

**Conseil économique et social**Distr. générale
18 octobre 2019Français
Original : anglais

**Commission économique pour l'Afrique
Comité du développement du secteur privé,
de l'intégration régionale, du commerce, de l'infrastructure,
de l'industrie et de la technologie**
Première réunion
Addis-Abeba, 11 et 12 décembre 2019Point 4 c) de l'ordre du jour provisoire*
**Présentation des rapports par le secrétariat :
Technologies naissantes, compétitivité et
intégration régionale****Tirer parti des technologies naissantes en faveur de
la compétitivité et de l'intégration régionale****I. Introduction**

1. Les activités relatives à la technologie et à l'innovation sont menées par la Section de l'économie verte, de l'innovation et des technologies de la Division de la technologie, des changements climatiques et de la gestion des ressources naturelles de la Commission économique pour l'Afrique (CEA). L'objectif global est d'aider les États membres à tirer parti de la science, de la technologie et de l'innovation (STI) et de l'économie verte pour réaliser leurs objectifs de développement durable. Pour ce faire, la Division mène des recherches d'analyse politique rigoureuses, des projets pilotes, des activités de plaidoyer et de recherche de consensus, et elle contribue aux données originales et aux propositions de documentation qui étaient la prise de décisions.

2. Dans ce contexte, le présent rapport thématique donne un aperçu général du potentiel des technologies naissantes pour contribuer à la réalisation des objectifs de développement durable en Afrique grâce à l'amélioration de la compétitivité des secteurs privé et public et à l'approfondissement de l'intégration régionale. L'accent est mis sur les technologies numériques, ainsi que sur l'informatique en nuage et les nanotechnologies (soulignant la croissance extraordinaire de la science, de la technologie et de l'industrie), les contributions économiques, sociales et environnementales potentielles qu'elles pourraient apporter et le rôle clé que ces technologies peuvent jouer pour faire avancer l'intégration régionale en Afrique.

3. Le présent rapport thématique présente certaines des activités menées par la CEA se rapportant à l'utilisation des technologies naissantes en Afrique. Les sections II et III présentent respectivement le contexte et l'objectif du rapport. La section IV offre un aperçu général des technologies naissantes et la section V décrit l'état actuel de développement en Afrique et sa participation aux nouvelles technologies. La section VI examine la perspective régionale des technologies naissantes. La section VII résume les

* E/ECA/CPRTIIT/1/1.

conclusions et les activités en cours de la CEA, et la section VIII contient des propositions de questions à examiner.

II. Contexte

4. La science, la technologie et l'innovation sont mises en avant dans l'Agenda 2063 de l'Union africaine comme des moteurs critiques pour que les pays africains atteignent le statut de pays à revenu intermédiaire, que le secteur manufacturier représente 50 % du produit intérieur brut (PIB), que les exportations technologiques atteignent au moins 50 % des exportations de produits manufacturés, que tous leurs citoyens aient un haut niveau de vie et une bonne qualité de vie et que leurs ressources naturelles soient gérées de manière durable. Par conséquent, la technologie a été désignée comme un levier essentiel du développement et comme un moyen de mettre en œuvre le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et l'Agenda 2063.

5. En particulier, les technologies naissantes offrent aux pays en développement une occasion unique de rattraper les pays les plus avancés et d'améliorer le niveau de vie de différentes manières. Elles perturbent les modèles d'activité et les systèmes existants (par exemple, les technologies sans fil), créent de nouvelles niches technologiques (argent mobile) qui permettent aux pays moins avancés de se passer des vieilles technologies et réduisent les obstacles à l'entrée grâce au co-apprentissage tout autant par les pays en développement et développés (gouvernance des cryptomonnaies, taxation des entreprises numériques). Cependant, les pays les moins avancés doivent relever le défi des limites du capital intellectuel, des ressources financières et des infrastructures clés pour créer, assimiler, utiliser et par la suite mettre à jour des technologies nouvelles et émergentes.

6. C'est pour cette raison que la Stratégie 2024 pour la science, la technologie et l'innovation en Afrique (STISA-2024) a été adoptée par les chefs d'État et de gouvernement comme plan d'orientation du développement de la science, de la technologie et de l'innovation. La STISA-2024 appelle entre autres les États membres à renforcer les compétences techniques, à investir dans les infrastructures de science, de technologie et d'innovation, à promouvoir l'innovation et l'esprit d'entreprise et à mettre en place des politiques nationales et régionales de science, de technologie et d'innovation. Elle a également réitéré l'appel fait aux États membres d'investir au moins 1 % de leurs PIB dans la recherche-développement. Ces cibles ont également été reprises dans le Programme de développement durable à l'horizon 2030 et l'Agenda 2063, afin de reconnaître que ces capacités sont des conditions préalables qui permettent à la technologie de servir de moyen efficace de mise en œuvre.

7. Nonobstant les intentions ci-dessus, les capacités de la région dans la science, la technologie et l'innovation restent faibles et les performances d'utilisation et d'appropriation de la technologie sont inégales¹. Par exemple, on estime que les dépenses en recherche-développement atteignent 0,5 % du PIB, un grand nombre de pays enregistrant une baisse (comme l'Ouganda), certains restant au même niveau (comme le Ghana, le Malawi, la Namibie et le Sénégal) et d'autres connaissant une hausse (par exemple, l'Égypte, l'Éthiopie, le Kenya et le Mali). Les sources clés de financement de recherche-développement sont cependant restées les gouvernements et les partenaires externes, à l'exception de l'Afrique du Sud, où le secteur des affaires représente 40 % du financement de la recherche-développement. En

¹ CEA, *Towards achieving the African Union's recommendations of expenditure of 1% of GDP on research and development*, Note d'orientation de la CEA (ECA/19/004), Addis-Abeba, 2018.

d'autres termes, le secteur public et le secteur privé n'investissent pas assez de ressources dans ce domaine.

8. La base technologique de l'Afrique est encore plus petite que son système de recherche-développement. L'Afrique représente 2 % des chercheurs dans le monde dans le domaine de la recherche-développement et 1 % des dépenses mondiales en recherche-développement, mais seulement 0,3 % des exportations de technologie de pointe et 0,2 % des paiements mondiaux de propriété intellectuelle. Cette tendance est très préoccupante au moment où les exportations à forte intensité de connaissance comptent pour près de la moitié du commerce mondial. Elle mine également la capacité du continent à diversifier et offrir une grande gamme de produits et de services qui pourraient dynamiser le commerce intra-africain et encourage la formation de partenariats régionaux et d'alliances stratégiques transfrontalières. Ensemble, la limitation de la recherche-développement et une base technologique étroite ont un effet majeur sur l'accès et l'utilisation des technologies naissantes et sur l'innovation, même dans les secteurs traditionnels comme l'agriculture et la santé.

9. Cela a des conséquences notables sur la participation de la région au marché mondial des technologies naissantes, de la compétitivité du secteur privé africain et en termes d'approfondissement de l'intégration régionale. Par exemple, plusieurs moments d'éclat en Afrique ont correspondu à l'arrivée d'ordinateurs, de tablettes, de téléphones portables et de logiciels ou de voitures, mais, dans la plupart des cas, il n'a pas été possible de tenir le rythme des évolutions technologiques rapides. En bref, au moment où un téléphone est lancé, le fabricant mène des activités de recherche-développement pour les modèles et les autres composants de la génération suivante de téléphones portables. On observe la même chose dans l'industrie automobile, l'industrie des appareils ménagers électroniques, de l'énergie et des produits pharmaceutiques. La capacité de la région à être concurrentielle dépendra de la solidité de ses compétences techniques, de la qualité de ses infrastructures de recherche et de la formation d'une masse critique de ses talents entrepreneuriaux et novateurs.

III. Objectif

10. L'objectif global du présent rapport est de mettre en lumière les contributions potentielles technologiques, économiques et sociales des technologies naissantes en Afrique et comment les pays africains arrivent à tirer parti des technologies émergentes pour satisfaire leurs aspirations de développement. Il vise également à stimuler les débats sur les sujets suivants : attributs clés et avantages des technologies naissantes, dispositions politiques et de gouvernance existantes et leur adaptation à l'objectif visé dans un monde en constante évolution, et comment l'intégration régionale peut aider à susciter des investissements dans les infrastructures et les compétences clés nécessaires pour débloquer tout le potentiel des technologies naissantes. Ses conclusions documenteront les activités de la CEA et des États membres.

IV. Technologies naissantes

11. Les technologies naissantes ne sont pas toujours des technologies nouvelles ; il peut s'agir d'applications de technologies existantes (comme l'argent mobile, les énergies renouvelables) ou du fruit de la convergence de technologies ou de disciplines (par exemple, la bio-informatique, l'intelligence artificielle, les véhicules électroniques). Pour cette raison, les technologies naissantes peuvent être qualifiées de technologies transformatrices ou de technologies d'avant-garde, et peuvent englober une

diversité de matériaux, de produits, d'applications, de processus et de modèles d'activité nouveaux, qui sont interdépendants, interconnectés et se renforcent mutuellement².

12. Les technologies naissantes ont en commun un certain nombre de caractéristiques associées à la capacité de transformer ou de perturber les industries actuelles, de redistribuer la valeur économique, sociale et environnementale, et d'altérer la manière dont les personnes vivent et travaillent, entre autres. Pour cette raison, on peut considérer que les technologies naissantes présentent les caractéristiques suivantes :

a) Discrétion : elles se diffusent et transforment la société furtivement (les nanotechnologies et les produits numériques se sont discrètement diffusés dans tous les secteurs) ;

b) Omniprésence : elles influencent et causent des changements dans tous les secteurs (intelligence artificielle dans la santé, l'agriculture, le transport) ;

c) Rôle moteur : elles permettent à d'autres technologies d'atteindre des niveaux de productivité plus élevés (biologie numérique dans la bio-informatique, nanotechnologie dans l'électronique) ;

d) Moteur d'innovation : elles ouvrent des possibilités illimitées d'innovation (les technologies mobiles ont engendré une infinité d'applications dans pratiquement tous les secteurs).

13. En 2016, l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE) a recensé environ 40 technologies clés appartenant à quatre grandes catégories : biotechnologie, matériaux de pointe, technologies numériques, et énergie et environnement (voir tableau 1). Un certain nombre de technologies, comme les drones dans la catégorie énergie et environnement, ne fonctionneront pas efficacement sans les technologies numériques et les matériaux de pointe dont elles sont faites. Ce document met en lumière l'interdépendance et la convergence de la plupart des technologies clés. Comme le montre l'encadré 1, les drones sont utilisés de manière différente en Afrique que dans les pays développés.

Encadré 1 :

Des drones pour l'Afrique

L'Afrique est un continent étendu et rural où se trouvent des paysages à couper le souffle, ainsi que des montagnes et des cours d'eau magnifiques. Compte tenu du sous-développement des infrastructures de transport, les drones ou les engins sans pilote sont des technologies modernes qui délivrent des fournitures médicales au Rwanda et au Ghana en très peu de temps, qui plantent des graines d'acacia depuis les airs pour freiner l'érosion du sol au Soudan du Sud, qui luttent contre le braconnage en Afrique du Sud pour empêcher l'érosion du sol, qui contrôlent le trafic au Kenya et qui planifient l'urbanisation en Namibie. On trouve de plus en plus d'applications civiles et humanitaires aux engins sans pilote.

En termes de renforcement des capacités, des organisations comme Flying Labs (<https://flyinglabs.org>) travaillent avec des centres de connaissances dans 13 pays en Afrique, six en Asie, cinq dans les Amériques et avec l'Espagne. L'organisation travaille avec des universités et d'autres parties prenantes pour éduquer les enfants et les jeunes au code, à la cartographie, à l'analyse et au pilotage, promouvoir l'utilisation sûre et responsable des technologies, mettre en place des environnements propices à la robotique, et

² *World Economic and Social Survey 2018: Frontier technologies for sustainable development* (La situation économique et sociale dans le monde 2018 : les technologies de pointe au service du développement durable) (E/2018/50/Rev.1-ST/ESA/370, anglais seulement).

aider à motiver les lois et les réglementations nationales. Un effort similaire est réalisé par African Drone (<https://africandrone.org>).

Tableau 1

Quarante technologies clés

<p>Biotechnologie</p> <p>Médecine personnalisée, bioinformatique, technologie de surveillance de la santé, médical et bioimagerie, cellules souches, médecine régénérative et ingénierie tissulaire, biocatalyse, biologie synthétique, biocapteurs et biopuces</p>	<p>Matériaux de pointe</p> <p>Nanomatériaux, matériaux fonctionnels, nanodispositifs, fabrication additive, nanotubes de carbone et graphène</p>
<p>Technologies numériques</p> <p>Informatique en nuage, chaîne de blocs, photonique et technologies basées sur la lumière, modélisation de simulation et jeux, grille informatique, robotique, mégadonnées et analyse, Internet des objets, intelligence artificielle et informatique quantique</p>	<p>Énergie et environnement</p> <p>Réseaux intelligents, véhicules autonomes, petits et micro satellite, drones, agriculture de précision, biocarburants, microgénération de courant, technologies de stockage d'énergie évoluées, piles à combustible, photovoltaïque, énergie hydrogène, technologies des énergies marines et marémotrices, capture et stockage du carbone, véhicules électriques et technologies des turbines éoliennes</p>

Source : OCDE, *Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2016* (Paris, 2016).

14. Pour exploiter efficacement ces technologies naissantes, il est nécessaire de fournir des informations sur la nature et l'état des évolutions scientifiques, technologiques et industrielles, les possibilités et les défis que ces technologies présentent et les facteurs de croissance ou leur absence. Ces renseignements peuvent aider les pays à adopter des mesures, des politiques et des réglementations appropriées permettant aux individus, aux entreprises et aux institutions d'acquérir, de maîtriser, de développer et d'utiliser des technologies naissantes de manières sûres, inclusives et responsables. Ce principe a été réaffirmé dans le rapport de la Conférence des ministres sur les travaux de sa cinquante-deuxième session, dans lequel la CEA est appelée à « aider les États membres à reproduire les bonnes pratiques de l'économie numérique » et les États membres à « renforcer leurs capacités humaines et technologiques » et à « formuler des plans intégrés pour le développement de l'économie numérique et verte³ ».

V. Participation de l'Afrique aux technologies naissantes

15. Un intérêt notable est porté au rôle de fer de lance des technologies naissantes dans la transformation du continent et la réalisation des objectifs du Programme de développement durable à l'horizon 2030. Les sous-sections suivantes examinent deux des grandes catégories des technologies naissantes : les technologies numériques et les matériaux de pointe, avec un accent sur les nanotechnologies.

³ Cinquante-deuxième session de la Conférence des ministres africains des finances, de la planification et du développement économique de la CEA, Marrakech (Maroc), 25 et 26 mars 2019.

A. Technologies numériques

16. Les technologies numériques transforment tous les aspects de la société et offrent aux pays africains l'occasion de rattraper leur retard technologique. Par exemple, l'Afrique abrite désormais 11,5 % des internautes dans le monde et son taux de pénétration d'Internet augmente plus rapidement que la moyenne mondiale. En d'autres termes, il y a désormais plus d'internautes en Afrique qu'en Amérique du Nord. De même, le nombre d'abonnés à la téléphonie mobile en Afrique est passé de 544 millions en 2010 à environ 1,2 milliard en 2018⁴. Avec quelque 550 millions d'abonnés mobiles uniques, l'Afrique compte plus d'utilisateurs de téléphone mobile uniques que la population de l'Union européenne, de l'Afrique du Nord ou de l'Amérique du Sud. L'Afrique subsaharienne seule a une économie mobile de 144 milliards de dollars, soit environ 8,6 % en 2018⁵.

17. Dans cette optique, l'Afrique s'en sort relativement bien et est même en première position dans certains domaines, comme le nombre de comptes actifs d'argent mobile (45,6 % de la part mondiale), devant l'Asie du Sud (33 %) et l'Asie de l'Est et le Pacifique (11,3 %). Les exemples encourageants de M-Pesa et Zoono ont suscité un grand intérêt auprès des innovateurs, des entrepreneurs, des investisseurs et des dirigeants politiques pour encourager l'adoption de services mobiles et de centres d'innovation et leur croissance sur le continent.

18. Il existe aujourd'hui 618 centres technologiques en Afrique où des multitudes de jeunes travaillent principalement sur des solutions numériques pour l'agriculture, la santé, l'éducation, la finance et de nombreuses autres questions. Ce chiffre a augmenté de 40 % par rapport à 442 en 2018. Un certain nombre de centres technologiques bénéficient maintenant de l'appui d'entreprises numériques mondiales comme Mobile Telecommunication Company (MTN), Google, IBM et Orange, ainsi que de réseaux régionaux (par exemple, South African Innovation Support basé en Namibie).

19. L'Afrique doit encore exploiter le dividende de l'économie numérique. Par exemple, le trafic Internet total est passé de 2 000 gigabits (Gb) par seconde en 2007 à 46 000 Gb par seconde⁶. La part du trafic Internet mondial de la région est inférieure à 1 %. La médiocrité des infrastructures Internet, le coût d'Internet et les risques et les coûts associés à l'utilisation accrue d'Internet dans les affaires sont certains des facteurs qui peuvent décourager les entreprises et les institutions africaines à investir dans l'accroissement de l'utilisation des solutions numériques.

20. L'économie numérique est sous-tendue par différentes technologies clés, comme l'intelligence artificielle, l'apprentissage automatique, l'informatique en nuage (voir encadré 2), la chaîne de blocs, l'Internet des objets, la robotique et l'impression 3D. Les capacités du continent dans ces domaines sont toujours en train d'émerger. Par exemple, les estimations données par la Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement (CNUCED) dans son rapport 2019, indiquent que l'Afrique et l'Amérique latine représentent une part combinée de 1 % des 70 plus grandes plateformes numériques dans le monde, contre 90 % pour la Chine et les États-Unis d'Amérique. On observe une tendance similaire en termes de brevets relatifs à la chaîne de blocs, de dépenses mondiales dans l'Internet des objets et de marché mondial d'informatique en nuage commerciale⁷.

⁴ GSMA, *618 active tech hubs: the backbone of Africa's tech ecosystem*, 10 juillet 2019.

⁵ GSMA, *L'économie mobile, Afrique subsaharienne 2019* (voir <https://www.gsma.com/r/mobileeconomy/sub-saharan-africa/>).

⁶ Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement, *Digital Economy Report 2019, Value Creation and Capture : Implications for Developing Countries* (Genève, 2019).

⁷ *Ibid.*

21. Si l'Afrique a de bons résultats en termes de taux de croissance d'Internet et du nombre d'utilisateurs d'appareils mobiles, l'intérêt du continent dans l'appropriation des technologies numériques, la part du marché numérique et les plus grandes plateformes numériques restent faibles. L'Afrique doit renforcer ses capacités non seulement d'utilisation mais aussi d'appropriation des technologies et soutenir le développement d'entreprises pour réaliser le potentiel offert par l'économie numérique. La transformation numérique ne concerne pas seulement l'investissement dans les technologies, mais également les compétences, les changements organisationnels, les nouveaux systèmes et les nouveaux modèles d'activité associés pour accroître la productivité. Ce sont ces investissements complémentaires qui pourront être élevés pour de nombreuses petites et moyennes entreprises en Afrique.

22. Par exemple, Jumia Technologies, surnommée l'Amazon africain, est devenue la première entreprise de technologie numérique africaine à intégrer la Bourse de New York en avril 2019 et l'une des quelques entreprises valant plus d'un milliard de dollars. Ces entreprises ont davantage investi dans les compétences et les arrangements organisationnels qui leur permettent de faire fonctionner un « megastore » et un service de livraison. De même, DHL a lancé Africa-eShop, qui permet aux personnes et aux entreprises en Afrique d'acheter en ligne des articles auprès de plus de 200 magasins majeurs aux États-Unis d'Amérique et en Grande-Bretagne et de se faire livrer directement chez eux. Dans ce cas, DHL combine des services de commerce en ligne et son expertise et son expérience de la livraison d'envois partout dans le monde pour faire fonctionner Africa-eShop.

23. Même si le potentiel des technologies numériques est énorme, les gouvernements peuvent vouloir soutenir la recherche-développement, l'acquisition de technologies et le développement d'infrastructures en vue d'encourager et d'améliorer la croissance inclusive de l'économie numérique.

Encadré 2 :

Informatique en nuage

L'informatique en nuage est l'une des technologies de base de l'économie numérique car de plus en plus de personnes, d'entreprises et d'institutions génèrent de grandes quantités de données que leurs systèmes ne peuvent pas stocker, traiter et utiliser. Aujourd'hui, il est prévu que les services publics d'informatique en nuage connaissent une croissance de 17,5 % en 2019, passant de 182,4 milliards de dollars à 214,3 milliards dans le monde, et devrait atteindre 331,2 milliards de dollars en 2022⁸. Certaines grandes entreprises (comme Amazon, Google et Microsoft) réalisent des investissements massifs dans les applications d'informatique en nuage, la gestion des infrastructures, la sécurité et les processus de gestion, entre autres.

Il existe une effervescence concernant le fait que la croissance de la demande d'informatique en nuage en Afrique attirera plusieurs prestataires de services mondiaux sur le marché africain. Les banques, hôtels et services publics principaux sur le continent ont déjà recours à des services d'informatique en nuage en dehors d'Afrique et le marché progresse d'environ 30 % par an, et les recettes devraient atteindre 4 milliards de dollars d'ici à 2023 (1,2 % du marché mondial). Le lancement récent de centres de données Microsoft Azure et Huawei African Cloud (à Johannesburg et au Cap) en 2019 et l'annonce du lancement d'Amazon Web Services en 2020 indiquent que le marché africain est prêt pour les services d'informatique en nuage et devrait se développer.

Source : Auteur, sur la base de différentes sources (2019).

24. Plusieurs difficultés notables peuvent gêner les chances du continent de tirer pleinement parti de l'économie numérique. La médiocrité des

⁸ Gartner, *Gartner forecasts worldwide public cloud revenue to grow 17.5 per cent in 2019*, 2 avril 2019.

infrastructures d'appui, le coût des services numériques, le manque de capital humain ayant les compétences nécessaires pour effectuer le travail, l'inadéquation des incitations et le cadre réglementaire sous-optimal constituent les principaux défis auxquels font face les pays africains. De plus, l'investissement et les capacités institutionnelles nécessaires pour acquérir, maîtriser, élaborer, utiliser et promouvoir les innovations dans les technologies numériques n'en sont encore qu'à un stade naissant.

25. On craint également que l'économie numérique n'entraîne des pertes d'emplois, une réduction des investissements directs étrangers et des pertes de revenus. Par exemple, les pays peuvent compter sur l'expertise et l'infrastructure partout dans le monde ou sur une automatisation accrue (ou les deux), ce qui réduit le besoin de main-d'œuvre. Bien que l'emploi dans le secteur des technologies de l'information et des communications ait augmenté, on craint des pertes d'emplois dans des secteurs comme l'agriculture, la fabrication et la santé.

26. Les différences de coûts salariaux entre pays développés et pays en développement pourraient être compensées par l'automatisation, ce qui entraînerait une réduction des flux d'investissement étranger direct motivé par la recherche de gains d'efficacité. Étant donné que l'investissement étranger direct a été l'un des canaux de diffusion des technologies de pointe et des bonnes pratiques mondiales dans le monde entier, la réduction de l'investissement étranger direct pourrait causer un accroissement des inégalités en matière de connaissances, de technologie et de revenus entre pays riches et pays pauvres.

27. La fiscalité des entreprises numériques reste un défi. Des entreprises comme Jumia et Amazon peuvent aider les entreprises africaines à commercer avec leurs clients où qu'ils soient. Elles donnent également aux individus les moyens d'entreprendre un travail n'importe où, quel que soit l'endroit où ils vivent. L'économie numérique redéfinit le lieu de travail et l'apport de valeur ajoutée. Les réglementations fiscales doivent rattraper leur retard en termes d'économie numérique, mais les développements récents dans certains pays européens, tels que la France et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, qui taxent l'économie numérique, peuvent fournir des exemples aux pays africains.

B. Matériaux de pointe axés sur la nanotechnologie⁹

28. Tout comme les technologies numériques, la nanotechnologie est une technologie à usage général et une technologie de plateforme d'infrastructure qui stimule les développements dans d'autres technologies et secteurs de l'économie. Par exemple, la nanotechnologie est à l'origine de la révolution des technologies de l'information et des communications – en donnant naissance à la nanoélectronique –, des puces et des transistors extrêmement miniaturisés intégrés aux processeurs rapides et au développement de disques durs ayant une capacité de traitement et de stockage illimitée¹⁰. La nanotechnologie accélère le développement de la biotechnologie et fait également partie intégrante de la fabrication de pointe.

29. C'est pour ces raisons que les nanotechnologies ont été qualifiées d'omniprésentes, de moteurs et de leviers clés de la prochaine révolution industrielle. La chaîne de valeur de la nanotechnologie (voir tableau 2) va des outils nécessaires pour manipuler la matière à l'échelle nanométrique aux

⁹ Cette section s'appuie principalement sur les résultats de la réunion du Groupe d'experts sur le thème « Un avenir pour les nanotechnologies en Afrique ? Politiques et réglementations ».

¹⁰ National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, *Triennial Review of the National Nanotechnology Initiative* (Washington, The National Academies Press, 2016).

produits finis qui incorporent des nanomatériaux. Il est presque impossible d'éviter les produits qui incluent certains aspects de la nanotechnologie sur le marché – on en trouve dans les machines à laver et les détergents, les cosmétiques, les médicaments, les emballages alimentaires, les produits électroniques, les ordinateurs et les téléphones portables, entre autres.

Tableau 2

Chaîne de valeur de l'industrie de la nanotechnologie

	<i>Nano-outils</i>	<i>Nanomatériaux</i>	<i>Nanomatériaux intermédiaires</i>	<i>Produits rendus possibles par la nanotechnologie</i>
Description	Équipements et logiciels de visualisation, de manipulation et de modélisation	Formes non traitées de structures à l'échelle nanométrique	Produits intermédiaires avec des caractéristiques à l'échelle nanométrique	Produits finis incorporant la nanotechnologie
Exemple	Équipement de lithographie par nano-impression	Nanoparticules, points quantiques et nanotubes	Puces mémoires et logiques, fils supraconducteurs, tissus	Appareils électroniques, médicaments, plastiques, voitures

Source : Michael Berger, *Debunking the trillion-dollar nanotechnology market size hype*, Nanowerk ; voir www.nanowerk.com/spotlight/spotid=1792.php (en anglais).

30. L'OCDE a défini la nanotechnologie comme la compréhension des processus et des phénomènes et l'application de la science et de la technologie aux organismes, aux matériaux organiques et inorganiques, ainsi qu'à leurs parties, produits et modèles, à l'échelle nanométrique (mais pas exclusivement inférieure à 100 nanomètres) dans une ou plusieurs dimensions, où l'apparition des phénomènes liés à la taille permet généralement de nouvelles applications¹¹. La nanotechnologie comprend les nanomatériaux, la nanoélectronique, la nanophotonique, la nanomédecine, la nanomagnétique et la nanomécanique.

31. À l'heure actuelle, la nanotechnologie permet la surveillance à distance de la santé des patients au moyen de capteurs portables et de tissus intelligents, la détection des maladies au moyen de laboratoires portables sur puce et l'allongement de la durée de conservation des aliments grâce à des emballages compatibles avec la nanotechnologie qui tuent les bactéries. Majumder, Mondal et Deen (2017), Vu et Kim (2018) et Sharma *et al.* (2017) ont entrepris des recherches sur ces nanotechnologies. Le rêve des produits nanotechnologiques se réalise non seulement dans les secteurs de haute technologie (électronique), mais aussi dans les industries de basse et moyenne technologie (comme les carreaux de céramique faciles à nettoyer, les textiles qui repoussent la saleté et les produits de nettoyage qui ramassent la poussière).

32. Pour ce qui est de la taille du marché, les revenus tirés des produits issus de la nanotechnologie sont passés de 850 millions de dollars en 2012 à 1 600 milliards de dollars en 2014 (une croissance d'environ 90 %). La forte croissance du marché des nanotechnologies est due en partie à l'augmentation des investissements dans la recherche-développement, qui entraînent de nouvelles applications industrielles à un rythme rapide. C'est ce qui ressort de l'augmentation du nombre de publications scientifiques liées à la nanotechnologie, qui est passé de 13 000 en 1997 à 154 000 en 2016 (soit un taux de croissance annuel de 14 %), 141 170 demandes de brevet ayant été déposées auprès du Bureau des brevets et des marques des États-Unis (USPTO) et de l'Organisation européenne des brevets (OEB) entre 2001 et

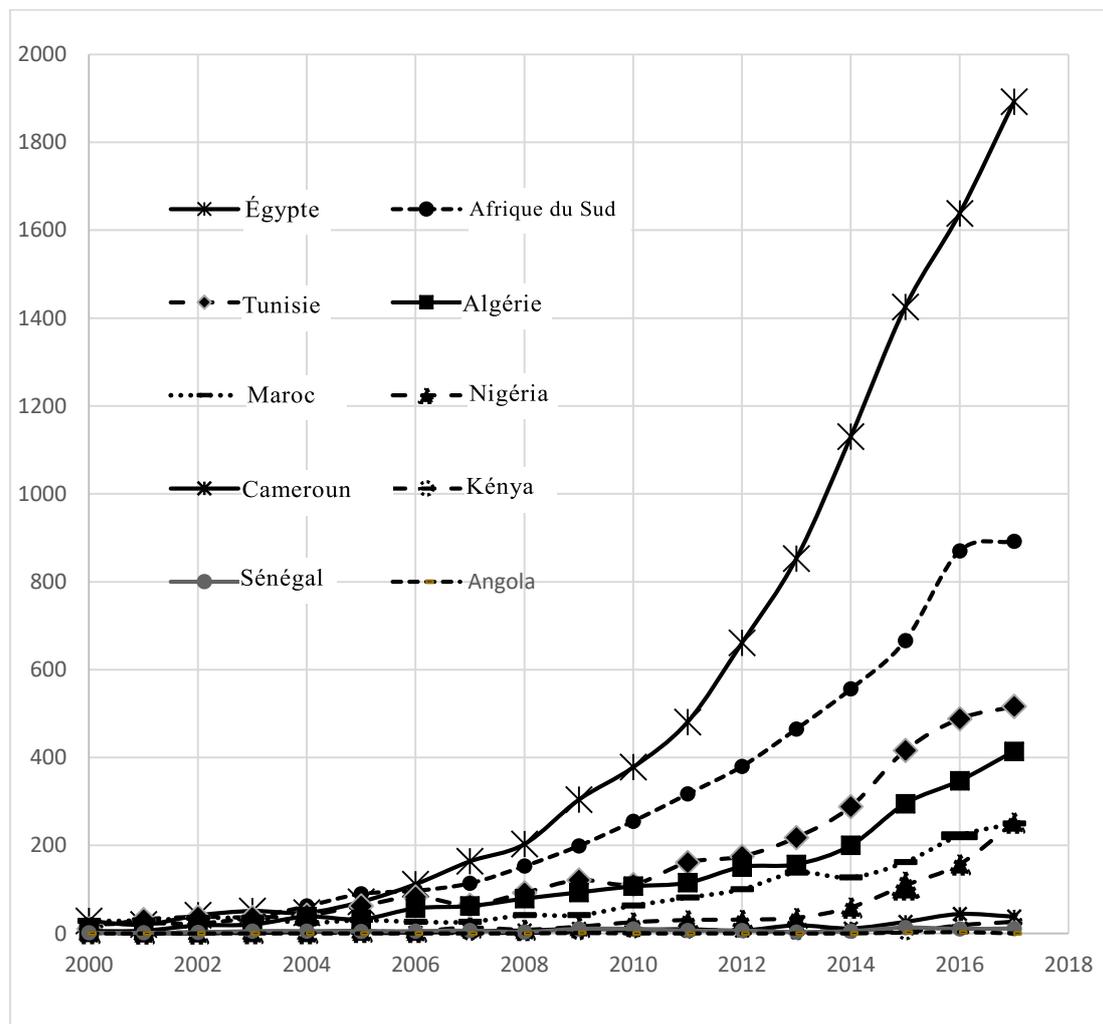
¹¹ OCDE, Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2016 (Paris, 2016).

2017. La figure I montre les dix premiers pays africains qui produisent des articles nanotechnologiques.

33. Bien que les nanotechnologies aient eu un impact sur tous les aspects de la vie, il est probable qu'elles aient eu un impact plus important sur les objectifs de développement durable numéros 2 (alimentation), 3 (santé), 7 (énergie), 8 (emploi), 9 (infrastructures et innovation), 11 (villes) et 12 (consommation responsable). C'est dans ces domaines que sont ciblés la plupart des investissements privés dans la recherche-développement, dans lesquels les brevets sont délivrés et les technologies à fort impact sont concentrées. L'impact de la nanotechnologie sur d'autres objectifs du développement durable sera tout aussi important, mais probablement indirect, à moins que le continent n'investisse dans des applications clés de la nanotechnologie qui l'intéressent (par exemple, l'eau, les changements climatiques et la paix et la sécurité).

34. Un certain nombre de pays en développement (comme la Chine, l'Iran et l'Arabie saoudite) figurent parmi les pays les plus performants en matière de recherche-développement dans le domaine des nanotechnologies. Les États-Unis demeurent le premier contributeur, suivis de la Corée, du Japon et de l'Allemagne. Entre 2010 et 2017, le taux de croissance le plus rapide a été enregistré par l'Arabie saoudite – de 8 à 167 demandes de brevets pendant cette période. En comparaison, l'Afrique du Sud a déposé 94 demandes de brevet pour des inventions liées aux nanotechnologies auprès de l'USPTO et de l'OEB entre 2001 et 2017. Même les pays africains les plus avancés sur le plan technologique sont en retard par rapport à leurs pairs moins avancés à cet égard. En somme, le continent semble être à la traîne.

Figure I

Articles nanotechnologiques produits par les dix premiers pays africains

Source : Informations tirées de la base de données Statnano (2019).

35. Les nanotechnologies sont déjà utilisées en Afrique. Des pionniers comme l'Afrique du Sud ont élaboré des stratégies et mis en place l'infrastructure de base pour exploiter les nanotechnologies dans les secteurs industriel (transformation, biotraitement et fabrication) et social (eau propre, énergie et soins de santé primaires). En Ouganda, un centre d'excellence en nanotechnologie de l'Université Makerere, financé par la Banque mondiale, applique la nanotechnologie à la phytothérapie et au traitement des minéraux à des fins médicales. En Éthiopie et en République-Unie de Tanzanie, des entreprises exploitent des nanofiltres pour fournir de l'eau potable salubre sans utiliser de grandes quantités de produits chimiques et une énergie considérable. Certaines mines africaines utilisent des nanocapteurs pour surveiller les températures élevées.

VI. Perspective régionale pour exploiter les technologies émergentes

36. Dans le contexte de l'émergence de la Zone de libre-échange continentale africaine et de l'essor des activités scientifiques, technologiques et d'innovation régionales de plusieurs commissions économiques régionales, des mesures visant à utiliser les blocs régionaux pour élaborer des stratégies communes, des infrastructures de recherche, des espaces d'innovation et des

applications industrielles des nouvelles technologies peuvent être utiles pour relever les défis liés aux compétences et aux infrastructures de recherche et développement. Actuellement, les pays africains collaborent davantage avec des partenaires extérieurs au continent que leurs voisins.

37. Une grande partie des technologies émergentes nécessite d'énormes investissements dans l'infrastructure de recherche et de développement dans diverses disciplines, ce que la plupart des pays africains ne peuvent se permettre. En conséquence, le développement de systèmes et de plateformes régionaux d'innovation pourrait alléger les contraintes en matière de ressources financières et regrouper l'expertise limitée dans un vaste domaine de technologies pour interagir et se renforcer mutuellement. Par exemple, l'expertise en neurosciences dans un pays sera utile pour la conception et le développement de l'intelligence artificielle dans un autre pays, ce qui, à son tour, peut aider à faire avancer la recherche en neurosciences. De tels systèmes régionaux d'innovation pourraient également contribuer à combler les lacunes en matière de connaissances et d'expertise, à ouvrir l'accès aux ressources clés (comme les minéraux, le financement et les réseaux) et à créer la masse critique nécessaire pour entreprendre des recherches dans des domaines multidisciplinaires à forte intensité de connaissances.

38. L'harmonisation des réglementations et des pratiques pourrait se faire au niveau régional. L'environnement, la sécurité, le travail, la concurrence, les normes et les prix pourraient également être arrêtés au niveau régional et adaptés aux réalités nationales. Bien que de nouvelles technologies émergent dans des domaines tels que les médicaments, les télécommunications, la cybercriminalité et la cybersécurité, peu d'efforts ont été faits pour mettre au point des approches similaires pour les technologies émergentes. Par exemple, sur les 39 pays membres participants aux comités techniques ISO/TC 229 Nanotechnologies de l'Organisation internationale de normalisation (ISO) qui élabore des normes en matière de nanotechnologie, un seul membre représente l'Afrique (l'Afrique du Sud), sept sont des pays d'Asie et trois des pays d'Amérique latine. Cinq autres pays africains (l'Égypte, l'Éthiopie, le Kenya, le Maroc et la Zambie) sont membres observateurs.

39. Étant donné que la plupart des avantages des technologies émergentes seront ressentis au niveau individuel et au niveau des entreprises, des efforts régionaux visant à élaborer des normes et réglementations minimales acceptables pourraient accélérer le rythme des progrès technologiques, attirer des investissements dans les technologies émergentes et renforcer l'intégration régionale. L'exemple de la croissance de la téléphonie mobile donne à penser que de tels efforts visant à réduire les prix élargissent le marché et encouragent l'adoption de la technologie par les particuliers, les institutions et les entreprises.

40. Des mesures en vue de la création d'une plateforme ou un inventaire des installations de recherche et des experts impliqués dans les technologies émergentes pourraient renforcer la collaboration intrarégionale et encourager davantage de pays à exploiter les technologies émergentes pour atteindre leurs objectifs de développement. La collaboration intra-africaine pourrait également être considérée comme de la diplomatie scientifique – permettant aux populations et aux entreprises de mieux comprendre les défis et les possibilités au-delà de leurs frontières nationales – ce qui pourrait stimuler l'innovation et l'intégration régionale.

VII. Conclusion

41. Au cours des dernières années, la CEA a entrepris des recherches sur les politiques rigoureuses et a fourni des conseils aux États membres sur plusieurs technologies émergentes, telles que la chaîne de blocs, l'intelligence artificielle et la nanotechnologie. Les technologies émergentes offrent à l'Afrique la possibilité de faciliter une intégration régionale plus poussée. La numérisation des administrations fiscales grâce à des systèmes de paiement et de traitement intégrés (tels que E-Visa) réduit le temps nécessaire à la prise en charge des marchandises et des personnes aux frontières et augmente le recouvrement des recettes en éliminant la fraude grâce, entre autres, au paiement électronique direct des impôts. De plus, la main-d'œuvre n'a pas besoin de traverser les frontières pour fournir des services à valeur ajoutée (comme l'informatique en nuage et la gestion et la protection de l'infrastructure numérique) ou participer à l'innovation et à la modernisation technologique ou à l'analyse des données.

Recommandations

a) À l'heure actuelle, la CEA examine les applications et les implications de trois technologies émergentes dans le domaine de la santé et des transports en Afrique pour guider l'élaboration des politiques. Ces secteurs sont considérablement transformés par l'émergence du numérique, de l'énergie, de la nanotechnologie et des biotechnologies ;

b) La CEA entreprendra des évaluations pour déterminer les besoins des pays en matière de systèmes d'alerte rapide en tant qu'élément majeur du renforcement de la résilience aux effets des conditions météorologiques et climatiques. La CEA a collaboré avec les gouvernements de Cabo Verde, de Maurice et des Seychelles pour installer des systèmes numériques de prévision météorologique à haute résolution afin d'améliorer les capacités d'alerte rapide des organismes hydrologiques et météorologiques des îles. La CEA a également fourni un appui aux organismes de météorologie en Afrique pour l'installation de stations météorologiques automatisées (par exemple, en Éthiopie, au Rwanda et au Sénégal) ;

c) La CEA continuera de collaborer avec la Carnegie Climate Governance Initiative (C2G) afin d'étudier les possibilités d'appuyer l'élaboration d'instruments politiques et réglementaires appropriés pour les technologies de capture, d'utilisation et de stockage du carbone en Afrique. Le captage, l'utilisation et le stockage du carbone constituent une stratégie clé pour atteindre l'objectif de 1,5 degré de l'Accord de Paris. Jusqu'à présent, la participation africaine au processus a été minime. Les innovations dans ce domaine sont susceptibles de se poursuivre sans un environnement politique et réglementaire approprié sur le continent.

VIII. Questions à examiner

a) Quels sont les défis politiques auxquels sont confrontées les technologies émergentes et quelle est la meilleure façon de les gérer ? Les pays devraient-ils poursuivre des politiques technologiques individuelles ou mettre en place des politiques et des stratégies intégrées en matière de technologies émergentes ?

b) Quels sont les instruments politiques appropriés susceptibles d'apporter des gains de développement qui soient inclusifs et équitables, compte tenu des besoins des petites et moyennes entreprises, des femmes et des jeunes ?

c) Comment l'Afrique peut-elle améliorer l'environnement des affaires pour encourager les entreprises à investir dans les technologies émergentes et à réaliser des gains de productivité ?

d) Quelles sont les meilleures approches pour renforcer et tirer parti de la coopération et de la collaboration intra-africaines dans le domaine des technologies émergentes ?

e) Quelles aptitudes et compétences sont nécessaires pour préparer les jeunes Africains à de futurs emplois ? Quelles sont les bonnes pratiques existantes et émergentes dont l'Afrique peut s'inspirer ?

f) Quels sont les principaux défis sociaux et réglementaires que présentent les technologies émergentes en Afrique ? Que faut-il faire pour minimiser leurs impacts ?
