de faim d'ici 2025, et il est improbable qu'elle atteigne les cibles des objectifs de développement durable 1 et 2 d'ici 2030⁴, ou qu'elle remplisse l'engagement pris dans le Programme 2030 de faire en sorte que tous les êtres humains aient une vie prospère et épanouissante. Les personnes vivant dans la pauvreté et souffrant de la faim ne sont pas seulement dépourvues de ressources économiques, mais elles éprouvent également un sentiment d'impuissance, de désarroi, de désespoir, de dévalorisation et d'être des sans-voix⁵.

¹ ONU, Division de statistique de l'ONU, Rapport sur les objectifs de développement durable : rapport détaillé – Objectif 1 : éliminer la pauvreté sous toutes ses formes partout dans le monde, 2021.

² CEA, *Favoriser la reprise et la transformation en Afrique pour réduire les inégalités et les vulnérabilités*, communiqué de presse à l'occasion de la cinquante-cinquième session de la Conférence des ministres africains des finances, de la planification et du développement économique de la CEA, 2 février 2023.

³ Oxfam International, « Over 20 million more people hungry in Africa's "year of nutrition" », 17 février 2023.

⁴ Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Commission de l'Union africaine, CEA et Programme alimentaire mondial, *Afrique – Aperçu régional de la sécurité alimentaire et de la nutrition 2023 – Statistiques et tendances* (Accra, FAO, 2023).

⁵ Deepa Narayan *et al.*, *Voices of the Poor: Can Anyone Hear Us?* New York, Oxford University Press, 2000.



3. Les solutions offertes par la science, la technologie et l'innovation peuvent fournir aux pauvres les moyens de se prendre en charge, de s'exprimer, de se faire entendre et d'agir. Comme l'a souligné l'ancien Secrétaire général Kofi Annan, « en cette ère d'opulence et de progrès techniques sans précédent, nous avons les moyens de sauver l'humanité de ce fléau honteux »⁶. Pour se sortir de la pauvreté et éliminer la faim, les pays doivent acquérir ou renforcer les capacités scientifiques, technologiques et industrielles nécessaires

II. Revisiter la notion d'une Afrique prospère

4. Il n'existe pas de définition unique, convenue et étayée par des chiffres détaillés de ce qui constitue une Afrique prospère. Toutefois, dans le cadre de l'Agenda 2063, on ne pourrait définir l'Afrique comme étant prospère que quand elle aura rempli les conditions suivantes : un revenu par habitant supérieur à 18 000 dollars des États-Unis ; une population urbaine représentant plus de 60 % de la population totale ; une population hautement qualifiée, avec un pourcentage de jeunes d'au moins 70 % ; au moins 60 % des diplômés ayant été formés dans des établissements d'enseignement supérieur spécialisés dans les sciences, la technologie, l'ingénierie et les mathématiques ; au moins 90 % de toutes les exportations agricoles ayant été transformées localement ; au moins 50 % du produit intérieur brut (PIB) provenant de l'industrie manufacturière ; et les produits issus de l'exploitation des technologies représentant la moitié de l'ensemble des produits manufacturés. Les autres conditions sont : au moins 25 % des entreprises résultent de percées technologiques et de la commercialisation de produits innovants par des Africains, et une part des énergies renouvelables dans la production totale d'énergie supérieure à 50 %.

5. Alors qu'il s'agit là d'objectifs ambitieux qu'il lui faut réaliser, l'Afrique est loin d'avoir atteint l'un quelconque d'entre eux. Le PIB par habitant du continent à prix courants est passé d'environ 900 dollars en 2000 à environ 2 370 dollars en 2014, puis a baissé entre 2016 et 2023 à une moyenne de 2 000 dollars⁷. Les exportations de haute technologie représentent près de 0,6 % du total des exportations de produits manufacturés (près de 0,3 % des exportations mondiales de haute technologie) et le commerce intra-africain dans le domaine de l'agriculture représente moins de 20 % du commerce total du continent⁸. En outre, moins de 25 % des étudiants des établissements d'enseignement supérieur en Afrique suivent des cours de sciences, de technologie, d'ingénierie et de mathématiques, qui renforcent la collaboration, la résolution de problèmes, la communication, l'esprit critique et l'acquisition de compétences numériques⁹.

III. Les technologies émergentes comme moteurs de la croissance et de la prospérité partagée

A. Définition des technologies émergentes

6. Les technologies émergentes « sont constituées par un ensemble de nouveaux matériaux, produits, applications, processus et modèles commerciaux ... interdépendants, interconnectés et se renforçant mutuellement. »¹⁰ [Traduction non

⁶ Organisation des Nations Unies, « Le Secrétaire général appelle à une action concertée dans son message pour la Journée internationale pour l'élimination de la pauvreté », communiqué de presse, 11 octobre 2002.

⁷ Fonds monétaire international, PIB par habitant par prix courants, DataMapper. Disponible (en anglais) à l'adresse : www.imf.org/external/datamapper/NGDPDPC@WEO/AFQ (consulté le 1^{er} février 2024).

⁸ FAO et Commission de l'Union africaine, Soutien au développement du commerce intra-africain de produits agricoles et de services, Addis-Abeba, 2021.

⁹ Ruth Kagia, « *STEM education in Africa: risk and opportunity* », Brookings Institution, 10 février 2023.

¹⁰ *La situation économique et sociale dans le monde, 2018 : les technologies de pointe au service du développement durable* (ONU, 2018).

officielle] Les cinq caractéristiques communes des technologies émergentes sont les suivantes : a) leur nouveauté radicale (elles sont radicalement différentes des technologies préexistantes) ; b) une croissance relativement rapide ; c) leur unicité (elles sont distinctes de leur discipline ou technologie d'origine) ; d) leur forte incidence (incidence visible dans divers domaines, secteurs et communautés) ; e) l'incertitude et l'ambiguïté qui les entourent (leur plein effet en matière de développement ne sera pleinement produit que dans un certain temps)¹¹.

7. Les technologies émergentes créent de nombreuses solutions et applications innovantes pouvant être exploitées par des pays moins avancés sur le plan technologique ou des entreprises moins sophistiquées pour satisfaire leurs propres besoins. C'est ainsi que la technologie sans fil a permis en Afrique de connecter 132 millions de numéros de téléphone en une décennie, alors qu'il avait fallu 100 ans pour avoir 28 millions de lignes de téléphones fixes en 2005¹². De même, les personnes possédant un compte de téléphone mobile sont aujourd'hui plus nombreuses que celles qui possèdent un compte bancaire.

8. Les technologies émergentes créent des niches technologiques qui constituent autant d'espaces sûrs pour le développement d'innovations radicales avec une concurrence minimale de la part de plus grands acteurs du secteur et une surveillance réglementaire limitée (parce que les règles sont en cours d'élaboration). Par exemple, la plupart des premiers entrants dans l'industrie de la téléphonie mobile étaient des start-ups africaines qui, dans un premier temps, avaient été ignorées par les grandes entreprises de télécommunications de l'époque. De même, les premiers fournisseurs d'accès à l'Internet étaient des start-ups et des filiales, comme c'était le cas pour les services mobiles de transfert d'argent. Dans tous ces cas, les produits étaient adaptés à une clientèle africaine, comblaient des lacunes dans l'offre de services et n'avaient pas été initialement considérés comme des menaces par les grandes entreprises de télécommunications ou les institutions financières, ce qui avait donné à leurs créateurs le temps d'apprendre et de développer leur activité.

9. On peut aussi trouver de telles niches dans le monde d'aujourd'hui, où, par exemple, le métavers, l'intelligence artificielle générative, les batteries flexibles, les capteurs portables pour les humains et les plantes, l'omique spatiale et l'électronique neuronale flexible commencent tout juste à attirer l'attention des grandes entreprises et des régulateurs. Par conséquent, des investissements précoces dans ces technologies émergentes peuvent aider les pays à capter des niches technologiques qu'ils peuvent exploiter pour améliorer leur productivité et leur prestation de services, et pour créer des emplois et de la richesse.

B. Technologies émergentes à potentiel élevé en Afrique

1. Biotechnologies

10. Le marché mondial des biotechnologies, dont la valeur était estimée à quelque 1,55 billions de dollars en 2023 et qui devrait atteindre les 3,88 billions de dollars d'ici 2030, est dans une large mesure tiré par le séquençage génétique, la médecine personnalisée et la hausse du nombre de maladies chroniques et orphelines¹³. Les biotechnologies sont en train de permettre aux entreprises et aux chercheurs d'améliorer les soins de santé et de mettre au point des procédés industriels pouvant être moins coûteux, plus sûrs et plus respectueux de l'environnement. L'Afrique compte de plus en plus de pôles et de centres de biotechnologie. Par exemple, 5 % de tous les cathéters médicaux vendus dans le monde sont produits par de grandes entreprises ayant établi des installations de fabrication dans un bioparc dédié situé à Maurice. En 2021, le Gouvernement mauricien a consacré 25 millions de dollars à la

¹¹ Daniele Rotolo, Diana Hicks et Ben R. Martin, « What is an emerging technology? » *Research Policy*, vol. 44, n° 10 (décembre 2015).

¹² Tim Kelly et Phillipa Biggs, « Mobile phones as the missing link in bridging the digital divide in Africa », *African Technology Development Forum*, vol. 4, n° 1 (avril 2007).

¹³ Voir à l'adresse : www.grandviewresearch.com/industry-analysis/biotechnology-market.

création de l'Institut mauricien de biotechnologie pour la production de vaccins contre la maladie à coronavirus (COVID-19) et d'autres produits pharmaceutiques¹⁴.

11. Les possibilités de création de richesse et d'emplois sont immenses. Par exemple, le cours de l'action de Novo Nordisk a bondi de 50 % en 2023, ce qui en avait fait l'entreprise ayant la valorisation boursière la plus élevée d'Europe, avec une valeur d'environ 500 milliards de dollars, en grande partie grâce à la forte demande de ses médicaments pour maigrir ou contre le diabète¹⁵. En investissant de façon appropriée dans la recherche-développement dans le domaine de la biotechnologie, l'Afrique pourrait utiliser des éléments de la flore locale (comme le hoodia) pour fabriquer des médicaments pour maigrir similaires¹⁶.

12. La part du continent dans le marché mondial des biotechnologies est d'environ 1,8 %¹⁷, ce qui est inférieur à sa part dans la population mondiale (environ 15 %) et dans la population mondiale active dans la recherche-développement (2,4 %)¹⁸. Des mesures doivent être prises pour que l'Afrique ne se retrouve pas exclue de ce secteur en pleine croissance. Les biotechnologies sont également l'un des rares secteurs à employer des personnes hautement qualifiées. Du point de vue du développement, l'Afrique a besoin des biotechnologies pour mettre au point ses propres traitements, outils de diagnostic et plateformes de transformation alimentaire et industrielle, afin d'accroître sa production alimentaire et de réduire la pollution, en particulier dans des zones qui intéressent peu le reste du monde.

2. Technologies numériques

13. L'économie numérique du continent a connu une croissance rapide, comme en témoigne le taux élevé d'adoption de technologies Internet et mobiles innovantes. L'économie de l'Internet en Afrique valait 115 milliards de dollars en 2020 et pourrait atteindre 250 milliards de dollars d'ici 2030¹⁹. Cependant, environ 42 % des personnes couvertes par un réseau Internet mobile ne l'utilisent pas, ce qui laisse penser qu'une grande partie de la population est laissée-pour-compte. En Afrique subsaharienne, en 2022, on comptait près de 980 millions de connexions de téléphonie mobile et l'économie mobile employait plus de 1,4 million de personnes, en contribuant à l'économie à hauteur de 170 milliards de dollars²⁰. Avec 489 millions d'abonnés uniquement à la téléphonie mobile et 590 millions d'utilisateurs de l'Internet, l'Afrique est loin d'avoir atteint l'accès universel aux technologies de l'Internet²¹.

14. Si ces chiffres paraissent impressionnants, on s'attend à ce que le marché mondial du métavers à lui seul passe de 92 milliards de dollars en 2023 à 1,3 billions de dollars en 2030 (et à 3,1 billions de dollars en 2032)²², que celui de l'intelligence artificielle passe de 538 milliards de dollars à 1,8 billions de dollars (et à 2,6 billions de dollars en 2032)²³ et que celui de l'Internet des objets passe de 374 milliards de dollars à 1,13 billions de dollars²⁴ entre 2023 et 2030. Ces secteurs importants sont tirés par divers facteurs, tels que l'industrie des jeux, dans le cas du métavers ; par

¹⁴ Administration du commerce internationale des États-Unis d'Amérique, Mauritius : country commercial guide – biotechnology, 10 avril 2023.

¹⁵ Elliot Smith, « Novo Nordisk hits \$500 billion in market value as it flags soaring demand for Wegovy, Ozempic » CNBC, 31 janvier 2024.

¹⁶ Le Hoodia est une plante de type cactus que l'on trouve dans le désert du Kalahari et qui est supposée couper la faim et, donc, aider à maigrir.

¹⁷ Voir à l'adresse : www.verifiedmarketresearch.com/product/africa-pharmaceutical-biotechnology-market.

¹⁸ Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture, *Rapport de l'UNESCO sur la science : vers 2030* (Paris, 2015).

¹⁹ Google et Société financière internationale, *e-Conomy Africa 2020: Africa's \$180 Billion Internet Economy Future*, 10 novembre 2020.

²⁰ GSMA, « The mobile economy 2023: sub-Saharan Africa », 2023.

²¹ Miniwatts Marketing Group, « Internet users statistics for Africa », Internet World Stats. Disponible à l'adresse : www.internetworldstats.com/stats1.htm (consulté le 1^{er} février 2024).

²² Voir à l'adresse : www.precedenceresearch.com/metaverse-market.

²³ Voir à l'adresse : www.precedenceresearch.com/artificial-intelligence-market.

²⁴ Voir à l'adresse : www.precedenceresearch.com/industrial-iot-market.

l'intelligence artificielle générative, dans le cas de l'intelligence artificielle ; par les soins de santé, l'industrie manufacturière et les services d'infrastructure, dans le cas de l'Internet des objets. Ces marchés se chevauchent dans une large mesure, tout comme les compétences et les systèmes sur lesquels reposent ces technologies. Par exemple, de nombreuses applications d'intelligence artificielle sont utilisées dans le métavers et dans l'Internet des objets. Vu que les technologies numériques transforment chaque aspect de l'économie, de la gouvernance et de la société, les pays africains doivent investir dans l'enseignement et la recherche en vue de trouver des solutions innovantes aux difficultés que connaît le continent et de créer des entreprises qui peuvent être compétitives au niveau mondial. Des programmes tels que l'initiative « Les jeunes Africaines savent coder » lancée par la CEA peuvent permettre de fortement stimuler l'intérêt des filles pour les technologies numériques et de renforcer leurs capacités dans ce domaine. Parmi les autres initiatives, citons le programme générique sur l'intelligence artificielle et la robotique que la CEA met à la disposition des universités pour que celles-ci l'adaptent et le déploient rapidement dans le cadre d'un programme de premier ou de deuxième cycle, et le centre d'excellence sur l'intelligence artificielle établi au Congo²⁵.

3. Nanotechnologies

15. L'industrie des nanotechnologies comprend deux grandes catégories : les entreprises qui fabriquent les outils et les appareils nécessaires au fonctionnement à l'échelle nanométrique et les entreprises qui intègrent les nanotechnologies dans leurs produits. La deuxième catégorie offre davantage de possibilités aux entreprises et aux institutions de participer à l'élaboration et à la commercialisation de produits de nanotechnologie.

16. Le marché mondial des nanotechnologies devrait passer de 79,14 milliards de dollars en 2023 à 248,56 milliards de dollars d'ici 2030. La part de l'Amérique du Nord dans le marché mondial est de 33,8 %, tandis que la part de l'Afrique n'est que d'environ 1 %²⁶. Les nanotechnologies contribuent au développement d'autres technologies émergentes, telles que les technologies numériques (par exemple, la création de puces plus puissantes, plus petites, plus rapides et plus intelligentes), les technologies énergétiques (par exemple, les batteries à haute densité énergétique, mais plus légères) et les biotechnologies (telles que les nanomédicaments).

17. Toutes les applications des nanotechnologies ne font pas appel à des technologies de pointe. Par exemple, la société Gongali Model Company Limited, basée en République-Unie de Tanzanie, a mis au point pour les ménages et les communautés des zones rurales des systèmes de purification de l'eau de différentes tailles fonctionnant sans électricité grâce à des filtres utilisant des nanotechnologies. Le modèle de Gongali a été primé par l'Organisation mondiale de la Santé pour avoir permis de réduire la prévalence des maladies d'origine hydrique dans les zones rurales qui n'ont pas accès à l'eau potable. Cela démontre que les nanotechnologies peuvent jouer un rôle important dans la réalisation des objectifs de développement.

4. Technologies énergétiques

18. Les technologies énergétiques sont en train de connaître une évolution rapide, de faciliter la transition énergétique et de susciter l'espoir que le monde parviendra à réduire l'utilisation des combustibles fossiles et les émissions de carbone qui en découlent. Par exemple, les nouveaux systèmes solaires sont moins chers, plus fiables et ont une durée de vie plus longue, ce qui les rend plus accessibles, en particulier en Afrique, où près de la moitié de la population n'a pas accès à l'électricité. La taille du marché mondial des cellules photovoltaïques était estimée à 26 milliards de dollars en 2021, et pourrait atteindre 37 milliards de dollars d'ici 2028²⁷, tandis que celle du

²⁵ CEA, « Le premier centre de recherche en IA d'Afrique est lancé à Brazzaville, au Congo », communiqué de presse, 23 février 2022.

²⁶ Voir à l'adresse : www.fortunebusinessinsights.com/nanotechnology-market-108466.

²⁷ Voir à l'adresse : www.gminsights.com/industry-analysis/solar-cells-market.

marché mondial des panneaux solaires était évaluée à 180,4 milliards de dollars en 2020 et pourrait atteindre 641,1 milliards de dollars d'ici 2030²⁸.

19. Un autre domaine d'intérêt est l'évolution rapide de la technologie des batteries qui sont nécessaire à l'industrie mobile. À lui seul, le marché mondial des batteries pour véhicules électriques devrait passer de 132 milliards de dollars en 2023 à 508 milliards de dollars d'ici 2030²⁹. Les progrès technologiques rapides ont fait chuter entre 2010 et 2018 le prix des batteries de 1 160 dollars par kWh à 176 dollars par kWh et on s'attend à ce que les prix baissent davantage³⁰.

20. L'utilisation de l'hydrogène comme source d'énergie renouvelable est une proposition convaincante, qui offre de multiples applications dans de nombreux secteurs où l'utilisation d'autres types d'énergie renouvelable peut être inopérante (par exemple, pour les fours d'exploitation minière, les raffineries). On s'attend à ce que le marché mondial de la production d'hydrogène passe d'environ 129 milliards de dollars en 2022 à près de 255 milliards de dollars d'ici 2030. Au moment où le monde cherche à décarboner, le marché des électrolyseurs nécessaires pour convertir l'eau en hydrogène et en oxygène devrait passer d'environ 6 milliards de dollars en 2021 à quelque 69 milliards de dollars d'ici 2030, tandis que l'on s'attend à ce que la taille du marché du stockage de l'hydrogène double pratiquement et que celui des piles à combustible se multiplie par soixante³¹.

21. Plusieurs pays africains tirent parti des possibilités offertes par l'hydrogène vert. Par exemple, en Namibie, un projet d'hydrogène vert, avec une production annuelle estimée à 300 000 tonnes³², est un partenariat entre le Gouvernement namibien, les détenteurs de technologies, les partenaires d'investissement et les parties prenantes participant à la promotion commerciale³³. De nombreux projets relatifs à l'hydrogène sont actuellement mis en œuvre dans des pays en développement (Afrique du Sud, Chili, Maroc) en partenariat avec des pays développés.

22. L'Afrique dispose des minéraux et des ressources énergétiques dont elle a besoin pour être compétitive, à condition qu'elle se dote des capacités nécessaires pour concevoir, fabriquer, installer, entretenir, moderniser et mettre hors service en toute sécurité de telles technologies énergétiques³⁴. Par exemple, les quelques mesures d'incitation prises en faveur des énergies renouvelables, telles que l'exonération des droits de douane sur les importations de produits d'énergies renouvelables, ont suscité une croissance du nombre des entreprises qui fournissent, installent et entretiennent des produits d'énergie solaire, ce qui, à son tour, a créé des emplois et de la richesse, tout en apportant de l'énergie propre à des personnes qui n'en avaient pas.

23. Le Viêt Nam est un bon exemple d'un pays en développement qui exploite les technologies énergétiques émergentes pour en tirer une prospérité. Le pays compte sept entreprises qui fabriquent des panneaux solaires et des batteries pour l'usage local et l'exportation. En conséquence, près de 11 % de sa demande d'électricité était satisfaite par l'énergie solaire en 2022, ce qui a permis au Viêt Nam d'économiser environ 1,7 milliard de dollars en importations potentielles de combustibles fossiles

²⁸ Voir à l'adresse : www.alliedmarketresearch.com/solar-photovoltaic-panel-market.

²⁹ Voir à l'adresse : www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/electric-vehicle-battery-market-100188347.html.

³⁰ Bloomberg, « Gasoline prices around the world: the real cost of filling up », 4 août 2020.

³¹ CEA, « Emerging technologies in advancing Africa's energy security sustainably », projet de note de synthèse pour le cinquième Forum sur la science, la technologie et l'innovation, qui s'est tenu à Niamey les 26 et 27 février 2023.

³² Hyphen Hydrogen Energy Ltd., « Namibia announces progress with Hyphen Hydrogen Energy to unlock US\$10bn investment for first green hydrogen project to help power the energy transition », 1^{er} juin 2022.

³³ Commission européenne, « COP27: European Union concludes a strategic partnership with Namibia on sustainable raw materials and renewable hydrogen », 8 novembre 2022.

³⁴ AusIndustry, Gouvernement australien ; et South Metropolitan TAFE, État d'Australie-occidentale, « Vocational skills gap assessment and workforce development plan », établi pour le Future Battery Industries Cooperative Research Centre, août 2021.

et de créer plus de 8 000 emplois³⁵. De même, le constructeur de véhicules électriques VinFast a connu durant les cinq dernières années une croissance rapide qui en a fait en 2023 le troisième constructeur automobile au monde derrière Tesla et Toyota, du point de vue de la capitalisation boursière (à environ 191 milliards de dollars)³⁶, avec des projets ambitieux de construction d'usines aux États-Unis d'Amérique et en Inde

24. La première difficulté à surmonter est la réduction du coût de production de l'hydrogène vert. Par exemple, le Ministère de l'énergie des États-Unis encourage la recherche sur les moyens de faire baisser en une décennie le coût global de production de l'hydrogène de 5 dollars/kg d'hydrogène à 1 dollar/kg. Une telle évolution pourrait potentiellement réduire de 16 % les émissions de dioxyde de carbone d'ici 2050 et créer 700 000 emplois et 140 milliards de dollars de revenus d'ici 2030, rien qu'aux États-Unis³⁷. Outre le coût d'investissement relativement élevé, l'Afrique pourrait avoir besoin de nouvelles installations ou d'autres moyens pour créer des marchés de l'hydrogène compétitifs.

IV. Pourquoi l'Afrique a besoin des technologies émergentes pour réaliser ses aspirations

25. À mesure que les technologies font irruption dans les différents aspects de la vie, la taille du marché des technologies émergentes devient plus importante que celle des industries traditionnelles. Par exemple, on s'attend à ce que le marché mondial du café connaisse une croissance d'environ 5 % par an, passant de 129 milliards de dollars à 210 milliards de dollars entre 2023 et 2030, et celui du poisson devrait croître à un taux de 2,6 %, passant de 1,07 billions de dollars à 1,2 billions de dollars durant la même période³⁸. De même, le marché mondial du cuivre devrait passer de 318 milliards de dollars en 2023 à 447 milliards de dollars en 2030 (soit un taux de croissance de 5,1 % par an)³⁹. En revanche, et comme indiqué plus haut, le marché des biotechnologies dépassera les 3 billions de dollars d'ici 2030 et le marché de l'intelligence artificielle dépassera les 2 billions de dollars d'ici 2032. Si l'Afrique veut réaliser les aspirations de l'Agenda 2063, elle doit participer au développement des technologies émergentes, celles-ci devant offrir de vastes marchés, ce qui recèle le potentiel de créer de la richesse, d'améliorer les conditions de vie et de préserver l'environnement.

26. En outre, les technologies émergentes confèrent des avantages indus aux personnes qui les possèdent et les utilisent. Par exemple, les pays qui utilisent les biotechnologies pour créer pour leurs agriculteurs des semences à haut rendement et résistantes à la sécheresse peuvent gagner en compétitivité par rapport à ceux qui ne disposent pas de ces technologies. De même, ceux qui utilisent des systèmes biologiques pour traiter le cuir peuvent plus facilement se conformer aux réglementations environnementales et réduire le nombre d'étapes de traitement que ceux qui recourent à des produits chimiques nocifs. Comme on l'a vu lors de la pandémie de COVID-19, ceux qui disposaient de technologies plus sophistiquées ont pu plus facilement produire leurs propres vaccins, ce qui a isolé l'Afrique, la vaccination étant devenue obligatoire pour voyager.

27. Enfin, la capacité des Africains à s'informer sur les chaînes de valeur à forte intensité technologique et à participer à ces chaînes pourrait elle aussi être compromise. Si l'Afrique avait conquis ne serait-ce que 10 % du marché mondial de l'électronique d'un montant de 1 600 milliards de dollars, en apprenant à fabriquer

³⁵ Rapid Transition Alliance, « Viet Nam's rapid rise to becoming a solar power state », 25 janvier 2023.

³⁶ Takafumi Hotta, « Vietnam's VinFast now the world's No. 3 automaker as market cap surges », Nikkei Asia, 29 août 2023.

³⁷ États-Unis, Office of Energy Efficiency and Renewable Energy, « Hydrogen Shot: overview ». Disponible à l'adresse : www.energy.gov/eere/fuelcells/hydrogen-shot.

³⁸ Voir aux adresses : www.verifiedmarketresearch.com/product/coffee-market/ et www.mordorintelligence.com/industry-reports/fish-market.

³⁹ Voir à l'adresse : www.precedenceresearch.com/copper-market.

des produits provenant des technologies et similaires à ceux fabriqués dans d'autres parties du monde, elle aurait pu créer 1,7 million d'emplois décents et ajouter 160 milliards de dollars à son PIB⁴⁰. L'Afrique aurait également pu augmenter sa part des produits électroniques fournis aux secteurs traditionnels qui dépendent actuellement des importations. Par exemple, la Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement estime que les fournisseurs locaux ne fournissent que 1 % des produits dont ont besoin les mines de Zambie, en perdant ainsi des occasions d'apprentissage technologique et de création de richesse et d'emplois⁴¹.

V. Un avenir pour l'Afrique dans les technologies émergentes

28. Le marché des technologies émergentes connaît une croissance rapide, tant en termes de valeur que d'incidence sur la société. Par exemple, entre 2000 et 2019, l'approvisionnement total en énergie en Afrique a augmenté de 75 %, tandis que l'approvisionnement en énergie renouvelable augmentait de 1 740 %. Par conséquent, la question n'est pas de savoir s'il existe une demande pour les énergies renouvelables en Afrique⁴², mais plutôt si les approches et les modèles commerciaux actuels⁴³ peuvent effectivement aider l'Afrique à réduire sa dépendance à l'égard des combustibles fossiles traditionnels et de la biomasse, à créer des industries capables de concevoir, de fabriquer, d'installer et d'exporter des produits d'énergies renouvelables, et d'innover et de se développer en permanence pour créer les compétences, la richesse et les services dont l'Afrique a tant besoin. On peut en dire autant des biotechnologies, des nanotechnologies et des technologies numériques.

29. Pour se tailler une part décente du futur marché mondial des technologies émergentes, l'Afrique doit rattraper son retard sur les autres continents en allant aussi vite, voire plus vite, qu'eux. Si l'intelligence artificielle générative n'a attiré l'attention du monde entier que récemment, la recherche sur des systèmes capables de rédiger des articles scientifiques, de répondre à des questions complexes, de traiter des images et des vidéos et de résoudre des énigmes a en fait commencé il y a des décennies. Malgré cela, il existe en Afrique peu d'universités, de spécialistes et d'industries au fait des évolutions actuelles et des tendances probables dans ce domaine. La section ci-dessous met en exergue quelques approches qui permettent d'accélérer le développement des technologies émergentes, approches qui pourraient ne pas être applicables dans tous les cas ni pour toutes les technologies.

A. Approche globale du développement du capital humain

30. Le développement de technologies nouvelles et émergentes nécessite une série de compétences, d'ensembles de connaissances et d'outils provenant de diverses disciplines et de divers secteurs, ce qui rend relativement difficile la détermination des points d'entrée. Une option consiste pour les pays à encourager les institutions compétentes à créer des centres de formation et de recherche interdisciplinaires en collaboration avec les entreprises technologiques existantes, à mener des recherches et à développer des produits pour et avec les parties prenantes des industries concernées. Il serait également utile de se focaliser sur un seul domaine d'intérêt national.

⁴⁰ Voir à l'adresse : www.ibisworld.com/global/market-research-reports/global-consumer-electronics-manufacturing-industry/#IndustryStatisticsAndTrends.

⁴¹ *Rapport 2023 sur le développement économique en Afrique – Les chaînes d'approvisionnement mondiales à forte intensité technologique : le potentiel de l'Afrique* (ONU, 2023).

⁴² Voir, par exemple, Anders Ellegård *et al.*, « Rural people pay for solar: experiences from the Zambia PV-ESCO project », *Renewable Energy*, vol. 29, n° 8 (juillet 2004).

⁴³ Voir Velma Mukoro, Maria Sharmina et Alejandro Gallego-Schmid, « A review of business models for access to affordable and clean energy in Africa: do they deliver social, economic, and environmental value? », *Energy Research and Social Science*, vol. 88 (juin 2022).

31. Il existe de nombreux programmes et cours que les pays peuvent intégrer dans leur système d'enseignement formel, du niveau primaire au niveau supérieur. C'est déjà le cas dans certains pays en ce qui concerne les technologies numériques. En Zambie, des cours sur les technologies de l'information et des communications (TIC) ont été introduits dans les écoles primaires et secondaires ainsi que dans les instituts de formation des enseignants, tandis que la plupart des universités et instituts ont des programmes spéciaux en informatique ou en technologies de l'information⁴⁴. Il s'agit là d'une étape importante dans la production des compétences requises pour l'opérationnalisation des TIC dans la société. Toutefois, il n'y a pas encore eu de recherche-développement en matière de TIC pour la production d'appareils et de logiciels et pour la prestation de services. De même, dans la plupart des pays, il n'existe pas de collaboration entre les représentants de l'industrie, du monde universitaire et de l'État en vue du développement d'une industrie des TIC.

32. En d'autres termes, une approche globale de développement des compétences devrait concerner l'ensemble de la société, les jeunes comme les personnes âgées, l'éducation formelle comme l'éducation informelle, l'industrie comme le secteur public. Les compétences peuvent aussi être adaptées aux centres de connaissances et aux secteurs existants, aux centres de formation existants, aux zones économiques spéciales et aux parcs de technologie, ou à toute combinaison qui peut correspondre au contexte national. Par exemple, l'industrie peut fournir les talents et les ressources entrepreneuriales, le monde universitaire peut apporter une compréhension détaillée du sujet sous différents angles, et l'État peut fournir des ressources, orchestrer le développement et créer un environnement propice pour un domaine technologique en particulier ou dans une zone économique spéciale ou un parc de technologie.

B. Investir dans la recherche-développement

33. Au niveau mondial, près de 88,6 milliards de dollars ont été investis dans la recherche-développement par le secteur des biotechnologies en 2022⁴⁵ et environ 13 milliards de dollars ont été consacrés à la recherche-développement dans le domaine des technologies énergétiques émergentes⁴⁶. Il s'agit là d'investissements massifs qui favorisent la production de connaissances, le développement et la commercialisation de produits. La part du continent africain dans la recherche-développement mondiale prise dans son ensemble est estimée à environ 2 %, tandis que celle consacrée à certains domaines émergents est même plus faible. L'Afrique ne peut pas être compétitive si elle se contente de copier ce qui a déjà été développé et commercialisé par autrui.

34. Durant les trois dernières décennies, les annonces d'équipes africaines ayant inventé ou construit une tablette, un téléphone, un ordinateur ou une application pour les agriculteurs n'ont pas manqué, mais très peu de ces innovations ont survécu, pour ne pas dire qu'aucune n'a survécu, même lorsque ces équipes bénéficiaient de l'appui des pouvoirs publics. Ce que l'on oublie souvent, c'est que les producteurs des appareils mis sur le marché aujourd'hui sont déjà en train de travailler sur de nouvelles versions devant sortir au cours des prochaines années. C'est sur cela que la recherche-développement doit se concentrer pour que les entreprises restent compétitives. Par exemple, en 2019 et 2020, les 20 principaux constructeurs automobiles ont dépensé 97,5 milliards de dollars pour la recherche-développement sur les batteries⁴⁷. Ces investissements étaient orientés vers l'ensemble de la chaîne de valeur technologique

⁴⁴ Policy Monitoring and Research Centre, *Implementation status and challenges of ICTs in Zambian schools*, janvier 2020.

⁴⁵ Ernst & Young LLP, *Beyond Borders: EY Biotechnology Report 2022 – How Do Biotechs Stay the Course in Uncharted Waters?* (juin 2022).

⁴⁶ CEA, Rapport de synthèse sur le rôle des technologies émergentes dans la promotion durable de la sécurité énergétique en Afrique.

⁴⁷ Alan Feldberg, « EV investment nears peak », Bodyshop Magazine, 26 juillet 2021. Disponible à l'adresse : www.bodyshopmag.com/2021/news/ev-investment-nears-peak/.

(matériaux, production, intégration et recyclage), en vue d'optimiser les performances, les coûts et la durabilité, pour se conformer aux prescriptions environnementales et réaliser les ambitions de croissance économique.

35. Il ressort de données factuelles qu'il y a eu peu d'investissement dans les énergies renouvelables en Afrique. Aucun pays africain ne figure parmi les principaux pays ayant déposé des brevets dans les domaines des biotechnologies, des technologies numériques, des nanotechnologies ou des énergies renouvelables, ni parmi les principaux acteurs de l'industrie. Pour remédier à cette situation, les pays africains doivent tout d'abord créer des centres de recherche-développement de produits dans les universités et les institutions de recherche-développement, en mettant l'accent sur au moins une catégorie de technologies émergentes.

36. Toute expansion de la recherche-développement crée instantanément des emplois pour certains des esprits les plus brillants et les plus créatifs d'Afrique, qui, à défaut de cela, pourraient être perdus au profit du reste du monde. L'expansion de la recherche-développement permet à l'Afrique de participer à la production des connaissances qui détermineront l'avenir des industries technologiques, tout en aidant le continent à renforcer les compétences et les industries nécessaires à la construction de villes et d'infrastructures intelligentes. L'expansion de la recherche-développement offre également l'occasion d'une étroite collaboration entre équipes de chercheurs de haut niveau et acteurs de l'industrie, ce qui, comme on a pu l'observer, accélère la croissance des industries opérant dans le domaine des technologies émergentes⁴⁸.

37. Les technologies numériques émergentes sont en train de devenir aussi d'importants outils de progression et d'accélération de la recherche-développement. L'intelligence artificielle, en particulier, peut faciliter l'analyse rapide de données et le traitement de quantités massives d'informations biologiques pour identifier des pistes d'action et améliorer l'efficacité des initiatives en matière de recherche-développement. De même, le métavers peut faciliter la collaboration entre chercheurs et améliorer l'expérience des partenaires en matière d'études pilotes et d'études sur le terrain⁴⁹.

C. Recherche active d'alliances et de collaborations stratégiques

38. Les pays africains doivent définir les domaines dans lesquels des alliances stratégiques pourraient le plus être utiles. Il convient de souligner que les alliances à des fins de recherche joueront un rôle important dans l'acquisition ou le renforcement des capacités nationales en matière de technologies émergentes. Il peut s'agir notamment de faire travailler ensemble des établissements de formation, d'enseignement et de recherche concernés, d'échanger et d'accueillir des chercheurs et des étudiants de haut niveau, et de gérer des installations de recherche communes dans le pays et dans les pays partenaires. Ces alliances doivent avoir pour objectif clair d'aider les pays africains à gravir les échelons technologiques pour éviter une dépendance perpétuelle.

39. Dans le domaine industriel, des alliances se forment entre des entreprises pour diverses raisons, notamment le partage de connaissances pertinentes introuvables ailleurs, d'atouts intellectuels et de données d'expérience en matière de recherche-développement, de fabrication ou de production, de distribution, de marketing et de vente. L'Afrique pourrait avoir à offrir des mesures incitatives à ses services publics et à ses entreprises privées opérant dans le domaine de l'énergie, qui sont largement

⁴⁸ See Lynne Zucker, Michael Darby and Marilyn Brewer, « Intellectual human capital and the birth of U.S. biotechnology enterprises », *American Economic Review*, vol. 88, n° 1 (mars 1998) ; et Reddi Kotha et Gerard George, « Academic entrepreneurs: the role of star scientists in commercialization of radical science », *Frontiers of Entrepreneurship Research: Proceedings of the 30th Annual Entrepreneurship Research Conference* (2010).

⁴⁹ Ernst & Young LLP, *Beyond Borders: EY Biotechnology Report 2023*. Disponible à l'adresse : www.ey.com/en_us/life-sciences/beyond-borders.

intégrés verticalement, pour les amener à mettre en place des partenariats pouvant déboucher sur la création de coentreprises ou de start-ups dans un domaine technologique donné, ce qui faciliterait l'acquisition de compétences et d'expérience, encouragerait la mise en œuvre de projets communs de recherche-développement et la cocréation de plateformes de fabrication et de production de technologies ou de produits d'énergies renouvelables.

D. Tirer parti des interdépendances pour obtenir des performances élevées

40. Aucune des technologies émergentes examinées dans le présent document de travail ne peut être développée isolément. Presque toutes ces technologies nécessiteront la contribution de spécialistes des sciences de la vie, de la physique et des matériaux, d'experts en informatique et en ingénierie et de mathématiciens, ainsi que d'experts en art, en conception et en médias, entre autres.

41. Plus précisément, toute personne concevant des systèmes d'énergie renouvelable devra se familiariser avec les technologies numériques qui peuvent être requises pour optimiser le fonctionnement de ces systèmes et avec les matériaux de pointe pouvant améliorer les performances, le poids, la taille et la durabilité. La plupart des technologies numériques peuvent requérir des sources d'énergie et des matériaux de pointe spéciaux, et peuvent être intégrés dans un environnement biologique. Les pays peuvent former des équipes très performantes, en veillant à leur diversité, à leur caractère inclusif, à ce qu'elles soient ouvertes et participatives, avec des membres provenant de toutes les disciplines, sans distinction de sexe, d'âge, d'appartenance ethnique et quelles que soient leurs expériences.

E. Élaborer des feuilles de route

42. Plusieurs questions examinées dans la présente section pourraient alimenter les feuilles de route nationales et régionales pour le développement des technologies émergentes. Un plan détaillé pourrait traiter de la manière dont les pays assureront la transition vers un approvisionnement énergétique propre, accessible, compétitif, sécurisé, sûr et d'un coût abordable pour tous, ou de la mise en place d'une industrie de nanotechnologies compétitive. Les décideurs et les entités industrielles émergentes en Afrique doivent élaborer des plans stratégiques plus clairs, qui guident le comportement de toutes les parties prenantes et inspire l'idée d'un avenir meilleur. Par exemple, ces plans pourraient inclure des informations sur le nombre d'emplois qui seront créés, le nombre de localités qui seront desservies, le caractère abordable du coût des services fournis, les bénéfices qui seront obtenus et la manière dont ils seront partagés, ainsi que les principaux acteurs dont l'intervention sera requise. Bien que les plans ne se déroulent pas toujours comme prévu, ils peuvent inciter les universités, les entreprises, les organismes publics et la société dans son ensemble à travailler pour un avenir commun.

43. Si chacun d'eux peut utiliser des outils et des approches qui lui sont propres, les pays pourraient souhaiter examiner, entre autres questions, les exigences actuelles en matière de technologie, d'industrie, de commerce, d'emploi et d'investissement, les nouvelles réglementations et pratiques, et identifier les coûts et les avantages, chercher à savoir quels pays peuvent tirer bénéfice et quels pays peuvent être perdants. Par exemple, 75 % des emplois créés par le développement des systèmes photovoltaïques destinés à des communautés et à des services publics concernent la fabrication et 25 % la construction et l'installation⁵⁰, tandis que 60 % des emplois dans le secteur de l'hydrogène vert concernent la production d'énergie renouvelable (par exemple, les fermes solaires qui alimentent les usines d'hydrogène vert) et 30 % la

⁵⁰ Sandra Müller *et al.*, *Achieving Inclusive Competitiveness in the Emerging Solar Energy Sector in Morocco*, rapport n° 79 (Bonn, German Institute of Development and Sustainability, 2013).

production, la transmission et le stockage de l'hydrogène⁵¹. Bien que les grandes entreprises actives dans les biotechnologies et les technologies numériques emploient généralement moins de personnes que les grandes entreprises des industries mûres, elles peuvent exercer une plus grande influence sur l'orientation du développement d'une société. Des feuilles de route plus claires pourraient aider à orienter les politiques nationales, les investissements et le développement du capital humain, à réduire au minimum les dommages et à optimiser les avantages, ainsi qu'à encourager une concurrence et une collaboration saines aux niveaux national, régional et mondial. Les feuilles de route doivent également contenir des plans de mise en œuvre et d'investissement clairs.

VI. Conclusion

44. L'objet principal du présent document de travail est de mettre en lumière plusieurs technologies émergentes et les possibilités qu'elles offrent à l'Afrique, d'illustrer certaines tendances qui apparaissent dans ces technologies et d'identifier les domaines dans lesquels l'Afrique pourrait participer pleinement aux industries technologiques émergentes. L'objet est également de stimuler la recherche, le débat, la conception de politiques, la collaboration et les partenariats entre pays, afin de promouvoir en Afrique la conception et la fabrication de produits pouvant aider le continent à construire durablement une société prospère.

45. Comme cela a été démontré plus haut dans le présent rapport, selon les estimations, les secteurs traditionnels et mûrs tels que l'exploitation minière et l'agriculture devraient connaître une croissance beaucoup plus lente, et n'offrent donc qu'une marge de manœuvre minimale pour un développement rapide permettant de réaliser l'aspiration de l'Afrique à une prospérité partagée. En revanche, les industries technologiques émergentes connaissent une croissance de plus de 10 % par an et présentent donc de plus grandes possibilités d'apprentissage, de création de richesse et de développement durable.

46. Pour tirer le meilleur parti de ces possibilités, les pouvoirs publics pourraient avoir à choisir des secteurs d'intérêt, à investir dans le renforcement des compétences et dans la recherche-développement, et à soutenir les nouveaux entrepreneurs, en particulier les femmes. Les pouvoirs publics, les universités et l'industrie doivent fixer des objectifs, établir des priorités et des calendriers clairs et les inclure dans leurs feuilles de route relatives aux technologies émergentes. Des politiques plus claires peuvent aider à stimuler le développement, à atténuer les risques et à encourager la collaboration.

⁵¹ Sonja van Renssen, *Hydrogen tests climate policymakers with its job potential*, Energy Monitor, 6 mai 2021.