ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

UN TECHNOLOGY
UNITED NATIONS TECHNOLOGY BANK FOR LEAST DEVELOPED COUNTRIES

EIF Enhanced Integrated Framework
Trade for LDC development

LDC5
5TH UNITED NATIONS CONFERENCE ON THE LEAST DEVELOPED COUNTRIES

Faire entrer les PMA dans l'ère du numérique: une perspective 4IR pour favoriser le développement durable

CINQUIÈME CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES DES PAYS LES MOINS AVANCÉS (PMA5)

www.unido.org

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

© ONUDI 2021. Tous droits réservés. Le présent document a été élaboré sans avoir été revu par les services d'édition de l'ONU. Les appellations utilisées et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part du Secrétariat de l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ou à la délimitation de leurs frontières, à leur système économique ou à leur niveau de développement. Les qualificatifs tels que « développé », « industrialisé » ou « en développement » sont employés à des fins statistiques et n'expriment aucun jugement sur le stade atteint dans le processus de développement par un pays ou une zone donnés. La mention du nom ou des produits commerciaux d'une entreprise n'implique aucune prise de position en leur faveur de la part de l'ONUDI.

© 2021 - Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
© 2021 - www.unido.org, www.adobestock.com

Faire entrer les PMA dans l'ère du numérique: une perspective 4IR pour favoriser le développement durable

CINQUIÈME CONFÉRENCE DES NATIONS UNIES
SUR LES PAYS LES MOINS AVANCÉS (PMA5)

LDC5
5TH UNITED NATIONS
CONFERENCE ON THE
LEAST DEVELOPED COUNTRIES

Vienne, Autriche
2021

ONUDI

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

REMERCIEMENTS

La présente publication a été préparée par l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) en coopération avec le Cadre intégré renforcé et la Banque de technologies des Nations Unies pour les pays les moins avancés (Banque de technologies des Nations Unies).

Elle a été élaborée sous la direction générale de M. Bernardo Calzadilla-Sarmiento. Elle s'appuie sur le travail de M. Nikola Neftenov, M. Samy Kebaish, Mme Mirjana Stankovic, Mme Ana Ristovska et de M. Ranjan Kotnala, qui a été facilité par M. Ravi Gupta de Tambourine Innovation Ventures. Plusieurs membres de l'équipe centrale de l'ONUDI ont contribué à l'élaboration et au suivi de ce document : M. Marco Kamiya, M. Alejandro Rivera Rojas, M. Fernando Santiago Rodríguez, Mme Freya Gruenberg, Mme Jessica Neumann et Mme Rebeca Gallardo Gómez.

L'ONUDI remercie également tous ceux qui ont directement participé et fait part des leurs commentaires, notamment M. Ratnakar Adhikari et M. Peter Donelan (Cadre intégré renforcé), M. Joshua Phoho Setipa et M. Moshe Kao (Banque de technologies des Nations Unies).

L'accompagnement en matière de coordination a été effectué par Mme Anna Schrenk. La mise en forme a été réalisée par Excelcis SARL.

AVANT-PROPOS
ORGANISATION DES NATIONS UNIES POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL

Je suis vraiment très heureux d'écrire un mot d'introduction pour ce document d'information intitulé « Faire entrer les PMA dans l'ère du numérique : l'industrie 4.0 à l'heure du développement durable ». Les pays les moins avancés (PMA) sont une priorité clé de l'ONUDI, car ils concernent environ 13 % de la population, mais ne constituent que 1,2 % du PBI mondial. Cette situation correspond parfaitement à la mission de l'ONUDI qui est de promouvoir un développement industriel inclusif et durable, et notamment à l'objectif principal du Programme de développement durable à l'horizon 2030 : éradiquer la pauvreté et ne laisser personne pour compte. Sans mettre en place un objectif stratégique et réglementaire solide qui traite des besoins, capacités et priorités propres aux PMA, cet objectif ne sera pas atteignable.

SI les grandes tendances au niveau mondial impliquent de trouver au plus vite des solutions dans un contexte de développement industriel en rapide évolution, elles font également se rapprocher à grande vitesse les échéances liées à la mise en œuvre du Programme 2030. L'impératif de répondre aux questions de développement dans le cadre de la quatrième révolution industrielle, du changement climatique et de la pandémie de COVID-19 appelle des solutions urgentes et sur mesure. Dans cette situation, des interventions sont nécessaires en vue d'augmenter les capacités de manière significative. Sans cela, impossible d'entamer le processus de transition numérique, lequel a également mis en évidence une fracture numérique qui ne cesse de s'aggraver. Une étude de l'ONUDI estime qu'une dizaine d'économies détiennent plus de 90 % des brevets au niveau mondial et constituent 70 % des exportations en lien avec les technologies avancées de production numérique. Les PMA sont tout particulièrement exposées à ce retard, car elles dépendent majoritairement des industries basées sur la main-d'œuvre. Les approches innovantes de la réglementation, telles que la mise en place d'un droit souple et de bacs à sable réglementaires, émanent souvent d'acteurs dont le contexte lié à l'industrie 4.0 diffère du tout au tout.

L'ONUDI mobilise ses ressources pour venir en aide aux États membres issus de PMA afin d'intégrer la dimension d'industrie 4.0 à leur processus de développement national. Prévue prochainement, la cinquième Conférence des Nations Unies sur les pays les moins avancés aura un rôle essentiel à jouer : mettre au point un cadre pour succéder au Programme d'action d'Istanbul. L'ONUDI y voit une opportunité d'exploiter la puissance des sciences, des technologies et des innovations pour permettre la réalisation des objectifs de développement durable, et se tient prête à soutenir la mise en œuvre du Programme d'action de Doha 2022-2031 en faveur des PMA. À cette fin, la Conférence ministérielle des PMA fournira à notre Organisation une plateforme consultative afin de mieux comprendre comment faire pour que l'industrie 4.0 profite à tous. La Conférence ministérielle viendra compléter nos Dialogues de développement régional sur l'industrie 4.0 afin de définir le cadre stratégique de l'ONUDI concernant l'industrie 4.0 « Faire profiter l'industrie 4.0 à tous ».

Ce document propose un certain nombre de recommandations importantes sur la manière d'aller de l'avant. Comme nous souhaitons progresser dans ce domaine, des approches collaboratives sont donc nécessaires. C'est pourquoi nous sommes reconnaissants du travail réalisé entre nos collègues du Cadre intégré renforcé (CIR) et ceux de la Banque des technologies des Nations Unies pour mettre au point ce document. Nous avons à cœur de renforcer cette coopération et d'inclure également d'autres partenaires pour parvenir à la réalisation des objectifs du Programme 2030 grâce au développement industriel inclusif et durable.

LI Yong

AVANT-PROPOS
CADRE INTÉGRÉ RENFORCÉ

Si certains pays les moins avancés (PMA) avancent positivement vers un reclassement, beaucoup d'entre eux sont encore très fragiles. Ce document présente les priorités absolues que les PMA doivent prendre en compte pour pouvoir exploiter toutes les possibilités proposées par l'industrie 4.0. Il fait état des obstacles et des défis existants dans les PMA et présente les solutions possibles à explorer pour les surmonter.

Un développement basé sur l'innovation sera sans aucun doute essentiel aux PMA au cours de la décennie à venir et au-delà. Il est toutefois nécessaire de comprendre clairement ces concepts dont l'évolution est rapide : c'est un point de départ important pour réussir un éventuel développement et une croissance. Ce document présente un aperçu déterminant de ces concepts de plus en plus mal compris. Il est également important de saisir précisément toute l'ampleur de la fracture existante entre les PMA et le reste du monde en matière d'accès aux technologies, de moyens pour y accéder et de leur utilisation ; il est surtout crucial de bien comprendre ce processus au sein même des PMA. Par exemple, s'agissant des technologies numériques, le fossé femmes-hommes et entre ruraux et citadins est sans équivoque dans les PMA.

Les PMA sont plus susceptibles d'être confrontés aux impacts les plus graves du changement climatique, avec des prévisions allant de la montée du niveau des océans à la désertification, en passant par la survenue de plus en plus fréquente d'évènements climatiques extrêmes. Les programmes d'aide pour le commerce, tels que le CIR, doivent jouer un rôle majeur dans la solution à ces questions, et ce document nous propose des données de premier plan. Le déploiement des technologies de l'industrie 4.0 peut contribuer à surmonter ce défi urgent. Ce document met en évidence la manière dont les engagements de l'Accord de Paris (100 milliards de dollars annuels en financements pour le climat), en mesure de contribuer à cette transformation technologique, sont à la traîne. Dans ce cadre, l'aide pour le commerce peut permettre de tirer parti du financement pour le climat et de venir compléter ce dernier.

Quelques secteurs au sein des PMA ont déjà tenté d'exploiter tout le potentiel des technologies de l'industrie 4.0. On pourrait citer par exemple l'amélioration de la traçabilité du café en Éthiopie grâce à la blockchain ; la fourniture, par une entreprise népalaise, de services back-end qui utilisent l'intelligence artificielle et le machine learning ; et l'utilisation de drones pour effectuer des livraisons de sang dans les régions les plus isolées du Rwanda.

L'industrie 4.0 offre des opportunités de croissance pour les petites et moyennes entreprises et propose des effets transformateurs dans différents secteurs tels que l'agrobusiness, la construction, la finance, l'énergie, le tourisme et la santé. Le travail du CIR, dans l'accompagnement d'une infrastructure informatique en Éthiopie ou la dématérialisation du commerce par l'intermédiaire de plateformes de commerce électronique au Cambodge ou au Sénégal, nous prouve que ces domaines représentent la base nécessaire à l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 par les PMA.

Le futur Programme d'action de Doha 2022-2031 en faveur des PMA sera essentiel à ces pays dans leur course aux objectifs de développement durable. Sur ce point, ce document propose des recommandations pratiques et les compare aux cadres stratégiques existants. Des efforts concertés de la part des gouvernements, des partenaires pour le développement ainsi que du secteur privé seraient nécessaires pour les mettre en œuvre et parvenir aux résultats voulus.

Ratnakar Adhikari

AVANT-PROPOS
BANQUE DE TECHNOLOGIES DES NATIONS UNIES POUR LES PAYS LES MOINS AVANCÉS

Si, au cours des dernières décennies, le rôle des sciences, des technologies et de l'innovation a contribué de manière significative au développement de nombreux pays, les pays les moins avancés (PMA) n'ont pas complètement bénéficié de ces avancées technologiques. La quatrième révolution industrielle, déclenchée par des technologies telles que l'intelligence artificielle (IA), la robotique et l'internet des objets (IoT), est en mesure de proposer un développement rapide, mais également un accroissement des inégalités au sein des pays et entre eux.

Les technologies de l'industrie 4.0 ont un impact socioéconomique et un effet transformateur sur le plan économique qui touchent, au niveau mondial, les systèmes économiques de production de main-d'œuvre nécessitant des compétences et des capacités numériques. Les PMA devraient tirer parti des opportunités leur permettant d'établir des synergies au sein des secteurs de la politique, du commerce, de l'industrie, de l'éducation, etc. qui correspondent aux exigences de l'industrie 4.0. Augmenter les investissements, de la recherche et du développement, à l'éducation, en passant par le renforcement des compétences numérique et l'amélioration des capacités institutionnelles, est essentiel pour aider les PMA à se transformer en économies fondées sur le numérique.

Le rôle important que jouent la connectivité et la réduction du fossé entre les pays développés, en voie de développement et les moins avancés permettra aux PMA d'accéder à des technologies qui répondent à leurs propres besoins, de les adopter et de s'y adapter. Avec 20 % de leur population connectée à internet, les PMA sont les pays les moins bien desservis sur ce point. La pandémie de COVID-19 a représenté un risque de santé publique et a eu un impact socioéconomique. Ce double effet a mis en évidence l'importance de la connectivité et le coût relatif d'une absence de connexion à internet.

Les technologies émergentes ainsi que les connexions en haut débit ont également joué un rôle majeur. Elles ont permis de réagir aux défis d'ampleur mondiale survenus au sein d'un certain nombre de domaines interconnectés tels que l'éducation, l'emploi, la santé, l'agriculture, les inégalités, le changement climatique et la gouvernance. Réussir à s'adapter à des secteurs à multiples facettes, à une coordination et à des partenariats faisant appel à plusieurs parties prenantes sont autant d'occasions de soutenir les pays en voie de développement et les PMA afin qu'ils tirent parti des technologies pendant la décennie d'action. La cinquième Conférence sur les pays les moins avancés est une chance de générer un impact transformateur sur les PMA. Le but est qu'ils réussissent à se servir des technologies pour simuler leur productivité et entamer des transformations structurelles au sein de leurs économies.

Joshua Setipa

Joshua Phoho Setipa

RÉSUMÉ ANALYTIQUE

Les pays les moins avancés (PMA) ont suivi une trajectoire de développement fragile et imprévisible depuis la création des Nations Unies, il y a 50 ans. Alors que le reste du monde développé est parvenu à une incroyable renaissance socioéconomique grâce à la rapide évolution des technologies, les PMA sont, eux, restés à la traîne. Même si les PMA ont fait quelques pas en avant, les problématiques clés, permettant de réaliser de grandes enjambées vers la transformation économique structurelle et le développement inclusif et durable, n'ont pas été résolues et se sont complexifiées. Ces problématiques prennent leur source dans les développements démographiques, l'augmentation des inégalités (ayant notamment un impact sur les femmes, les jeunes et les autres groupes vulnérables), la pauvreté persistante et l'accélération de l'urbanisation. Elles entraînent dans leur sillage malnutrition, problèmes de gouvernance, mauvaises infrastructures et un taux d'accumulation du capital lent.

Ce document d'information a été conçu dans le but de prouver que l'adoption des nouvelles technologies qui sous-tendent la quatrième révolution industrielle (industrie 4.0) est essentielle si l'on veut que les PMA réussissent une croissance économique rapide, qui ne laisse personne pour compte, et atteignent les objectifs de développement durable (ODD) des Nations Unies tout en restant neutres en carbone. En vue d'encourager le dialogue entre les participants à la 9e Conférence ministérielle de l'ONUDI des PMA, ce document d'information fournit des recommandations clés sur la manière dont ces pays peuvent intégrer l'industrie 4.0 afin d'atteindre les ODD et la décarbonation.

Il pose les principales questions auxquelles il est nécessaire de répondre pour permettre aux PMA d'exploiter toute la puissance des technologies de l'industrie 4.0 afin d'atteindre une croissance économique durable, les ODD et la décarbonation.

Il pose les principales questions auxquelles il est nécessaire de répondre pour permettre aux PMA d'exploiter toute la puissance des technologies de l'industrie 4.0 afin d'atteindre une croissance économique durable, les ODD et la décarbonation.

- Quels sont les obstacles et défis principaux que rencontrent les PMA lors du déploiement des technologies de l'industrie 4.0 ?
- Comment surmonter ces défis et mettre à disposition des PMA les avantages des technologies de l'industrie 4.0 ?
- Quelles sont les voies que les PMA peuvent suivre pour montrer l'exemple en matière de décarbonation ?
- Quels acteurs locaux peuvent endosser le rôle de catalyseur dans le cadre d'une transformation numérique inclusive et durable dans les PMA ?
- Quelles interventions sont nécessaires à la prise d'un raccourci technologique entraîné par l'industrie 4.0 ?

Le premier chapitre de ce document propose au lecteur un aperçu des problématiques traitées dans les chapitres suivants. Les quatre sections suivantes composent ce premier chapitre.

- La section intitulée « Concepts de développement fondés

sur l'innovation dans l'ère numérique » présente et définit les concepts, généralement mal compris du grand public, ayant émergé avec l'essor des technologies numériques (numérisation, transition et transformation numériques, sciences, technologies et innovation — STI).

- Une section traitera de la « Quatrième révolution industrielle et de la société 5.0 » et familiarisera le lecteur au concept d'industrie 4.0 et des technologies qui en découlent. La frontière de plus en plus floue entre cyberespace et espace physique donne lieu à un processus d'évolution sociétale : la société 5.0. Ces deux concepts sont en mesure de résoudre des problèmes mondiaux majeurs tels que la pauvreté, le changement climatique, la disparition de la nature, l'urbanisation continue, le manque d'eau et l'accroissement des inégalités.
- La section « Décennie d'action, STI et transformation numérique » s'intéresse à l'importance des STI et de la transformation numérique en tant que leviers d'action déterminants pour atteindre les ODD au cours de la Décennie d'action. Elle traitera essentiellement des nombreuses initiatives multilatérales qui sont apparues au cours des dernières années et dont la progression a été ralentie par la pandémie de COVID-19. Cependant, les effets de la pandémie ont montré qu'il était possible d'accélérer la transition numérique pour atteindre les ODD et combattre les faiblesses multidimensionnelles des PMA.
- Une section sur les « Problématiques multidimensionnelles pour la mise en place de l'industrie 4.0 » présente en détail les nombreux défis auxquels les PMA devront faire face lors du déploiement de technologies nouvelles et émergentes. Elle précise que les « vieilles » problématiques liées au développement (institutions, infrastructures et compétences) sont la cause première de la faible croissance des PMA et de leur incapacité à tirer profit des nouvelles opportunités proposées par l'industrie 4.0.

Le deuxième chapitre propose un aperçu des approches que les PMA peuvent adopter pour intégrer les technologies émergentes et transformatrices de l'industrie 4.0, c'est-à-dire, approche du principe de la responsabilité sectorielle, transfert et diffusion technologiques, modernisation et pôles de compétitivité. Il présente au lecteur les deux fractures numériques des PMA (à savoir, l'accès et l'utilisation des technologies) ayant un impact négatif sur le processus d'intégration des technologies. En outre, ce chapitre met en évidence que, pour réduire la fracture numérique, les gouvernements des PMA doivent participer plus activement dans le soutien de programmes promouvant une « économie du savoir » par l'intermédiaire de pôles de compétitivité.

Le troisième chapitre suggère aux PMA des pistes à suivre qui leur permettraient, grâce aux avantages des technologies de l'industrie 4.0, de faire la course en tête dans la lutte contre le changement climatique. Dans ce chapitre, le lecteur découvrira que les PMA sont très exposés face à la menace omniprésente du changement climatique et à ses effets dévastateurs de plus en plus tangibles. Pour agir face aux effets négatifs du changement climatique sur la population des PMA, et afin que ces derniers se démarquent sur la scène internationale sur les questions de neutralité carbone, ce document propose des données clés concernant l'utilisation des technologies de l'industrie 4.0 (notamment, l'intelligence artificielle, la robotique, les réalités virtuelles et augmentées, la blockchain, les drones, l'internet des objets, le big data et le cloud computing) et de leurs applications dans le monde actuellement.

Le quatrième chapitre du document présente les nouvelles chaînes de valeur ainsi que les opportunités de croissance que les petites et moyennes entreprises (PME) pourraient éventuellement saisir lors de l'exploitation des technologies de l'industrie 4.0. Ce chapitre souligne les effets transformateurs que les technologies de l'industrie 4.0 peuvent avoir sur des secteurs tels que l'agrobusiness, la construction, la finance, l'énergie, le tourisme et la santé. Il propose également des cas pratiques d'utilisation des technologies de l'industrie 4.0 par les PME des pays développés et des PMA.

Le dernier chapitre du document précise que le déploiement des technologies de l'industrie 4.0 est essentiel pour les PMA pour combattre les pressions environnementales, sociales et démographiques de plus en plus intenses ainsi qu'une production industrielle stagnante. Ce chapitre fournit aux PMA des recommandations pratiques qui respectent le cadre stratégique de l'ONUDI relatif à l'industrie 4.0, c'est-à-dire le développement des compétences et la création de capacités, la transformation numérique au niveau de l'entreprise, les écosystèmes d'innovation, les partenariats, l'accès à des financements, les investissements et les infrastructures ainsi que les politiques concernant la gouvernance, les technologies et l'innovation.

TABLE DES MATIÈRES

Remerciements 4

Avant-propos Organisation des Nations Unies pour le développement industriel 5

Avant-propos Cadre intégré renforcé 6

Avant-propos Banque de technologies des Nations Unies pour les pays les moins avancés 7

Résumé analytique 8

Abréviations 12

1 Introduction 14

1.1 Concepts de développement basés sur l'innovation dans l'ère numérique 22

1.2 La quatrième révolution industrielle et la société 5.0 26

1.3 Décennie d'action, STI et transformation numérique 28

1.4 Problématiques multidimensionnelles pour la mise en place de la 4IR 33

2 Absorption des technologies 4IR par les PMA 40

3 Comment les PMA peuvent-ils tirer parti de la 4IR dans la course à l'action climatique ? 48

4 Utilisation de la 4IR pour la croissance des PME 56

5 Recommandations 72

Bibliographie 88

Annexe 1 : liste des PMA 98

Liste des figures 100

ABRÉVIATIONS

4IR	4e révolution industrielle
A4AI	*Alliance for Affordable Internet*
AAAA	Programme d'action d'Addis-Abeba
APD	Aide publique au développement
ASIC	Commission australienne des valeurs mobilières et des investissements
AT	Assistance technique
BM	Banque mondiale
BVLOS	Au-delà de la ligne de visée visuelle
CCNUCC	Convention-cadre des Nations Unies sur les change-ments climatiques
CDN	Contribution déterminée au niveau national
CEPALC	Commission économique pour l'Amérique latine et les Caraïbes
CGAP	Groupe consultatif pour l'aide aux plus pauvres
CIR	Cadre intégré renforcé
CNUCED	Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement
CNUSTD	Centre des Nations Unies pour la science et la technique au service du développement
COT	Plateforme de traçage du carbone
CTCN	Centre-réseau des technologies climatiques
CTIS	Stratégie d'intégration commerciale du Cambodge
CVM	Chaîne de valeur mondiale
DBM	Double fardeau de la malnutrition
DME	Dossier médical électronique
DPI	Droits de propriété intellectuelle
ECLC-PAM	Centre d'apprentissage préscolaire du Programme alimentaire mondial
EFTP	Enseignement et formation techniques et professionnels
FA	Fabrication additive
FAO	Organisation pour l'alimentation et l'agriculture
FEAT	Équité, éthique, responsabilité et transparence
FEM	Fonds pour l'environnement mondial
FFD3	Troisième Conférence internationale sur le financement du développement
FICO	Société Fair Isaac
FMI	Fonds monétaire international
FNUAP	Fonds des Nations Unies pour la population
G2P	Gouvernement à personne
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GSM	Système mondial de communications mobiles
HVAC	Chauffage, ventilation et climatisation
IA	Intelligence artificielle
IBM	*International Business Machines*
IDC	*International Data Corporation*
IED	Investissement étranger direct

IOT	Internet des objets
IPOA	Programme d'action d'Istanbul
ISID	Développement industriel inclusif et durable
ISID	Société internationale pour les maladies infectieuses
KOICA	Agence de coopération internationale de la République de Corée
ML	Apprentissage automatique
MPME	Microentreprises, petites et moyennes entreprises
NASA	Administration des États-Unis de l'aéronautique et de l'espace
NLP	Traitement du langage naturel
OCDE	Organisation de coopération et de développement éco-nomiques
ODD	Objectifs de développement durable
OEM	Fabricant de l'équipement d'origine
OMC	Organisation mondiale du commerce
ONUDI	Organisation des Nations Unies pour le développement industriel
OT	Technologie opérationnelle
P2P	D'égal à égal
PAM	Programme alimentaire mondial
PI	Propriété intellectuelle
PIB	Produit intérieur brut
PLC	Automate programmable
PMA	Pays les moins avancés
PME	Petite et moyenne entreprise
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
PRITI	Pays à revenu intermédiaire inférieur
R&D	Recherche et développement
RA	Réalité augmentée
RAH	Hystérectomie abdominale radicale
RDI	Rapport sur le développement industriel
RNB	Revenu national brut
RV	Réalité virtuelle
S&T	Sciences et technologies
SBED	Développement économique des petites entreprises
SEPAL	Plateforme d'embarquement arrière et échelle de logement
SSA	Afrique sub-saharienne
STI	Sciences, technologies et innovation
STIM	Sciences, technologies, ingénierie et mathématiques
TCDC	Coopération technique entre pays en développement
TFM	Mécanisme de facilitation de la technologie
TI	Technologie de l'information
TIC	Technologies de l'information et des communications
TPA	Technologies de production avancées
UAV	Véhicule aérien sans pilote
UN	Nations Unies
USA	États-Unis d'Amérique
USD	Dollar américain

1

Introduction

Les PMA ont un immense potentiel en matière de ressources humaines et naturelles en mesure d'améliorer la croissance économique, la qualité de vie et la prospérité de manière générale. Des fossés subsistent toutefois dans ces pays, et la communauté internationale doit renforcer le soutien issu de tous les types de sources.

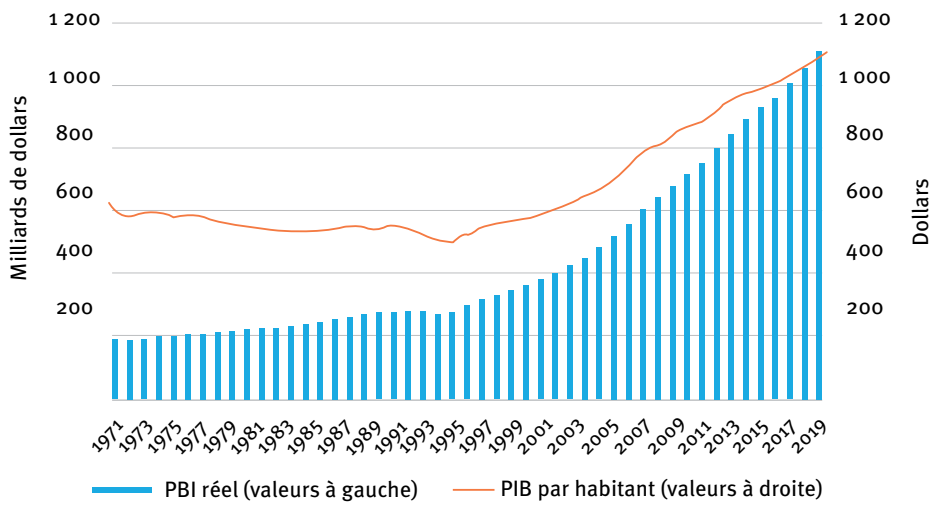
Pendant 50 ans, les pays les moins avancés (PMA) ont suivi une trajectoire de développement fragile et erratique. Le terme PMA a été inventé il y a 50 ans à la suite d'une résolution de l'Assemblée générale de Nations Unies[1]. Depuis, les PMA ont réalisé quelques progrès en matière de développement. Cependant, des problématiques clés subsistent encore et se complexifient. En cause, des progrès insuffisants en matière de transformation économique structurelle et de développement durable.

Si les PMA réunissent plus d'un milliard d'habitants (soit 13 % de la population mondiale), ils représentent seulement 1,2 % du produit intérieur brut (PIB) à l'échelle de la planète[2]. La plupart des PMA sont confrontés à des défis majeurs qui sont la conséquence des développements démographiques, de l'augmentation des inégalités et de la pauvreté persistante associée à une accélération de l'urbanisation. Malgré un taux de croissance démographique parmi les plus importants au monde et une population très jeune, les habitants des PMA souffrent d'une pauvreté inqualifiable. Cette dernière est imputable notamment à des niveaux d'éducation et de formation bas accentuant les inégalités, la malnutrition, les problèmes de gouvernance, le changement climatique, les conflits, le manque d'infrastructures et contribuant à un taux d'accumulation du capital généralement lent qui est la conséquence d'un manque d'accès à des financements, mais surtout, d'un faible taux d'adoption des technologies.

« Dans les PMA, les performances en matière de croissance au cours des cinquante dernières années ont, de manière générale, été lentes et inégales. »

Les PMA n'ont pas pu profiter des avantages issus des progrès socioéconomiques qui se sont produits dans le monde entier. Les PMA ont enregistré une croissance économique, car le PIB réel a quintuplé depuis la création de la catégorie, passant d'environ 200 milliards de dollars en 1971 à 1 118 milliards de dollars en 2019. Cela équivaut à un taux de croissance annuel moyen de 3,7 %, soit légèrement plus que la moyenne mondiale qui est de 3,1 % (cf. Figure 1)[3]. Toutefois, comme les PMA sont confrontés à une croissance démographique rapide, le PBI par habitant a, en comparaison, connu une croissance annuelle plutôt molle estimée à 1,3 %, passant d'environ 600 dollars à 1 082 dollars au cours de la période précitée[4].

Néanmoins, les incroyables progrès réalisés dans le monde au niveau socioéconomique n'ont pas été sans conséquence. En effet, la croissance mondiale fulgurante, observée au cours de la décennie passée, a eu un impact



Source : adapté du rapport de la *CNUCED (2021), « Les pays les moins avancés dans le monde post-COVID : tirer les enseignements de 50 ans d'expérience »*, disponible sur la page https://unctad.org/system/files/official-document/ldc2021overview_fr.pdf

FIGURE 1 : PIB réel et PIB réel par habitant dans les PMA

1) CNUCED (2021), « Les pays les moins avancés dans le monde post-COVID : tirer les enseignements de 50 ans d'expérience », disponible sur la page https://unctad.org/system/files/official-document/ldc2021overview_fr.pdf
2) CNUCED (2018), « La réalisation des objectifs de développement durable dans les pays les moins avancés : recueil de politiques envisageables », disponible sur la page https://unctad.org/system/files/official-document/aldc2018d4_fr.pdf
3) CNUCED (2021), « Les pays les moins avancés dans le monde post-COVID : tirer les enseignements de 50 ans d'expérience », disponible sur la page https://unctad.org/system/files/official-document/ldc2021overview_fr.pdf
4) Ibid

sur la planète en accélérant les effets dévastateurs du changement climatique. La croissance économique mondiale, boostée par l'augmentation des opérations commerciales, a eu des conséquences directes évidentes sur l'environnement : plus de pollution et dégradation des ressources naturelles. S'ils ne génèrent que de faibles émissions de CO_2, les PMA sont plus vulnérables aux effets du changement climatique. À cause de ce dernier, les terres des PMA situés en Afrique subsaharienne et en Asie du Sud-Est connaîtront de fortes baisses de productivité (estimées respectivement entre 14 % et 27 % et entre 18 % et 32 %), ce qui contribuera à une perte de la diversité génétique des espèces cultivées d'ici 2080[5]. La sécurité alimentaire au sein des populations des PMA, déjà confrontées à la malnutrition et à la pauvreté, sera donc sans aucun doute perturbée.

Les PMA ont un immense potentiel en matière de ressources humaines et naturelles en mesure d'améliorer la croissance économique, la qualité de vie et la prospérité de manière générale. Des efforts pour exploiter ces richesses ont été effectués. Les Nations Unies ont mis au point le Programme d'action d'Istanbul 2011-2020 en vue de réduire les fragilités des PMA et de surmonter les écueils empêchant leur bon développement. Il s'agit d'un programme d'action orienté sur les résultats dont l'objectif est le développement durable. Il concerne huit domaines prioritaires : capacité productive ; agriculture, sécurité alimentaire et aménagement des zones rurales ; commerce ; produits de base ; développement humain et social ; crises multiples et autres défis émergents ; mobilisation de ressources financières pour le développement et le renforcement des capacités ; et bonne gouvernance à tous les niveaux[6]. L'objectif premier de ce programme était de surmonter les obstacles structuraux auxquels les PMA font face en vue d'éliminer la pauvreté, d'atteindre des objectifs de développement reconnus à l'international et de réussir à sortir de la catégorie de PMA[7].

Des fossés subsistent toutefois dans les PMA, et la communauté internationale doit renforcer le soutien issu de tous les types de sources. À cette fin, la Déclaration d'Abou Dhabi[8], dont le but est d'accélérer le développement industriel inclusif et durable, a mandaté l'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) afin qu'elle réponde de manière prioritaire aux besoins des PMA. Parmi ses tâches; l'ONUDI l'une est de créer une alliance mondiale des fabricants du secteur privé en exploitant toute la puissance de la transformation numérique et des technologies d'avant-garde afin d'aider les PMA à se reclasser. Avec la Déclaration d'Abou Dhabi, l'ONUDI reconnaît que les nouvelles technologies offrent des possibilités immenses en ce qu'elles contribuent à promouvoir la croissance économique, à réduire les inégalités et à favoriser le développement durable, la résilience et le bien-être de l'humanité. L'ONUDI reconnaît également leur potentiel transformateur concernant les questions de changement climatique et de protection de l'environnement dans le cadre d'une économie circulaire, un des moyens disponibles pour parvenir à un développement durable[9].

5) IIED (2015), « Impact of Climate Change on Least Developed Countries: Are the SDGs Possible? », disponible sur la page https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/17298IIED.pdf?#:~:text=Climate%20change%20will%20significantly%20hamper%20LDCs'%20ability%20to%20achieve%20the,cities%2C%20marine%20resources%20and%20ecosystems.

6) https://www.un.org/ohrlls/fr/content/le-programme-d%E2%80%99action-d%E2%80%99istanbul-en-faveur-des-pays-les-moins-avanc%C3%A9s

7) CNUCED (2016), « Déclaration adoptée à la réunion ministérielle des pays les moins avancés à l'occasion de la quatorzième session de la CNUCED », disponible sur la page https://unctad.org/system/files/official-document/td505_fr.pdf

8) ONUDI (2019), « Déclaration d'Abou Dhabi », disponible sur la page https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-10/Abu_Dhabi_Declaration_FR_v.4.pdf

9) ONUDI (2019), « Déclaration d'Abou Dhabi », disponible sur la page https://www.unido.org/sites/default/files/files/2020-10/Abu_Dhabi_Declaration_FR_v.4.pdf

Cette décennie est marquée par les actions internationales pour parvenir au développement durable. « Ne laisser personne pour compte », tel est le principe qui est au cœur du Programme de développement durable à l'horizon 2030 (programme 2030) lancé par les Nations Unies. Ce Programme a été l'occasion pour les Nations Unies de formuler 17 Objectifs de développement durable (ODD) promouvant une approche globale afin d'atteindre une croissance durable pour tous (cf. Figure 2). Ces 17 objectifs réunissent les grands défis sociétaux et font office de modèle dans la lutte contre le changement climatique, la perte de biodiversité et la pollution, sans oublier les fragilités économiques et sociales que provoquent ces perturbations.

Une représentation visuelle démontre que le Programme d'action d'Istanbul s'inscrit parfaitement dans la visée du Programme 2030. En effet, il reprend les 17 Objectifs de développement durable présents dans le Programme 2030, en mettant l'accent avant tout sur l'objectif 2 (« Faim Zéro »), l'objectif 8 (« Travail décent et croissance économique »), l'objectif 9 (« Industrie, innovation et infrastructure »), l'objectif 16 (« Paix, justice et institutions efficaces ») et l'objectif 17 (« Partenariats pour la réalisation des objectifs »). Le Programme d'action d'Istanbul et le Programme 2030 sont extrêmement compatibles, car le premier fournit des recommandations concrètes aux PMA sur la manière d'atteindre les ODD et leurs buts connexes.

FIGURE 2 : Des progrès dérisoires dans la transformation structurelle[10] ont ralenti la progression des PMA vers l'accomplissement des objectifs du Programme d'action d'Istanbul et des ODD.

Si la réalisation des ODD est un élément incontournable, les actions multilatérales pour aider les PMA ne sont pas à la hauteur. Depuis que la catégorie des PMA existe, les aides apportées en soutien à la croissance économique et pour échapper au cercle vicieux de la pauvreté ont été distribuées au cas par cas[11]. Malgré tout, ces actions n'ont pas permis de promouvoir le développement inclusif, car peu de pays ont réussi à se reclasser. L'aide publique au développement (APD) a atteint sa plus forte valeur en 2014 malgré des coupes dans les budgets survenues à la suite d'une récession mondiale prolongée[12]. Toutefois, cette tendance a commencé à s'inverser, remettant en cause le processus de sélection des directeurs de la Banque mondiale et du Fonds monétaire international (FMI). Les donateurs sont moins généreux : des réaffectations ou des coupes des budgets ont freiné la progression du montant des aides au développement fournies par les pays riches. D'après le Comité d'aide au développement de l'Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), seuls cinq pays sur trente honorent actuellement leurs engagements en matière d'aide, alors qu'ils étaient six auparavant[13]. L'augmentation des inégalités (de genre, sociales et de revenu) est une notion bien ancrée dans les PMA, et la baisse du montant des fonds alloués à des agences telles que le Fonds des Nations Unies pour la population (FNUAP) n'a fait qu'empirer le problème, touchant les femmes des PMA et des pays en développement de manière démesurée[14].

La pandémie de COVID-19 a mis en évidence les défaillances institutionnelles, économiques et sociales des PMA. Des progrès acquis de longue haleine par les PMA ont été balayés d'un revers de main par la pandémie, faisant baisser l'activité économique et augmentant la pression sur les systèmes nationaux de santé et d'aide sociale. L'accélération de la mise en œuvre du Programme de développement durable à l'horizon 2030 est une priorité pour les PMA. Mais la pandémie de COVID-19 a complexifié la tâche, car elle a fait ressortir certaines fragilités qui perdurent depuis

10) On entend par « transformation structurelle » le transfert de ressources productives (notamment la main-d'œuvre, les capitaux et les terres) depuis les activités et les secteurs où la productivité est basse vers ceux où la productivité est plus élevée.

11) https://www.oecd.org/dac/financing-sustainable-development/Taking-stock-of-aid-to-least-developed-countries.pdf

12) Ibid

13) Gay, D., Gallagher, K. (2019) For the Least Developed Countries, Revitalising Multilateralism is Life or Death – Op-Ed, disponible sur la page https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/08/least-developed-countries-revitalising-multilateralism-is-life-or-death/

14) Ibid

longtemps dans ces pays. Après ce bouleversement prolongé et profond de l'économie mondiale, la priorité absolue est la relance. Pour les PMA, l'impératif est désormais de se remettre de la pandémie, de revenir plus fort encore et d'accélérer la mise en œuvre des ODD[15].

Les actions visant à faire de l'aide au développement un effort commun public-privé ont été pointées du doigt dans certains cercles, qui les voient comme une tentative de la part des pays donateurs officiels de se soustraire à leurs obligations. Conformément à l'accord, l'argent issu du secteur privé mobilisé dans les PMA représente seulement un tiers de la moyenne globale. Seulement 8 % de financements mixtes vont dans les PMA, dont la plupart vers les pays à revenu intermédiaire. Sur les 52 milliards de dollars mobilisés directement par les banques multilatérales de développement dans le cadre de co-financements privés à long terme, seulement 2 milliards de dollars ont été envoyés dans les PMA et vers d'autres pays à faible revenu.

Source : Gay, D., Gallagher, K. (2019) *For the Least Developed Countries, Revitalising Multilateralism is Life or Death – Op-Ed, https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/08/least-developed-countries-revitalising-multilateralism-is-life-or-death/*

Afin de se reconstruire après la pandémie de COVID-19, d'atteindre les ODD et de combler la fracture numérique, les PMA doivent tirer parti des technologies émergentes qui alimentent l'industrie 4.0. L'idée qui sous-tend l'industrie 4.0 est la croisée à laquelle se trouvent les nouvelles technologies et l'ensemble de leurs impacts sur notre monde. L'industrie 4.0 est en mesure de stimuler la productivité et de générer une croissance économique aboutissant à une meilleure protection sociale[16]. La capacité d'innovation et d'adaptation aux nouvelles technologies déterminera si ces pays peuvent bénéficier de son potentiel ; à défaut, les écarts de développement pourraient s'accentuer. L'industrie 4.0 est alimentée par des technologies d'avant-garde (IA, blockchain, impression 3D, IoT, réalités virtuelle et augmentée, mais également ordinateurs quantiques et technologies d'économie et de génération d'énergie) qui sont meilleures, moins chères, et encore plus rapides, adaptables et faciles à utiliser qu'auparavant. Ces technologies se recoupent par l'intermédiaire de plateformes numériques permettant d'accélérer le changement au sein de multiples secteurs. Dans le cadre des ODD, des pays du monde entier ont su faire preuve d'une belle créativité grâce à ces nouvelles technologies.

Dans un contexte post-pandémique, l'utilisation des technologies de l'industrie 4.0 peut permettre aux PMA de renforcer leur compétitivité et de réussir au sein de ce nouveau modèle technologique. Selon le Rapport 2020 de l'ONUDI sur le développement industriel (RDI), les technologies de production avancées (TPA) appliquées à la production manufacturière offrent non seulement d'immenses possibilités de faire évoluer la croissance économique et le bien-être humain dans les PMA, mais elles permettent également de protéger l'environnement, ce qui répond aux attentes du Programme 2030. Si ces technologies façonnent déjà le paysage industriel du monde développé, les PMA sont à la traîne, car leur production manufacturière dépend toujours des technologies analogiques. En cause, les difficultés qu'ont les PMA à évaluer les avantages des technologies de l'industrie 4.0, mais également les longs délais de retour sur les investissements initiaux nécessaires à la transition vers un nouveau modèle de production. De plus, les PMA ne bénéficient pas des connaissances, de la culture numérique, des ressources humaines, des infrastructures et du capital essentiels pour tirer parti de ces nouveaux modes de production. Toutefois, dans le monde d'après la pandémie, les PMA auront incontestablement besoin des technologies de l'industrie 4.0 pour reconstruire leurs économies fragiles. Les nouvelles technologies offrent aux PMA d'excellents moyens d'améliorer les caractéristiques et fonctionnalités des systèmes produit-service, de booster les niveaux de croissance de la productivité, de promouvoir des services commerciaux à forte intensité de connaissances et des solutions respectueuses de l'environnement, mais également de créer un plus grand nombre d'emplois hautement qualifiés et rémunérés[17].

Le pouvoir transformateur de l'industrie 4.0 peut servir à réussir la décarbonation, à inverser la courbe du changement climatique et à entraîner des modifications significatives dans l'ensemble des pays, quel que soit leur statut économique. Par exemple, les avancées rapides réalisées dans le domaine des satellites, des drones et des capteurs de haute précision (enrichies par des algorithmes intelligents ou de l'IA) pourraient apporter un flux de données en temps réel sur les émissions de GES. Ces données seraient ensuite diffusées sur le cloud afin d'être consultables par toute personne, représentant de gouvernement comme élève de primaire. Cette démarche permettrait d'améliorer de manière significative la transparence des données de suivi, de notification et de vérification, ce qui est essentiel en vue de garantir le respect et l'efficacité des accords internationaux relatifs au climat. Au niveau politique, les impacts pourraient également avoir un aspect transformateur, au même titre que le suivi en temps

15) CNUCED (2021), « Les pays les moins avancés dans le monde post-COVID : tirer les enseignements de 50 ans d'expérience », disponible sur la page https://unctad.org/system/files/official-document/ldc2021_en.pdf

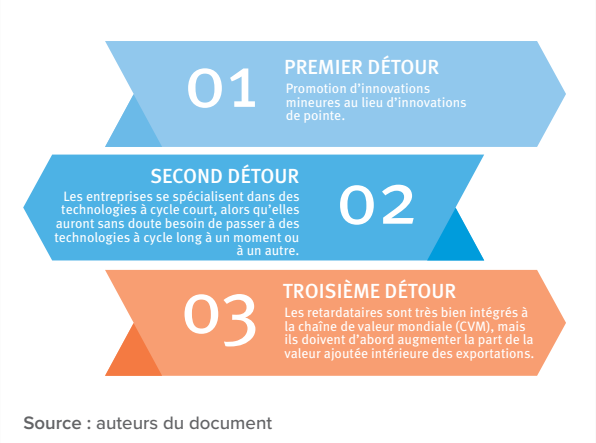
16) UNIDO (2019) Boosting the dialogue on the Fourth Industrial Revolution at the 11th Africa Energy Indaba, disponible sur la page https://www.unido.org/news/boosting-dialogue-fourth-industrial-revolution-11th-africa-energy-indaba

17) ONUDI (2020), « Rapport sur le développement industriel 2020 : L'industrialisation à l'ère numérique ».

réel, par satellite ou drone, des émissions de GES de l'industrie mises à disposition des investisseurs, des assureurs et des autorités de régulation. Les politiques de communication d'informations ne dépendraient plus uniquement du bon vouloir des entreprises qui décident quand et comment partager des rapports : les informations seraient consultables (dans la blockchain, par exemple) par tous et permettraient à chacun d'agir. On pourrait citer, à titre d'exemple, Dynamhex, une entreprise basée aux États-Unis qui utilise des solutions de blockchain afin de mesurer, pour des villes, leur empreinte carbone[18]. La solution de blockchain de l'entreprise a permis de réduire de 81 % le temps passé sur le programme d'action pour le climat à l'échelle de la ville et de 50 % les coûts pour le consommateur[19]. Les technologies de l'industrie 4.0 pourraient donc permettre aux PMA de mieux mettre à profit les marchés du carbone et d'accéder à des possibilités de financement en faveur du climat plus complexes.

Le monde est divisé par les découvertes technologiques de l'industrie 4.0, car les bénéficiaires historiques des précédentes révolutions industrielles conservent leur statut de leaders mondiaux et de favoris sur les questions de création et de diffusion de technologies. D'après le RDI 2020 de l'ONUDI, seules 10 économies affichent des parts de marché à la moyenne dans le dépôt de brevet pour les technologies TPA, ce qui représente 91 % de l'ensemble des familles de brevets mondiaux, et quasiment 70 % des exportations et 46 % des importations au niveau mondial[20]. Ce club très fermé de chefs de file comprend les États-Unis, le Japon, l'Allemagne, la Chine, la province chinoise de Taïwan, la France, la Suisse, le Royaume-Uni, la République de Corée et les Pays-Bas[21]. Les 40 autres économies développées, telles qu'Israël, l'Italie, la Suède, l'Autriche, le Canada, le Mexique, la Thaïlande, et la Turquie, qui sont également impliquées dans ces nouvelles technologies font office de suiveuses. Elles représentent 8 % des brevets mondiaux et presque la moitié de l'ensemble des importations de produits intégrant ces technologies. L'activité du reste des économies dans ce domaine est faible (pays retardataires) ou très faible (pays à la traîne)[22].

Si l'arrivée de l'industrie 4.0 peut aider les PMA à shunter les étapes classiques de développement, des capacités de base[23] et des systèmes de production doivent être mis en place. Une grande partie des 46 PMA est restée bloquée à la seconde révolution industrielle et peine à appliquer efficacement les innovations technologiques, organisationnelles et institutionnelles apportées par la troisième révolution industrielle[24]. L'association ressources-infrastructures entraînée par le déploiement optimal et stratégique des technologies de l'industrie 4.0 est en mesure de proposer une meilleure qualité et une croissance plus durable. Cependant, les PMA ne doivent pas compter uniquement sur les raccourcis technologiques : ils doivent investir en premier lieu dans la création de capacités fondamentales et de systèmes de production de base. Afin de gravir l'échelle technologique, les PMA suivent les trois étapes leur permettant de rattraper leur retard, c'est-à-dire, arrivée tardive, trois détours (cf. Figure 3), puis raccourci technologique[25]. Le processus de raccourci nécessite donc que les retardataires adoptent de nouvelles technologies avant les pays pionniers[26]. Ainsi, si les PMA veulent prendre un raccourci technologique, ils doivent développer une production et des capacités technologiques spécifiques à une industrie qui requièrent d'associer des facteurs et des processus, y compris les compétences, les financements, l'accès à des technologies étrangères pouvant être adaptés aux besoins locaux, la présence d'une faible concurrence et les aides gouvernementales.



Source : auteurs du document

FIGURE 3 : Les trois détours du processus de rattrapage

Des actions fondamentales pour aider les PMA à réussir leur transformation numérique et à atteindre les ODD commencent à se mettre en place. La Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) a reconnu que les PMA ont besoin d'un transfert de

18) https://dynmhx.io/

19) Raza, S., Bravante, M., Curry, C. (2021), « Understanding and Monitoring our Changing Planet: A Climate Technology White Paper », disponible sur la page https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Monitoring-and-understanding-our-changing-planet.pdf

20 Ibid

21) Ibid

22) Ibid

23) On entend par « capacités de base » les capacités d'apprendre à utiliser de nouvelles solutions techniques et organisationnelles, de les intégrer à la production, d'allouer et d'investir des ressources à long terme pour la mise en place pratique de ces nouvelles solutions. Andreoni, A., Chang, H.-J., Labrunie, M. (2021), « Natura Non Facit Saltus: Challenges and Opportunities for Digital Industrialisation Across Developing Countries »

24) Andreoni, A., Chang, H.-J., Labrunie, M. (2021), « Natura Non Facit Saltus: Challenges and Opportunities for Digital Industrialisation Across Developing Countries »

25) Lee, K. (2019), « Economics of Technological Leapfrogging »

26) Ibid

technologie pour soutenir l'adaptation et la résilience au changement climatique ainsi que l'atténuation des effets de ce dernier. La CCNUCC admet l'importance vitale du transfert de technologie pour les PMA en mettant l'accent sur le fait que les pays développés devraient promouvoir, faciliter et financer le transfert vers les pays en développement de technologies écologiquement rationnelles. Ce principe est réaffirmé à l'Article 4.9 de la CCNUCC qui note que « les Parties tiennent pleinement compte, dans leur action concernant le financement et le transfert de technologie, des besoins particuliers et de la situation spéciale des pays les moins avancés[27]. » Reste toutefois un problème majeur : faire respecter par les pays développés les engagements pris concernant le financement, notamment d'un transfert de technologie et de flux de fonds vers les PMA. Un grand nombre de pays développés ne respectent pas les engagements relatifs au financement de l'action climatique s'élevant à100 milliards de dollars par an. Ce défaut de financement peut être corrigé avec l'aide pour le commerce, telle que le Cadre intégré renforcé (CIR), s'il est mis en évidence par les Contributions déterminées au niveau national (NDC) au sujet du changement climatique. Plusieurs pays en développement ont soutenu la création d'un Mécanisme de facilitation des technologies pour compléter le travail réalisé par la Banque de technologies des Nations Unies pour les pays les moins avancés et le CIR. Ce mécanisme évaluerait capacités de la Banque de technologies des Nations Unies et du CIR dans le cadre du développement de capacités pour l'évaluation de la technologie et d'aptitudes en matière de sciences, technologies et innovation (STI), notamment dans les domaines du développement et de la durabilité respectant les ODD[28].

27) https://unfccc.int/process-and-meetings/bodies/constituted-bodies/least-developed-countries-expert-group-leg/ldc-portal/article-4-paragraph-9-of-the-convention

28) G20 Insights (2019), « Leveraging Science, Technology and Innovation for Implementing the 2030 Agenda », disponible sur la page https://www.g20-insights.org/policy_briefs/leveraging-science-technology-and-innovation-for-implementing-the-2030-agenda/

1.1 CONCEPTS DE DÉVELOPPEMENT FONDÉS SUR L'INNOVATION DANS L'ÈRE NUMÉRIQUE

Les technologies numériques ont marqué le début d'une nouvelle ère. Si les entreprises, les organisations et les gouvernements veulent perdurer, se développer et s'épanouir, ils doivent accueillir les technologies numériques à bras ouverts. Le paysage numérique va constamment de l'avant, et laisse dans son sillage des concepts innovants. Ces concepts (numérisation, transition numérique et transformation numérique) tentent de décrire la réalité dans laquelle nous vivons. Comme ces termes peuvent prêter à confusion, il convient de les définir clairement.

1.1.1 NUMÉRISATION

Au sens premier, **on entend par « numérisation » le passage de l'analogique au numérique**[29]. En d'autres termes, il s'agit de transformer un processus analogique en un processus numérique sans effectuer de changements dans le processus en lui-même (par exemple, convertir des vinyles en CD ou en MP3, ou des documents papier en fichiers numériques enregistrés sur un ordinateur).

« La numérisation permet de créer des versions numérisées de supports d'information tangibles. »

La création de versions numérique de « supports d'information tangibles » permet aux entreprises, aux organisations et aux gouvernements d'extraire des données pouvant être traitées, diffusées ou utilisées afin d'optimiser les processus. Le concept de numérisation ne se limite donc pas à la simple extraction d'informations d'objets tangibles et à leur placement dans des appareils numériques : il comporte également l'automatisation des processus manuels et en format papier. Ainsi, la numérisation crée de la valeur en réduisant les coûts et en établissant une base solide pour les données à exploiter. En appliquant les données, les gouvernements bénéficient de possibilités presque illimitées de fournir des services publics plus efficaces et fiables sur l'ensemble des secteurs.

L'exemple le plus courant de numérisation est la conversion d'un texte manuscrit ou dactylographié en format numérique. Un autre exemple est la compilation de relevés de compte bancaire dans une application sur ordinateur alors qu'ils étaient précédemment envoyés par courriel. Le processus de numérisation se produit également lorsque les hôpitaux choisissent de stocker les dossiers de leurs patients sur ordinateur (au lieu de les conserver dans des dossiers papier) ou lorsqu'une personne convertit sa signature au format électronique pour pouvoir signer des documents en ligne.

1.1.2 TRANSITION NUMÉRIQUE

On entend par « transition numérique » l'activation ou l'amélioration de processus à l'aide de technologies numériques et de données numérisées afin de générer de nouveaux revenus et de créer de nouvelles occasions de produire de la valeur. Sans numérisation, pas de transition numérique. Cette dernière va toutefois au-delà de la simple transformation de documents en bits et en octets[30]. Des technologies avancées permettent l'ajout de fichiers numérisés dans le cloud afin de

29) Asite (2021), « Digitization, Digitalization, and Digital Transformation – What's the Difference? », disponible sur la page https://www.asite.com/blogs/digitization-digitalization-and-digital-transformation-whats-the-difference

30) Les bits et les octets sont des unités de mesure des volumes de données (8 bits = 1 octet). La capacité de stockage de tout support est donnée en octets. La capacité de stockage du matériel informatique, comme des clés USB ou des appareils mobiles (smartphones ou tablettes, par exemple), s'exprime généralement en mégaoctets ou en gigaoctets.

transformer les processus de collaboration et de notification. De plus, grâce à des outils d'analyse, il est possible de fournir des statistiques et des connaissances concrètes en vue de réduire les risques et de promouvoir l'efficacité lors de futurs projets[31]. La transition numérique se sert donc des forces des technologies numériques pour récupérer et évaluer des données afin de prendre de meilleures décisions et permettre la mise au point de nouveaux modèles économiques.

« La transition numérique crée de la valeur en améliorant des processus et des modèles économiques existants en vue d'augmenter les revenus et de faire baisser les coûts. »

Dans une société postmoderne de plus en plus mondialisée et dématérialisée, la transition numérique bouleverse profondément les idées fondamentales concernant la manière de vivre et de travailler. Ainsi, il faut insister sur la notion de convergence numérique, car elle a un impact considérable sur la société et sur l'ensemble des secteurs[32].

Le passage des processus commerciaux d'une entreprise vers le cloud est un bon exemple de transition numérique. La possibilité de centralisation offerte par le cloud permet à tous les employés (même ceux situés à l'étranger) de collaborer efficacement, même lorsque tous sont voisins de bureau.

1.1.3 TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

On entend par « transformation numérique » le changement culturel, organisationnel et opérationnel d'une organisation, d'un secteur ou d'un écosystème par l'intégration intelligente, par étapes et de manière stratégique, de technologies, de processus et de compétences numériques à tous les niveaux[33]. La transformation numérique est une étape essentielle de la transformation numérique. Elle a un impact important sur les produits, la fourniture de services et les personnes : elle marque un basculement culturel au sein d'une organisation et redéfinit la manière de créer de la valeur et de gérer une entreprise. Le concept de transformation numérique ne s'arrête toutefois pas à l'application d'une technologie à des modèles commerciaux existants. Il s'agit en fait de la capacité à s'adapter rapidement, dès que cela est nécessaire, en utilisant astucieusement les technologies et les informations[34].

« La transformation numérique se sert des technologies afin de créer de la valeur et de nouveaux services pour différentes parties prenantes via l'innovation et le développement de capacités permettant de s'adapter rapidement au changement. »

Le but ultime de la transformation numérique est d'augmenter la productivité et la créativité des individus et des produits ou services. Les technologies, telles que les appareils intelligents, le cloud computing, l'internet des objets (IoT), l'analyse du big data, les réseaux sociaux et le réseautage, l'informatique cognitive, l'IA et le machine learning (ML), permettent d'accéder à un vaste ensemble de connaissances, et donc, à une meilleure capacité d'innovation et à de meilleurs résultats.

Par exemple, le recoupement des technologies de l'information (TI) et des technologies opérationnelles (TO) a impliqué la création d'une gouvernance plus uniforme à cause de problématiques liées à la cybersécurité, aux exigences concernant les flux de données et aux compétences. Un autre exemple de transformation numérique est le passage d'un contrôle local des processus physiques au suivi et au contrôle à distance de ces mêmes processus.

31) Ibid

32) Gorensek, T., Kohont, A. (2019), « Conceptualization of digitalization: Opportunities and Challenges for Organizations in the Euro-Mediterranean Area », disponible sur la page https://emuni.si/wp-content/uploads/2020/01/IJEMS-2-2019_93%E2%80%93115.pdf

33) I-Scoop (aucune date), « What is Digital Business Transformation? The Essential Guide to DX », disponible sur la page https://www.i-scoop.eu/digital-transformation/

34) Ibid

1.1.4 SCIENCES, TECHNOLOGIES ET INNOVATION (STI)

La politique relative aux sciences et aux technologies (S&T) se définit par une intervention de l'État dans l'économie en vue de soutenir les découvertes scientifiques et la mise au point de solutions technologiques[35]. L'élaboration d'une « politique d'innovation » dans le but de créer une réglementation relative aux sciences, aux technologies et à l'innovation (STI) témoigne de l'importance croissante que prennent les connaissances et l'innovation en tant qu'outils indispensables à la promotion de meilleures performances économiques au niveau national. Les politiques d'innovation intègrent les réglementations relatives aux sciences et aux technologies pour pouvoir toucher le processus d'innovation dans son ensemble : de la recherche à l'application de technologies spécifiques, en passant par leur introduction sur le marché et leur exploitation généralisée[36]. Les STI recouvrent également des concepts, tels que l'innovation des modèles commerciaux et des processus, qui ne rentrent pas dans la case classique des S&T. En fusionnant innovation et S&T, de petites modifications aux technologies sont introduites et permettent d'en élargir le champ d'application. Les chefs d'entreprise peuvent ainsi commercialiser, via les marchés, de nouvelles idées, ce qui stimule donc la croissance économique.

« Les sciences, les technologies et l'innovation sont en mesure d'améliorer la durabilité des produits et des services en optimisant leur application et leur production. »

Traditionnellement, on entend par « innovation » quelque chose de complètement nouveau et non l'idée de propager une chose nouvelle dans un contexte donné. Le domaine des technologies d'avant-garde est dominé par les pays en avance sur le plan économique. Néanmoins, les pays en développement ont largement l'opportunité de « piocher » dans les connaissances et technologies disponibles au niveau international. La capacité de transmission de ces technologies au sein des pays en développement sera un critère déterminant pour l'amélioration de l'agriculture et de la productivité industrielle, et donc, de la qualité de vie de manière générale. Lorsque des technologies ou pratiques sont novatrices pour une société donnée, on parle d'innovation[37]. Elles ne sont donc pas forcément nouvelles *stricto sensu*, c'est-à-dire, diffusées dans telle économie ou telle société. L'étape de diffusion est très importante et nécessite une attention toute particulière dans les pays à faible revenu et à revenu intermédiaire. En effet, lorsqu'elle est bien structurée et bien organisée la diffusion peut les aider à réussir une croissance et des innovations inclusives qui bénéficieront, non plus à une élite restreinte uniquement, mais à une grande part de la population pauvre de ces pays[38].

« Les décideurs politiques continuent de considérer les STI et la transition numérique de manière cloisonnée. »

Les STI et la transition numérique ne doivent pas être traitées séparément. La nature (en « plateforme ») des technologies numériques ainsi que leur capacité à être reproduites et déployées rapidement permet d'associer étroitement transition numérique et programme d'innovation. Si les décideurs politiques continuent de considérer les STI et la transition numérique de manière cloisonnée, le recoupement entre les deux domaines est toutefois de plus en plus pris en compte.

Les STI se sont retrouvées au cœur du processus de développement, s'attaquant aux défis émergents liés à cette question aux niveaux national, régional et international sur l'ensemble des secteurs[39]. L'investissement dans les STI est essentiel à la croissance économique et aux avancées sociales, car les politiques et les interventions orientées directement sur l'acquisition de compétences dans le domaine de la recherche et du développement (R&D) peuvent entraîner un développement durable. C'est particulièrement important pour les PMA puisqu'ils ont 100 fois moins de chercheurs par million d'habitants que les pays à revenu élevé[40].

35) Chaminade, C., Lundvall, B.-A. (2019), « Science, Technology, and Innovation Policy: Old Patterns and New Challenges », disponible sur la page https://oxfordre.com/business/view/10.1093/acrefore/9780190224851.001.0001/acrefore-9780190224851-e-179

36) Ibid

37) Banque mondiale (2010), « Innovation Policy: A Guide for Developing Countries », disponible sur la page https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2460

38) Ibid

39) UNESCAP (2015), « A Conceptual Framework for Science, Technology and Innovation Driven Sustainable Development and the Role of ESCAP », disponible sur la page https://www.google.com/search?q=A+Conceptual+Framework+for+Science%2C+Technology+and+Innovation+Driven+Sustainable+Development+and+the+Role+of+ESCAP&oq=A+Conceptual+Framework+for+Science%2C+Technology+and+Innovation+Driven+Sustainable+Development+and+the+Role+of+ESCAP&aqs=chrome..69i57.876j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8

40) Utoikamanu, F. (2019), « Réduire le fossé technologique dans les pays les moins avancés », disponible sur la page https://www.un-ilibrary.org/content/journals/24119911/55/4/10

Des actions visant à élaborer un cadre global pour les STI ont été prises. Elles tiennent compte de la capacité qu'ont les innovations et les technologies à améliorer la durabilité des produits et des services par l'optimisation de leur application et de leur production. Parmi ces actions, on relève le Centre des Nations Unies pour la science et la technique au service du développement (CNUSTD). Il propose une approche horizontale orientée sur onze piliers : R&D, transfert de technologie, innovation, politique relative aux S&T, financement, marketing, conception, éducation, réseaux et coopération technologique (cf. Figure 4).

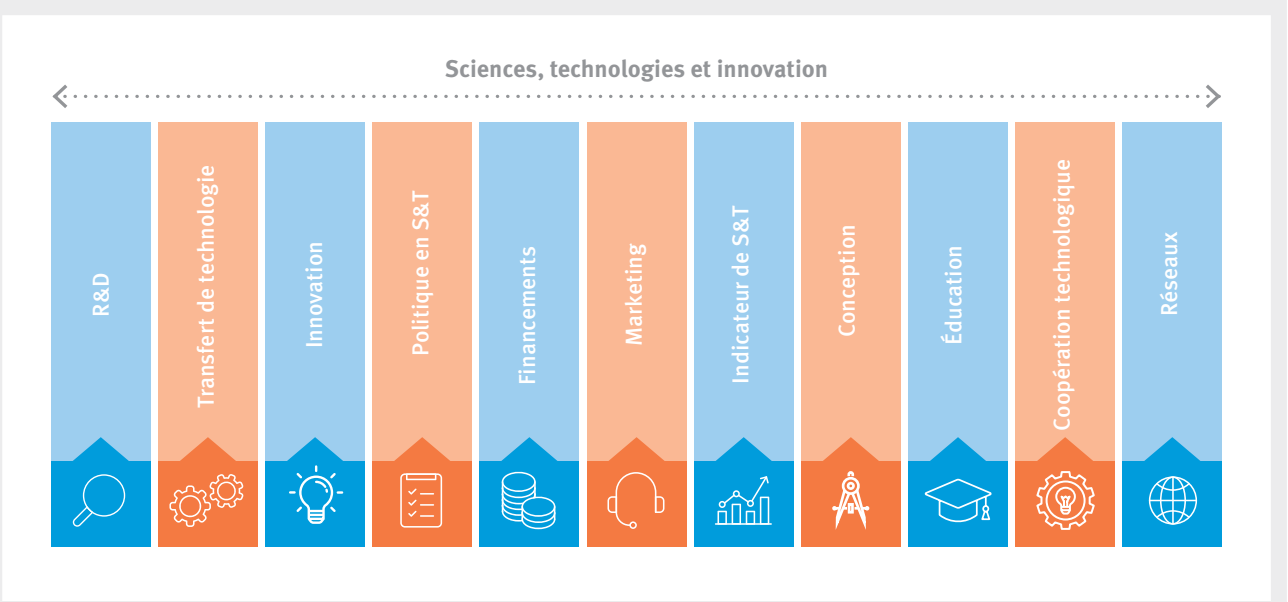


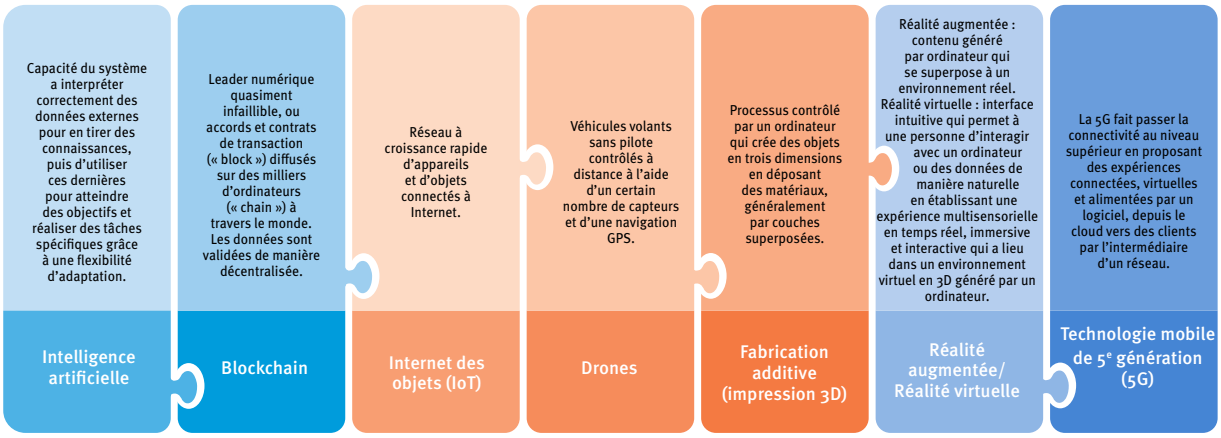
FIGURE 4 : Les onze piliers des STI

1.2 LA QUATRIÈME RÉVOLUTION INDUSTRIELLE ET LA SOCIÉTÉ 5.0

Le paysage industriel mondial est bouleversé par une révolution qui est la conséquence de l'émergence des technologies numériques. Au cours des 20 dernières années, des technologies émergentes, ainsi que leur intégration dans des systèmes techniques complexes, redéfinissent le processus de création de valeur et permettent de saisir les dynamiques de production, notamment dans le secteur de la fabrication. Ces modifications dans les chaînes de valeur mondiales, propulsées par les nouvelles technologies numériques, ont restructuré les systèmes industriels nationaux et régionaux, mais aussi la géographie de la production et les échanges internationaux[41].

Cette ère numérique a marqué le début d'un nouveau paradigme de croissance économique. Ces nouvelles technologies (entre autres, intelligence artificielle (IA), blockchain, internet des objets (IoT), big data, véhicules aériens sans pilote (UAV/drones), fabrication additive (impression 3D), connexion 5G, réalités virtuelle et augmentée (cf. Figure 5)) alimentent les mondes numériques, biologiques et physiques, entraînant une nouvelle ère de croissance économique. En définissant et en étendant les impacts de la numérisation de façons nouvelles et inédites, la quatrième révolution industrielle (ou industrie 4.0) transforme rapidement les modèles commerciaux et les secteurs d'activité dans le monde entier.

« L'industrie 4.0 redéfinit les secteurs et les chaînes de valeur, les découvertes scientifiques, les interactions humaines, et même, les pouvoirs économiques nationaux à une échelle et à une vitesse encore jamais vues. »



Source : auteurs du document

FIGURE 5 : TECHNOLOGIES de l'industrie 4.0

L'effet catalyseur que proposent l'industrie 4.0 et les technologies qui en découlent aura un impact sur le développement économique et social. Les avancées technologiques rapides peuvent bénéficier à des pays, quel que soit leur niveau de revenu. Ces technologies sont devenues des facteurs déterminants de la compétitivité dans les secteurs de la production et des services, car elles font évoluer et réinventent des concepts vétustes ayant trait à la création d'emplois et à la réduction de la pauvreté. En tirant parti de ces nouvelles technologies, les

41) Andreoni, A., Chang, H.-J., Labrunie, M. (2021), « Natura Non Facit Saltus: Challenges and Opportunities for Digital Industrialisation Across Developing Countries »

pays émergents peuvent trouver une solution aux blocages dans le processus d'industrialisation, trouver de nouvelles manières d'organiser la production, stimuler la productivité et améliorer le niveau de vie dans les campagnes.

« La société 5.0 est une société centrée sur l'humain qui tente d'équilibrer avancées économiques et résolution de problèmes sociaux à l'aide d'un système qui intègre cyberespace et espace physique à bien des niveaux. »

Les technologies numériques permettent aux sociétés d'évoluer au-delà du partage transversal de connaissances et d'informations. L'humanité évolue en dehors des pratiques classiques de collecte d'informations qui seront analysées par des humains ultérieurement. La société 5.0 est un concept convoité par les nations développées. On peut le définir en tant que « société centrée sur l'humain qui tente d'équilibrer avancées économiques et résolution de problèmes sociaux à l'aide d'un système qui intègre cyberespace et espace physique à bien des niveaux »[42]. Le principe d'une société 5.0 est que pour obtenir une société tournée vers l'avenir, il est nécessaire de mettre en place des réformes sociales et des innovations qui déconstruisent l'idée existante d'immobilisme[43]. L'objectif est d'atteindre un degré élevé de convergence entre cyberespace et espace physique pour tenter de résoudre, à l'aide des technologies de l'industrie 4.0, les défis les plus urgents pour l'humanité.

Les technologies de l'industrie 4.0 sont en mesure de s'attaquer à d'importantes problématiques mondiales, telles que la pauvreté, le changement climatique, la disparition de la nature, l'urbanisation continue, le manque d'eau et l'accroissement des inégalités. Le pouvoir transformateur de l'industrie 4.0 peut paver la voie vers le développement durable en promouvant un nouveau modèle économique qui n'est pas conçu pour la création de richesses matérielles entraînant des risques accrus pour l'environnement, des pénuries et des inégalités sociales. La diffusion des technologies numériques a le pouvoir d'autonomiser les personnes pauvres et marginalisées en leur donnant accès à des informations, des offres d'emploi et des services qui leur permettront d'améliorer leur niveau de vie. L'IA, l'IoT et la blockchain peuvent augmenter le recueil et les possibilités d'analyse des données permettant d'établir des stratégies de réduction de la pauvreté plus ciblées et plus efficaces[44]. Les technologies de l'industrie 4.0 sont également capables de transformer drastiquement la gestion de notre environnement direct, d'atténuer les effets néfastes pour le climat et de s'attaquer à la question de la perte de la biodiversité. En utilisant toute la puissance de l'IoT et des analyses du big data, les gouvernements peuvent mieux comprendre les niveaux de pollution de l'air ; la blockchain peut contribuer à la gestion des droits de propriété ; les drones enrichis avec des algorithmes intelligents ou de l'IA peuvent, quant à eux, fournir des données en temps en réel sur les émissions de gaz à effet de serre ou aider à la reforestation dans les zones isolées.

42) https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html

43) Ibid

44) Brookings (2020), « The Fourth Industrial Revolution and Digitization will Transform Africa into a Global Powerhouse », disponible sur la page https://www.brookings.edu/research/the-fourth-industrial-revolution-and-digitization-will-transform-africa-into-a-global-powerhouse/

1.3 DÉCENNIE D'ACTION, STI ET TRANSFORMATION NUMÉRIQUE

« La décennie d'action a pour but d'accélérer la création de solutions durables pour l'ensemble des plus importantes problématiques mondiales : de la pauvreté aux questions de genre, en passant par le changement climatique, les inégalités et la résolution du déficit de financement. »

La communauté internationale s'est lancée dans une longue quête pour réussir à respecter les engagements pris dans le cadre des ODD d'ici à 2030. La décennie d'action a pour but d'accélérer la création de solutions durables pour l'ensemble des plus importantes problématiques mondiales. Cependant, des avancées acquises de longue haleine ont été interrompues ou sont revenues à leur point de départ. En cause, la pandémie de COVID-19, qui s'est propagée en entraînant sur son passage des centaines de milliers de morts et en affectant la qualité de vie de milliards de personnes. Des fragilités systémiques et des inégalités préexistantes ont été ressenties de manière plus prégnante, notamment par les groupes les plus marginalisés. La décennie d'action en faveur des ODD nécessite donc la mobilisation de tous, partout dans le monde, mais également une transformation radicale des systèmes de production et des modèles de gouvernance vétustes.

Pour mettre en application les ODD au cours de la décennie à venir, il faudra de l'ambition, des décisions et un sentiment d'urgence. La Troisième Conférence internationale sur le financement du développement, tenue à Addis-Abeba, a mis l'accent sur les STI en soulignant l'importance de traiter les questions relatives à ce domaine et de les soutenir. La Troisième conférence a demandé un nouveau cadre international pour le financement du développement durable qui fait correspondre les flux et politiques de financement avec les priorités économiques, sociales et environnementales[45]. La communauté internationale et surtout, les PMA, doivent prendre au sérieux l'importance des STI et de la disponibilité de solutions propulsées par l'innovation pour traiter les questions de durabilité. La décennie d'action devra intégrer les STI et la transition numérique afin que la transformation numérique profite à tous. Cette décennie, enrichie par des avancées technologiques, sera capitale pour que les PMA puissent développer leurs capacités afin d'atteindre les ODD et s'attaquer aux fragilités pluridimensionnelles qui paralysent ces pays.

L'importance des STI et la mise à disposition de solutions propulsées par l'innovation (notamment pour traiter des questions de durabilité) ont été la thématique principale d'un grand nombre d'initiatives, y compris de la conférence Rio+20 qui est à l'origine du Programme de développement durable à l'horizon 2030, du Programme d'action d'Addis-

45) https://www.un.org/esa/ffd/ffd3/conference.html

46) G20 Insights (2019), « Leveraging Science, Technology and Innovation for Implementing the 2030 Agenda », disponible sur la page https://www.g20-insights.org/policy_briefs/leveraging-science-technology-and-innovation-for-implementing-the-2030-agenda/

Abeba, de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) et de l'Accord de Paris[46]. Si la Troisième conférence a souligné l'importance des questions de STI et de leur soutien, des défis en matière de coopération technologique subsistent, y compris la capacité d'absorption des technologies, les faibles capacités financières des gouvernements et des entreprises du secteur privé dans les pays en développement et la gestion des régimes relatifs aux droits de propriété intellectuelle (DPI). Alors que la plupart des pays doivent encore intégrer les politiques STI permettant d'atteindre les ODD, des inquiétudes relatives au manque de modèles et de mécanismes existants ont ralenti la production des résultats attendus. Les efforts actuels pour faciliter une coopération en matière de STI qui répond à différents besoins concernant le développement et la durabilité doivent être repensés. Il a donc été nécessaire d'intervenir massivement pour combler les manques de connaissances dans les domaines technique et scientifique. L'une de ces interventions a été la création du Fonds pour l'environnement mondial (FEM), une initiative commune du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE) et de la Banque mondiale, qui aide les pays en développement à obtenir de nouvelles technologies et à financer des projets à moindre coût[47]. D'autres initiatives en matière de STI, comme la branche de l'Accord de Paris dédiée à la mise en œuvre des questions de développement, de transfert de technologies ainsi que du financement de ce transfert (Centre-Réseau des technologies climatiques — CTNC) n'ont pas eu un succès retentissant. S'il apporte une assistance technique aux pays en développement, le CTNC n'a toutefois pas été doté de moyens suffisants pour sa mission et fait face à un déficit de financement[48].

Malgré les efforts conséquents mis en œuvre pour atteindre les ODD, les financements manquent clairement. Selon le CNUCED, pour que les pays en développement puissent atteindre les ODD d'ici 2030, les investissements dans les secteurs touchants aux ODD devront s'élever entre 3,3 trillions à 4,5 trillions de dollars par an. Ces estimations montrent un déficit annuel de financement évident de 2,5 trillions de dollars entre les financements actuels et ceux qui sont attendus[49]. Des déficits de financement importants ont été constatés au niveau des infrastructures énergétiques (950 milliards de dollars), de la réduction des effets du changement climatique (850 milliards de dollars) et des infrastructures de transport (770 milliards de dollars). Des déficits de financement conséquent ont également été relevés au niveau des infrastructures sociales : de 140 milliards de dollars pour la santé à 250 milliards de dollars pour l'éducation (cf. Figure 6)[50].

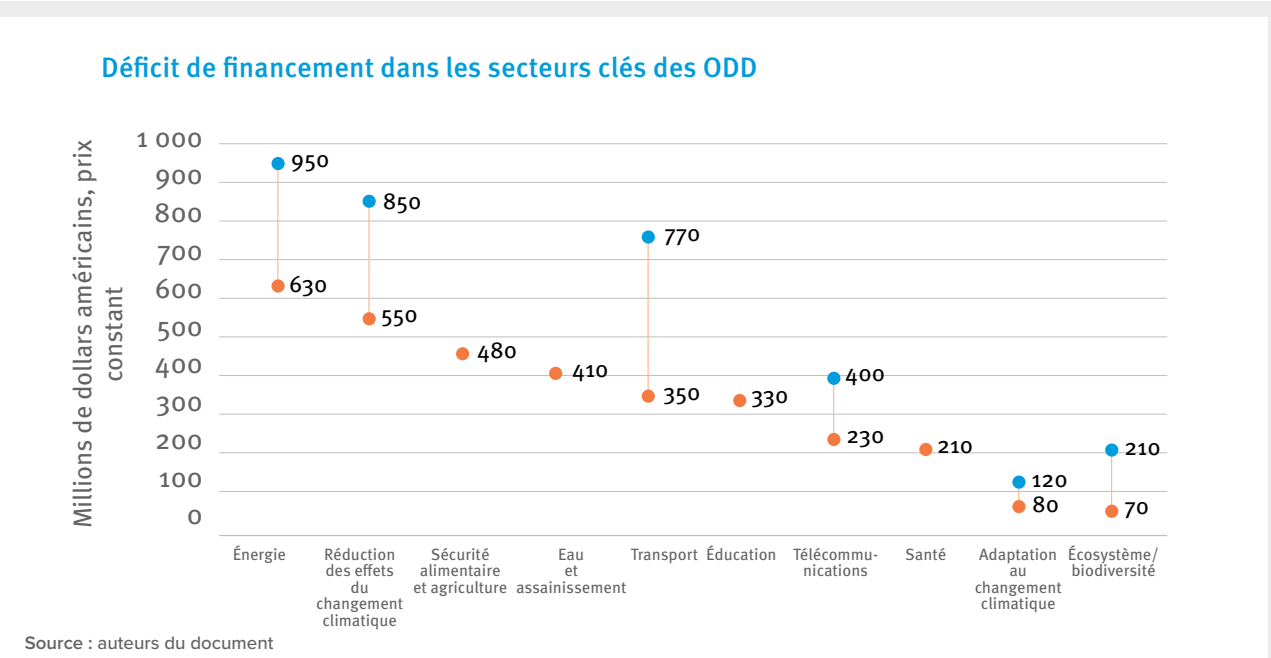


FIGURE 6 : Déficit de financement des pays en développement

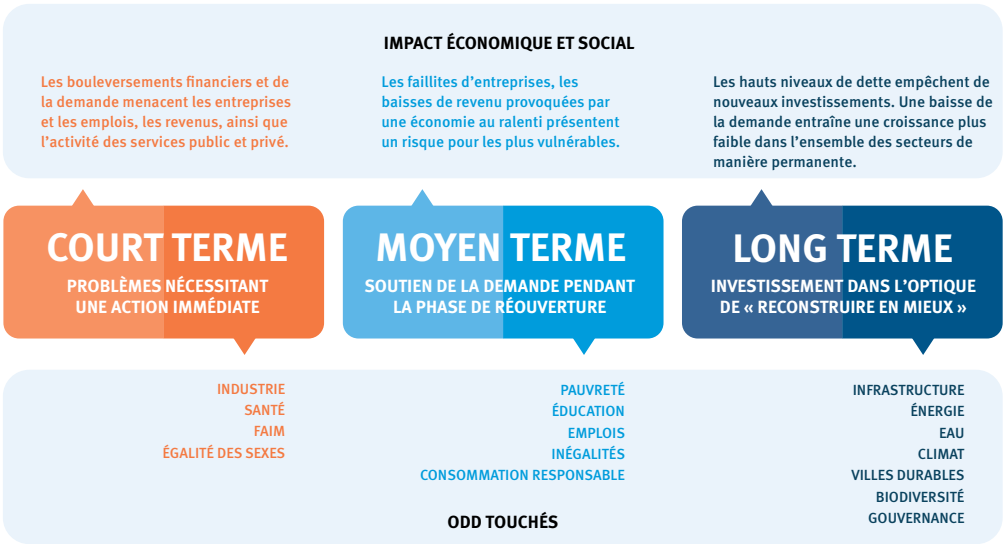
47) Ibid

48) Ibid

49) CNUCED (2014), « World Investment Report: Investing in the SDGs: An Action Plan »

50) Doumbia, D., Lauridsen M. L. (2019), « Closing the Financing Gap – Trends and Data », disponible sur la page https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/842b73cc-12b0-4fe2-b058-d3ee75f74d06/EMCompass-Note-73-Closing-SDGs-Fund-Gap.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mSHKI4S#:~:text=4%20Looking%20at%20the%20infrastructure,efficiency%20and%20the%20quality%20of

La pandémie a mis en évidence le besoin d'obtenir des aides financières supplémentaires, alors que les progrès vers les ODD se sont arrêtés et, dans certains cas, ont été perdus. La pandémie, ainsi que le ralentissement économique qu'elle a provoqué, pourraient avoir un impact significatif sur les perspectives de développement : les gains durement gagnés en matière de développement sont confrontés à des revers sur les court, moyen et long termes (cf. Figure 7). La pandémie a balayé d'un revers de main des années d'avancées relatives à la baisse de la pauvreté : il est prévu que 100 millions de personnes supplémentaires tombent dans l'extrême pauvreté et que 200 millions de travailleurs perdent leur emploi[51]. De plus, d'après les données tirées des cinq derniers évènements pandémiques majeurs, il est attendu que les inégalités augmentent drastiquement à court terme, avec un indice de Gini s'élevant en moyenne de 1,5 % sur cinq ans[52]. Le manque de revenu n'est pas la seule cause des inégalités. À cause de la fracture numérique, il est plus difficile de réaliser des tâches depuis chez soi, qu'il s'agisse de travailler, d'étudier ou d'accéder simplement à des informations. Les inégalités dans le domaine numérique se sont ressenties plus vivement dans les PMA, car des problèmes de connectivité subsistent : seulement 20 % des habitants de ces pays disposent d'un accès à internet[53]. Par conséquent, les enfants des PMA n'ont pas pu assister aux cours dispensés en ligne pendant la pandémie[54]. Des incertitudes quant aux conséquences des bouleversements interdépendants dans les domaines de la santé et de l'économie ont accentué les tensions au sein du système multilatéral, ajoutant une pression supplémentaire sur les ressources disponibles pour le développement durable. La contraction des économies a donc entraîné une baisse des ressources nationales. Si les besoins de financement ont augmenté, ils contrastent nettement avec le déclin des financements disponibles pour le développement, ce qui met une pression considérable sur l'APD.



Source : adapté de la publication de l'OCDE (2021), *« Global Outlook on Financing for Sustainable Development 2021: A New Way to Invest for People and Planet »*

FIGURE 7 : Bouleversement économique et social provoqué par la COVID-19 et ses conséquences pour les ODD

La décennie d'action nécessite l'intégration des STI et de la transition numérique pour obtenir une transformation numérique pour tous. La communauté internationale, et surtout, les PMA, doivent mesurer l'importance des STI et des solutions propulsées par l'innovation qui sont à leur disposition pour répondre sérieusement aux questions de durabilité. Cette décennie, enrichie par des avancées technologiques, sera capitale pour que les PMA puissent développer leurs capacités afin d'atteindre les ODD et s'attaquer aux fragilités pluridimensionnelles qui paralysent ces pays.

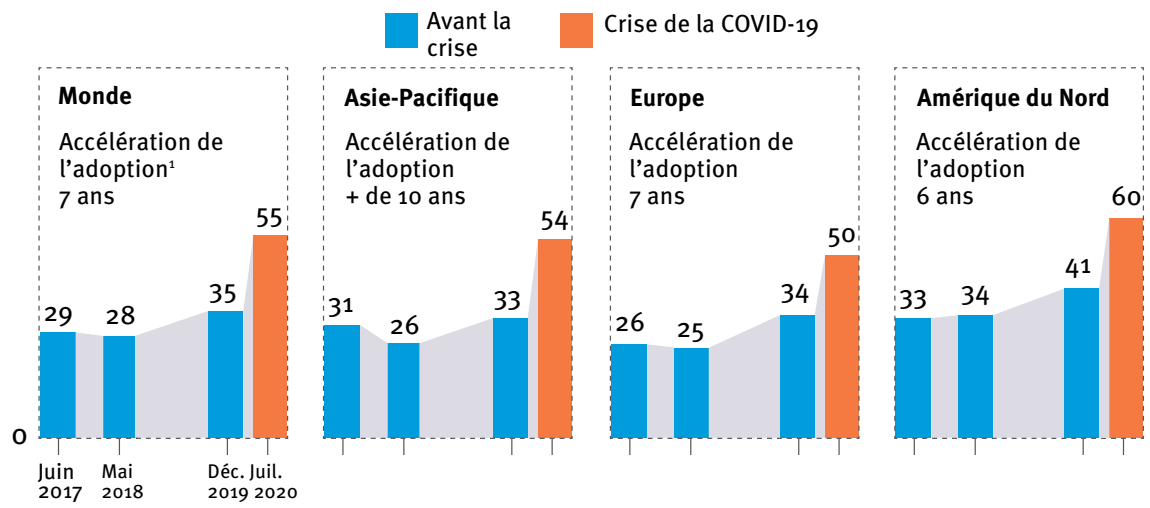
51) OCDE (2021), « Global Outlook on Financing for Sustainable Development 2021: A New Way to Invest for People and Planet », disponible sur la page https://www.oecd-ilibrary.org/sites/6ea613f4-en/index.html?itemId=/content/component/6ea613f4-en

52) Ibid

53) Assemblée générale des Nations Unies (2020), « Plan d'action pour la coopération numérique : mise en œuvre des recommandations du Groupe de haut niveau du Secrétaire général sur la coopération numérique », disponible sur la page https://www.un.org/fr/content/digital-cooperation-roadmap/

54) Ibid

La pandémie, ainsi que la panique qu'elle a provoquée, ont été un facteur déclencheur et d'accélération pour l'adoption des technologies numériques sur l'ensemble des secteurs. Cette crise sanitaire a remis en question des croyances bien établies concernant la réussite des objectifs de transformation numérique et a entraîné d'énormes changements dans les pratiques commerciales des entreprises, tout secteur et toute région confondus. Les consommateurs se sont rués sur les canaux numériques, et les entreprises, secteurs et gouvernements du monde entier ont pris leur suite, accélérant vivement les offres numériques ou améliorées numériquement. Selon un rapport de McKinsey, on constate une augmentation fulgurante des offres numériques. En effet, la pandémie a accéléré la progression de la part des produits et services numériques dans l'offre des entreprises de 7 ans en moyenne, à l'échelle mondiale[55], et de dix ans dans les régions développées d'Asie (cf. Figure 8)[56].



[1]Années d'avance sur le taux d'adoption moyen entre 2019 et 2019

Source : adapté de McKinsey & Company (2020), *« How COVID-19 has Pushed Companies Over the Technology Tipping Point – And Transformed Business Forever »*

FIGURE 8 : Part moyenne des produits ou services ayant été numérisés en tout ou partie (pourcentage)

Les effets de la pandémie ont montré qu'un plan de numérisation accéléré est possible pour atteindre les ODD. Avant la pandémie, les innovations et les nouvelles techniques de fabrication de pointe servaient essentiellement à répondre à des impératifs commerciaux (valeur ajoutée, productivité accrue et avantages comparatifs, par exemple). La « nouvelle norme » établie après la pandémie nous prouve que la société va dépendre davantage des technologies de pointe, lesquelles auront un impact important sur les efforts en matière de développement inclusif et durable.

Si les technologies numériques ont permis de surmonter la crise de COVID-19, elles ont tiré la sonnette d'alarme sur la fracture numérique croissante et ses conséquences, plaçant sur le devant de la scène les inégalités existantes entre les pays en développement et ceux développés[57]. Par le passé, on a constaté que chaque révolution industrielle a mis en évidence de grandes différences dans l'adoption des nouvelles manières de produire entre les pays qui ont été le fer de lance de ces révolutions et le reste des pays en développement. La pandémie et l'actuelle révolution industrielle ne peuvent qu'amplifier ces effets indésirables.

55) McKinsey & Company (2020), « How COVID-19 has Pushed Companies Over the Technology Tipping Point – And Transformed Business Forever », disponible sur la page https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever

56) Ibid

57) https://www.unido.org/our-focus-building-better-future/digital-transformation-innovation-and-industrial-recovery

Nous avons vu que l'adoption des technologies numériques dans l'ensemble du monde développé a fait ressortir les inégalités et fragilités existantes des PMA. Dans ce contexte, l'ONUDI a identifié la transformation numérique et l'innovation en tant que domaines d'intérêt en faveur du développement industriel inclusif et durable par la mise au point d'un Cadre stratégique pour la quatrième révolution industrielle. Le but est d'inverser les impacts négatifs d'un fossé numérique grandissant et d'inégalités toujours plus importantes.

L'acquisition de compétences dans le domaine des STI ne doit pas être perçue d'un seul point de vue privilégié. La question de l'acquisition de compétences dans le domaine des STI ne doit pas être déléguée à des scientifiques de second plan travaillant dans des laboratoires étudiant des problèmes scientifiques théoriques. Il faut, au contraire, créer une capacité en STI pour « résoudre, transformer et impacter[58] » les défis mondiaux mentionnés dans le Programme 2030. La technologie en elle-même ne signifie pas grand-chose d'un point de vue économique : c'est son adoption à grande échelle qui débloque les gains en matière de productivité et de croissance. Le transfert et la diffusion de technologie sont donc des éléments importants au niveau économique. Les économistes s'accordent à dire que la vitesse à laquelle les nations ont adopté de nouveaux outils il y a plusieurs centaines d'années a eu un fort impact sur la richesse de ces pays à l'heure actuelle.

Les STI et la transformation numérique, dont le rythme s'est récemment accéléré, peuvent aider à combattre les fragilités pluridimensionnelles des PMA. Afin de s'attaquer efficacement aux fragilités pluridimensionnelles des PMA dans un contexte post-pandémique de relance rapide et dans le cadre de la décennie d'action, il est nécessaire de créer des feuilles de route en STI[59]. Celles-ci se situent à la croisée des plans nationaux en matière de développement, de STI et d'ODD (cf. Figure 9).[60] Ce processus doit être mis au point au niveau national, par une agence nationale ou un ministère chargé des plans de développement nationaux, le ministère des Sciences et des Technologies ou par d'autres agences chargées des plans de STI ; la coordination doit se faire au plus haut niveau, c'est-à-dire., du cabinet présidentiel ou des ministères de la Planification ou des Finances[61].

Source : adapté d'un document des Nations Unies (2020), *« Implementing the Science, Technology, and Innovation (STI) for SDG Roadmaps at the Country Level: Operational Note »*

FIGURE 9 : Intégration des plans nationaux, STI et ODD et des acteurs clés

58) Banque mondiale (2008), « Science, Technology, and Innovation: Capacity Building for Sustainable Growth and Poverty Reduction », disponible sur la page https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/6418/439520PUB0Box310only109780821373804.pdf?sequence=1&isAllowed=y

59) Le guide sur les questions de STI dans le cadre des ODD est toujours en cours d'élaboration ; il est en phase pilote. La Serbie développe actuellement le premier plan d'action en matière de stratégie de spécialisation de pointe (*Smart Specialization Strategy Action Plan*) avec l'aide du Centre commun de recherche de la Commission européenne (JRC/CE). Toutefois, bien des leçons doivent encore être tirées de ce processus et des efforts pour faire évoluer ce plan d'action doivent être faits par l'intermédiaire du Partenariat en action dans le domaine des Sciences, technologies et de l'innovation pour les feuilles de route des ODD. Plus d'informations sont disponibles sur la page https://ec.europa.eu/jrc/sites/default/files/summary_-_high-level_dialogue_partnership_in_action_sti_for_sdgs_roadmaps.pdf

60) Nations Unies (2020), « Implementing the Science, Technology, and Innovation (STI) for SDG Roadmaps at the Country Level: Operational Note », disponible sur la page https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/258180peration_Note_STI_for_SDG_Roadmaps_final_Feb_28_2020.pdf

61) Ibid

1.4 PROBLÉMATIQUES MULTIDIMENSIONNELLES POUR LA MISE EN PLACE DE LA 4IR

S'agissant d'innovation, il est prévu que l'industrie 4.0 soit un moteur essentiel à la productivité et à la création de valeur. Un nombre croissant d'économies émergentes ont commencé à suivre la voie tracée par les économies les plus avancées, mettant en avant l'importance de l'innovation en tant que partie intégrante de leur programme de croissance. Toutefois, les nuances entre économie ou société basée sur l'innovation et économie ou société propulsée par l'innovation échappent à un grand nombre de gouvernements dans le monde qui ne comprennent donc pas les raisons qui font qu'un pays est innovant.

« Dans les PMA, les causes premières d'une faible croissance et d'une incapacité à tirer profit des nouvelles opportunités proposées par l'industrie 4.0 sont toujours les "vieilles" problématiques liées au développement, telles que les institutions, les infrastructures et les compétences. »

D'anciennes problématiques liées au développement gênent l'adoption des technologies de l'industrie 4.0 par les PMA. Dans les PMA, les causes premières d'une faible croissance et d'une incapacité à tirer profit des nouvelles opportunités proposées par l'industrie 4.0 sont toujours les « vieilles » problématiques liées au développement, telles que les institutions, les infrastructures et les compétences[62]. Ce phénomène est exacerbé par les innombrables défis économiques, sociaux et institutionnels qui affaiblissent et compromettent directement le potentiel et les capacités des PMA à paramétrer précisément l'industrie 4.0 aux niveaux institutionnel et économique.

À cause d'un accès à internet limité, les PMA n'ont pas été en mesure de récolter les fruits des TIC. Le développement des TIC a accompagné la création de nouvelles opportunités en matière d'emploi. Cependant, la diffusion des TIC dans les pays en développement est restée faible. C'est en partie vrai pour les PMA, car la part totale des emplois dans le domaine des TIC est toujours basse, notamment en Afrique subsaharienne[63]. Les PMA sont aux prises avec un accès limité à internet à haut débit, qui freine leur renaissance numérique de manière générale. À la fin de l'année 2017, seulement 172 millions de personnes avaient accès à internet sur les 1 milliards et quelques personnes vivant dans les PMA. Malgré les efforts faits pour augmenter le taux de pénétration des TIC et d'internet, l'investissement des PMA dans des infrastructures de TIC, telles que l'internet haut débit ou la recherche et l'éducation dans le domaine des TIC, reste extrêmement faible lorsqu'on le rapporte au PIB ou aux dépenses publiques[64]. Dans les PMA, la majorité de la population n'a pas accès à une connexion internet abordable (cf. Figure 10). Le fait d'améliorer la connectivité et l'accès aux informations pourrait contribuer à rendre les échanges plus inclusifs et à apporter des gains plus conséquents aux PMA, notamment aux groupes les plus isolés (c'est-à-dire, les femmes et les habitants des régions rurales)[65].

D'après l'Alliance for Affordable Internet, 2,3 milliards de personnes vivent dans un pays où une offre mobile haut débit de 1 Go n'est pas accessible aux individus gagnant un salaire moyen. La plupart de ces personnes se trouvent dans un PMA où le coût moyen d'un accès internet de 1 Go représente 14,8 % du revenu national brut (RNB) par tête. Ainsi, des utilisateurs situés dans des pays tels que la République démocratique du Congo, la République centrafricaine et Haïti devront verser la moitié de leur salaire mensuel pour pouvoir payer cet accès à internet.

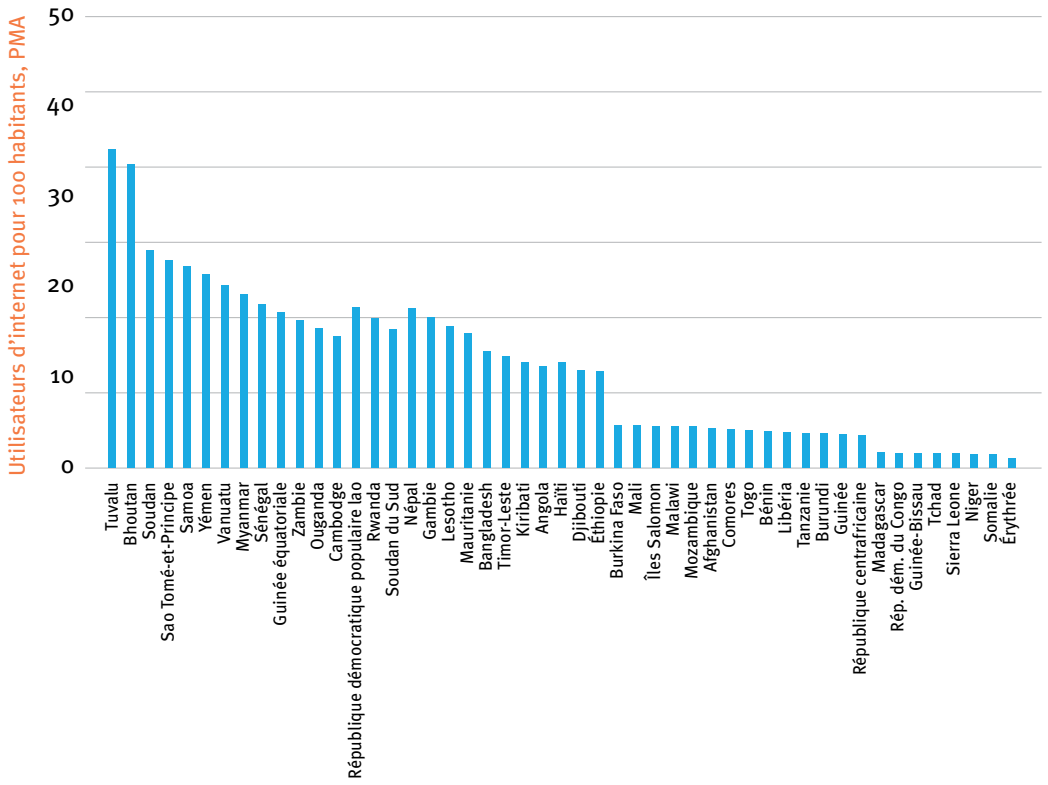
Source : Adhikari, R. (2019), ***« 6 Ways the Least Developed Countries Can Participate in the Fourth Industrial Revolution »***, disponible sur la page https://www.weforum.org/agenda/2019/08/6-ways-least-developed-countries-can-participate-in-the-4ir/

62) Banque africaine de développement (2019), « Libérer le potentiel de la quatrième révolution industrielle en Afrique ».

63) Ayentimi, D. T. (2020), « The 4IR and the Challenges for Developing Economies », disponible sur la page https://www.researchgate.net/publication/340840065_The_4IR_and_the_challenges_for_developing_economies

64) Ibid

65) OCDE, OMC (2017), « Panorama de l'aide pour le commerce 2017 : Promouvoir le commerce, l'inclusion et la connectivité pour un développement durable. Chapitre 9 : Promouvoir l'inclusion commerciale dans les pays les moins avancés ». Cadre intégré renforcé



Source : adapté du document de l'OCDE et de l'OMC (2017) *« Panorama de l'aide pour le commerce 2017 : Promouvoir le commerce, l'inclusion et la connectivité pour un développement durable ».*

FIGURE 10 : Utilisateurs d'internet dans les PMA pour 100 habitants

Dans le monde, il existe des disparités fondées sur le genre se rapportant à l'utilisation d'internet. Depuis 2013, ces disparités concernant l'utilisation d'internet dans les PMA ont continué à s'accentuer, ce qui est une tendance inquiétante[66]. Les données ventilées par sexe relatives à l'utilisation d'internet dans les pays en développés en 2019 montrent que 87,6 % des hommes et 86 % des femmes ont accès à internet. Toutefois, lorsque l'on compare l'utilisation d'internet entre les pays développés et les PMA, un écart évident existe entre femmes et hommes : seuls 24,4 % des hommes et 13,9 % des femmes bénéficient d'un accès à internet (cf. Figure 11)[67]. Pour pouvoir prétendre à des opportunités dans le commerce numérique, disposer d'un accès à internet est un prérequis. Par ailleurs, la plupart des personnes accèdent à internet par l'intermédiaire d'un téléphone. Les données font également état d'une disparité : dans les pays à faible revenu et revenu intermédiaire, les femmes ont 10 % de chances en moins que les hommes de posséder un téléphone, ce qui équivaut à 197 millions de femmes[68].

Un grand nombre de PMA mettent en place des stratégies et politiques en matière de TIC, qui pavent la voie au développement national de ces technologies. Dans ces plans, les considérations relatives à l'égalité des sexes brillent toutefois par leur absence. Les mouvements de femmes locaux existent depuis peu et se sont pendant longtemps attaqués à d'autres problématiques urgentes telles que les violences domestiques, le trafic de femmes, la santé et les droits sexuels et génésiques, ainsi que les injustices économiques[69].

Suite de la pandémie de COVID-19, les PMA se trouvent à un croisement décisif en matière d'éducation des filles. Au plus fort de la pandémie, plus de 236 millions d'apprenants sur l'ensemble du continent africain n'ont pas pu aller en classe à cause des fermetures totales ou partielles des établissements scolaires[70]. Ces perturbations dans l'éducation sont potentiellement en mesure de faire reculer d'importantes avancées au niveau de l'éducation des filles

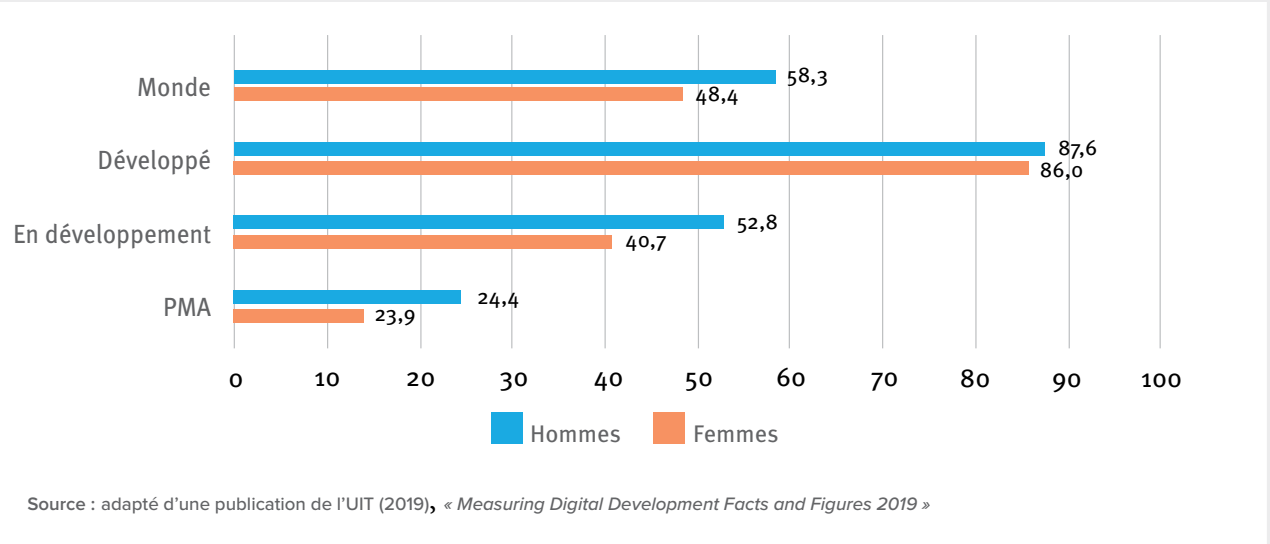
66) Ramsay, D. (2020), « Opinion: How to Tackle Least Developed Countries' Gender Gaps in Tech Use and Data », disponible sur la page https://www.devex.com/news/opinion-how-to-tackle-least-developed-countries-gender-gaps-in-tech-use-and-data-96713

67) Publications de l'UIT (2019), « Measuring Digital Development Facts and Figures 2019 »

68) Ramsay, D. (2020), « Opinion: How to Tackle Least Developed Countries' Gender Gaps in Tech Use and Data », disponible sur la page https://www.devex.com/news/opinion-how-to-tackle-least-developed-countries-gender-gaps-in-tech-use-and-data-96713

69) https://www.apc.org/en/news/new-report-bridging-gender-digital-divide-challenges-central-and-eastern-europe-and-ex-soviet

70) UNESCO (2020), « Éducation des filles : reconstruire ensemble l'égalité sur le continent africain », disponible sur la page https://fr.unesco.org/news/education-filles-reconstruire-ensemble-legalite-continent-africain



Source : adapté d'une publication de l'UIT (2019), *« Measuring Digital Development Facts and Figures 2019 »*

FIGURE 11 : Taux de pénétration d'internet pour les femmes et les hommes en 2019

réalisées au cours des dernières décennies. Cela entraîne des effets immédiats et à long terme plus larges sur la réussite des ODD, y compris de ceux liés à la réduction de la pauvreté, à la santé et au bien-être, à une éducation inclusive de qualité et à l'égalité des genres[71]. La pandémie a eu un impact sur les filles de manière disproportionnée en Afrique subsaharienne : une estimation montre qu'un million de filles situées dans cette région ne retourneront sans doute jamais à l'école après sa réouverture en raison de politiques et de pratiques qui interdisent aux filles enceintes et aux jeunes mères de reprendre leur scolarité[72].

Dans le monde, les femmes ont beaucoup moins accès que les hommes à des financements. En proposant des taux d'intérêt très élevés (rationnement du crédit), les banques découragent les femmes cheffes d'entreprise de demander des prêts. Ces dernières manquent en plus de garanties, ce qui signifie qu'elles ont moins accès que les hommes à des prêts. Des outils et services financiers numériques ainsi que des technologies de facilitation peuvent aider les femmes avec des revenus bas à se forger une résilience économique.

Si les plateformes agricoles sont en mesure de réduire les disparités femmes-hommes dans les PMA, la fracture numérique liée au genre subsiste. Les plateformes agricoles ont la possibilité de réduire les disparités femmes-hommes s'agissant « d'accès » en améliorant l'accès aux compétences numériques, à des financements/au crédit et à des offres d'emploi. Cela permet de réduire les déséquilibres d'information et les écarts de formation, en soutenant la mise en œuvre du principe d'égalité des chances. Faire évoluer l'inclusion des genres par l'intermédiaire de plateformes agricoles nécessite toutefois de réduire la fracture numérique femmes-hommes relative à l'accès à internet et aux compétences de base en TIC, et d'éliminer les barrières liées aux coûts nécessaires pour faire fonctionner ces plateformes et aux tarifs d'accès. Par conséquent, encourager l'adoption des nouvelles technologies présente un risque d'accentuer les inégalités existantes[73].

L'un des principaux freins empêchant les PMA de tirer parti des technologies émergentes est leur manque de capacités de production de base et plus avancées leur permettant d'absorber et de mettre en œuvre ces technologies efficacement. Les PMA disposent de capacités de production limitées : le déploiement inefficace des technologies et la faible capacité d'absorption sur la chaîne d'approvisionnement se caractérisent par une répartition basse et inégale des technologies numériques de production.

Les technologies numériques nécessitent des infrastructures adaptées. Les pays en développement, et notamment les PMA, rencontrent des problèmes majeurs liés aux infrastructures lors de la mise en œuvre des technologies numériques. Il manque aux PMA de l'électricité bon marché et fiable, ainsi qu'une connectivité décente ; il s'agit de critères essentiels pour tirer parti de ces technologies. Dans certains cas, ces goulets d'étranglement structurels

71) UNESCO (2020), « Reconstruire l'égalité : guide de rescolarisation des filles », disponible sur la page https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374094_fre

72) UNESCO (2020), « Éducation des filles : reconstruire ensemble l'égalité sur le continent africain », disponible sur la page https://fr.unesco.org/news/education-filles-reconstruire-ensemble-legalite-continent-africain

73) Krishnan, A., et al. (2020), « Ag-Platforms as Disruptors in Value-Chains: Evidence from Uganda », disponible sur la page https://cdn.odi.org/media/documents/odi-jr-eif-agrtechreport4-may20-proof01_final2311.pdf

ont pu être contournés avec des technologies fonctionnant sans électricité et des systèmes de connexion sans fil. Si ces solutions fonctionnent dans certains secteurs, elles ne permettent pas toujours de fournir des services de qualité et fiables nécessaires pour faire fonctionner efficacement des technologies de production numérique. Par conséquent, les améliorations en matière de productivité et de qualité proposées par les technologies de production numériques sont contrebalancées par ces goulets, ce qui rend les investissements par des entreprises individuelles dans la technologie trop risqués et, en définitive, non rentables[74].

Les technologies de production numériques sont complexes et contrôlées par un nombre limité de pays avancés et par leurs entreprises leaders. Les PMA se sont fortement appuyés sur l'importation de ces technologies depuis des économies avancées. Dans bien des cas, même lorsqu'ils parviennent à mobiliser suffisamment de ressources pour y accéder, ils sont aux prises avec leurs acheteurs au sujet des composants matériels et logiciels. Les acheteurs internationaux et les équipementiers contrôlent les sources, types et conditions d'utilisation des technologies de production numériques en définissant les paramètres de l'engagement du fournisseur. Ceux qui ne respectent pas ces paramètres sont mis sur la touche[75].

L'adoption limitée des technologies met en évidence l'échec des politiques gouvernementales des PMA dans l'encouragement de l'innovation et du développement technologique. En effet, le manque de priorisation des politiques relatives à l'innovation et à la technologie dans le cadre du développement national semble rebuter les PMA à participer comme il se doit à l'industrie 4.0, laquelle dépend du développement et de l'acquisition de technologies. De plus, la mise en œuvre de technologies polyvalentes par le secteur informel risque d'être étouffée par l'absence de communication et d'infrastructures de transport pour soutenir ce déploiement, d'une mauvaise connaissance des pratiques entrepreneuriales au sein de l'environnement commercial général et de l'insuffisance des capacités humaines et des compétences numériques. Dans les PMA, le développement technologique et l'application de technologies polyvalentes dans le secteur agricole resteront stériles à moins que des liens n'existent en aval et en amont de la chaîne de valeur agricole. La présence de ces liens offre un avantage : la création d'opportunités pour intégrer les gains réalisés en productivité agricole dans le traitement, l'emballage et la distribution sur des marchés locaux et régionaux.

Les perspectives d'emploi se concentrent essentiellement dans le secteur agricole, ce qui atteste d'une adoption limitée de la technologie. Le secteur informel, qui domine généralement les économies des PMA, se caractérise principalement par une utilisation limitée de la technologie par les PME. En substance, l'influence de l'industrie 4.0 sur le secteur informel des économies en développement dépendra très largement du rythme d'adoption des technologies de pointe pour venir soutenir une productivité et une efficacité accrues dans les entreprises agricoles de transformation et, plus généralement, dans les PME.

74) ONUDI (2019), « A Revolution in the Making? Challenges and Opportunities of Digital Production Technologies for Developing Countries », disponible sur la page https://www.unido.org/api/opentext/documents/download/16423347/unido-file-16423347

75) Ibid

Les entreprises des PMA innovent peu et celles qui imitent des activités existantes sont généralement les plus nombreuses. En moyenne, seulement 15 % des jeunes entrepreneurs déclarent la mise sur le marché d'un nouveau produit ou service, contre 24 % dans les autres pays en développement ; l'activité entrepreneuriale des employés est aussi plus limitée[76].

Dans les PMA, l'activité entrepreneuriale concerne surtout les secteurs pour lesquels il y a peu d'obstacles à l'entrée et qui font appel à des compétences limitées. Les entreprises fournissent notamment des services aux consommateurs (activités de commerce de détail, activités liées aux véhicules automobiles, services d'hébergement et de restauration, services personnels, services de santé, services d'éducation, services sociaux et récréatifs). Elles sont moins présentes dans les activités plus porteuses de transformation, comme les activités de construction, de fabrication, de transport et de communication, les services publics, le commerce de gros et les services aux entreprises. Autrement dit, le potentiel entrepreneurial ne se traduit que dans une faible mesure par la création d'entreprises innovantes capables de favoriser la transformation structurelle[77].

L'utilisation de technologies numériques dans les systèmes de production et de service fait baisser la demande de main-d'œuvre dans le monde entier. Cette tendance touche tout particulièrement les PMA qui ne peuvent plus se fier à leur avantage concurrentiel historique sur le marché international, à savoir, leur main-d'œuvre à bas coût. Par conséquent, les sites de production ont été déplacés plus près des marchés de vente dans les pays industrialisés. Cette relocalisation[78] des opérations se déroule actuellement et augmente le nombre d'emplois disponibles dans les nations développées et industrialisées. La délocalisation initiale des processus de travail et des sites de production vers des pays où la main-d'œuvre est bon marché a eu pour effet de faire perdre leur emploi aux travailleurs peu qualifiés des pays développés. Cependant, avec l'essor des technologies numériques, les travailleurs des PMA ne disposent pas du panel de compétences requises pour travailler avec ces nouvelles méthodes de production[79]. Le retrait de ces usines devra inciter les PMA à réagir rapidement et à former à nouveau des travailleurs déjà peu qualifiés et faiblement rémunérés.

L'avenir étant placé sous le signe du numérique, les PMA devront impérativement développer des compétences « à l'épreuve du futur ». S'il est essentiel d'investir dans le domaine des sciences, des technologies, de l'ingénierie et des mathématiques (STIM), il faut également prendre en compte les compétences non techniques telles que la créativité, la collaboration et la gestion du temps. La plupart des PMA ne disposent toutefois pas des ressources requises pour fournir une éducation élémentaire et ne pourront donc respecter cette exigence qu'en faisant appel à une aide extérieure ou au secteur privé. Comme la flexibilité et la capacité d'adaptation sont des éléments clés pour l'acquisition de compétences à l'épreuve du futur, seule une volonté politique sans faille pourra venir à bout des systèmes éducatifs inflexibles en vigueur dans un grand nombre de PMA[80].

76) CNUCED (2018), « Rapport 2018 sur les pays les moins avancés (Aperçu général). L'entrepreneuriat au service de la transformation structurelle : Changer de cap », disponible sur la page https://unctad.org/system/files/official-document/ldcr2018overview_fr.pdf

77) Ibid

78) On entend par « relocalisation » le processus de déplacement de certaines opérations (et même d'usines entières) autrefois délocalisées dans des pays à bas salaires depuis des pays développés et industrialisés.

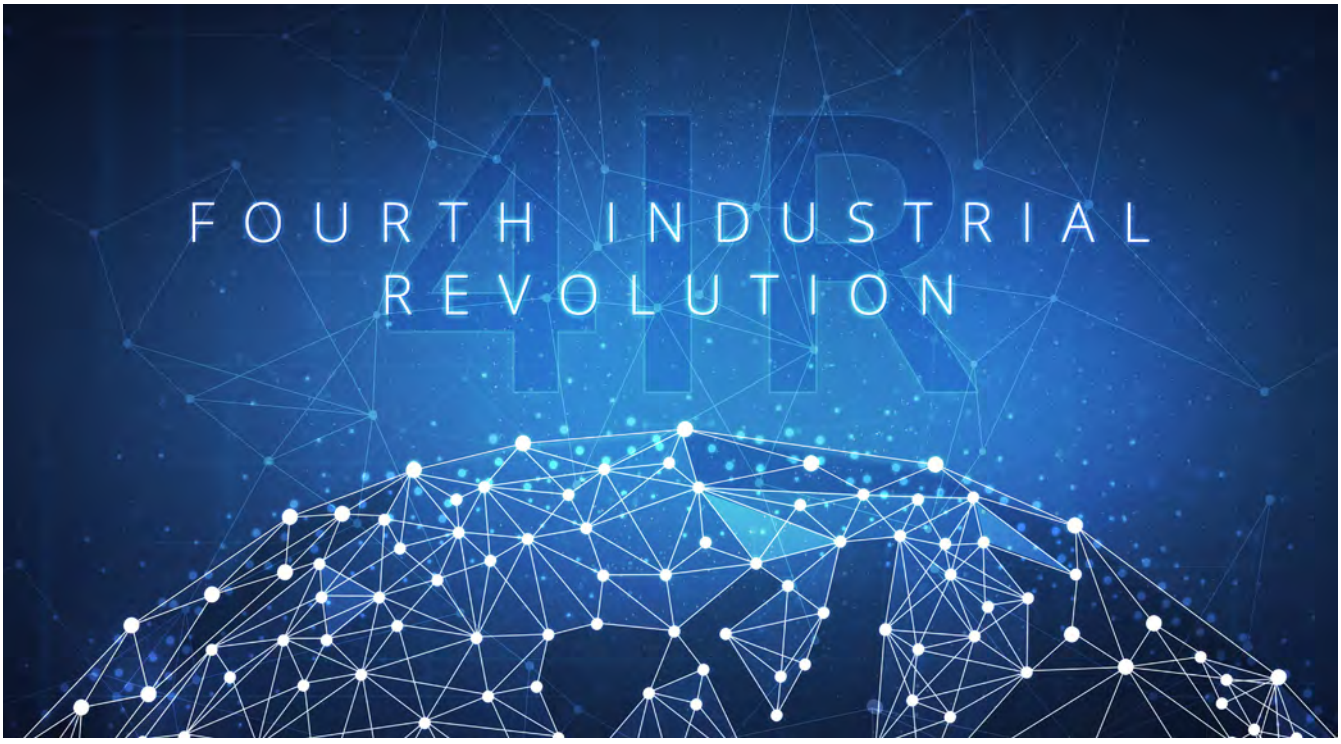
79) Petersen, T. (2019), « What is the Impact of Reshoring », disponible sur la page https://ged-project.de/trade-and-investment/what-is-the-impact-of-reshoring/

80) Adhikari, R. (2019), « 6 Ways the Least Developed Countries Can Participate in the Fourth Industrial Revolution », disponible sur la page https://www.weforum.org/agenda/2019/08/6-ways-least-developed-countries-can-participate-in-the-4ir/

Dans les PMA, le risque de surendettement en conséquence de la COVID-19 est très élevé. La pandémie a aggravé la situation financière des PMA, car l'investissement étranger direct (IED) et les transferts de fonds ont baissé. Résultat : la moitié des PMA peut à tout moment tomber dans le surendettement, si ce n'est pas déjà le cas[81].

Chaque révolution industrielle amène son lot de problèmes juridiques importants, et la quatrième révolution industrielle n'échappe pas à cette règle. L'adaptation réussie à de nouvelles avancées technologiques se fonde sur la capacité des gouvernements à répondre aux besoins en matière de réglementation de manière appropriée. Afin de pouvoir rester dans la course, les PMA doivent prendre des mesures pour que des réglementations utiles sur le long terme soient votées. Le fait de rester à la traîne pourrait avoir des impacts négatifs profonds sur les PMA : l'élaboration de réglementations inappropriées entraînerait une baisse de compétitivité et de revenus. De plus, l'industrie 4.0 requiert des interventions légales garantissant que les progrès technologiques sont au service de la société. Les rapides progrès technologiques et leur adoption hâtive sur l'ensemble des secteurs peuvent creuser les écarts salariaux si une régulation financière n'est pas imposée.

De manière générale, l'environnement entrepreneurial dans les PMA va à l'encontre d'une croissance axée sur le marché. Les entreprises privées des PMA sont confrontées à un trop grand nombre de barrières réglementaires et, dans la plupart des cas, les coûts réglementaires sont plus élevés dans ces pays que dans les économies développées. Ces environnements de travail non favorables sont également plus susceptibles d'avoir un impact négatif sur les entreprises détenues par des femmes, lesquelles restent généralement informelles. Il est admis que des réglementations solides sont nécessaires en vue de sécuriser des avantages, protéger les travailleurs, les consommateurs et l'environnement, promouvoir l'état de droit, mais également pour un fonctionnement optimal des économies de marché[82].



81) ONUDI (2021), « Industrial Production in LDCs and Trade in the COVID Era and Resulting Policy Reactions », disponible sur la page https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-05/Keynote%20-%20LDC%20industrial%20performance%20in%20COVID%20era%20and%20resulting%20policy%20reactions%20%28final%29.pdf

82) https://www.enterprise-development.org/what-works-and-why/evidence-framework/rationale-for-ber/

Conséquences imprévues de la quatrième révolution industrielle

Si un grand nombre de PMA peuvent bénéficier des avancées de l'industrie 4.0, certaines conséquences imprévues doivent être prises en compte

Par exemple, les technologies de l'industrie 4.0 partagent des caractéristiques communes en matière de connectivité (p. ex. Wi-Fi, Bluetooth, fréquences longue portée (LoRa), réseau grande distance à basse consommation (LPWAN)) qui sont mises en évidence grâce à l'évolution des « appareils intelligents » (téléphones, téléviseurs, capteurs d'humidité du sol, etc.). La capacité à se servir de ces objets et de promouvoir leur intercommunication a entraîné de nombreux avantages tels que l'augmentation du recueil des données, des opérations à distance et de l'automatisation. Cela a toutefois créé de nouvelles responsabilités en matière de cybersécurité. Par exemple, les réseaux cloud des PMA rencontrent des difficultés en matière de sécurité, de manquements et de confidentialité qui entraînent une perte de confiance de la part des utilisateurs locaux et internationaux, lesquels hésitent à interagir avec ce type de services. Les coupures sur l'ensemble des réseaux et les cyberattaques menées par des individus malveillants nécessiteront un suivi continu et l'implication des gouvernements afin de protéger leur population. De plus, il convient de prendre en compte les différences de capacités au sein même des PMA : chaque pays nécessite la mise en place de solutions sur mesure.

Les propriétés de la 4IR sont doubles s'agissant des coûts et des avantages relatifs à l'égalité des genres

Dans l'industrie textile, par exemple, on estime que 80 % des travailleurs dans le secteur de l'habillement sont des femmes, alors que nombre d'entre elles sont cantonnées à des tâches stéréotypées colportées par des normes de genre. Malgré tout, ce secteur tient toujours une place prépondérante dans les économies des pays les moins avancés, car il est très facilement accessible. Par exemple, l'habillement constitue 85 % des recettes d'exportation au Bangladesh ; au Cambodge, un foyer sur cinq compte des travailleurs dans le secteur de l'habillement ; et le Myanmar a, quant à lui, rejoint le secteur de la confection textile dans le cadre de sa relance économique. Dans ce contexte, l'introduction de processus automatisés risque de bouleverser le secteur, notamment par la mise en œuvre de systèmes plus rentables, plus efficaces et plus productifs qui exploitent l'IA et la robotique. Pour faire face, les PMA doivent se préparer à l'aide d'un cadre et de mesures tenant compte des questions de genre et des technologies de l'industrie 4.0. De plus, des analyses de genre doivent être réalisées avant la mise en application de technologies de rupture afin de prédire l'impact sur les groupes défavorisés. En même temps, des réglementations doivent être mises en place pour aider les femmes à recevoir une nouvelle formation et supprimer les postes assignés à un genre en particulier. Des mesures tenant compte des questions de genre ont déjà porté leurs fruits dans certains PMA. Le PNUD a collaboré avec le gouvernement du Bangladesh dans le cadre du développement de centres dédiés au numérique visant à fournir des services publics payants aux membres de communautés isolées ; et ces centres sont principalement représentés par des femmes cheffes d'entreprises en campagne. En plus de ces efforts, il est nécessaire d'augmenter le nombre d'initiatives qui comblent le fossé entre femmes et hommes en matière de compétences. Pour ce faire, il est possible de faire appel à des programmes similaires à ceux proposés par l'UNESCO (« EQUALS Digital Skills Hub »), l'UNICEF (« Skills4Girls ») et CloudKettle (« Digital Skills for Women »).

Les PMA ont besoin de recueillir plus de données pour faire fonctionner l'écosystème de l'industrie 4.0. Ce recueil doit donc être correctement encadré et complet, mais également accompagné de mesures de protection

Les PMA doivent être au fait des particularités relatives aux problématiques sociales et techniques liées aux données. Si les gouvernements veulent récolter les fruits de la transition numérique, ils doivent mettre en place les contrôles et contre-pouvoirs appropriés pour garantir à leurs citoyens la confidentialité des données. Pour assurer le respect de la confidentialité des données, les gouvernements doivent imposer des politiques de gouvernance des données qui permettront de garantir la disponibilité, la facilité d'utilisation, l'intégrité et la sécurité des données. Pour trouver des idées, les PMA peuvent s'intéresser au règlement général sur la protection des données (RGPD). Il a été voté pour que les utilisateurs puissent contrôler leurs données, mais propose également des mécanismes qui gèrent les questions de conformité par les sites web participants. Ces réglementations instaurent une plus grande confiance : le recueil de données est un processus sûr, éthique et bien encadré dans les pays qui y adhèrent.

2

Absorption des technologies 4IR par les PMA

Le transfert et la diffusion de technologie peuvent aider les PMA à absorber de nouvelles technologies. Le fait d'encourager le commerce ainsi que les partenariats aux niveaux local et international peut permettre aux PMA d'utiliser efficacement les technologies de l'industrie 4.0 et de bénéficier de leurs avantages pour la collectivité.

La capacité d'absorption des technologies de l'industrie 4.0 par les PMA dépend de plusieurs facteurs, dont les plus importants sont les réglementations, le développement de capital humain, les infrastructures et les écosystèmes de l'innovation. La capacité d'absorption technologique d'un pays ou d'une organisation se définit comme « la capacité à rechercher, acquérir et exploiter des technologies extérieures »[83]. Dans beaucoup de PMA, cette capacité est pour l'instant assez faible. L'absorption technologique peut se faire de multiples façons, y compris par transfert de technologie depuis des pays développés vers des pays en développement. Pour ce faire, il est nécessaire d'appliquer l'approche du principe de la responsabilité sectorielle afin de réunir les organisations autour d'un but commun, en encourageant le développement de compétences et l'amélioration des infrastructures.

Le transfert et la diffusion de technologie peuvent aider les PMA à absorber de nouvelles technologies. Comme son nom l'indique, le transfert de technologie est le processus visant à transférer une technologie d'une entité vers une autre. On distingue quatre modes principaux de transfert de technologie : i) les objets physiques ou le matériel ; (ii) les compétences et les aspects humains de la gestion et de l'apprentissage technologiques ; (iii) de dessins et de modèles qui constituent la forme documentaire des connaissances en matière d'information et de technologie ; et (iv) les liaisons entre les systèmes de production dans le cadre desquels la technologie est utilisée[84].

Approche du principe de la responsabilité sectorielle

L'approche du principe de la responsabilité sectorielle peut aider les PMA à intégrer des innovations d'une manière qui correspond exactement à leurs besoins individuels.

L'approche du principe de la responsabilité sectorielle décrit le phénomène qui relie des entreprises interdépendantes les unes aux autres dans une chaîne de production à valeur ajoutée au cours d'une période nécessitant des alliances stratégiques entre des universités, des intermédiaires, des instituts de recherche, des services commerciaux fondés sur les connaissances et des clients.

Par rapport à une approche sectorielle, cette approche repose sur des synergies possibles entre plusieurs groupes qui peuvent être mises à profit pour développer et mettre en œuvre des nouvelles technologies. Ces groupes sectoriels (ou clusters) peuvent améliorer la qualité des documents stratégiques dérivés des connaissances propres à chaque participant.

De plus, ils apportent à chaque membre les mêmes avantages que ceux conférés par des groupements à plus grande échelle ou plus officiels tout en conservant leur flexibilité (Porter, 1998). Par exemple, entre 2015 et 2019, l'Agence de coopération internationale de la République de Corée (KOICA), placée sous l'égide de l'ONUDI, a mené un projet visant à améliorer la compétitivité et l'accès au marché des PME dans le Valle del Cauca (Colombie). Trois éléments étaient au cœur du projet : (1) développement de consortiums d'exportation ; (2) fourniture d'une assistance technique (AT) aux entreprises membres des consortiums ; et (3) transfert de savoir-faire institutionnel. Résultat : 21 entreprises ont bénéficié d'une expansion de marché, 14 d'entre elles ont embauché pendant la durée du projet et la valeur des exportations cumulées en matériaux vers 10 marchés, y compris les États-Unis, le Royaume-Uni, la France, l'Espagne et Hong Kong, ont représenté presque 1 million de dollars. Par exemple, le cluster d'écotourisme du Costa Rica montre comment la coopération de différentes industries et secteurs a entraîné une augmentation du nombre de touristes (de 155 000 à 1,1 million) et des revenus (de 21 millions à 1,15 milliard de dollars) entre 1970 et 2000 (Jones et Spadafora, 2016).

L'approche du principe de la responsabilité sectorielle a été principalement utilisée dans les pays développés, mais elle pourrait bénéficier aux PMA, et notamment aux petites entreprises. En condensant les ressources, il est possible de surmonter les limites de taille, ce qui offre une spécialisation, un potentiel d'innovation et un transfert de connaissances plus élevés (Karae, *et al.* 2007). Les clusters qui intègrent des financements de la part de donateurs doivent également être pris en compte : cela permet d'ajouter des ressources financières, des connaissances idiosyncrasiques, une expertise et une attention sur le plan politique susceptibles de stimuler le développement économique.

83) Aldrich, T.J. (1977), « Managing the Flow of Technology: Technology Transfer and Dissemination of Technological Information within the R&D Organization », MIT Press, Cambridge, MA.

84) Moon, S. (2008), « Does TRIPS Art. 66.2 Encourage Technology Transfer to LDCs? An Analysis of Country Submissions to the TRIPS council (1999-2007) ». *CNUCED*.

À l'inverse, la diffusion de technologie implique la communication d'informations et de savoir-faire techniques innovants déjà utilisés dans d'autres entreprises, industries ou pays. Les technologies diffusées peuvent être intégrées à des produits ou à des processus. On inclut les technologies dites matérielles (« hard »), telles que les machines-outils contrôlées par ordinateur et celles dites logicielles (« soft ») qui comprennent l'amélioration des méthodes de fabrication, de contrôle qualité ou de formation, par exemple. La technologie est également diffusée par l'intermédiaire de la concurrence au sein des entreprises, via la mobilité des travailleurs qualifiés, des activités de sociétés professionnelles, des publications scientifiques, de différentes formes de commercialisation des connaissances informelles et des pratiques comme la rétro-ingénierie.

Quelques exemples de diffusion de technologie :

- fournir des informations permettant d'améliorer des technologies, des bonnes pratiques, des tendances internationales, des réglementations pertinentes, des réseaux professionnels existants, etc. ;
- réaliser une évaluation comparative des entreprises dans leur secteur aux niveaux national et international en vue d'identifier les points à améliorer ;
- proposer une assistance et des conseils techniques en gestion et en certification de la qualité, en gestion des impacts environnementaux et de la consommation d'énergie, en développement des ressources humaines, en gestion stratégique, etc.

Les PMA peuvent passer à l'industrie 4.0 en modernisant les technologies dont ils disposent. Bien que des solutions permettant de prendre des raccourcis technologiques sont certainement possibles pour les PMA, il serait plus réaliste d'améliorer petit à petit les infrastructures existantes. Grâce à une méta-analyse de 20 articles, Zambetti *et al.*[85] ont découvert trois manières permettant aux équipementiers de moderniser leurs infrastructures afin de mettre en place les technologies de l'industrie 4.0 (cf. Tableau 1). Par exemple, dans le domaine de la conduite autonome, au lieu d'acheter un véhicule flambant neuf équipé de cette technologie, certaines entreprises développent des solutions pour moderniser des véhicules plus anciens et moins chers. Comma.ai est l'une de ces entreprises : elle utilise des véhicules entrée de gamme (une Honda Civic de 2016, par exemple) et propose des fonctionnalités de conduite autonome en installant des outils (matériels et logiciels) de vision par ordinateur[86]. Dans le secteur industriel, Fan et Chang (2018) ont conçu un boîtier intelligent pour équiper d'anciennes machines afin de détecter l'état de marche de la machine et ainsi fournir un suivi en temps réel beaucoup plus fiable que s'il était effectué par l'intermédiaire d'une inspection humaine manuelle[87]. En outre, Garcia-Garza *et al.* (2019) ont décrit l'intégration d'un kit de traitement des informations équipé d'un mini-ordinateur avec un système de cloud computing et d'analyse des données, visant à réaliser un suivi d'un système d'inspection de la fabrication[88].

TABLEAU 1 : Approches de modernisation

	Ajout d'un capteur intelligent ou d'une passerelle edge Les capteurs IoT et passerelles edge peuvent être utilisés pour collecter des données issues d'automates programmables ou d'autres sources de données.
	Kits de modernisation Ils sont mis au point par un tiers et contiennent un ensemble complet de capteurs, d'outils de connectivité, de contrôle et d'analyse de données.
	Caméra Les caméras industrielles servent à effectuer un suivi des opérations de fabrication et un relevé des données auprès de la main-d'œuvre et des équipements.

Adapté de Zambetti *et al.* 2020

85) Zambetti, M. et al. (2020), « Enabling servitization by retrofitting legacy equipment for Industry 4.0 applications: benefits and barriers for OEMs ». *Procedia Manufacturing*. 48. 1047-1053

86) https://comma.ai/

87) Fan, Y. et Chang, J. (2018), « Embedded smart box for legacy machines to approach to I4.0 in smart manufacturing ».

88) García-Garza, M. A., Ahuett-Garza, H., Lopez, M. G., Orta-Castañón, P., Kurfess, T. R., Urbina Coronado, P. D., Güemes-Castorena, D., Villa, S. G., et Salinas, S. (2019). « A Case about the Upgrade of Manufacturing Equipment for Insertion into an Industry 4.0 Environment ». *Sensors (Basel, Switzerland)*, *19*(15), 3304. https://doi.org/10.3390/s19153304

Si un grand nombre de PMA ont exprimé leur envie de mettre en œuvre les technologies de l'industrie 4.0 afin d'inverser la courbe du changement climatique et de favoriser le développement durable, la réalité est tout autre : retards persistants, infrastructures inadaptées et réglementations inadéquates ou manquantes. À l'occasion de la dernière réunion ministérielle des pays les moins avancés[89], plusieurs PMA ont fait part de leurs inquiétudes concernant une nouvelle une mise à l'écart, notamment à cause de l'impact de la COVID-19. Les exposés principaux mettaient l'accent sur le besoin urgent d'enrichir les capacités de production des PMA, indiquant que « le transfert de ressources productives vers des secteurs et des activités à forte productivité du travail et à forte valeur ajoutée est extrêmement lent, ce qui freine leur progression vers le développement durable. » Implicitement, cela suggère une mauvaise absorption et mise en application des nouvelles technologies, alors que ce sont ces capacités mêmes qui ont rendu les nations développées plus résilientes aux effets de la pandémie. Pour que les PMA puissent toutefois absorber des technologies, leur gouvernement doit préparer le terrain sur le plan juridique et des infrastructures. Par exemple, beaucoup de PMA ne disposent d'aucune réglementation encadrant la mise en œuvre des technologies de l'industrie 4.0, tandis que ceux qui en ont une ont réalisé des avancées considérables vers le reclassement en tant que pays en développement (Tableau 2). Le Bangladesh est un très bon exemple de la manière dont l'implication d'un gouvernement peut inciter à l'utilisation des technologies de l'industrie 4.0 et de leurs avantages. Depuis la création du plan « Digital Bangladesh » en 2008, le pays à fait passer le taux d'utilisateurs d'internet de 3 % à 70 % de la population[90]. De même, le Népal a créé son propre cadre d'absorption technologique (« Digital Nepal ») pour voter des initiatives en matière numérique visant à diversifier l'économie népalaise. Les réglementations nationales en matière de TIC (2015), de haut débit et la mise en œuvre de la loi relative aux transactions par voie électronique sont venues compléter le projet Digital Nepal. Toutes ces mesures tendent vers une transformation du Népal en société fondée sur les connaissances et les informations.

TABLEAU 2 : Éléments essentiels à une réglementation en matière de technologie numérique

	Absorption technologique Fourniture de services de fabrication et de vulgarisation numérique (p. ex., systèmes organisationnels et opérationnels), de projets de démonstration, de facteurs, d'accès aux données et aux infratechnologies, ainsi qu'à la fabrication additive.
	Normes de développement et de diffusion Fourniture de normes pour les services et les données, les infratechnologies, les organismes de test et de certification (semblables aux infrastructures nationales de qualité).
	Intégration du système Services de modernisation et intégration des anciens systèmes aux plateformes numériques, aux installations de prototypage rapide et aux outils de conception virtuelle.
	Mise à niveau de la technologie Codification et diffusion des solutions technologiques réussies et mise en œuvre de dispositifs pour la mise à niveau (p. ex. accélérateurs d'innovation, incubateurs d'entreprises, PME).

Adapté de Andreoni *et al.* 2021[91]

89) CNUCED. (2021), « Déclaration des ministres des pays les moins avancés à la quinzième session de la Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement ». *Conférence des Nations Unies sur le commerce et le développement*. https://unctad.org/system/files/official-document/td525_fr.pdf

90) Nations Unies (2021), « Le Comité préparatoire de la Conférence sur les pays les moins avancés met l'accent sur le rôle crucial du secteur privé dans les plans de développement » *Nations Unies. Couverture des réunions & communiqués de presse. LDC5, comité préparatoire, première session*. https://www.un.org/press/fr/2021/dev3439.doc.htm

91) Adreoni, A., Modliwa, P. et Roberts, S (2021), « Structural Transformation in South Africa: The Challenges of Inclusive Industrial Development in a Middle Income Country ». *Oxford University Press*. 1-416

Le fait d'encourager le commerce et les partenariats aux niveaux local et international peut permettre aux PMA d'utiliser efficacement les technologies de l'industrie 4.0, lesquelles proposent des avantages pour la collectivité. La population des PMA représente quasiment 12 % de la population mondiale. Cependant, leur part dans les échanges internationaux dépasse à peine 1 %[92]. Des programmes, tels que le Cadre intégré renforcé (CIR), ont toutefois permis d'autonomiser les PMA grâce à des différentes initiatives commerciales et de développement durable. Beaucoup de technologies de l'industrie 4.0 dépendent de services annexes comme les services de télécommunications, de 5G et les satellites. Les systèmes de trading jouent un rôle essentiel pour développer ces technologies dans l'optique de favoriser les négociations pour l'accès aux marchés et les initiatives en matière de commerce électronique qui créent un marché concurrentiel et correctement régulé[93]. Le CIR a permis à de nombreux PMA de réussir dans ce domaine. En Éthiopie, le CIR a fourni une infrastructure de TI et a facilité les réunions virtuelles relatives à la reprise du processus d'accès du pays à l'OMC[94]. En outre, plus de 74 technologies ont été introduites dans les PMA pour l'optimisation de chaînes de valeur spécifiques. Au Cambodge, le CIR a contribué à développer la Stratégie d'intégration commerciale du Cambodge (CTIS) et à la numérisation des échanges à l'aide de plateformes de commerce électronique, donnant ainsi accès à un plus grand nombre de partenaires commerciaux[95]. Cette base apporte les ingrédients nécessaires permettant d'incorporer des technologies de l'industrie 4.0 à une date ultérieure : les données collectées peuvent alimenter des prévisions utilisant le machine learning, des technologies de blockchain peuvent être utilisées pour suivre le statut d'un produit pendant toute sa durée de vie, le cloud computing peut être mis à profit pour fournir un référentiel commun permettant de consulter les registres d'expédition, etc.

L'éducation et la R&D sont des éléments clés pour l'absorption des technologies de l'industrie 4.0. Il a été suggéré que la moitié des différences entre « niveaux de revenus et croissance dans les pays tient des différences dans la productivité totale » où la R&D peut expliquer « jusqu'à 75 % des différences dans les taux de productivité globale des facteurs, une fois que les externalités ont été prises en compte »[96]. Les dépenses engagées par les gouvernements des pays les moins avancés dans les domaines de l'éducation, de la recherche et du développement sont moindres par rapport aux pays développés. Les PMA dépensent environ 3 % de leur PIB dans l'éducation, alors que les pays développés comme la Suède (7,5 %), le Royaume-Uni (5,2 %) ou l'Allemagne (5 %) dépensent presque deux fois plus dans ce domaine[97].

L'absorption technologique dans les PMA subit une double fracture numérique. Comme le décrivait Paul Attewell en 2001[98], « la première fracture numérique est l'accès à la technologie en elle-même, tandis que la seconde fait référence à un fossé dans l'utilisation de la technologie ». Jeffrey James reprend cette idée (2021) en affirmant que l'élaboration de deux importantes propositions d'action aurait un énorme impact sur les PMA : « La première serait améliorer l'apprentissage et l'efficacité relative aux notions d'arithmétique et à l'alphabétisation dans les écoles ; la deuxième possibilité est de fournir des compétences numériques de base, même aux personnes dont les capacités en calcul et en orthographe ne sont pas complètement développées[99]. » En outre, les personnes qui ne disposent pas de compétences numériques seront confrontées à une exclusion croissante (cf. Figure 12)[100]. Concernant la première fracture numérique, l'indice moyen de couverture réseau est de 83 dans le monde et de 54 dans les PMA, alors que l'utilisation des données coûte plus cher dans les PMA (indice de 30), ce qui rend donc les données moins accessibles (indice de 63)[101]. La Banque de technologies des Nations Unies travaille avec des organisations en vue d'améliorer les faiblesses des PMA en matière d'infrastructures. Elle fait nouvellement partie de l'Alliance for Affordable Internet (A4AI) ; ce partenariat a la possibilité d'améliorer la connectivité et de promouvoir la coopération numérique en diffusant un accès à un internet de qualité. Si le taux de pénétration des appareils mobiles dans les pays en développement augmente, dans ces pays, beaucoup ne savent pas qu'il est possible de tirer parti de la connexion internet proposée par ces appareils ; ils se contentent d'utiliser ces derniers en tant qu'outils de communication uniquement. En effet, un grand nombre d'utilisateurs de mobiles dans ces PMA se servent de leur appareil intelligent pour le transfert d'argent uniquement, et n'utilisent donc pas les fonctionnalités plus avancées qu'il propose. Selon Jeffrey James (2020), 80 % des utilisateurs d'un téléphone dans les PMA ne disposent pas des compétences ou des des connaissances contextuelles pour réaliser des opérations utilisant une connexion internet sur leur téléphone (p. ex. gérer des fichiers, des courriels, effectuer des recherches ou remplir des formulaires en ligne)[102]. De plus, un grand nombre de smartphones, tels que les KaiOS, sont limités aux « fonctionnalités essentielles » ce qui, dans les faits, bride les capacités d'apprentissage de la population. Le besoin d'avoir accès à des appareils intelligents est évident, mais ceux-ci doivent être équipés de toutes

92) Bruckner, M. (2012), « Limited progress in market access for LDCs ». *Nations Unies. Portail PMA, disponible sur la page* https://www.un.org/ldcportal/limited-progress-in-market-access-for-ldcs/

93) OMC. (2019), « Fourth industrial revolution - the next servicification frontier ». *Forum public 2019 de l'OMC (rapport de l'organisateur de la séance)*. https://www.wto.org/english/forums_e/public_forum19_e/pf19_82_rpt_e.pdf

94) https://enhancedif.org/fr/profil-pays/ethiopie

95) Kim, S. et Duval, Y. (2020), « In the world's poorest countries, the move to digitalize trade procedures in needed now more than ever ». *Nouvelles de l'aide pour le commerce, une initiative du CIR, disponible sur la page* https://trade4devnews.enhancedif.org/fr/op-ed/dans-les-pays-les-plus-pauvres-du-monde-la-numerisation-des-procedures-commerciales-est

96) Griliches, Z. (1979), « Issues in assessing the contribution of Research and Development to Productivity Growth ». *Bell Journal of Economics. 10(1) 92-116.*

97) https://donnees.banquemondiale.org/indicateur/SE.XPD.TOTL.GD.ZS?locations=XL

98) Atwell, P. (2001), « The First and Second Digital Divides ». *Sociology of Education* 74(3). 252-259

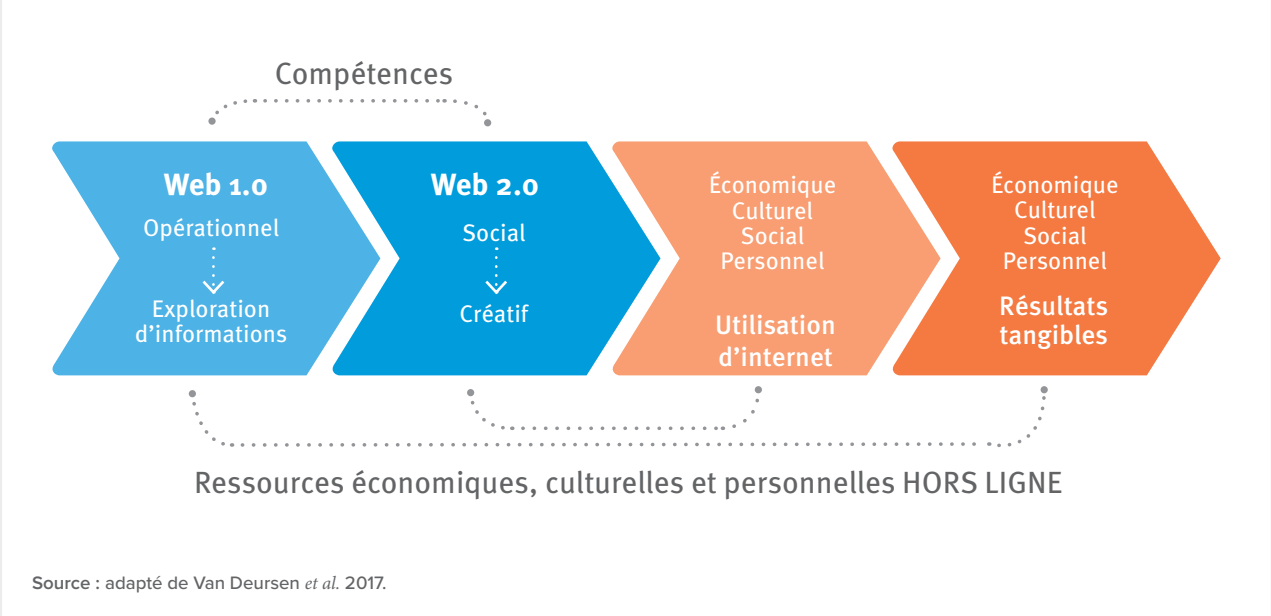
99) James, J. (2021), « Confronting the scarcity of digital skills among the poor in developing countries ». *Development Policy Review*. *39*(2). 324-320.

100) Van Deursen, A., Helsper, E., Eynon, R. et Van Dijk, J. (2017), « The compoundness and sequentiality of digital inequality ».

101) GSMA. (2020), « The State of Mobile Internet Connectivity 2020 ». *GSMA*. https://www.gsma.com/r/wp-content/uploads/2020/09/GSMA-State-of-Mobile-Internet-Connectivity-Report-2020.pdf

102) James, J. (2020), « The smart feature phone revolution in developing countries: Bringing the internet to the bottom of the pyramid ». *The Information Society*. 36(4).

les fonctionnalités. Faits aggravants, les compétences numériques sont peu mises en valeur par le gouvernement et donc beaucoup de personnes restent dans l'incertitude avec pas ou peu de connaissances à leur sujet. Par exemple, si le nombre d'abonnés à de la téléphonie mobile au Zimbabwe était de 12,9 millions pendant la pandémie, le taux de pénétration à internet était de seulement 21 %, empêchant tout accès à l'éducation à distance[103].



Source : adapté de Van Deursen *et al.* 2017.

FIGURE 12 : Exclusion numérique composée et séquentielle

Pour réduire la fracture numérique, les gouvernements des PMA doivent participer plus directement au soutien de programmes encourageant le développement des compétences. Un rapport de la Banque mondiale daté de 2020 traitant des cadres et programmes relatifs aux compétences numériques[104] cite un grand nombre de programmes, notamment Anudip, 4Africa Academy (Microsoft), Digital House, STEP Computer Academy, et Tunapanda. Néanmoins, on relève une tendance : la plupart de ces initiatives sont d'origine privée (Microsoft, Cisco, IBM et Intel). Le besoin de développer des compétences numériques reste toutefois particulièrement pressant dans les PMA qui continuent d'être alimentées par des économies informelles. On estime que 2 milliards de personnes au sein de la population active occupée (soit 62 % de la main-d'œuvre mondiale) ont un travail informel, dont plus de 93 % se trouvent dans les pays émergents et en développement[105].

Les travailleurs de l'économie informelle ont été les plus touchés par la crise de la COVID-19. En 2020, on a estimé que 95 millions de personnes (travailleurs informels pour la plupart) sont tombées en dessous du seuil d'extrême pauvreté à cause de la pandémie[106].

Un autre élément de l'absorption des technologies de l'industrie 4.0 est la mise en avant d'une « économie du savoir » qui s'accompagne d'une forte participation au niveau académique permettant d'instiller une culture d'apprentissage. La présence d'universités à proximité des villes promeut des mécanismes d'anticipation des améliorations. Au contraire, lorsque les opportunités intellectuelles et les progrès technologiques sont insuffisants, il se produit souvent un phénomène de « fuite des cerveaux » : les personnes hautement qualifiées et les plus prometteuses quittent leur pays d'origine. En conséquence, les individus ne risquent pas de revenir

103) https://harris.uchicago.edu/news-events/news/commentary-many-students-developing-countries-cannot-access-education-remotely

104) Banque mondiale (2020), « Digital Skills: Frameworks and Programs ». *Banque mondiale*. https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/35080/Digital-Skills-Frameworks-and-Programs.pdf?sequence=1&isAllowed=y

105) OIT (2018), « Femmes et hommes dans l'économie informelle : un panorama statistique » (Troisième édition). *Organisation internationale du Travail*. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms_734075.pdf

106) FMI (2021), « IIMF Country Focus: Five Things to Know about the Informal Economy ». *Fonds monétaire international – IMF News*. https://www.imf.org/en/News/Articles/2021/07/28/na-072821-five-things-to-know-about-the-informal-economy

dans ces régions plus tard, car les avantages financiers et éducatifs ne sont pas assez attractifs, ce qui provoque souvent des pressions financières dans ces pays[107].

Un autre exemple d'avancées localisées est celui des pôles de compétitivité, qui impliquent une combinaison « … de chefs d'entreprise et établissements d'enseignement, de startups et d'écoles, d'innovations mixtes en matière de développement et de médecine, d'investissements dans le vélopartage et de placements potentiellement rentables (et tous ces pôles sont reliés aux transports, alimentés par des énergies vertes et adaptés aux technologies numériques[108]) ».

Un grand nombre de participants façonnent la composition économique de ces pôles, y compris des incubateurs, des institutions de recherche, des entreprises historiques (p. ex., Facebook et Google dans la Silicon Valley), des promoteurs immobiliers et des ressources pour stimuler la créativité (p. ex., musées, cinémas, etc.). D'autres villes densément peuplées, situées dans des régions du monde moins riches, se sont approprié cette tendance. À Rio de Janeiro, un partenariat avec IBM a permis la création d'un centre de contrôle. Il dispose de capacités de suivi conséquentes : suivi du trafic, déclenchement de processus automatiques en cas d'inondation, envoi d'avertissements aux citoyens, etc.[109]. Une initiative similaire a été mise en place dans la ville voisine de Bogota (Colombie). Elle a reçu le *Sustainable Transport Award* pour le travail réalisé sur le système de circulation de la ville à l'aide d'une approche proposant une occupation mixte des sols. Leur stratégie de conception (« cilorutas ») a mis au point le réseau de pistes cyclables le plus important de toute l'Amérique latine : il relie les transports publics et les autres grandes villes[110].

107) Artz, G. (2003), « Rural Area Brain Drain: Is it a Reality? » *Iowa State University: Digital Repository. Extension and Outreach Publications*. 90. https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1090&context=extension_pubs

108) Katz, B. et Wagner, J. (2014), « The Rise of Innovation Districts: A New Geography of Innovation in America ». *Brookings. Metropolitan Policy Program*. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/07/InnovationDistricts1.pdf

109) Hawley, K. (2014), « Transforming cities for sustainability: Facts and Figures ». *SciDev.Net.* https://www.scidev.net/global/features/transforming-cities-sustainability-facts-figures/

110) Torres, A., Sarmiento, O. L., Stauber, C., et Zarama, R. (2013), « The Ciclovia and Cicloruta programs: promising interventions to promote physical activity and social capital in Bogotá, Colombia ». *American journal of public health, 103*(2), e23–e30. https://doi.org/10.2105/AJPH.2012.301142

3

Comment les PMA peuvent-ils tirer parti de la 4IR dans la course à l'action climatique ?

Les défis financiers et humanitaires des PMA sont intrinsèquement liés à la fragilité de ces pays face aux catastrophes climatiques, et cette fragilité qui devrait s'accentuer à cause du changement climatique.

Si les crises environnementales augmentent dans le monde, les PMA peuvent inverser les tendances de réchauffement par la mise en œuvre de technologies de l'industrie 4.0. Selon les estimations du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC), la température devrait augmenter d'environ 1,5 à 2 degrés d'ici 2100[111]. Les effets prévus de ce changement climatique sont considérables : bouleversement des habitats d'espèces menacées, disparition des barrières de corail, sécurité alimentaire compromise et déplacement de millions de personnes. Malheureusement, le changement climatique est déjà une réalité. On estime que les océans ont emmagasiné autant de chaleur entre 1997 et 2015 qu'au cours des 130 dernières années[112]. L'augmentation des évènements climatiques extrêmes, l'élévation de 20 centimètres du niveau de la mer au cours du siècle écoulé (soit deux fois plus qu'au 18e siècle), la réduction des inlandsis et le recul des glaciers sont autant d'autres preuves de ce changement[113]. De manière générale, l'humain est à l'origine de ces évènements avec l'arrivée des moteurs à explosion et le rejet massif de gaz à effet de serre (GES) issus de l'industrie. Les PMA ont le moins contribué, mais ce sont eux qui causeront le plus de dégâts.

Les défis financiers et humanitaires des PMA sont intrinsèquement liés à la fragilité de ces pays face aux catastrophes climatiques, et cette fragilité qui devrait s'accentuer à cause du changement climatique. Les économies des PMA sont, par nature, très largement agricoles. Dans ces pays, les secteurs en lien avec l'agriculture comptabilisent 72 % de l'emploi ; ce sont ces secteurs qui devraient être les plus durement touchés par le changement climatique[114]. Un document publié en 2020 par le Groupe de la Banque mondiale estime que 32 à 132 millions de personnes supplémentaires répondront aux critères d'extrême pauvreté d'ici 2030 à cause des impacts à court terme du changement climatique[115]. Ce chiffre s'ajoute aux 71 à 100 millions de personnes touchées par les effets de la pandémie de COVID-19. Les statistiques suivantes présentent les risques disproportionnés de conséquences indésirables[116].

« Si, au cours des 50 dernières années, seulement 18 % des catastrophes climatiques se sont produites dans les PMA, 69 % des décès provoqués par ces évènements ont eu lieu dans les PMA, alors que seulement 13 % de la population mondiale habite dans ces pays. »

En outre, on estime que le taux d'incidence des catastrophes climatiques dans le monde a augmenté de 2 % par an au cours des 15-20 dernières années. Ces données sont confirmées par une autre découverte alarmante. Entre 1991 et 2005, on estime que 90 % des morts liées à des catastrophes et 98 % des personnes touchées par ces évènements se trouvaient dans des pays en développement. Un quart de ces décès ont eu lieu dans les PMA. Le Programme d'action d'Istanbul souligne que les PMA continuent de se battre face aux effets du changement climatique. Comme le défend le programme, l'atteinte des ODD, tels que « Faim Zéro », peut être optimisée par le renforcement des institutions (des coopératives, par exemple) afin d'améliorer la production alimentaire par de petites entreprises agricoles et de rendre les marchés ruraux plus avantageux pour les pauvres. Comme expliqué ci-dessous, les technologies de l'industrie 4.0 peuvent rationaliser les processus et augmenter l'efficacité et la responsabilité.

111) GIEC (2018), « Summary for Policymakers of IPCC Special report on Global Warming of 1.5 degrees Celsius approved by governments », disponible sur la page https://www.ipcc.ch/2018/10/08/summary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/

112) Gleckler, P., Durack, P., Stouffer, R. et al. (2016), « Industrial-era global ocean heat uptake doubles in recent decades ».

113) https://climate.nasa.gov/evidence/

114) OIT, Nations Unies (2013) « Shared Harvests: Agriculture, Trade, and Employment », disponible sur la page https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/genericdocument/wcms_212868.pdf

115) Jafino, B. A., Walsh, B., Rozenberg, J., Hallegatte, S. (2020), « Revised Estimates of the Impact of Climate Change on Extreme Poverty by 2030 », disponible sur la page https://documents1.worldbank.org/curated/en/706751601388457990/pdf/Revised-Estimates-of-the-Impact-of-Climate-Change-on-Extreme-Poverty-by-2030.pdf

116) IIED (2019), « Time to redress the hlobally unjust cost of climate change », disponible à la page https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/17726IIED.pdf

En aval, les répercussions du changement climatique aggravent les risques qui touchent aux vulnérabilités multidimensionnelles des PMA, y compris la sécurité alimentaire et la faim. Le deuxième Objectifs de développement durable des Nations Unies est d'atteindre la Faim Zéro. Environ 700 millions de personnes dans le monde, soit quasiment une personne sur dix, souffrent de la faim extrême[117]. Et ce chiffre vient juste d'augmenter à cause des effets de la pandémie de COVID-19. Le Programme alimentaire mondial des Nations Unies prévoit que 130 millions de personnes supplémentaires seront victimes de famine du fait de la pandémie[118]. Selon des estimations, la population des PMA comptait environ 1 milliard de personnes en 2017. Ce chiffre devrait passer à 1,7 milliard d'ici 2050, car la croissance de la population est actuellement très rapide. Une autre inquiétude concerne le « double fardeau de la malnutrition ». Il se définit par la « coexistence de la dénutrition et de la surcharge pondérale ou de l'obésité, [et] touche la plupart des pays à revenu intermédiaire inférieur (PRITI) ». Les nombreux impacts de ce double fardeau dépassent les concepts mêmes de nutrition et de faim. Par exemple, un modèle élaboré par la Commission économique pour l'Amérique latine et les Caraïbes (CEPALC) et le Programme alimentaire mondial (PAM) a mesuré les effets sur toute une vie de la nutrition infantile en s'intéressant à différents aspects. Le modèle CEPALC-PAM a estimé des répercussions sur le PIB de l'ordre de 0,2 % au Chili (500 millions de dollars), de 2,3 % au Mexique (28,8 milliards de dollars) et de 4,3 % en Équateur (4,3 milliards de dollars), par exemple.[119]

Un grand nombre de PMA ont fait part de leurs engagements en faveur de la décarbonation, laquelle peut être réalisée à l'aide de technologies de l'industrie 4.0. En décembre 2020, plusieurs chefs de gouvernement des PMA se sont retrouvés au Bhoutan pour le *Thimhpu Ambition Summit*[120]. Par l'union de tous les PMA, le consortium a relevé l'intention des participants de combattre le changement climatique ensemble et de proposer des solutions pour une relance économique verte. Dans le cadre du sommet, plusieurs PMA ont communiqué leurs déclarations d'intention, lesquelles incluaient un thème commun : atteindre la neutralité carbone d'ici 2030 grâce à des mesures telles que l'augmentation de l'utilisation des énergies renouvelables, la réduction du rythme de déforestation et la création de nouveaux emplois à l'aide de technologies propres[121].

L'IA ET LA ROBOTIQUE EN FAVEUR DE L'ACTION CLIMATIQUE

L'utilisation de l'IA peut améliorer l'efficacité et la disponibilité de certains éléments de base pour les équipements collectifs dans les PMA, y compris les équipements électriques, d'approvisionnement en eau et d'assainissement. Parmi les processus actuellement en vigueur dans le domaine agricole, beaucoup nécessitent la mobilisation de travailleurs manuels et des compétences professionnelles. L'application de méthodes traditionnelles tient principalement à des troubles économiques et à un capital-compétences limité. Ces facteurs ont entraîné un cloisonnement des processus agricoles. Par rapport aux pays développés, le niveau de déchets à l'étape de consommation est bas dans les PMA. Toutefois, lors de l'étape de traitement ce niveau est très élevé : les PMA sont limités techniquement, ce qui atteste d'un manque d'efficacité, et ce, dès les premières phases du cycle agricole. Il est donc évident que les dynamiques en matière de pertes alimentaires vont d'un extrême à l'autre lorsque l'on compare les pays en développement et ceux développés. Selon l'Organisation pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), plus de 40 % des pertes alimentaires dans les pays en développement se produisent après la récolte et pendant les étapes de traitement. Dans les pays développés, 40 % des pertes alimentaires ont lieu lors des étapes de distribution et de consommation. De plus, les pertes alimentaires et les déchets ont également des effets sur l'environnement. Selon des estimations, le gaspillage alimentaire consomme entre 173 et 250 km^3 d'eau par an [122] et représente environ 8 % des émissions de GES au niveau mondial. La FAO estime que l'empreinte carbone du gaspillage alimentaire (résultat de l'exploitation d'environ 24 % de toutes les terres arables, de l'utilisation d'eau potable et d'engrais entrant dans le processus de production alimentaire total[123]) s'élève à 3,3 milliards de tonnes d'équivalent CO_2.

117) https://www.un.org/sustainabledevelopment/fr/

118) Anthem, P. (2020), « Risk of hunger pandemic as coronavirus set to almost double acute hunger by end of 2020 », disponible sur la page https://www.wfp.org/stories/risk-hunger-pandemic-coronavirus-set-almost-double-acute-hunger-end-2020

119) Nations Unies (2017), « The cost of the couble burden of malnutrition », disponible sur la page https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000110372/download/#:~:text=The%20economic%20impact%20of%20malnutrition's,%2428.8%20billion%20per%20year%2C%20respectively.

120) LDC (2020), « Welcome the the Thimphu Ambition Summit », disponible sur la page https://ldcambition.world-television.com/home/english

121) https://ldcambition.world-television.com/ondemand/english

122) Mekonnen, M. M., et Hoekstra, A. Y. (2010), « The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products ». Value of Water Research Report Series No. 48. Delft: UNESCO-IHE.

123) M. Kummu, H. de Moel, M. Porkka, S. Siebert, O. Varis, P.J. Ward « Lost food, wasted resources: global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use » Sci. Total Environ., 438 (2012), pp. 477-489,

Cas pratiques

L'agriculture de précision peut permettre de rendre les processus agricoles plus fiables grâce à l'IA et à la robotique (automatisation et télédétection). Un robot mobile autonome permettant de lutter contre les nuisibles et les maladies a été mis au point par l'université technique du Gujarat (Inde) : il pulvérise à distance, sous la surveillance d'un agriculteur, des pesticides toxiques. Autre exemple, une startup du domaine de la robotique, Blue River Technology, estime que ses robots peuvent permettre de réduire de 90 % l'utilisation de produits agrochimiques [124].

L'IA peut contribuer à exploiter tout le potentiel de l'agriculture grâce à des solutions « d'agritech » qui améliorent la rentabilité et l'efficacité des PME du secteur agricole. Par exemple, la startup PEAT a mis au point Plantix[125], une application de deep learning qui identifie les défauts éventuels et les carences en nutriments d'un sol. Des algorithmes analysent les données, relèvent des motifs sur les feuillages et les associent à certains défauts dans le sol, à la présence de parasites ou de maladies sur la plante.

RÉALITÉ VIRTUELLE, RÉALITÉ AUGMENTÉE ET ACTION CLIMATIQUE

Les réalités virtuelle et augmentée peuvent être utilisées afin de sensibiliser au changement climatique et de promouvoir des expériences enrichissantes et soucieuses de l'environnement au plus près des gens : chez eux. La réalité virtuelle s'utilise de bien des façons et offre un nouveau moyen d'interagir dans le cadre d'expériences numériques. Dans le contexte du changement climatique, elle peut offrir aux individus un moyen de visiter des régions encore vierges, sans générer l'empreinte carbone associée aux voyages en personne. L'effet de cette expérience est capable d'influencer l'action climatique. Dans un article daté de 2011[126], R. Gifford explique que des barrières psychologiques empêchent les individus d'entreprendre des actions permettant d'atténuer les conséquences du changement climatique et de s'adapter à ce dernier. Quelques-uns des facteurs dont l'auteur fait référence sont listés ci-dessous.

- **Ignorance :** ne pas être au courant d'un problème, et ne pas savoir que faire lorsqu'il est porté à notre attention. Beaucoup d'habitants des PMA n'ont pas bénéficié d'une éducation formelle, alors qu'il a été prouvé que les personnes plus éduquées sont plus susceptibles de considérer le changement climatique comme une menace sérieuse (cf. Figure 13)[127]. En outre, en raison de capacités réduites et d'un manque d'information, l'Afrique a été considérée comme ayant « une mauvaise compréhension des effets du changement climatique et une stratégie inefficace au niveau régional qui ne permet pas de s'attaquer à cette question[128] ».
- **Mauvaise appréciation de la situation :** sous-évaluer des risques distants ou à venir. Beaucoup de personnes considèrent la question du changement climatique d'un point de vue « temporel »[129]. La réalité virtuelle est en mesure de simuler ses conséquences dans le monde actuel. Par exemple, une enquête menée sur 3 000 personnes dans 18 pays a montré que dans 15 pays, les personnes sondées pensaient que les conditions environnementales étaient pires dans les autres pays[130].
- **Injustice perçue :** il est attesté que les PMA ont moins contribué au changement climatique climatique que les pays développés, mais reçoivent malgré tout des financements disproportionnés. De plus, une pénurie de ressources et un impact minimal sur les débats relatifs au changement climatique ont entraîné un manque de contrôle sur la manière dont les communautés pauvres font face au changement climatique[131].

124) https://www.bluerivertechnology.com/
125) https://plantix.net/fr/
126) Gifford, R. (2011), « The Dragons of Inaction: Psychological Barriers that Limit Climate Change Mitigation and Adaptation ». *American Psychologist*.
127) Fagan, M., Huang, C. (2019), « Look at how people around the world view climate change », disponible sur la page https://www.pewresearch.org/fact-tank/2019/04/18/a-look-at-how-people-around-the-world-view-climate-change/
128) https://www.wri.org/our-work/project/world-resources-report/what-types-information-are-needed-climate-change-adaptation
129) Scannell, L., Gifford, R. (2013), « Personally Relevant Climate Change: The Role of Place Attachment and Local versus Global Message Framing in Engagement ».
130) Gifford, R., Scannell, L., Kormos, C., Smolova, L., Biel, A., Boncu, S., et al. (2009), « Temporal pessimism and spatial optimism in environmental assessments: An 18-nation study ». Journal of Environmental Psychology, 29, 1-12.
131) Jooste, B. S., Dokken, J. V., van Niekerk, D., et Loubser, R. A. (2018), « Challenges to belief systems in the context of climate change adaptation ». *Jamba (Potchefstroom, South Africa)*, *10*(1), 508. https://doi.org/10.4102/jamba.v10i1.508

	Moins d'études	Plus d'études	Différence
Brésil	62	84	+22
Philippines	53	75	+22
Indonésie	50	68	+18
Mexique	73	91	+18
Argentine	71	88	+17
Australie	54	70	+16
Afrique du Sud	52	68	+16
Hongrie	64	75	+11
Canada	59	70	+11
Pays-Bas	67	76	+9
Royaume-Uni	64	73	+9
France	79	87	+8
Corée du Sud	83	89	+6
États-Unis	56	62	+6

Source : adapté du Pew Research Center (2019)

Dans un grand nombre de pays, les personnes ayant un meilleur niveau d'étude sont plus susceptibles de considérer le changement climatique comme une menace sérieuse

Le changement climatique est une menace sérieuse qui pèse sur notre pays

FIGURE 13 : Lien entre niveau d'étude et perception du changement climatique

Cas pratiques

La réalité virtuelle peut également contribuer à l'éducation des habitants des PMA sur la manière dont l'action climatique changera leur quotidien, sur le plan local et international. Un programme de réalité virtuelle développé par le PNUE et Sony a pour but d'éduquer les habitants des PMA en leur donnant une idée de leur « empreinte carbone ». After Ice, une application de réalité augmentée, montre aux utilisateurs l'impact de la montée du niveau de la mer sur leur environnement direct. L'application s'appuie sur les trois scénarios du changement climatique : 1. les prévisions de la NASA d'ici 2080 ; 2. un scénario fondé sur l'impact de la montée du niveau de la mer dans la ville de New York ; et 3. un scénario de fonte totale des glaces où l'intégralité de la calotte glacière aurait disparu[132].

132) https://www.3rockar.com/

BLOCKCHAIN ET ACTION CLIMATIQUE

Les technologies de blockchain disposent d'un fort potentiel pour aider les PMA à améliorer leur efficacité énergétique et à atténuer les impacts du changement climatique. Afin de bénéficier d'un effet positif de synergie, la blockchain peut s'aider d'autres technologies. Alors que la montée du niveau de la mer et les inondations suscitent de vastes inquiétudes, cette technologie peut aider à détecter des signes avant-coureurs et à intervenir en amont. Les pays les moins avancés sont particulièrement sensibles aux impacts du changement climatique ; les exemples d'inondations détruisant sources de revenus et économies locales sont nombreux. Par exemple, la Fondation Blockchain for Climate[133] a suggéré d'utiliser un registre relevant les échanges internationaux de quotas d'émissions afin d'améliorer la transparence et la précision au sujet des émissions de GES[134]. Par exemple, Agri-wallet est une technologie fondée sur la blockchain appliquée au Kenya pour fournir des financements de la chaîne d'approvisionnement aux agriculteurs, acheteurs et fournisseurs. Elle prévoit de toucher plus de 800 000 agriculteurs, 3 000 acheteurs et 3 000 fournisseurs d'intrants d'ici 2024.

Cas pratiques

Les solutions de blockchain peuvent contribuer à surveiller la préservation des ressources naturelles. Les cryptomonnaies et autres technologies de blockchain, lorsqu'elles sont correctement mises en œuvre et respectueuses de l'environnement, peuvent être un élément déclencheur important du développement durable. Le « Crypto Climate Accord » a pour but de réduire les émissions de carbone du secteur des cryptomonnaies et de la blockchain d'ici 2030[135]. Il remarque également que les méthodes de paiement traditionnelles (p. ex. les billets et les pièces) entraînent aussi des problèmes spécifiques de pollution. Une étude récente menée par l'université Tufts (États-Unis) évoque un coût annuel pour l'environnement de 12,9 milliards de dollars[136] [137].

Sur le plan industriel, les filières mine et métallurgie du Forum économique mondial ont l'intention d'utiliser des solutions de blockchain pour la décarbonation. Une vérification de conception appelée « Carbon Tracing Platform » (ou COT) fournira une traçabilité de bout en bout et une technologie de registre distribué pour surveiller les émissions de CO_2[138]. Plus généralement, la blockchain a été proposée pour améliorer l'efficacité des opérations de fret et réduire les émissions grâce à des transports intelligents[139].

Les drones se sont montrés utiles dans le cadre du développement durable et de l'agriculture verte. Au Myanmar, des drones de la startup BioCarbon Engineering ont été utilisés pour planter au moins 100 000 arbres en une journée[140]. Le pays plantait auparavant plus de 2,7 millions d'arbres à la main, après que 60 % de l'ensemble des mangroves ont été converties pour laisser la place à la culture du riz, des palmiers à huile, du caoutchouc et à l'urbanisation, par exemple[141]. Le Sénégal a également lancé une initiative similaire, quoique manuelle, en plantant 79 millions d'arbres suite à la déforestation intense (25 %) commencée dans les années 1970 [142]. Le Parc national de Kruger (qui s'étend sur plus de 7 000 m²) s'est attaqué aux questions de braconnage et de déforestation. Dans une optique de suivi, les drones peuvent couvrir un territoire très vaste à une vitesse nettement plus rapide que l'homme. Associés à des appareils d'IoT, ils peuvent recueillir des données depuis des régions isolées, y compris réaliser un suivi des espèces animales et végétales menacées, et des territoires en danger[143].

133) https://www.blockchainforclimate.org/

134) Van Wassenaer, L., Van Hilter, M., et al (2021), « Applying blockchain to climate action in agriculture: state of play and outlook », disponible sur la page https://www.fao.org/3/cb3495en/cb3495en.pdf

135) https://cryptoclimate.org/accord/

136) Digital Planet (2021), « How green is the Greenback? An Analysis of the Environmental Costs of Cash in the United States », disponible sur la page https://sites.tufts.edu/digitalplanet/how-green-is-the-greenback-an-analysis-of-the-environmental-costs-of-cash-in-the-united-states/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=how-green-is-the-greenback-an-analysis-of-the-environmental-costs-of-cash-in-the-united-states

137) On considère pour le calcul que la production d'un billet de banque génère chaque année 0,26 g de CO2 et que 50 milliards de billets circulent aux États-Unis.

138) Russo, A. (2020), « Blockchain Can Trace Carbon Emissions for Mining, Metals Companies, Proof of Concept Released », disponible sur la page https://www.weforum.org/press/2020/12/blockchain-can-trace-carbon-emissions-for-mining-metals-companies-proof-of-concept-released/

139) Wang, M., Wang, B. et Abareshi, A. (2020), « Blockchain Technology and Its Role in Enhancing Supply Chain Integration Capability and Reducing Carbon Emisssion: A Conceptual Framework ». *Sustainability*. 12. 1-17

140) Peters, A. (2017), « These Tree-Planting Drones Are About To Start An Entire Forest From The Sky », disponible sur la page https://www.fastcompany.com/40450262/these-tree-planting-drones-are-about-to-fire-a-million-seeds-to-re-grow-a-forest

141) National University of Singapore (2020), « Myanmar lost 60% of mangrove forests in 20 years », disponible sur la page https://www.futurity.org/myanmar-lost-60-of-mangrove-forests-in-20-years/

142) Fleming, S. (2019), « Senegal is planting millions of mangrove trees to fight deforestation », disponible sur la page https://www.weforum.org/agenda/2019/09/senegal-is-planting-millions-of-mangrove-trees-to-fight-deforestation/

143) IET (2020), « Drones needed for 'critical role' combating climage change », disponible sur la page https://eandt.theiet.org/content/articles/2020/02/drones-needed-for-critical-role-combating-climate-change/

Cas pratiques

Les drones peuvent apporter des fournitures et du matériel aux personnes vulnérables et isolées des PMA afin d'améliorer leur santé et leur bien-être. Au Rwanda, la qualité et la couverture des services de santé sont très limitées : un hôpital régional moyen compte environ 195 lits et trois salles d'opération (pour un bassin démographique estimé à 282 769 personnes par hôpital régional)[144]. Dans ce contexte, des drones ont été utilisés pour le transport de fournitures médicales, lesquelles prenaient auparavant du retard à cause de barrières liées au transport traditionnel. Par exemple, la startup américaine Zipline a collaboré avec le gouvernement rwandais pour livrer produits sanguins par drone. Dans certains cas, le trajet aller-retour est passé de 3 heures à 6 petites minutes[145]. D'autres drones de ce type ont également livré plus de 4 000 unités de produits sanguins vers 12 hôpitaux en l'espace de six mois. En Tanzanie, DHL a réussi un essai de livraison de médicaments par drone à des clients situés sur une île du lac Victoria : le trajet de 60 km depuis le continent a été parcouru en 40 minutes en moyenne[146]. Une entreprise en particulier (RSS Hydro[147]) utilise des drones, en plus de modèles de machine learning, pour aider à l'action dans le cadre d'inondations et pour le suivi des effets du changement climatique.

BIG DATA, IOT, CLOUD COMPUTING

Cas pratiques

Avec le Big Data, il est possible de surveiller la chaîne d'approvisionnement afin de rationaliser les processus et d'identifier les défauts. Par exemple, la production d'huile de palme se retrouve dans PLUSIEURS PMA. C'EST UN PROCESSUS ASSEZ DÉVASTATEUR POUR L'ENVIRONNEMENT, QUI ENTRAÎNE SOUVENT le drainage et le brûlis des tourbières, la destruction des bois et des habitats naturels, ainsi que l'émission de gaz à effet de serre et une pollution de l'air du fait d'un traitement insuffisant. En réponse, des entreprises telles que Nestlé et McDonald's se servent d'analyse du Big Data pour suivre l'état de leur engagement : utiliser une huile de palme sans déforestation et issue de sources durables.

Il est également essentiel de tenir compte du rôle de l'agriculture dans le changement climatique. On estime que la déforestation représente 11 % des émissions de CO_2 au niveau mondial, en deuxième position juste après le secteur de l'énergie[148]. De grandes corporations du domaine des technologies, dont Amazon, ont investi dans des programmes promouvant le développement durable. L'entreprise Microsoft s'est, par exemple, engagée a verser 50 millions de dollars entre 2017 et 2022 dans la cadre de son programme « AI for Earth ». Celui-ci permet d'attribuer des bourses à des projets qui utilisent le cloud et les outils d'IA de Microsoft pour s'attaquer aux problématiques liées au climat, à l'agriculture, à la biodiversité et à l'eau[149].

De plus, l'International Data Corporation (IDC) estime qu'environ 1 milliard de tonnes d'émissions de dioxyde de carbone pourraient être évitées en utilisant stratégiquement des ressources durables et en déplaçant les lieux de travail grâce au cloud computing[150] [151]. En ce sens, le SEPAL[152], un projet du Département des forêts de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), utilise une plateforme de cloud computing pour le développement durable. La plateforme SEPAL se sert de données de télédétection pour réaliser une surveillance autonome des terres afin d'aider les pays à suivre l'utilisation des forêts et des terres et à rendre des comptes à ce sujet.[153]

144) Notrica, M., Evans, F., Knowlton, L. et McQueen, K. (2011), « Rwandan Surgical and Anesthesia Infrastructure: A Survey of District Hospitals ». *World Journal of Surgery*. 35. 1770-1780.

145) Baker, A. (2017), « The American Drones Saving Lives in Rwanda », disponible sur la page https://time.com/rwanda-drones-zipline/

146) Unmanned Airspace (2018), « DHL trials BVLOS medicine delivery flights across Lake Victoria, Tanzania », disponible sur la page https://www.unmannedairspace.info/uncategorized/dhl-trials-bvlos-medicine-delivery-flights-across-lake-victoria-tanzania/

147) https://rss-hydro.lu/

148) https://www.fao.org/redd/fr/

149) https://www.microsoft.com/fr-fr/ai/ai-for-earth

150) Anderson, C., Gantz, J.F., et al (2021), « Wordlwide CO2 Emissions Savings from Cloud Computing Forest, 2021-2024: A First-of-Its-Kind Projection », disponible sur la page https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US47426420

151) Gedetsis, J. (2021), « Tackling Climate Change Challenges with Cloud Computing », disponible sur la page https://www.nutanix.com/theforecastbynutanix/news/tackling-climate-change-challenges-with-cloud-computing

152) https://sepal.io/

153) FAO des Nations Unies (2021), « REDD+ Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation », disponible sur la page https://www.fao.org/redd/news/detail/en/c/1397036/

4

Utilisation de la 4IR pour la croissance des PME

L'ONUDI a adopté une approche globale qui met en évidence le contexte actuel lié à la production de médicaments en Afrique et établit une feuille de route technique réaliste permettant aux fabricants de moderniser leurs activités.

100
75
50

L'industrie 4.0 est en mesure de proposer des chaînes de valeur innovantes et de nouvelles opportunités de croissance pour les petites et moyennes entreprises (PME). Les PME sont un maillon essentiel de l'évolution des PMA et de l'économie mondiale. Les PME des pays les moins avancés font toutefois face à un déficit de financement conséquent par rapport aux pays développés. Le besoin non satisfait de financements est estimé à 5,2 trillions de dollars chaque année et concerne 65 millions d'entreprises. L'Asie de l'Est et la région Pacifique représentent 46 % de ce déficit, les Caraïbes, 23 %, et l'Europe l'Asie centrale, 15 %[154]. De plus, le reclassement des PMA est affecté par le fait qu'un grand nombre de PME dans ces pays ne peuvent pas ou ne veulent pas se développer.

Un environnement de croissance accélérée et des possibilités de prendre des raccourcis technologiques, le tout, associé à des avancées technologiques, peuvent être encouragés par les PMA qui sont ainsi en mesure de surmonter les obstacles freinant initialement leur évolution. Avec l'aide de technologies émergentes, ces deux éléments peuvent être inclus dans le fonctionnement de PME existantes et permettre de stimuler la croissance des nouvelles PME. Les technologies de l'industrie 4.0 peuvent également créer de nouvelles chaînes de valeur afin d'améliorer les capacités d'exportation des PME qui sont actuellement à la traîne dans les pays développés.

L'incorporation de technologies de l'industrie 4.0 dans l'agrobusiness peut faire office de « cheval de Troie » qui diffusera ces technologies vers d'autres secteurs. L'agrobusiness représente un secteur important dans les pays à faible revenu et en développement : il peut contribuer à réduire la pauvreté de 75 %, faire augmenter les salaires, améliorer la sécurité alimentaire et à créer de l'emploi[155]. Comme le note le Groupe de la Banque mondiale, plus les économies prospèrent, plus l'agrobusiness (p. ex., les sous-secteurs du traitement des intrants et extrants agricoles) augmente par rapport à l'agriculture. L'innovation dans le domaine agricole a été un facteur déterminant des progrès conséquents réalisés par les pays africains en développement, avec une augmentation du PIB par habitant au niveau régional de quasiment 35 % entre 2000 et 2015[156].

TABLEAU 3 : Tendances générales de la transformation agricole

	Mouvement de la main-d'œuvre Les opportunités de travail ne se limitent plus à l'agriculture et ceux qui choisissent de rester dans la production agricole sont de plus en plus productifs et tournés vers le commerce.
	Spécialisation Les agriculteurs, qui produisaient des produits très variés pour subvenir à leurs besoins, se spécialisent en fonction des besoins du marché, notamment en biens spécifiques qui sont plus demandés au niveau régional.
	L'agrobusiness prend le pas sur l'agriculture traditionnelle Comme l'activité économique s'est déplacée dans les processus en amont (fabrication et approvisionnement) et en aval (échanges, traitement et distribution), la valeur ajoutée que représente l'agrobusiness augmente par rapport à celle générée par l'agriculture traditionnelle.
	Meilleur rendement pour les fermes de taille moyenne et grande Comme les fermes commencent à se développer, leurs rendements augmentent pour pouvoir répondre aux besoins en matière de production et de marketing, par exemple, pour les restaurants et les supermarchés.
	Transition vers une agriculture durable Un mécanisme d'anticipation se met en place au fur et à mesure que les technologies de production agricole évoluent en fonction des changements dans les coûts relatifs des facteurs (travail, terres et capital) en même temps que le pays se développe.
	Meilleur rendement pour les fermes de taille moyenne et grande On passe du développement des fermes et de l'augmentation de la production à des méthodes de culture de champs spécifiques plus durables et à gestion intensive. À un moment donné, le système agroalimentaire s'intègre à l'économie au sens large.

Adapté de Jayne et al. (2018)[157]

154) https://www.worldbank.org/en/topic/smefinance

155) Banque mondiale (2021), « Agriculture et alimentation : vue d'ensemble », disponible sur la page https://www.banquemondiale.org/fr/topic/agriculture/overview#1

156) Groupe de la Banque mondiale (2013), Jayne, T. et al. (2019), « Are medium-scale farms driving agricultural transformation in sub-Saharan Africa? » Agricultural Economics. 50(S1). 75-95

157) Jayne, T., Chamberlin, J. & Benfica, R. (2018), « Africa's Unfolding Economic Transformation ». *The Journal of Development Studies*. *54*(5). 777-787.

BIG DATA, IOT, CLOUD COMPUTING

Le Big Data peut aider les PME des PMA a devenir plus performantes, rentables et organisées ; il représente la base d'un grand nombre de technologies de l'industrie 4.0. Grâce au Big Data, les PME bénéficient d'une meilleure compréhension de leur clientèle en opérationnalisant les modèles et les comportements sous forme quantifiable. Lorsque l'on prend en compte le rôle du Big Data et des PME, il est souvent fait référence à la règle des « 5 V »[158] qui permet de distinguer le Big Data du Small Data.

- **Volume :** un très grand ensemble de données (quasiment infini) doit être stocké et traité.
- **Vélocité :** le nombre de données croît de manière exponentielle, ce qui agrandit la base de données.
- **Variété :** les différents formats et natures des données, qui vont de structurées, à semi-structurées et non structurées.
- **Véracité :** la qualité et la précision des données.
- **Valeur :** la profitabilité et l'utilité des données.

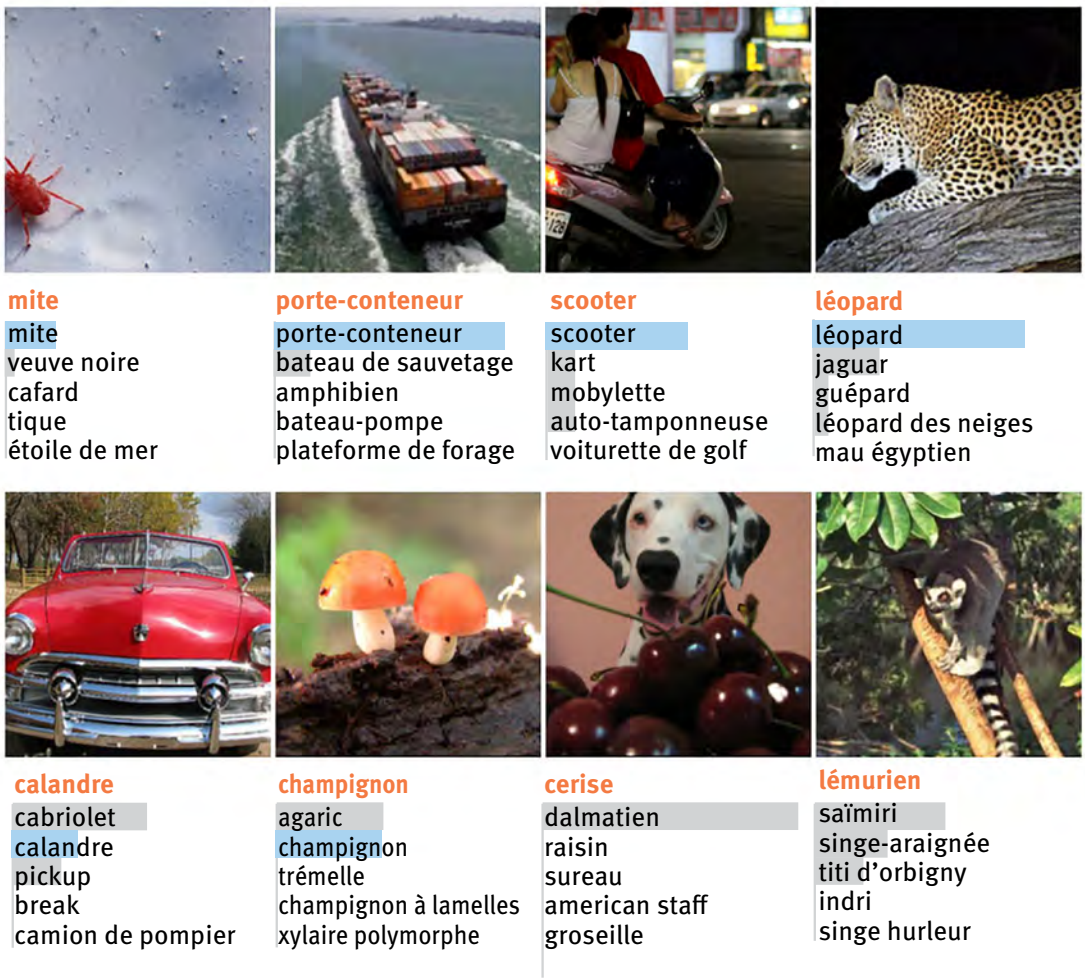
Bien souvent, le Big Data est un prérequis pour certaines technologies de l'industrie 4.0, y compris l'IA, les drones et la blockchain. Par exemple, les échantillons pour entraîner une intelligence artificielle nécessitent entre 10 000 et 100 000 exemples, et, dans le cadre de problèmes plus complexes, ces chiffres tendent à être plus élevés. On estime que l'association Big Data et IA peut aider à l'automatisation d'environ 80 % du travail en présentiel, de 70 % du travail de traitement des données et de 64 % des tâches de recueil des données[159]. Beaucoup de PMA ne disposent toutefois pas des données adéquates pour tirer parti des technologies de l'industrie 4.0, très gourmandes en informations.

Comme beaucoup de technologies de l'industrie 4.0 nécessitent le concours d'un humain, elles représentent une excellente opportunité de créer de nouveaux emplois. Par exemple, ImageNet est une base de données d'images très populaire qui s'organise autour d'une hiérarchie WordNet (limitée aux noms) au sein de laquelle chaque nœud de la hiérarchie est représenté par des centaines, voire des milliers, d'images[160]. La plateforme constitue l'une des sources les plus fiables pour concevoir et entraîner des algorithmes de détection d'objets et de classification d'images. Toutefois, beaucoup d'images doivent être annotées à la main (cf. Figure 14), un processus ardu nécessitant de nombreuses heures de travail pour une personne. De plus, comme le recueil des données prend une place de plus en plus importante, il faut faire appel à des spécialistes pour la collecte, le traitement et l'analyse des données. Même dans le cas des véhicules autonomes (y compris des drones), il y aura toujours une période pendant laquelle ces véhicules auront besoin « d'opérateurs » ; et ces nouveaux emplois peuvent s'effectuer depuis n'importe quel endroit dans le monde.

158) Iswarappa, A. (2015), « A Brief Introduction on Big Data 5Vs Characteristics and Hadoop Technology ». *Procedia Computer Science*. *48*. 319-324

159) McKinsey (2019), « Driving Impact at Scale from Automation and AI ». *Digital McKinsey, disponible sur la page* https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Driving%20impact%20at%20scale%20from%20automation%20and%20AI/Driving-impact-at-scale-from-automation-and-AI.ashx

160) https://www.image-net.org/



Source :adapté de http://www.cs.toronto.edu/~fritz/absps/imagenet.pdf

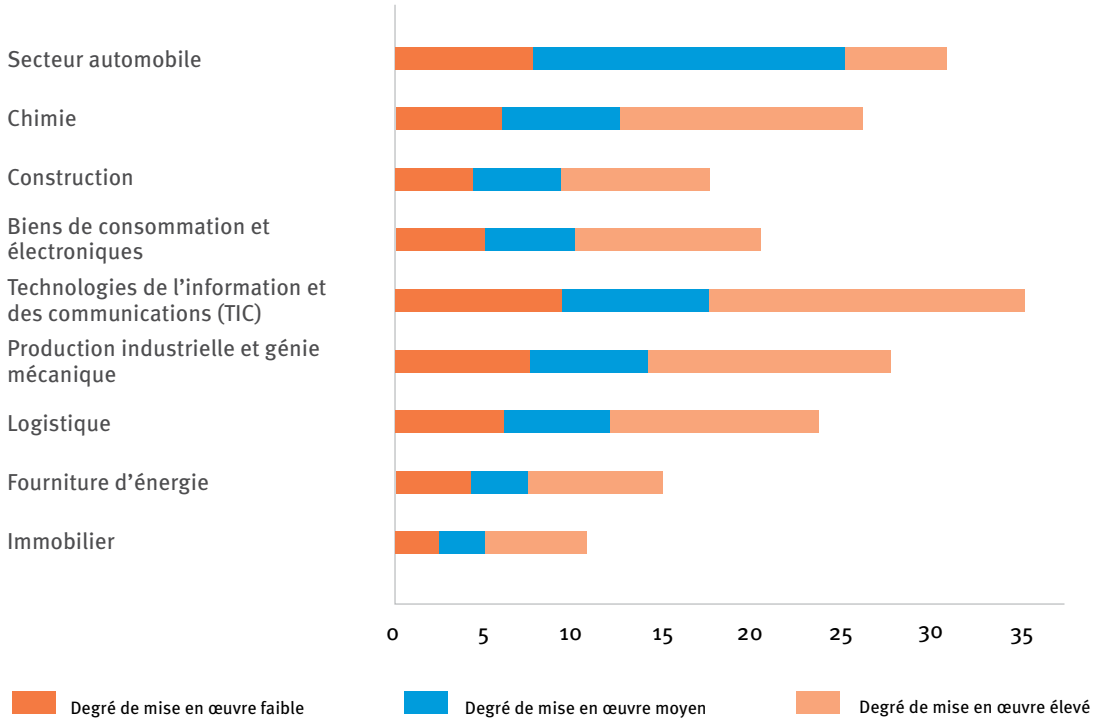
FIGURE 14 : Classification ImageNet avec réseaux neuronaux convolutifs profonds

BIG DATA, IoT, CLOUD COMPUTING ET PME DANS LES PAYS DÉVELOPPÉS

Le Big Data a joué un rôle clé dans la croissance exponentielle des pays développés. D'ailleurs, il continue toujours à les propulser vers le futur, en s'appuyant sur une mine d'informations. Les États-Unis ont utilisé le Big Data de bien des façons, et notamment dans le cadre de la recherche et de l'innovation, mais aussi pour créer de nouveaux produits, processus et techniques, tout en réduisant les coûts[161]. De plus, le lien entre Big Data, IoT et cloud computing permet de réaliser des développements synergiques qui profitent à ces trois domaines. En 2025, il est prévu que plus de 100 milliards d'appareils seront connectés à l'internet des objets (IoT), pour des revenus de près de 10 trillions de dollars et un taux de croissance annuelle du marché des capteurs de 26,91 %[162]. On estime également que les marges de profit bénéficieront de 11 % à 34 % d'augmentation d'ici 2030 par la mise en application de la fabrication intelligente (*smart manufacturing*) dans différents secteurs, y compris de la chimie, de l'automobile, de la construction

161) https://www.census.gov/topics/research/big-data.html
162) https://builtin.com/big-data/iot-big-data-analytics-examples

et de la logistique[163]. Des études relatives à la transition numérique montrent bien ces prévisions, dont l'étude réalisée par PwC en 2016 et portant sur 2 000 entreprises. Entre autres découvertes, il est attendu des entreprises qu'elles investissent à hauteur de 907 milliards de dollars, notamment en R&D. En effet, beaucoup d'organisations prévoient un retour sur les investissements réalisés dans l'industrie 4.0 dans les deux ans qui suivent la mise en œuvre[164]. Par exemple, des solutions de capteurs intelligents (le Nirone Scanner[165], par exemple) peuvent être utilisées dans divers cas de figure : relevés de mesures sur site dans le secteur pétrochimique, évaluation de la qualité du lait dans l'agriculture[166], etc., le tout réalisé avec une connexion au cloud pour permettre un recueil et une analyse rapide des données. En outre, les capacités offertes par le cloud computing permettent à des entreprises séparées par des milliers de kilomètres d'accéder de la même manière à une technologie de pointe. Par exemple, Google, la NASA et Lockheed Martin travaillent avec D-wave[167], un ordinateur à 15 millions de dollars équipé d'un processeur de 2 000 qubits. Les qubits développent une puissance supérieure grâce à leurs « propriétés quantiques », telles que la superposition (500 qubits représentent une puissance inatteignable même avec un processeur classique de plus de 2 500 bits)[168].



Source :adapté de EY (2020), « Les capteurs intelligents, moteurs de l'industrie 4.0[169] »

FIGURE 15 : Effets sur les marges de profit par secteur : potentiel financier

163) https://www.ey.com/fr_ch/industrial-products/how-smart-sensors-are-driving-industry-4-0-forward
164) https://www.pwc.com/gx/en/industries/industry-4-0.html
165) https://www.spectralengines.com/products/nirone-scanner
166)
167) https://www.pcworld.com/article/411799/d-waves-quantum-computer-runs-a-staggering-2000-qubits.html
168) https://azure.microsoft.com/fr-fr/overview/what-is-a-qubit/
169) Zaugg, D. (2020), « Les capteurs intelligents, moteurs de l'industrie 4.0 », disponible sur la page https://www.ey.com/en_ch/industrial-products/how-smart-sensors-are-driving-industry-4-0-forward

Cas pratiques

Le Big Data peut fournir des informations aux travailleurs du secteur agricole qui présentent des avantages en amont de la chaîne (un meilleur accès à des financements, par exemple). Au Kenya, Agrilife illustre très bien l'importance du Big Data dans les pays en développement. Il s'agit d'une plateforme basée sur le cloud qui recueille et traite des données portant sur des aspects variés de la chaîne d'approvisionnement. Elle est en mesure de fournir des recommandations aux agriculteurs, ainsi que des alertes qui sont envoyées directement aux agriculteurs et aux fournisseurs de service[170]. La plateforme a été déployée en Ouganda par l'intermédiaire de Mercicorps et propose ainsi un meilleur accès aux clients situés dans les campagnes. Grâce à sa compatibilité avec les téléphones portables et à la mise en relation avec les institutions financières qu'elle propose, Agrilife a permis de créer un écosystème facilitant la prise de décision, avant et après récolte, dans le cadre de stratégies d'acquisition, de distribution et de stockage. Les informations obtenues servent également à archiver électroniquement les transactions, ce qui permet aux agriculteurs d'établir un dossier de crédit utilisable lors de l'attribution de prêts et de financements[171].

Agricloud est une application dédiée à la fusion de l'IoT, du Big Data et du cloud computing. Le service fournit des estimations précises pour la récolte, détecte les zones à haut risque, organise l'irrigation, segmente la récolte, et plus encore. MTN[172] est l'une des plus grandes entreprises de télécommunications au monde. Elle propose des solutions de cloud computing aux PME situées au Ghana et au Nigeria. En Afrique subsaharienne, une étude a désigné la téléphonie mobile comme un moyen innovant de collecter des informations sur la chaîne d'approvisionnement de l'aso-oke[173][174]. Les découvertes ont servi à réduire le coût des échanges commerciaux en supprimant des intermédiaires, en augmentant la vitesse de communication et en améliorant la qualité des moyens de communication utilisés lors de la prise de décision. D'autres avantages économiques ont été mis en évidence, notamment la mise en relation des tisserands avec des fournisseurs et des clients, permettant ainsi d'avoir des transactions plus efficaces et ciblées. Au Népal, l'entreprise Cloud Himalaya fournit des services de cloud computing dans les secteurs médicaux (données liées aux dossiers médicaux électroniques), de la banque et financier[175]. Ces réseaux cloud (et ceux d'autres PMA) rencontrent des problèmes liés à des failles de sécurité et de confidentialité qui dissuadent les PME à utiliser ces services[176].

DRONES ET PME

Les drones sont en mesure de fournir de nouveaux moyens pour créer de la valeur dans les PME des PMA. Dans le domaine de l'agrobusiness, il est possible d'utiliser les drones dans un grand nombre de cas, y compris pour réaliser des relevés radiologiques, atmosphériques et environnementaux par télédétection, et pour recueillir des données agricoles, la gestion des exploitations, la préservation et la gestion des ressources naturelles et le suivi météorologique[177]. Les PMA peuvent aussi utiliser les drones en vue d'optimiser les processus agricoles et d'améliorer les rendements (cf. Tableau 3). Les drones peuvent aussi être utilisés pour atteindre des zones isolées ou franchir des terrains difficiles afin de livrer des produits et fournitures. Dans le domaine de la fabrication, les drones proposent des services d'inspection, d'emballage, d'inventaire des entrepôts et réalisent une surveillance continue des équipements et du personnel afin de s'assurer du bon déroulé des opérations.

170) https://www.f6s.com/agrilifekenya
171) Riecke, J. (2013), « New Mobile Platform Empowers Farmers in Uganda ». *Center for Financial Inclusion*, *disponible sur la page* https://www.centerforfinancialinclusion.org/new-mobile-platform-empowers-farmers-in-uganda
172) https://www.mtn.com.gh/
173) *Le tissu aso oke* est cousu à la main par le peuple yoruba en Afrique de l'Ouest.
174) Heeks, R. et Whalley, J. (2008), « The Impact of Mobile Telephony on Developing Country Microenterprise: a Nigerian Case Study ». *Information Technologies and International Development*.
175) https://cloudhimalaya.com/public-cloud
176) Giri, S. (2019), « Cloud Computing and Data Security Challenges: A Nepal Case ». *International Journal of Computer Trends and Technology*. *67*(3).
177) Sishodia, R., Ray, R. & Singh, S. (2020). « Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review ». *Remote Sensing*. *12*. 3136

TABLEAU 4 : Cas pratiques d'utilisation de drones agricoles
Analyse des sols et des champs Les drones peuvent produire des cartes 3D précises pour une analyse anticipée des sols pouvant être utilisée pour établir un schéma de plantation. Après plantation, les analyses de sol réalisées par drone fournissent des données pour la gestion de l'irrigation et des niveaux d'azote.
Plantation Les drones peuvent être utilisés pour planter de la végétation à grande échelle et sont capables d'atteindre des zones isolées ou encombrées.
Pulvérisation des cultures Des startups ont créé des systèmes de plantation par drone capables d'atteindre un taux d'absorption de 75 % et de faire baisser de 85 % les coûts liés à la plantation. Ces systèmes tirent des « missiles » de graines et de nutriments dans le sol qui permettent à la plante de se développer dans les meilleures conditions.
Suivi des cultures D'immenses champs, une météo imprévisible et une mauvaise efficacité du suivi des cultures sont un réel obstacle pour l'agriculture. Mais il est possible de réduire ces facteurs grâce aux solutions de suivi des cultures.
Irrigation Des drones équipés de capteurs hyperspectraux, multispectraux ou thermiques peuvent repérer les parties sèches d'un champ ou celles devant être améliorées. De plus, dès que les plantes commencent à pousser, les drones calculent l'indice de végétation, lequel décrit la densité relative et la santé des cultures et affiche la signature thermique, la quantité d'énergie ou la chaleur émises par les cultures.
Évaluation de santé En scannant un champ à l'aide d'une lumière visible et infrarouge, certains appareils montés sur des drones peuvent identifier les quantités de lumière verte et NIR différentes renvoyées par telle ou telle plante. Ces informations génèrent des images multispectrales qui suivent tout changement dans la plante et font état de sa santé.

Adapté de Mazur, 2016[178]

DRONES ET PME DANS LES PAYS DÉVELOPPÉS

Dans les pays développés, les drones ont métamorphosé les services de livraison, la fabrication ainsi que la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Dans le monde moderne, les drones jouent un rôle important dans le secteur de la construction. Aux États-Unis, c'est le secteur qui connaît la croissance la plus rapide. Les drones sont utilisés pour la surveillance, la gestion des flux de travail, lors d'interventions dans des zones dangereuses et pour réaliser des levées de terrain et des cartographies[179]. Leurs capacités architecturales ont été mises en application dès 2011 en France lorsque quatre quadrirotors ont construit une tour de 6 mètres de haut, modèle réduit pour une ville futuriste[180]. Au Royaume-Uni, Sees.ai a reçu l'autorisation d'effectuer un vol « hors vue » (BVLOS) par l'autorité britannique de l'aviation civile (*UK Civil Aviation Authority*) afin d'encourager l'innovation et les découvertes[181]. La startup envisage d'utiliser ses compétences afin d'améliorer des infrastructures, notamment pour l'entretien des voies de chemin de fer et des routes, le suivi du réseau électrique en relevant des données précises sur la présence de substances dangereuses et l'inspection de zones isolées ou dangereuses (y compris à l'intérieur des réservoirs de pétrole, des pipelines, etc.)[182]. Dans l'État américain du Kentucky, les drones sont utilisées pour suivre le bétail de manière précise et rapide (aux États-Unis, on estime que 2,5 millions de vaches meurent des suites de problèmes de santé, ce qui engendre des coûts élevés — plus de 1,5 milliard de dollars)[183].

178) Mazur, M. (2016), « Six Ways Drones Are Revolutionzing Agriculture ». *MIT Technology Review*, disponible sur la page https://www.technologyreview.com/2016/07/20/158748/six-ways-drones-are-revolutionizing-agriculture/

179) Calvo, J. (2019), « Drones, Drones Everywhere in Business ». *Strategy 4.0 Blog*, disponible sur la page http://strategy4.org/my-blog/drones-drones-everywhere-in-business

180) Hornyak, T. (2011), « Flying robots build 20-foot tower in France », disponible sur la page https://www.cnet.com/news/flying-robots-build-20-foot-tower-in-france/

181) Lomas, N. (2021), « UK drone startup sees.ai gets go ahead to trial beyond-visual-line-of-sight (BVLOS) flights », disponible sur la page https://techcrunch.com/2021/04/20/uk-drone-startup-sees-ai-gets-go-ahead-to-trial-beyond-visual-line-of-sight-bvlos-flights/

182) https://www.sees.ai/

183) Singer, D. (2021), « The drones watching over cattle where cowboys cannot reach », disponible sur la page https://www.bbc.com/future/bespoke/follow-the-food/drones-finding-cattle-where-cowboys-cannot-reach.html

Cas pratiques

Les drones peuvent aider les PMA a livrer des produits et des fournitures à distance de manière efficace et rapide. Ils peuvent, par exemple, présenter des avantages pour les entreprises en volant au-dessus des zones embouteillées afin d'effectuer directement une livraison à un client. Huang *et al.* (2020) ont proposé un système de drone pouvant être associé à des trains, le moyen de transport le plus utilisé dans les PMA[184]. Alors que le train suit son trajet prédéfini pour transporter des passagers, il est possible de livrer des colis à des clients grâce à un drone qui est stocké sur le toit. En Indonésie, les conditions géographiques sont particulièrement inadaptées aux modes de livraison standard : le pays compte 17 508 îles, dont presque 6 000 sont inhabitées[185]. Pour surmonter ces défis, l'une des plus grandes plateformes chinoises de commerce en ligne (JD.com) a lancé un programme de livraison par drone afin de livrer divers produits (sacs à dos, livres, colis et des produits de commerce électronique)[186]. Il est possible d'appliquer ces techniques à d'autres PMA qui sont confrontés des barrières géographiques, notamment les configurations en archipels que l'on retrouve aux Kiribati, aux Samoa, dans les îles Salomon, aux Tuvalu et au Vanuatu[187].

Les drones présentent d'importants avantages dans les économies des PMA portées par l'agriculture, en plus de fournir une solution plus durable. Beaucoup de paysans dans les PMA se contentent de contrôler manuellement leurs cultures et leur bétail, ce qui nécessite une dépense précieuse de temps et d'énergie. Il est possible d'utiliser les drones pour réduire la masse de travail et d'améliorer la qualité des opérations. Ils peuvent servir dans de multiples cas de figure. En 2018 au Myanmar, des drones ont été déployés dans des zones isolées pour tirer des « missiles à graines » servant à reboiser, à trouver des champs et à réduire le travail nécessaire à la plantation et à la fertilisation, améliorant ainsi les rendements.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, ROBOTIQUE ET PME

Des solutions d'IA peuvent également aider à surmonter les problèmes liés au manque d'infrastructures et aux asymétries d'information que rencontrent les PME des pays les moins avancés. L'intelligence artificielle peut bénéficier aux PMA en modifiant leur environnement et en faisant évoluer les modèles et les pratiques économiques afin d'améliorer la productivité, la communication et l'efficacité[188]. L'IA peut également stimuler le développement de solutions de raccourcis technologiques spécialement conçues pour les populations défavorisées. Par exemple, des systèmes d'IA peuvent être entraînés pour réaliser un ensemble donné de tâches et organiser des programmes afin de répondre à un besoin précis. Grâce à « l'autoapprentissage », ces IA peuvent proposer des améliorations en continu à partir des retours qu'elles reçoivent de l'environnement et des ajustements effectués par des humains. La robotique associée à l'IA offre une structure physique permettant de réaliser des tâches 24 h/24 et 7 j/7 de manière fiable et efficace. Les capacités de « surhomme » proposées par l'IA et la robotique peuvent renouveler les opportunités des PMA afin d'exploiter le potentiel des innovations et d'effectuer des tâches difficilement réalisables à la main.

184) Huang, H., Savkin, A. & Huang, C. (2020), « A new parcel delivery system with drones and a public train ». *Journal of Intelligent & Robotic Systems*. *100*. 1341-1354.

185) https://www.embassyofindonesia.org/basic-facts/#:~:text=Geography%20of%20Indonesia,which%20about%206000%20are%20inhabited.

186) https://www.unmannedairspace.info/uncategorized/chinese-retailer-jd-com-starts-first-drone-delivery-flights-indonesia/

187) https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/136831/ccsbrief_pci_en.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=Kiribati%2C%20Samoa%2C%20Solomon%20Islands%2C,classified%20as%20least%2Ddeveloped%20countries.

188) https://www.oecd-ilibrary.org/sites/01a4ae9d-en/index.html?itemId=/content/component/01a4ae9d-en

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE, ROBOTIQUE ET PME DANS LES PAYS DÉVELOPPÉS

L'intelligence artificielle est un succès économique total pour les pays développés. La plupart des plus grandes entreprises du monde l'utilisent pour le fonctionnement de leur entreprise ou dans leurs produits. Par exemple, Alphabet, la société mère de Google, s'en sert pour son moteur de recherche ; Tesla pour ses fonctionnalités de conduite autonome ; Amazon pour ses services de cloud computing et de suggestion de produits ; Facebook pour son algorithme de suggestion d'amis, etc. En réalité, on estime que les entreprises du secteur des technologies que l'on retrouve dans le classement Forbes des 2 000 plus grandes entreprises mondiales (*Forbes' Global 2000*) pèsent près de 17,9 trillions de dollars en valeur de marché[189]. Des pays comme Taïwan et son Plan national de développement (NDP) prévoyant la construction d'une « Silicon Valley asiatique » se sont largement inspirés de ces modèles[190]. Le NDP contient des clauses concernant la mise à niveau de l'industrie des machines intelligentes[191] par l'ajout d'intelligence artificielle et de rapports intelligents permettant d'améliorer les résultats et la productivité des usines. Pour montrer l'exemple, l'Association allemande des fabricants du domaine de l'électricité et de l'électronique (ZVEI)[192] a conçu RAMI 4.0 afin de proposer une architecture de référence orientée sur les services pendant toute la durée de vie du produit dans le cadre d'un smart manufacturing. Le concept implique plusieurs couches, « ce qui prouve que l'IA recoupe des problématiques touchant toutes les fonctionnalités des systèmes de fabrication par TI [...] en proposant de nouvelles formes de traitement des données et de modélisation des informations ». Cela permettra d'avoir une veille stratégique autonome et automatisée[193].

Cas pratiques

L'IA offre aux économies émergentes l'opportunité de faire baisser les coûts et de lever les barrières d'accès aux marchés pour les entreprises, mais aussi de fournir un modèle commercial innovant. Une meilleure productivité basée sur l'automatisation des processus commerciaux essentiels et sur l'enrichissement du capital humain peut permettre de réduire les coûts de production des PME. L'IA peut également fournir des « robots conseillers » afin de combler le manque de services de conseil en investissement : les PME ont ainsi accès des conseils financiers gratuits, alors que ceux-ci sont généralement hors de prix. L'IA trouve aussi sa place dans la lutte contre blanchiment d'argent et la répression des fraudes et améliore ainsi la fiabilité des transactions commerciales. On peut citer, par exemple, l'Australian Securities and Investments Commission (ASIC) qui s'intéresse actuellement aux technologies de traitement du langage naturel (NLP) afin d'extraire des informations de documents[194]. De plus, l'Autorité monétaire de Singapour a publié un document intitulé « Principles to Promote Fairness, Ethics, Accountability, and Transparency » (Principes pour la promotion de l'équité, de l'éthique, de la responsabilité et de la transparence — FEAT) dans le cadre de l'utilisation de l'intelligence artificielle et de l'analyse des données dans le secteur financier de Singapour. Entre autres applications, l'IA assiste ou remplace la prise de décision dans le cadre d'offres de produits ou de services financiers. Ces modèles sont validés pour éviter d'éventuels partis pris ou de désavantager des groupes ou des individus[195].

Avec l'automatisation, les améliorations en matière de productivité s'appuient sur un investissement plus efficace dans le capital humain. L'IA peut superviser l'évolution de l'éducation en effectuant des investissements dans le capital humain ciblés et personnalisés. Les entreprises de formation telles que Coursera et Udemy stockent des données sur les performances des étudiants dans les marchés émergents et sont prêtes à exploiter ces données afin de proposer des recommandations dans le cadre du développement de nouvelles compétences[196]. Au Chili, l'application AIRA est utilisée pour réduire le temps passé par les recruteurs à trouver des candidats à un poste[197]. Les CV sont lus et classés automatiquement ; l'IA suit les entretiens vidéo afin d'évaluer les attitudes et les traits de personnalité. Un autre service, UpGrad, a intégré 2 000 étudiants indiens dans des cours d'entrepreneuriat, de marketing numérique, d'analyse des données et de gestion des produits. D'autres entreprises associent éducation en ligne et données de plateformes pour l'emploi afin de fournir automatiquement des recommandations pour l'amélioration des compétences en mesure d'aider aux tâches de formation et de recrutement.

189) https://www.forbes.com/sites/jonathanponciano/2021/05/13/worlds-largest-tech-companies-2021/?sh=4eb1306d69bc

190) Oztemel, E. & Gursev, S. (2018), « Literature review of Industry 4.0 and related technologies ». *Journal of Intelligent Manufacturing*. *31*. 127-182.

191) National Development Council of Taiwan (2019), « Smart machinery and biomedicine pave way to more competitive Taiwan », disponible sur la page https://www.ndc.gov.tw/en/nc_11024_30668

192) https://www.zvei.org/en/

193) Trakadas, P., Simoens, P., Gkonis, P. et al. (2020), « An Artificial Intelligence-Based Collaboration Approach in Industrial IoT Manufacturing: Key Concepts, Architectural Extensions and Potential Applications ». *Sensors.* 20(19). 5480

194) Lee, J. (2020), « Access to Finance for Artificial Intelligence Regulation in the Financial Services Industry ». *European Business Organization Law Review*. 21. 731-747

195) Autorité monétaire de Singapour (2020), « Principles to Promote FEAT in the Use of AI and Data Analytics in Singapore's Financial Sector »,disponible sur la page https://www.mas.gov.sg/~/media/MAS/News%20and%20Publications/Monographs%20and%20Information%20Papers/FEAT%20Principles%20Final.pdf

196) Strusani, D. & Houngbonon, G. (2019), « The Role of Artificial Intelligence in Support Development in Emerging Markets ». *International Finance Corporation*. 1-8

197) https://www.airavirtual.com/

IMPRESSION 3D/FABRICATION ADDITIVE ET PME : CONTEXTE

La fabrication additive (FA) comprend les technologies d'impression 3D qui sont au cœur du processus et inclut la conception de modélisations 3D et le post-traitement du produit. Elle bénéficie donc des améliorations et de la transition numérique dans les domaines de la communication, de l'imagerie et de l'ingénierie. En 2019, le marché mondial de la fabrication additive a atteint la valeur de 10,4 milliards de dollars[198]. Cette technologie est principalement utilisée avec le prototypage rapide (il s'agit de la construction de prototypes fonctionnels). Aujourd'hui, la fabrication additive est de plus en plus utilisée dans la production en série. Elle permet aux équipementiers travaillant dans des secteurs très variés de l'industrie de créer un modèle particulier, pour leur propre usage, selon différents critères (nouveaux avantages pour la clientèle, possibilités de réduire les coûts et d'atteindre de nouveaux objectifs de développement durable). Trois étapes sont nécessaires à la FA :

- l'**étape de conception** qui requiert des données et des concepts issus de modélisations 3D et un transfert de données ;
- l'**étape de construction** qui fait appel à des techniques d'impression 3D et des options matérielles ; et
- l'**étape de post-traitement** au cours de laquelle les surplus de matériel et les structures de soutien sont retirés. La surface de l'objet est ensuite traitée afin d'atteindre la qualité attendue.

IMPRESSION 3D DANS LES PAYS DÉVELOPPÉS

L'IMPRESSION 3D a été utilisée par les pays développés afin de normaliser la construction, à grande échelle, de modèles personnalisés de manière efficace et respectueuse de l'environnement. Beaucoup de pays développés ont recours à l'impression 3D pour fabriquer des produits qui seraient chronophages et hors de prix à fabriquer sans ces techniques. Par exemple, le Laboratoire national d'Oak Ridge note que l'utilisation de la fabrication additive pour la création de modèles dans le domaine de l'aviation entraîne généralement du gaspillage, avec un rendement de seulement 10 %. Son travail dans l'établissement de simulation de la fabrication (*Manufacturing Demonstration Facility*, qui dépend du département américain de l'Énergie) a toutefois permis de découvrir « que sur 4,5 kg de titane, 4 kg sont retirés et environ 450 g se retrouvent dans le produit fini »[199]. Les avantages de l'impression 3D s'appliquent aux modèles complexes qui nécessitent une extrême précision (p. ex. l'électronique). L'entreprise Nano Dimension est une entreprise dont les imprimantes 3D sont capables de fabriquer des condensateurs, des bobines, des inducteurs et même, des antennes[200]. Les possibilités offertes par l'impression 3D dépassent le secteur de l'industrie : l'université de Lund (Suède) a créé des instruments de musiques avec une imprimante 3D qui ont été joués par des musiciens lors d'un concert donné à l'Académie de musique de Malmö. Cet « orchestre 3D » était constitué d'une batterie, d'un clavier et de deux guitares[201]. Cellink, une startup de biotechnologie, s'est servie de « bioimprimantes » pour mettre différentes cellules en culture, et a même travaillé sur des modèles d'organes, y compris des modèles de tissus comprenant des cellules hépatiques associées à des structures artérielles, veineuses et biliaires[202].

198) Nolan, R. (2020), « SmarTech Analysis Annual Additive Manufacturing Market Summary Report Says AM Market Grew to Over $10B Worldwide in 2019 », disponible sur la page https://www.globenewswire.com/news-release/2020/01/08/1968056/0/en/SmarTech-Analysis-Annual-Additive-Manufacturing-Market-Summary-Report-Says-AM-Market-Grew-to-Over-10B-Worldwide-in-2019.html

199) Oak Ridge National Laboratory (2018), « Moving into the future with 3D printing », https://www.ornl.gov/blog/moving-future-3d-printing

200) https://www.nano-di.com/

201) https://www.lunduniversity.lu.se/article/worlds-first-live-concert-3d-printed-band

202) https://www.cellink.com/

Cas pratiques

L'IMPRESSION 3D peut résoudre bien des problèmes liés à l'industrialisation que rencontrent les PME : isolement, distance par rapport aux principaux marchés et faibles économies d'échelle. Dans les PMA, beaucoup d'entreprises agricoles et de PME n'ont pas suffisamment accès à du matériel bon marché. Ce phénomène a été amplifié par la pandémie de COVID-19 lorsque de nombreux pays ont dû mettre leurs opérations d'import-export à l'arrêt par souci de santé publique. Par conséquent, les PMA se sont retrouvés en manque de fournitures médicales, notamment de masques, de matériel médical et d'autres équipements essentiels. Pire encore, les PMA ne disposent bien souvent pas des technologies nécessaires pour fabriquer eux-même ce type de fournitures. Par exemple, grâce aux imprimantes 3D de formlabsTM, Rihal Digital Designs a pu fabriquer, à partir de matériaux bon marché, des équipements de protection individuelle (EPI) qui étaient huit fois plus efficaces que des masques N95[203]. Les différentes applications possibles de l'impression 3D pourraient permettre de fabriquer à moindre coût ce qui nécessiterait, en temps normal, des processus compliqués et onéreux. Par exemple, la conception et la mise en œuvre de dégagements, de cavités ou de structures internes font souvent appel à des processus abrasifs ou de moulage, y compris de fraisage, de forgeage, de soudage, de perçage et de brasage[204].

L'IMPRESSION 3D a trouvé son créneau dans le secteur de l'industrie, y compris dans la construction. En 2016, afin de montrer tout le potentiel de l'impression 3D, la ville de Dubaï a créé, à l'aide de la plus grande imprimante 3D du monde à l'époque, le « Bureau pour le futur » qui est un espace de 250 m². Parmi ses fonctionnalités on retrouve un éclairage LED adaptatif, un coin jardin extérieur, une protection solaire et un système efficace de chauffage, de ventilation et de climatisation[205]. En Chine, une maison à un étage de 400 m² a été construite en un mois et demi, avec la plomberie et les aménagements intérieurs, à l'aide de béton renforcé type C30 (un matériau bon marché et résistant)[206]. Si les techniques d'impression 3D utilisées pour construire la maison représentent toujours une barrière d'accès technologique, une fois celles-ci levées, les économies réalisées sont considérables : délais de construction extrêmement rapides (en dessous des 6-7 mois attendus), utilisation de matériaux écologiques et intégrité structurelle. Tous ces facteurs seraient un réel avantage pour les PMA.

BLOCKCHAIN ET PME

Avec leur faible friction et leur nature sécurisée, les systèmes fondés sur la blockchain sont en mesure de stimuler les échanges transfrontaliers. La blockchain a le potentiel d'améliorer la transparence et de réduire les inefficacités tenaces ainsi que les coûts au sein de plusieurs secteurs en rationalisant l'intermédiation actuelle des services. C'est un réel avantage dans le cadre d'échanges transfrontaliers réalisés avec une chaîne d'approvisionnement potentiellement fiable et transparente. Cette technologie pourrait être utilisée pour relier certains aspects du système commercial et financier par la fourniture d'un cadre commun pour la gestion du commerce. Puisque les questions de corruption et de gouvernance sont l'un des principaux défis au commerce dans ces régions, le fait d'avoir des systèmes plus sécurisés pourrait réduire l'emprise des administrations bureaucratiques de ces pays et améliorer les échanges totaux en supprimant, dans les faits, la dépendance à un tiers.

BLOCKCHAIN ET PAYS DÉVELOPPÉS

Les pays développés utilisent les technologies de blockchain en tant qu'instruments financiers, registres et pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement. Un grand nombre de banques envisagent d'utiliser la blockchain pour réduire le risque de fraude et améliorer la fiabilité des transactions. La Banque d'Angleterre a, par exemple, réalisé une vérification de concept[207] pour définir quel serait l'impact sur l'économie d'une version blockchain de la livre sterling. Le document de travail y fait référence en tant que « devises électroniques de la Banque centrale ».

203) https://formlabs.com/blog/3d-printed-medical-mask/

204) https://www.protiq.com/en/3d-printing/areas-of-application/advantages-3d-printing/

205) https://syska.com/project/office-of-the-future-dubai-arab-emirates/

206) Scott, C. (2016), « Chinese Construction Company 3D Prints an entire Two-Story House On-Site in 45 Days », disponible sur la page https://3dprint.com/138664/huashang-tengda-3d-print-house/

207) Banque d'Angleterre (2020), « Central Bank Digital Currency: opportunities, challenges and design », disponible sur la page https://www.bankofengland.co.uk/paper/2020/central-bank-digital-currency-opportunities-challenges-and-design-discussion-paper

Il note une possibilité de changer le paysage financier, en encourageant des paiements plus résilients, une meilleure efficacité et l'innovation, en se préparant à un avenir tourné vers l'économie numérique et souligne le potentiel écologique de cette démarche par la suppression des billets et des pièces[208]. La blockchain a été également de plus en plus utilisée pour la gestion de la chaîne d'approvisionnement[209]. Dans ce domaine, on peut citer les blockchains Provenance[210] et Skuchain[211]. La première a été mise en place pour surveiller l'approvisionnement responsable du thon en Indonésie, tandis que la seconde effectue un suivi de l'activité des acheteurs, des vendeurs, des entreprises logistiques et des banques au sein d'un marché commercial et financier mondial pesant près de 18 trillions de dollars[212]. Dans le domaine de la musique, et notamment des droits d'auteurs, il existe de nombreux services qui incitent à une rémunération transparente. Par exemple, Monegraph[213], une startup qui utilise la blockchain afin de suivre l'utilisation et le partage de supports numériques. Un autre service, OnChain Music[214], utilise la blockchain pour s'assurer du versement de royalties aux musiciens, paroliers, groupes et DJ afin qu'ils obtiennent une rémunération plus juste.

Cas pratiques

Les technologies de blockchain disposent d'un fort potentiel pour aider les PMA à améliorer leur efficacité énergétique et à atténuer les impacts du changement climatique. Afin de bénéficier d'un effet positif de synergie, la blockchain peut s'aider d'autres technologies. Alors que la montée du niveau de la mer et les inondations suscitent de vastes inquiétudes, cette technologie peut aider à détecter des signes avant-coureurs et à intervenir en amont. Les pays les moins avancés sont particulièrement sensibles aux impacts du changement climatique ; les exemples d'inondations détruisant sources de revenus et économies locales sont nombreux. Par exemple, la Fondation Blockchain for Climate[215] a suggéré d'utiliser un registre relevant les échanges internationaux de quotas d'émissions afin d'améliorer la transparence et la précision au sujet des émissions de GES[216]. Agri-wallet est une technologie fondée sur la blockchain appliquée au Kenya pour fournir des financements de la chaîne d'approvisionnement aux agriculteurs, acheteurs et fournisseurs. Elle prévoit de toucher plus de 800 000 agriculteurs, 3 000 acheteurs et 3 000 fournisseurs d'intrants d'ici 2024.

La blockchain fournit aux clients un accès à des financements sans qu'ils aient besoin de se confronter aux problèmes liés aux infrastructures traditionnelles des banques. Dans ce domaine, M-Pesa est un bel exemple de réussite. L'entreprise a été lancée en 2007 par Vodaphone et Safricom qui sont les deux plus grands opérateurs de téléphonie mobile au Kenya. En seulement 2 ans (2007-2009), près de 7 millions de clients se sont enregistrés sur M-Pesa. Le montant quotidien des transferts d'argent s'élève en moyenne à 150 millions de shillings kényans (KSh) (soit 1,96 million de dollars), ce qui représente au total 130 milliards de KSh (soit 1,7 milliard de dollars). Malgré une apparente barrière d'accès, les utilisateurs citadins de M-Pesa à Kibera expliquent leur choix par le coût et la rapidité proposés par le service. Ces utilisateurs ont réussi à convaincre les destinataires ruraux des transferts de s'inscrire au service, entraînant un phénomène d'anticipation. Selon une étude menée sur 75 personnes vivant à la campagne, 54 d'entre elles (soit 77 %) ont remarqué une augmentation de leurs revenus depuis l'adoption de M-Pesa grâce aux économies réalisées sur les frais de transport (dépense nécessaire pour se rendre dans les centres urbains). De plus, un plus grand nombre de comportements d'épargne ont été constatés : les personnes originaires de la campagne et vivant désormais en ville ont pu envoyer plus d'argent chez eux. Autre exemple au Kenya, M-Shwari permet à sa clientèle de demander des prêts sans garantie en ligne. Pour prédire les probabilités de défaut de paiement des demandeurs, l'entreprise fait appel à l'IA au lieu de passer par des rendez-vous en agence. À la fin de l'année 2017, M-Shwari a fourni des microcrédits à 21 millions de Kényans.

208) Banque d'Angleterre (2020), « Central Bank Digital Currency: opportunities, challenges and design », disponible sur la page https://www.bankofengland.co.uk/paper/2020/central-bank-digital-currency-opportunities-challenges-and-design-discussion-paper

209) Deloitte (2017), « Using blockchain to drive supply chain transparency », disponible sur la page https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/blockchain-supply-chain-innovation.html

210) https://www.provenance.io/

211) https://www.skuchain.com/

212) Deloitte (2017), « Using blockchain to drive supply chain transparency », disponible sur la page https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/blockchain-supply-chain-innovation.html

213) https://monegraph.com/

214) https://www.onchainmusic.com/

215) https://www.blockchainforclimate.org/

216) FAO (2021), « Applying blockchain to climate », disponible sur la page https://www.fao.org/3/cb3495en/cb3495en.pdf

Cas pratiques

De plus, pendant la pandémie de COVID-19, les taux d'adoption de solutions de paiement numérique dans le pays ont été parmi les plus élevés au monde : sur 53 millions d'habitants, 32 millions ont souscrit à des comptes de paiement mobile. Afin d'endiguer la propagation du coronavirus, Safaricom, la plus grande entreprise kényane de télécommunications, a mis en place une suppression de frais pour M-Pesa (produit de paiement mobile leader en Afrique de l'Est) afin de réduire les échanges physiques d'argent. Pour ce faire, l'entreprise a rendu les transactions entre particuliers (P2P) inférieures à 1 000 KSh gratuites pendant trois mois.

La blockchain peut réinventer la manière dont les artisans et les propriétaires de petites entreprises dans les PMA sont rémunérés en endossant le rôle de plateforme pour les créateurs de propriété intellectuelle (PI) afin qu'ils reçoivent la juste valeur pour leur travail. Les artistes se plaignent généralement de ne recevoir qu'une petite part de revenus, car les organisations chargées des droits d'exécution et les nouveaux intermédiaires (p. ex. Spotify et YouTube) s'immiscent de plus en plus entre les artistes et leur audience dans la chaîne de valeur. Par conséquent, les artistes ont moins leur mot à dire sur la manière dont leurs œuvres sont tarifées, partagées ou promues. Avant de toucher leur premier euro sur Spotify, les détenteurs d'une PI doivent attendre que leur morceau soit joué entre 120 et 170 fois. La blockchain et les économies dites symboliques (ou de jetons) peuvent permettre aux parties prenantes du domaine créatif (artistes et inventeurs, par exemple) d'accéder à de nouvelles opportunités de financement sans faire une croix sur leurs droits de PI et contractuels, y compris en reprenant le contrôle de leurs futures royalties auprès des intermédiaires.

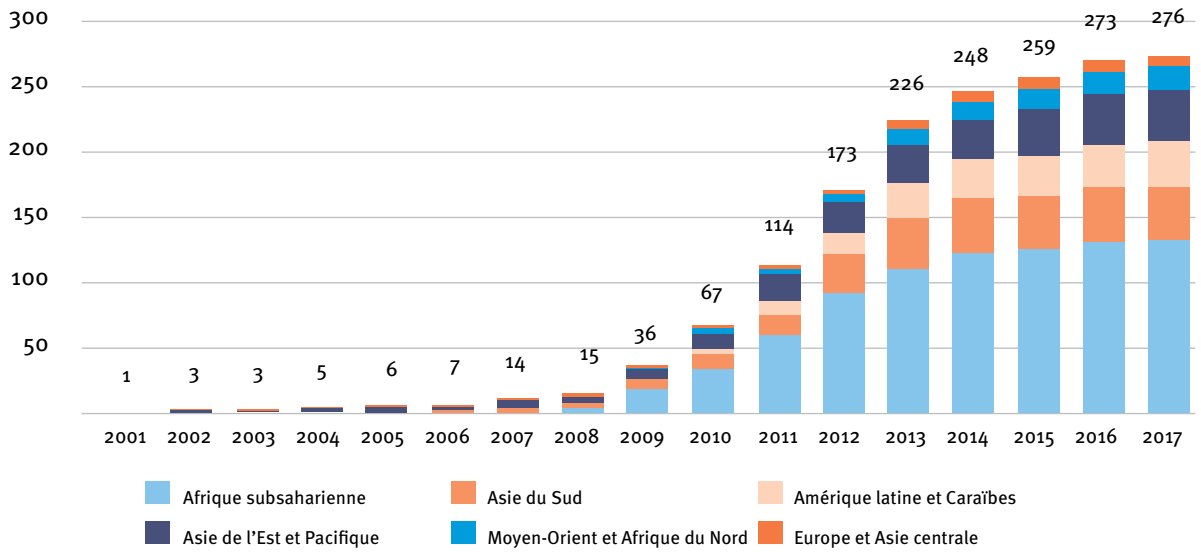
Des registres distribués peuvent être établis sur la blockchain pour permettre une meilleure transparence, capacité d'inspection et efficacité des transactions financières pour les PME. Au niveau administratif, un registre des transactions électroniques contribuerait à la collecte et au suivi des impôts. De multiples phénomènes financiers découlent de la possibilité d'accéder instantanément à un compte de paiement mobile et aux bases de données affiliées permettant à ces comptes d'être interrogés. Tout d'abord, le processus de demande de crédit est plus simple et plus objectif lorsque des algorithmes fonctionnent en arrière-plan des systèmes d'évaluation des risques de crédit. Aux États-Unis, 90 % des scores FICO sont attribués de cette manière. Le ministère du Commerce du Sénégal a créé une plateforme de commerce électronique[217] pour permettre aux PME de vendre des biens de première nécessité, sous l'impulsion des recommandations de l'évaluation de l'état de préparation du Sénégal au commerce électronique. Il est possible d'améliorer, grâce à la blockchain, la sécurité et l'efficacité des transactions afin de générer un volume plus important d'échanges, en toute confiance. Les solutions de blockchain peuvent également être utilisées dans le cadre d'une gestion du collatéral, ce qui fournirait les prêts titrisés qui sous-tendent les contrats intelligents (ou smart contracts).

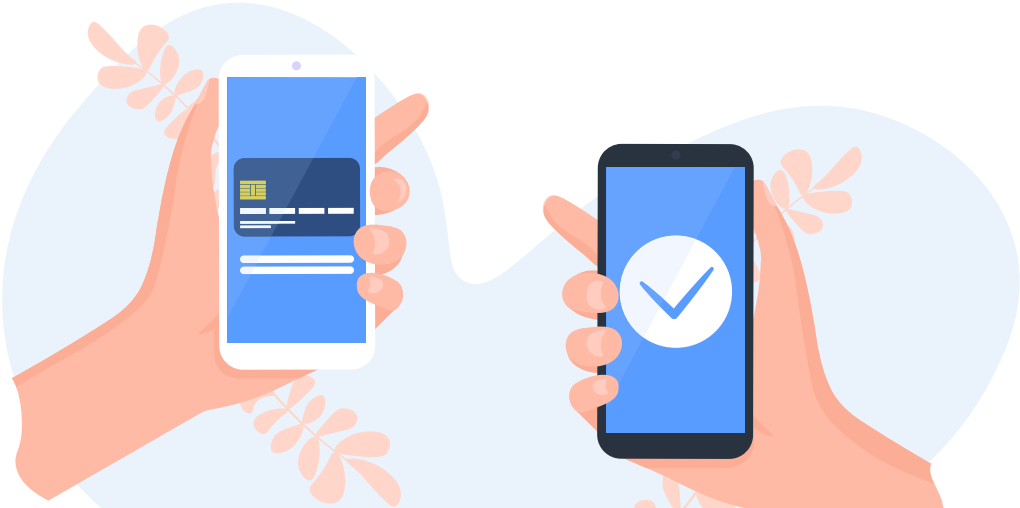
RÉALITÉS VIRTUELLE ET AUGMENTÉE

La réalité virtuelle propose des expériences sensorielles intenses que les PME peuvent exploiter dans le cadre du développement de compétences, du tourisme et de la formation. Aujourd'hui, grâce à d'importantes améliorations apportées à la réalité virtuelle, une réelle expérience en trois dimensions est possible. Ainsi, des rencontres virtuelles ont pu être organisées (p. ex., à l'occasion d'un cours donné par un éminent professeur ou de la visite d'une ville), ce qui était auparavant impossible.

La réalité augmentée (RA) ouvre, quant à elle, un boulevard potentiel dans le domaine du tourisme. La RA intègre du contenu multimédia généré par ordinateur au monde réel. Elle est en mesure de suivre des objets tangibles à l'aide d'une caméra et de fournir des coordonnées pour superposer des objets virtuels et les visualiser comme s'ils étaient présents dans l'environnement réel. Sur la forme, il peut s'agir de visites statiques où le lieu détermine l'enregistrement audio de l'appareil ou d'une visite personnalisée avec un « guide virtuel » qui assiste à l'expérience en même temps que le touriste (p. ex., avec des Google Glass). Cela peut non seulement donner des emplois aux programmeurs de ces technologies, mais également aux membres de l'économie créative (historiens de l'art, guides touristiques et architectes, par exemple) qui ont une compréhension approfondie de leur domaine d'expertise.

217) Ecommerce-covid.sn





Le paiement mobile est une technologie qui pourrait permettre aux habitants des pays à faible revenu de surmonter les problèmes liés au manque d'infrastructures et à l'inaccessibilité des institutions dans les zones où ils vivent. Il s'agit d'une technologie numérique permettant aux personnes et aux organisations de transférer des fonds entre des banques ou des comptes, mais aussi de verser et de retirer de l'argent, de payer des biens et des services, le tout, par l'intermédiaire d'un téléphone mobile. En 2016, un rapport du Groupe de la Banque mondiale a estimé que près de 80 % des personnes vivant dans les pays en développement possèdent un téléphone portable, alors que le taux d'adoption d'internet s'élève à 31 % (il est de 80 % dans les pays à revenu élevé). De plus, dans une étude réalisée par Research ICT Africa concernant d'autres moyens de transférer ou de recevoir de l'argent, les participants ont reconnu que les solutions de paiement mobile sont plus faciles d'utilisation (88 %), plus sûres (83 %), plus fiables (78 %), plus pratiques (80 %) et plus rapides (89 %). Dans une étude menée par CGAP datée de 2014 et s'intéressant aux paiements « gouvernement à personne » (G2P) dans quatre pays à faible revenu (Haïti, Kenya, Philippines et Uganda), il a été découvert que les paiements G2P ont le potentiel d'améliorer l'efficacité et la transparence des transferts d'argent en liquide, de réduire les coûts et de fournir des services à valeur ajoutée.

Source : adapté de *« Number of Live Mobile Money Services for the Unbanked by Region (2001-2017) » (Nombre de services en direct de paiement mobile pour les personnes non bancarisées par, région entre 2001 et 2017). Image reproduite avec l'aimable autorisation de WBG.*

FIGURE 16 : Le paiement mobile en tant que moyen intermédiaire à un écosystème numérique

Cas pratiques

Le tourisme virtuel est en mesure de générer des mécanismes d'anticipation pour les PMA. On estime que le tourisme a représenté 7 % des exportations totales de biens et services dans les PMA en 2015, avec une croissance annuelle des arrivées de touristes de 14 %[218]. Le rôle des PME dans le secteur du tourisme a été mis en évidence pendant la pandémie de COVID-19 lorsque la fréquentation touristique a chuté de 74 %[219]. Mais grâce à la réalité virtuelle, les touristes pourront découvrir un pays avec d'autres sens, puis avoir envie d'aller visiter ce pays en vrai, dès que les conditions sanitaires le permettent. Le Myanmar s'est retrouvé en difficulté à cause du déclin touristique entraîné par un coup d'État militaire et l'actuelle pandémie de COVID-19. S'il des obstacles empêchent les touristes de visiter ce pays, la réalité virtuelle peut toujours leur proposer de « visiter » des sites appartenant au patrimoine foisonnant du Myanmar, la pagode de Shwedagon à Rangoon, par exemple[220].

Les réalités virtuelle (RV) et augmentée (RA) peuvent contribuer au développement de compétences en fournissant des expériences de formation immersives de la part d'experts internationaux. Par exemple, une étude réalisée par PwC a montré que les personnes apprenant avec la RV se formaient quatre fois plus rapidement que les étudiants en présentiel, qu'elles étaient 275 % plus confiantes pour appliquer leurs nouvelles compétences, étaient plus impliquées émotionnellement de 3,75 % par le contenu virtuel et quatre fois plus concentrées que leurs camarades apprenant en e-learning. On estime que 80 % des personnes atteintes d'un cancer devront subir un acte chirurgical au moins une fois pendant la durée de la maladie. Cependant, moins de 5 % des pays à faible revenu sont en mesure de réaliser une intervention chirurgicale dans le cadre d'un cancer à cause d'un manque de main-d'œuvre, d'infrastructures et de compétences insuffisantes. Pour réagir face à ce problème, les simulateurs en RV peuvent aider les chirurgiens débutants à apprendre à opérer des cancers de manière quasi pratique avec des conseils en temps réel. En Zambie, l'hystérectomie totale, une opération complexe visant à retirer les tumeurs situées dans l'utérus, a été enseignée par des experts du Centre médical sud-ouest (*Southwestern Medical Center*) de l'université du Texas[221]. Un casque de RV Oculus Rift multifonctions à 1 500 dollars a permis de reconstituer une salle d'opération à l'identique (ou presque) à l'échelle 1:1. Ainsi, les chirurgiens zambiens ont pu se retrouver dans un environnement stimulant au niveau visuel et auditif leur permettant de s'entraîner à pratiquer l'acte chirurgical eux-mêmes. Les participants zambiens ont réussi a améliorer l'efficacité de leurs mouvements et de leur gestion du temps, et ont gagné suffisamment confiance en eux pour pouvoir réaliser l'opération en autonomie. La RV a été également utilisée pour reproduire des environnements virtuels dans le cadre de formations dans le domaine de l'industrie.

218) Organisation mondiale du tourisme (2017), « Tourism for Sustainable Development in Least Developed Countries », disponible sur la page https://.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284418848

219) CNUCED (2021), « COVID-19 and Tourism, an update: Assessing the economic consequences », disponible sur la page https://unctad.org/system/files/official-document/ditcinf2021d3_en_0.pdf

220) Marcus, L. (2021), « Myanmar is planning to reopen to tourism in early 2022. But who will go? », disponible sur la page https://www.cnn.com/travel/article/myanmar-tourism-reopening-coup-cmd-intl-hnk/index.html

221) Bing, E. G., Parham, G. P., Cuevas, A., Fisher, B., Skinner, J., Mwanahamuntu, M., & Sullivan, R. (2019), « Using Low-Cost Virtual Reality Simulation to Build Surgical Capacity for Cervical Cancer Treatment ». *Journal of global oncology*, *5*, 1–7. https://doi.org/10.1200/JGO.18.00263

5

Recommandations

L'industrie 4.0 est essentielle pour les PMA, qui subissent actuellement des pressions environnementales, sociales et démographiques de plus en plus intenses et connaissent une production industrielle stagnante. Le creusement des inégalités sociales, qui ont été amplifiées par la crise du coronavirus, menace la capacité des PMA à remédier à la fracture numérique et à prendre des raccourcis technologiques, et a également un impact sur les progrès en ce qui concerne les ODD. Les PMA doivent donc prendre les rênes de leur révolution technologique : ils ont beaucoup à perdre s'ils ne tirent parti de l'industrie 4.0.

0101
0101

Développement des compétences et renforcement des capacités

Les PMA doivent doter leur population des compétences numériques requises pour tirer parti de l'économie des données.

Les programmes éducatifs qui mettent en place des formations rapides dans le domaine des données et de l'IA sont de plus en plus demandés : il faut développer les compétences et les capacités dans la sphère des données afin que les innovateurs, les chefs d'entreprises et les organismes publics puissent utiliser des outils de traitement des données. L'acquisition d'une culture de la donnée est considérée comme une compétence de plus en plus essentielle. Certaines études montrent que 90 % des emplois dans les économies avancées exigent déjà d'évaluer cette compétence. Cependant, moins d'un tiers de la population dispose de ces compétences. Les PMA doivent agir rapidement afin de rattraper leur retard, qui est encore plus marqué dans les pays en développement. Ils doivent pour cela prendre conscience que les compétences numériques s'accompagnent de compétences fondamentales, langagières et non cognitives afin d'aider les diplômés à réussir sur les marchés numériques du travail[222].

Un meilleur accès à l'enseignement supérieur et à la formation professionnelle garantirait la possibilité de décrocher des emplois nécessitant des compétences plus avancées.

Il est fondamental d'adapter les programmes éducatifs en fonction des compétences qui seront recherchées à l'avenir. Les sciences, les technologies, l'ingénierie et les mathématiques (STIM) doivent impérativement occuper une place de choix dans les programmes éducatifs pour favoriser l'adoption des nouvelles technologies. Le fait de se familiariser au plus tôt avec les sciences informatiques, l'entrepreneuriat et les compétences interpersonnelles permettra à la prochaine génération de travailleurs de mieux se préparer. Le renforcement du système éducatif pour qu'il soit en mesure de répondre aux problématiques liées à l'adoption de nouvelles technologies nécessitera le recrutement et la fidélisation d'enseignants de qualité, l'octroi de financements corrects aux établissements d'enseignement et l'instauration de critères de réussite plus stricts.

Au-delà de l'acquisition de compétences formelles, le progrès technologique rapide nécessite des travailleurs faisant preuve de flexibilité et capables d'apprendre rapidement.

Il est donc impératif de mettre en place des politiques en faveur de l'éducation dès le plus jeune âge et permettant l'acquisition de compétences utiles tout au long de la vie. D'après l'OCDE, les systèmes d'enseignement et de formation techniques et professionnels (EFTP) peuvent jouer un rôle fondamental en fournissant une « main-d'œuvre hautement qualifiée dotée de compétences commerciales, techniques, professionnelles et de gestion de niveau intermédiaire, mais aussi des compétences de haut niveau que l'on acquiert par le biais d'une formation universitaire »[223]. Ainsi, le développement de compétences adaptées chez les travailleurs actuels et futurs est un domaine politique prioritaire. L'existence d'une main-d'œuvre qualifiée à chaque niveau de compétence dépend du système éducatif et de la formation en cours d'emploi.

L'EFTP joue un rôle essentiel pour répondre aux besoins des personnes qui ne sont pas pris en compte par l'éducation formelle.

Les programmes d'EFTP offrent des solutions de carrière pour les personnes en échec scolaire, les étudiants qui souhaitent compléter leur éducation avec des compétences plus pratiques et les professionnels plus âgés qui veulent parfaire leurs compétences ou se reconvertir[224]. Les filières d'enseignement professionnel d'excellence, notamment dans l'éducation secondaire, permettent aux élèves qui n'ont pas d'ambitions scolaires particulières de réintégrer le système éducatif et d'améliorer leurs compétences pratiques afin de répondre aux besoins du marché. Sur l'idée que les compétences se cumulent, la formation professionnelle peut donc compléter l'éducation formelle.

222) Blom, A., Nusrat, M., Goldin, N. (2020), « Améliorer les programmes d'enseignement du numérique dans la région MENA : cinq éléments à prendre en compte », disponible sur la page https://blogs.worldbank.org/fr/arabvoices/5-things-MENA-countries-can-do-to-design-better-digital-skills-development-programs

223) OCDE (2011), « A Skilled Workforce for Strong, Sustainable and Balanced Growth: A G20 Training Strategy », disponible sur la page https://www.oecd.org/g20/summits/toronto/G20-Skills-Strategy.pdf

224) Quintini, G., Manfredi, T. G. (2009), « Going Separate Ways? School-to-Work Transitions in the United States and Europe », disponible sur la page https://www.researchgate.net/publication/46457119_Going_Separate_Ways_School-to-Work_Transitions_in_the_United_States_and_Europe

Si les PMA produisent un grand nombre de diplômés en gestion et en ingénierie, domaines essentiels pour l'innovation, le chômage est très élevé chez ces jeunes.

La croissance économique a lieu principalement dans des secteurs dépendant des faibles coûts de la main-d'œuvre et des marchandises. Pour beaucoup d'entreprises, le personnel hautement qualifié coûte trop cher. Plusieurs types de mesures peuvent être mises en place pour inciter le secteur privé à entreprendre des démarches plus innovantes. Il est par exemple possible de subventionner les salaires de ce personnel afin qu'il soit plus abordable dans différents secteurs prioritaires.

La modernisation des systèmes d'enseignement et la dynamisation de l'employabilité doivent être une priorité.

Les données sur les jeunes et les adultes disposant de compétences en TIC montrent une très grande disparité entre les pays selon leur stade de développement, notamment pour ce qui est des compétences numériques fondamentales, qui sont cruciales pour participer à l'économie de l'information. Il existe toutefois un nombre incalculable de possibilités permettant de satisfaire aux besoins des marchés mal desservis et d'accéder aux connaissances afin de tirer parti des opportunités. On peut par exemple citer l'octroi de bourses pour des formations en intelligence artificielle au Népal et le déploiement de projecteurs fonctionnant à l'énergie solaire au Malawi afin d'inculquer les bases de l'orthographe et du calcul[225].

Dans les PMA, le risque de creusement des inégalités entre les femmes et les hommes est une problématique sociale qui doit impérativement être prise en considération.

Les gouvernements doivent se saisir de la question des inégalités femmes-hommes en soutenant la réflexion créative des femmes et en les incitant à participer activement aux processus d'innovation. Dans cette optique, les programmes de TI et de STIM leur permettront de devenir plus compétitives sur le marché du travail et favoriseront leur mobilité sociale. La protection des droits des femmes et l'égalité des chances (accès libre à l'éducation, par exemple) sont des conditions *sine qua non* sans lesquelles les autorités ne peuvent lutter efficacement contre les inégalités entre les sexes dans le monde entier.

Les PMA doivent mettre au point des politiques inclusives permettant aux femmes d'accéder à des contenus utiles et porteurs de sens par le biais de plateformes numériques et d'améliorer leur accès aux services essentiels.

C'est en soutenant ces politiques progressistes que les PMA parviendront à encourager l'innovation technologique, facteur d'inclusion sociale et de participation des femmes dans l'économie[226].

225) Adhikari, R., Lehmann, F. (2020), « Least Developed Countries Can Become Authors of Their Technological Revolution », disponible sur la page https://oecd-development-matters.org/2020/02/05/least-developed-countries-can-become-authors-of-their-technological-revolution/

226) G20 Insigths (2018), « Bridging the Gender Digital Gap », disponible sur la page https://www.g20-insights.org/policy_briefs/bridging-the-gender-digital-gap/

Des programmes de renforcement des capacités incluant des formations dans le numérique doivent être mis au point.

Les PMA doivent développer et mettre en œuvre des programmes qui permettront aux femmes d'acquérir les compétences numériques fondamentales et de bénéficier d'un mentorat individualisé et personnalisé tout au long du processus de formation et d'acquisition. Le partenariat international EQUALS établi par le CIR et l'Union internationale des télécommunications, dont l'objectif est de faire en sorte que les technologies profitent au maximum aux femmes, est un bon exemple. Les freins à l'autonomisation économique des femmes (mobilité limitée et nécessité d'obtenir le consentement de l'époux, par exemple) subsistent toutefois dans le monde entier, et notamment dans les PMA[227]. Il est nécessaire d'intervenir plus largement au niveau des politiques sociales, car les initiatives de formation destinées à doter les femmes et d'autres groupes sociaux de capacités pour de futurs emplois ne peuvent pas fonctionner de manière isolée[228].

Les PMA doivent doter leur jeunesse d'une culture numérique.

Pour obtenir des économies fondées sur l'innovation, les PMA doivent interagir avec la jeunesse afin de l'aider à se créer des perspectives en matière de création d'entreprise en exploitant des technologies émergentes par le biais de formations professionnelles, de mises en relation avec des acteurs de l'éducation et de la recherche, de mentorat assuré par le secteur privé et d'autres mécanismes d'accompagnement[229].

La transformation numérique au niveau de l'entreprise

La capacité des entreprises et de leurs filiales à absorber des technologies numériques sera essentielle pour le développement d'un écosystème de PME dynamique dans les PMA.

Dans les PMA, les entreprises et les PME sont prêtes à tirer parti d'une absorption technologique accrue. Les PME amélioreront ainsi leur savoir-faire technique et génèreront de nouvelles connaissances qui leur permettront d'améliorer leur productivité, leur créativité ainsi que leurs procédés de développement[230].

L'absorption technologique ne doit pas être envisagée de manière isolée.

Si l'absorption technologique a sans aucun doute un impact sur la production de nouvelles connaissances, les PMA doivent renforcer la formation et l'expérience de leurs travailleurs, investir dans la R&D et proposer des formations de qualité à leur PME[231].

Dans les PMA, la transition et la transformation numérique des PME ne seront possibles qu'en présence d'un entrepreneuriat porteur de transformation.

Les PMA ne pourront promouvoir un entrepreneuriat porteur de transformation que si des politiques en matière d'éducation dans ce domaine sont créées. Ces politiques doivent promouvoir les compétences non techniques (la persévérance, le réseautage et la confiance en soi, par exemple) et les compétences techniques (telles que la planification des activités, les connaissances financières et les compétences de gestion)[232]. L'entrepreneuriat au service de la transformation suppose un apprentissage par l'expérience, la résolution de problèmes, l'esprit d'équipe, la prise de risque et la pensée critique. Ces politiques en matière d'éducation doivent donc accorder davantage d'importance à un modèle éducatif informel.

227) Wesely, M. (2017), « Economic Empowerment Strategies That are a Win-Win for Women and for Business », disponible sur la page https://womendeliver.org/2017/economic-empowerment-strategies-win-win-women-business/

228) G20 Insigths (2018), « Bridging the Gender Digital Gap », disponible sur la page https://www.g20-insights.org/policy_briefs/bridging-the-gender-digital-gap/

229) African Union Commission (2020), « Science, Technology and Innovation Strategy for Africa 2024 », disponible sur la page https://au.int/sites/default/files/newsevents/workingdocuments/33178-wd-stisa-english_-_final.pdf

230) Roxas, B. G. (2008), « Social capital for knowledge management: The case of small and medium-sized enterprises in the Asia-Pacific region ». *Asian Academy of Management Journal*, *13*(2), 57–77

231) Ibid

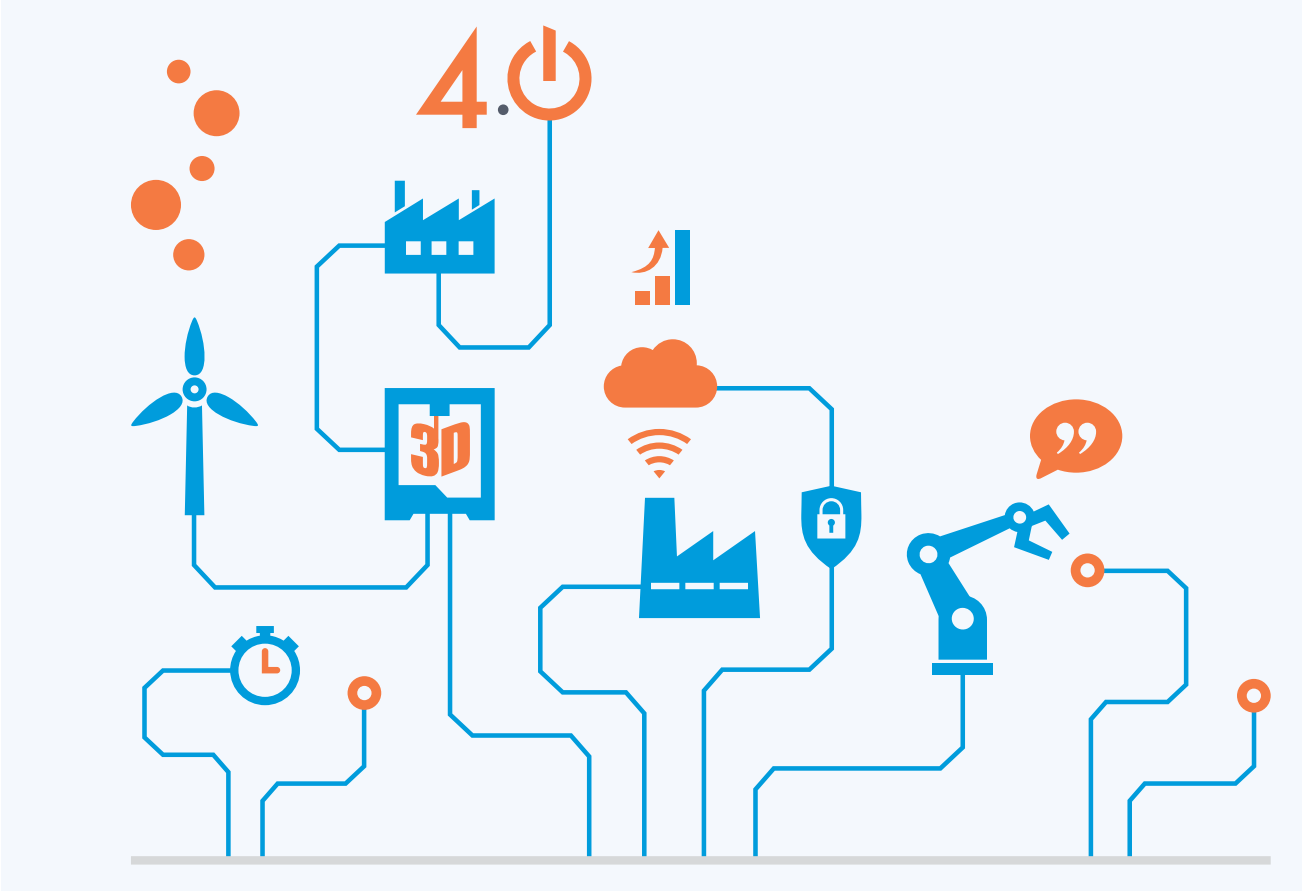
232) CNUCED (2018), « Rapport 2018 sur les pays les moins avancés (Aperçu général). L'entrepreneuriat au service de la transformation structurelle : Changer de cap », disponible sur la page https://unctad.org/system/files/official-document/ldcr2018overview_fr.pdf

Le commerce électronique pourrait offrir aux PMA de plus grandes possibilités entrepreneuriales et de meilleures chances de développement,

Si les producteurs et les consommateurs étaient plus nombreux à pouvoir utiliser les plateformes de commerce en ligne et que les mesures destinées à renforcer les capacités entrepreneuriales et productives portaient leurs fruits. Dans les PMA, les obstacles les plus courants au commerce électronique sont l'insuffisance des services de télécommunication, le manque d'infrastructures dans les domaines de l'énergie et du transport, le sous-développement du secteur de la technologie financière, le manque de qualifications, les contraintes financières qui pèsent sur les entreprises de commerce en ligne et les jeunes entreprises de pointe, et l'absence de stratégie nationale globale ou la faiblesse de la stratégie existante[233].

Dans les PMA, les programmes de développement, les politiques industrielles et les politiques de développement des entreprises doivent tendre davantage vers la transformation structurelle.

Cela nécessite des mesures en faveur de l'entrepreneuriat et du développement des entreprises, bien distinctes et clairement définies, adaptées au contexte national et aux phases de transformation ; des politiques industrielles verticales, horizontales et fonctionnelles ; et des mesures d'appui dans de nombreux secteurs différents qui soient toutes efficacement coordonnées pour garantir leur cohérence. La politique de développement des entreprises des PMA devrait prévoir un cadre de suivi et d'évaluation, en même temps que les calendriers des différentes politiques devraient être coordonnés[234].



233) Ibid
234) Ibid

Écosystèmes d'innovation

Une réforme de l'environnement commercial sera capitale pour les PMA.

Les réglementations jouent un rôle décisif en établissant un cadre prévisible et propice à la création, au fonctionnement et à la croissance des entreprises. La réforme de l'environnement commercial existant dans l'ensemble des PMA devra promouvoir le développement de marchés qui encouragent la concurrence et renforcent l'efficacité et la pérennité des autres interventions à visée de développement[235].

Les PMA doivent enrichir le cadre politique, juridique, institutionnel et réglementaire qui régit les activités commerciales afin d'inciter les entreprises informelles à se déclarer. Pour ce faire, ces pays doivent donc améliorer leurs réglementations, réduire les frais administratifs et promouvoir des marchés ouverts et concurrentiels, mais également réduire les incertitudes afin de rassurer les entreprises et les investisseurs[236].

Stimuler la concurrence dans les PMA pour accélérer la transition vers une prospérité partagée.

Les PMA peuvent accroître la compétitivité de leurs entreprises en les intégrant dans les chaînes de valeur existantes, ce qui entraînera une hausse des normes de qualité des produits et services et permettra à ces entreprises de participer davantage à des appels d'offres publics et de tirer parti des technologies numériques. De cette manière, les PMA pourront renforcer leurs relations commerciales avec les marchés et investisseurs internationaux ainsi que leur capacité à respecter les normes de qualités relatives aux produits et aux services[237].

Les PMA doivent lever les freins et les facteurs de distorsion de la concurrence afin de permettre aux entreprises d'être source de croissance.

Si elles souhaitent que leur secteur privé génère de la croissance, les PMA doivent mettre en place des réformes dans certains domaines de l'investissement, en matière de concurrence et en lien avec l'environnement commercial. Ces réformes doivent notamment porter sur les avantages fiscaux, l'incitation à l'investissement, les politiques en matière de PME, la croissance infranationale et les politiques d'investissement pour le climat.

Les stratégies nationales relatives aux STI et à l'industrie 4.0 constitueront un pilier de la relance et de la croissance post-crise dans les PMA.

Les stratégies nationales en matière de STI sont le reflet de la position du gouvernement concernant la contribution de ces domaines au développement socioéconomique du pays. Cette prise de position définit les priorités en matière d'investissement public dans les STI et permet d'identifier l'orientation d'une réforme gouvernementale. En outre, ces priorités peuvent être utilisées pour mobiliser des acteurs autour de certains objectifs spécifiques, tels que la fabrication, l'industrie ou les problèmes environnementaux, et elles peuvent contribuer à orienter les investissements des acteurs du secteur privé.

Les stratégies en matière de STI doivent être conçues dans le but de transformer les PMA en sociétés basées sur les connaissances et axées sur l'innovation.

Les PMA doivent se fixer un ensemble d'objectifs clairs lors de la mise au point de leurs propres stratégies nationales concernant les STI afin de tirer le meilleur parti de l'industrie 4.0. Ces objectifs doivent s'articuler autour du renforcement de l'efficacité des STI, de la détermination de domaines prioritaires et de l'amélioration des compétences techniques et des capacités institutionnelles dans le cadre du développement des STI. De plus, une stratégie nationale de STI doit soutenir la compétitivité économique en favorisant l'innovation, l'ajout de valeur, le développement industriel et l'entrepreneuriat[238].

235) https://www.enterprise-development.org/what-works-and-why/evidence-framework/rationale-for-ber/

236) Banque mondiale (2020), « Improving Business Environment for Prosperity (IBEP) », disponible sur la page https://www.worldbank.org/en/topic/investment-climate/brief/improving-business-environment-for-prosperity

237) Banque mondiale (2020), « Improving Business Environment for Prosperity (IBEP) », disponible sur la page https://www.worldbank.org/en/topic/investment-climate/brief/improving-business-environment-for-prosperity

238) African Union Commission (2020), « Science, Technology and Innovation Strategy for Africa 2024 », disponible sur la page https://au.int/sites/default/files/newsevents/workingdocuments/33178-wd-stisa-english_-_final.pdf

Les PMA doivent renouveler leurs cadres et leurs capacités réglementaires pour élaborer des stratégies plus ambitieuses en matière de STI.

La résilience doit être au cœur des mesures prises par les gouvernements des PMA pour concrétiser leurs stratégies de STI. Cela demande une certaine souplesse et met en évidence la nécessité pour les gouvernements d'acquérir des capacités dynamiques leur permettant de s'adapter et d'apprendre face aux changements rapides entraînés par la quatrième révolution industrielle. En impliquant les parties prenantes et les citoyens dans ces efforts, les décideurs seront exposés à un ensemble varié de connaissances et de valeurs qui contribueront à la résilience politique[239]. Les PMA doivent investir dans des données concernant leurs politiques d'aide dans le domaine des STI dans le but de les améliorer.

Pour s'assurer que les stratégies de STI soient en mesure de faire face au à long terme, les PMA doivent conditionner le soutien des technologies de l'industrie 4.0 à des missions plus générales qui comprennent des principes d'innovation responsable.

La pandémie nous a brutalement rappelé que même les pays développés ne sont pas à l'abri des crises. Dans ce contexte, les gouvernements ont dû redéfinir leurs politiques et leurs stratégies STI pour se relever les défis à long terme lié au développement durable, à l'inclusivité et à la résilience. Les PMA doivent donc impérativement s'assurer que le développement des technologies de l'industrie 4.0 soit compatible avec les objectifs des actions politiques axées sur la réalisation de missions. Des politiques d'innovation responsables doivent être incluses dans les stratégies de STI afin d'anticiper les problèmes liés à la course à l'innovation et d'optimiser les technologies tout en mettant l'accent sur l'inclusion des parties prenantes dans le processus d'innovation[240].

239) OCDE (2021), « Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2021 : Affronter la crise et saisir les opportunités », disponible sur la page https://www.oecd-ilibrary.org/sites/75f79015-en/index.html?itemId=/content/publication/75f79015-en

240) Ibid

Partenariats, accès au financement, investissements et infrastructures

Soutenir la création de centres régionaux de R&D et encourager les relations avec les centres internationaux de R&D,

ainsi que la coopération régionale et internationale, mais aussi les programmes d'échange (pour éviter de « réinventer la roue ») dans les domaines dans lesquels les pays peuvent apprendre auprès d'acteurs déjà bien établis. L'accent doit être mis sur la présentation d'applications concrètes des technologies de l'industrie 4.0 dans des secteurs spécifiques et dans les pays présentant le meilleur potentiel pour une disruption réussie dans les PMA. Cette stratégie doit se concentrer sur des domaines d'intervention spécifiques (IA et santé, drones et agriculture, blockchain et fintech, IoT et villes intelligentes, par exemple) au lieu d'essayer de convertir l'ensemble du continent à l'industrie 4.0.

Les gouvernements peuvent apprendre les uns des autres dans le but d'améliorer la conception et la gestion des aides à l'innovation en cas de crise.

L'aide publique pour l'innovation prend différentes formes et n'est pas toujours facile à mesurer, à suivre dans le temps ou à comparer pour faciliter le partage des connaissances. Les gouvernements doivent également continuer à investir, entre autres, dans les données concernant leurs politiques d'aide afin de les améliorer. Cela nécessite d'éliminer les fonctionnements en silos et de développer des capacités permettant d'exploiter l'information. C'est l'une des priorités actuelles de l'OCDE, à la fois en matière de mesure et d'analyse des politiques. [241]

La coopération technique entre pays en développement (CTPD) stimulera la coopération régionale et favorisera l'émergence des technologies.

La CTPD est un instrument puissant qui permettrait de promouvoir la solidarité et la collaboration horizontale tout en renforçant les capacités institutionnelles des PMA afin qu'ils répondent à leurs besoins en matière de transformation numérique. Grâce au partage d'expériences, de connaissances et de capacité techniques, les PMA peuvent contribuer à développer leurs capacités respectives, renforcer leurs relations et favoriser l'échange, la création et la diffusion des connaissances scientifiques et techniques relatives à l'industrie 4.0. Le recours à la CTPD peut être intéressant dans l'optique de la transformation numérique des PMA, car cela peut donner lieu à des actions communes visant à établir des mécanismes technologiques tels que des laboratoires de R&D, des programmes de formation, des instruments de placement et des conférences régionales.

Les défis globaux requièrent des solutions globales qui s'appuient sur la coopération internationale en matière de STI.

Le développement des vaccins contre la COVID-19 a bénéficié des premières mesures internationales de préparation en R&D, y compris des plateformes technologiques agiles qui peuvent être exploitées dès que de nouveaux agents pathogènes apparaissent. La pandémie a créé un élan permettant d'établir des mécanismes internationaux efficaces et durables pour soutenir la R&D dans les proportions nécessaires pour faire face à des défis mondiaux multiples. Les gouvernements doivent toutefois instaurer la confiance et définir des valeurs communes pour s'assurer que la coopération scientifique se fait sur un pied d'égalité et que ses bénéfices profitent à tous de manière égale[242].

241) OCDE (2021), « Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2021 : Affronter la crise et saisir les opportunités », disponible sur la page https://www.oecd-ilibrary.org/sites/75f79015-en/index.html?itemId=/content/publication/75f79015-en

242) OCDE (2021), « Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2021 : Affronter la crise et saisir les opportunités », disponible sur la page https://www.oecd-ilibrary.org/sites/75f79015-en/index.html?itemId=/content/publication/75f79015-en

Les gouvernements devront ajuster leurs priorités et objectifs STI nationaux en tenant compte de la nécessité d'une action coordonnée sur le plan international pour relever les grands défis et s'attaquer aux problèmes liés aux biens publics mondiaux.

Sans ces actions collectives, les capacités permettant de gérer ces problèmes (sous forme de connaissances scientifiques, de plateformes technologiques et d'instances internationales coordinatrices) resteront sous-développées, laissant les pays plus vulnérables face aux bouleversements mondiaux. Les gouvernements doivent en même temps instaurer la confiance et définir des valeurs communes pour s'assurer que la coopération scientifique se déroule sur un pied d'égalité et que ses bénéfices profitent à tous de manière égale[243].

Comme les PMA manquent de ressources, de compétences et d'expertise dans le domaine de la transformation numérique, ils doivent saisir les possibilités de partenariat au niveau international.

Au niveau international, des mécanismes tels que l'aide pour le commerce, la coopération Sud-Sud et le soutien des organisations internationales pourraient être décisifs pour relever les défis liés à la transformation numérique et aux ODD. Dans ce contexte, les PMA pourraient bénéficier du soutien d'organisations telles que l'ONUDI, la Banque de technologies des Nations Unies, le cadre intégré renforcé, le Centre du commerce international, le Groupe de la Banque mondiale ou l'Organisation mondiale du commerce.

L'inclusion financière joue un rôle majeur dans l'inclusion sociale et le développement économique en général.

Pour les personnes qui n'ont pas accès à un compte bancaire ou à d'autres moyens de manipuler de l'argent virtuellement, les tâches quotidiennes (régler les factures, transférer de l'argent et percevoir les salaires, par exemple) nécessitent le transport physique d'argent liquide, ce qui peut se révéler dangereux et chronophage[244]. Le fait de disposer d'un compte courant permet d'accéder plus facilement à d'autres services financiers, tels que des comptes épargne pour voir venir, ou bien des prêts pour investir dans la formation ou même créer une entreprise[245].

L'accélération de la mise en œuvre et de l'adaptation des technologies de l'industrie 4.0 pour atteindre les ODD nécessite des capitaux publics et privés.

Si les PMA veulent tirer parti des solutions innovantes proposées par l'industrie 4.0, ils doivent pouvoir proposer un large éventail de sources de financement. Il faut exploiter les mécanismes de financement, y compris dans la sphère privée, caritative et publique, et ne pas dépendre uniquement de l'investissement commercial. Les PMA doivent utiliser des investissements à impact innovants sur le plan financier, social et environnemental[246]. Un exemple de ce type d'investissement dans le domaine des technologies et de l'e-commerce a été relevé au Népal après l'implantation du Dolma Impact Fund[247]. Si la société a investi dans d'hydroélectricité, les technologies et l'e-commerce, l'ampleur de ces investissements n'a toutefois pas encore été communiquée.

243) OCDE 2021

244) Simon, A. (2017), « The Potential and Limits of the Fintech Revolution in Emerging Markets », disponible sur la page https://news.trust.org/item/20170530175958-zdnmt/

245) Banque mondiale (2018) « UFA2020 Overview: Universal Financial Access by 2020 », disponible sur la page https://www.worldbank.org/en/topic/financialinclusion/brief/achieving-universal-financial-access-by-2020

246) G20 Insights (2017) « Enabling a Sustainable Fourth Industrial Revolution: How G20 Countries Can Create the Conditions for Emerging Technologies to Benefit People and the Planet », disponible sur la page https://www.g20-insights.org/policy_briefs/enabling-sustainable-fourth-industrial-revolution-g20-countries-can-create-conditions-emerging-technologies-benefit-people-planet/

247) Adhikari, R. (2021), « Repositioning Aid for Trad Discourse in the Context of LDC Graduation », disponible sur la page https://www.sawtee.org/publications/TI_Vol_17_No_1-2.pdf

Proposer des financements mixtes et issus d'instruments innovants

tels que des garanties permettant de faire baisser les taux de rendement minimaux des investisseurs internationaux et d'augmenter leur participation sur le continent africain, et donc d'exploiter des capitaux supplémentaires. Des instruments tels que les prêts en devises locales sont également essentiels pour réduire la volatilité des taux de change et les risques associés.

Des investissements tenant compte des questions de genre seront essentiels pour remédier aux inégalités femmes-hommes.

Les PMA doivent permettre l'émancipation économique des femmes en commençant à investir pour lutter contre les inégalités entre les sexes et promouvoir la parité. Afin d'avoir un impact positif sur les femmes et les jeunes filles dans les PMA, il est nécessaire de prévoir des investissements dans les entreprises détenues ou gérées par des femmes, dans les entreprises qui promeuvent un milieu de travail équitable ou dans celles qui proposent des produits ou services qui améliorent considérablement la vie des femmes et des jeunes filles.

Fournir un climat d'investissement stable nécessite d'entreprendre des actions visant à améliorer les marchés de capitaux et à réduire le risque politique

(manipulation des monnaies ou contrôle du capital, par exemple) et requiert des signaux forts et des effets de démonstration de la part des institutions financières internationales. Des projets pilotes existants financés par des corporations transnationales, des fonds internationaux et des banques de développement signalent d'éventuelles opportunités au secteur privé. En outre, il est essentiel que les financements soient dirigés vers des infrastructures prêtes pour l'industrie 4.0 et parées pour l'avenir (technologies renouvelables ou infrastructures de transport routier adaptées aux TIC, par exemple) afin d'éviter le verrouillage des capitaux et la modernisation coûteuse d'infrastructures vétustes.

L'accès à l'électricité est l'aspect le plus important d'une transformation numérique réussie.

Sans accès à l'électricité, le grand public n'a pas besoin de posséder un téléphone portable, et ne bénéficie donc pas d'un accès aux données. Sur 46 PMA, seuls 25 ont un taux d'électrification inférieur à 50 % de la population. Entre l'incitation à l'électrification de ces pays et l'incitation à la connectivité haut débit (pour les pays dont le taux d'électrification dépasse 50 %), le choix est difficile à prendre. Pour une relance économique rapide, il est recommandé de favoriser la connectivité et l'utilisation d'internet dans les pays suffisamment électrifiés pour obtenir des résultats immédiats. Avec le temps, le développement de ces pays rayonnera sur les pays moins développés.

L'un des volets de la transition numérique concerne l'utilisation croissante de données par les entreprises et les gouvernements, qui les analysent et s'en servent dans le cadre de leurs activités.

Le haut débit fixe est primordial pour soutenir les PMA puisqu'il permet de transférer de grandes quantités de données rapidement et pour un coût unitaire plus bas que le haut débit mobile. Pour transformer structurellement leur économie et stimuler leur productivité, les PMA doivent donc impérativement être équipés du haut débit fixe. Par ailleurs, la crise sanitaire a popularisé l'utilisation d'outils de vidéoconférence pour étudier, travailler et obtenir des conseils médicaux. Ces outils nécessitent de grandes quantités de données et fonctionnent mieux avec une connexion haut débit fixe (y compris une connexion Wi-Fi).

Le fait que les PMA soient beaucoup moins peuplés et ne disposent pas d'économies d'échelle n'encourage pas les entreprises privées qui gèrent les télécommunications à installer des réseaux internet.

Les gouvernements doivent prévoir des programmes incitatifs à l'attention des entreprises privées, qui peuvent consister en l'octroi de subventions ou en des possibilités de retours sur investissement. La construction d'infrastructures par les entreprises privées dans les zones isolées peut par exemple être rétribuée sous forme de canaux de monétisation dans les aires urbaines.

Une grande partie de la population peut accéder à internet dans les PMA, mais ne le fait pas, en partie à cause du coût, mais surtout par manque de connaissances et de compétences numériques.

La sensibilisation à la question du numérique passe par des programmes gouvernementaux mis en œuvre par l'intermédiaire des télécommunications. Ainsi, même les citoyens des PMA sans instruction acquerront une culture du numérique, car leur survie en dépendra.

Une meilleure coordination est nécessaire entre le gouvernement, le secteur privé, les établissements d'enseignement et les partenaires de développement pour accélérer l'adoption du haut débit.

Ces institutions doivent impérativement dialoguer pour mieux comprendre les exigences en matière de compétences afin de fournir les formations appropriées. Les gouvernements des PMA doivent également solliciter davantage le secteur privé afin de développer des applications publiques de haut débit, y compris en tirant parti des communautés de startups émergentes. Il faut fournir aux microentreprises, petites et moyennes entreprises (MPME) toute l'assistance nécessaire pour qu'elles adoptent le haut débit dans le cadre de leur activité. Cela permettrait d'accélérer l'impact économique du haut débit. Les gouvernements et les partenaires de développement doivent coordonner leurs actions concernant le développement d'applications et de services de haut débit afin de produire un impact fort et pérenne.

Les centres de données sont un élément clé de l'infrastructure de l'économie numérique.

Les centres de données apportent l'infrastructure requise pour entretenir et faire fonctionner de manière sécurisée les serveurs sur lesquels les données sont stockées (y compris héberger localement des contenus nationaux). La disponibilité des centres de données est également un indicateur du stade de la transition numérique auquel se trouve une économie : elle reflète la demande du secteur des TIC, mais également des autres secteurs qui ont un besoin impérieux de services numériques, notamment ceux de la finance, du transport, juridique, comptable, de la recherche et du développement, de la publicité et des administrations.

Gouvernance, technologies et politiques d'innovation

Une accélération des changements dans la sphère réglementaire sera nécessaire pour permettre le passage à l'industrie 4.0.

Dans un monde confronté à de nouvelles technologies, au changement climatique et à une pandémie, les PMA doivent adopter les nouvelles pratiques réglementaires utilisées par un nombre croissant de gouvernements pour pouvoir exploiter les opportunités et limiter les risques associés au changement technologique. On regroupe ces pratiques sous le terme de « réglementation agile », inspiré du concept de développement technologique agile. Le fait de mettre en œuvre une réglementation agile tournée vers l'avenir en fixant des objectifs clairs aux entreprises permet au législateur de conserver toute latitude pour expérimenter et trouver la meilleure manière d'atteindre ces objectifs. Grâce aux réglementations agiles, les PMA peuvent collaborer en dépassant les frontières institutionnelles, régionales et internationales afin de garantir l'interopérabilité des règles et lutter collectivement contre les risques[248].

Dans un contexte de réglementation agile, les PMA doivent trouver un équilibre entre l'exploitation des opportunités économiques et les freins à l'innovation.

Dans le cadre d'une stratégie de réglementation agile, il convient de bien choisir son moment pour intervenir. Si le législateur dans les PMA agit trop tard, il est susceptible de passer à côté d'opportunités économiques et de laisser de côté des risques émergents. Au contraire, une intervention trop précoce pourrait entraver l'innovation ou donner naissance à des règles inefficaces élaborées à partir d'une compréhension partielle des technologies émergentes. Il est donc possible d'utiliser des mécanismes non contraignants (directives réglementaires, codes de bonnes pratiques et normes d'application volontaire basées sur des bonnes pratiques internationales, par exemple) pour orienter le développement technologique. Les PMA peuvent intégrer ces mécanismes non contraignants dans la réglementation une fois les technologies de l'industrie 4.0 complètement abouties[249].

Les PMA doivent développer une réglementation qui s'appuie sur des objectifs axés sur des résultats concrets pour leurs citoyens et pour l'environnement.

Les approches réglementaires axées sur les résultats sont, par nature, technologiquement neutres puisqu'elles accroissent la flexibilité des entreprises en leur permettant de trouver des moyens plus efficaces de respecter les réglementations et de réduire les coûts pour les consommateurs. Ce type d'approche encourage l'innovation : les entreprises ont davantage de liberté pour essayer de nouvelles idées, de nouveaux produits et des modèles économiques alternatifs. De plus, des réglementations axées sur les résultats leur permettront de réfléchir plus précisément à la meilleure façon d'atteindre un objectif réglementaire au lieu de suivre machinalement les règles[250].

248) Forum économique mondial (2020), « Agile Regulation for the Fourth Industrial Revolution: A Toolkit for Regulators », disponible sur la page https://www3.weforum.org/docs/WEF_Agile_Regulation_for_the_Fourth_Industrial_Revolution_2020.pdf

249) Ibid

250) Forum économique mondial (2020), « Agile Regulation for the Fourth Industrial Revolution: A Toolkit for Regulators », disponible sur la page https://www3.weforum.org/docs/WEF_Agile_Regulation_for_the_Fourth_Industrial_Revolution_2020.pdf

Mettre au point des réglementations collaboratives et adaptatives.

Outre les interactions public-privé et les autres approches collaboratives de gouvernance, une agilité et une réflexion réglementaire accrues sont nécessaires pour éviter l'exclusion numérique et réduire les tensions entre les différents objectifs politiques des technologies émergentes concurrentes. Ce besoin doit être modéré par la protection de la valeur publique et sociale d'internet en élargissant les modèles du *spectrum commons*, du spectre sans licence et du spectre d'utilisation sociale. Dans les pays développés et en développement, la plus grande partie du spectre n'est pas utilisée en dehors des grandes aires urbaines. Dans l'économie « collaborative », on assiste déjà à un partage volontaire des infrastructures entre opérateurs. Ces types d'approches collaboratives doivent être adoptés par les gouvernements dans le cadre d'une gestion critique des ressources. L'utilisation du spectre secondaire permettrait un partage dynamique du spectre, qui est disponible pour une fraction seulement du prix du réseau GSM (*Global System for Mobiles*) et pourrait être déployé dans le cadre de nouveaux modèles commerciaux dans les zones rurales où le spectre est très peu utilisé. Avec une stratégie de ce type, la population disposerait presque instantanément d'une bande passante peu coûteuse et d'excellente qualité.

Tenter d'uniformiser les cadres de protection des données au niveau régional

En rendant les législations nationales compatibles entre elles, à partir d'un ensemble de principes fondamentaux en matière de protection des données, tout en prenant en compte les différences qui existent entre les cadres juridiques nationaux et sur le plan des avancées en matière d'innovation technologique. Il est recommandé que les organisations régionales se concentrent sur l'unification des initiatives compatibles au niveau international au lieu de se lancer dans de multiples projets.

Les gouvernements et les décideurs politiques doivent utiliser les mécanismes de facilitation pour faire de l'industrie 4.0 une révolution durable.

Si l'on veut que la quatrième révolution industrielle soit la première révolution industrielle durable, les gouvernements et les régulateurs devront s'adapter rapidement aux paysages en constante évolution de l'industrie 4.0. Pour ce faire, ils doivent mettre à disposition un environnement favorable, des mesures de protection et des contrôles permettant d'encadrer son application. Les questions de gouvernance générées par l'utilisation des technologies émergentes de l'industrie 4.0 sont plus importantes que celles des révolutions industrielles précédentes : elles sont plus complexes, arrivent plus vite et amènent d'importants changements généraux et sectoriels. Les gouvernements et les décideurs politiques doivent jongler avec les impacts positifs et environnementaux que ces technologies génèrent, tout en évitant d'aggraver les problèmes actuels les plus urgents. Les académies des Sciences des PMA devront mettre au point des prévisions, des politiques publiques et une gouvernance technologique afin d'éviter ou de minimiser les conséquences imprévues et de protéger les intérêts publics[251].

Les PMA doivent s'inspirer des bonnes pratiques relatives à la gouvernance et aux politiques publiques de l'industrie 4.0

appliquées par les gouvernements du monde entier. Ces pratiques incluent l'établissement de laboratoires politiques, de bacs à sable réglementaires, de politiques publiques participatives et de partenariats public-privé.

251) G20 Insights (2017), « Enabling a Sustainable Fourth Industrial Revolution: How G20 Countries Can Create the Conditions for Emerging Technologies to Benefit People and the Planet », disponible sur la page https://www.g20-insights.org/policy_briefs/enabling-sustainable-fourth-industrial-revolution-g20-countries-can-create-conditions-emerging-technologies-benefit-people-planet/

Renforcer ou repenser les institutions de gouvernance existantes pour mieux préparer les défis que représente la circulation des données.

De nouvelles institutions devront peut-être être créées afin d'assurer la sûreté et la sécurité des organisations et des individus. Il s'agira donc de développer des cadres et des compétences pour superviser à la fois la gestion technique des établissements et des infrastructures essentiels (de plus en plus exposés à des logiciels malveillants sophistiqués), mais aussi le traitement des grandes quantités de données générées pour alimenter l'industrie 4.0.

Des cadres réglementaires permettant de s'attaquer aux préjugés systémiques potentiels devront être mis au point.

Le recueil massif de données brutes met souvent en évidence les préjugés inhérents à une société, et les résultats obtenus sont considérés comme discriminatoires. Il est donc nécessaire d'élaborer des cadres réglementaires qui équilibrent les questions de discrimination indue dans les données publiques avec les questions techniques et éthiques (p. ex., suivi et censure potentielle des données)[252]. Ainsi, il faut créer des initiatives pour soutenir les universitaires, les technologues et les autres parties prenantes afin qu'ils façonner un processus concret et transparent permettant de responsabiliser les algorithmes et leurs propriétaires.

Pour surmonter les défis liés à l'industrie 4.0, il est impératif d'avoir une meilleure coordination entre les différents secteurs économiques et sociaux.

Cela doit permettre également la collaboration au sein des secteurs public et privé afin d'établir des économies et des sociétés numériques concurrentielles à l'international. Les mécanismes institutionnels devront être réévalués et la réglementation traditionnelle des acteurs et secteurs réglementés devra respecter les systèmes globaux de gouvernance d'internet.

Faire vivre les institutions inclusives favorisant et promouvant l'innovation à grande échelle pour que les technologies de l'industrie 4.0 soient adoptées dans les secteurs de la production et des services.

Étant donnée la nature transversale des technologies de l'industrie 4.0, les approches réglementaires et de gouvernance ne peuvent plus suivre un fonctionnement en silos qui se concentre uniquement sur un secteur ou des questions d'approvisionnement, comme cela a pu être le cas par le passé. La réussite des politiques dépendra également des interventions au niveau de la demande permettant une capacité d'absorption des nouvelles technologies suffisante. Des mécanismes garantissant le caractère bon marché des appareils et des services de données pour les utilisateurs finaux ainsi qu'une bande passante et une électricité abordables seront des intrants essentiels aux technologies de l'industrie 4.0. Le développement de contenus et d'applications localisés, l'amélioration de la culture numérique des citoyens ainsi que de meilleures capacités dans les domaines de l'ingénierie, du codage et de l'économie sont des éléments vitaux permettant de créer un environnement favorable à l'appropriation de l'industrie 4.0. Actuellement, ces conditions sont très inégales entre les régions d'Afrique et au sein de celles-ci. Si des mesures actives ne sont pas prises pour s'attaquer aux inégalités existantes hors ligne, ces inégalités seront reprises ou même amplifiées en ligne.

252) Ibid

Les politiques publiques d'aide à l'innovation doivent être en mesure d'orienter intelligemment les actions d'innovation dans le privé,

notamment lorsque les signaux émanant des marchés sont insuffisants et que la coordination est particulièrement compliquée. Des données et des analyses récentes de l'OCDE montrent que les politiques mixtes des gouvernements ne sont pas tout à fait à la hauteur de cette ambition. Les incitations fiscales en faveur de la R&D sont efficaces pour augmenter la R&D tant qu'elles sont conçues et appliquées de manière uniforme. Cependant, elles sont inefficaces s'agissant d'orienter l'innovation afin de répondre à des besoins sociétaux plus vastes et représentent des instruments loin d'être optimaux pour encourager l'investissement dans les connaissances qui sont au croisement entre recherche fondamentale et développement de produits ou de processus[253]

253) OCDE (2021), « Science, technologie et innovation : Perspectives de l'OCDE 2021 : Affronter la crise et saisir les opportunités », disponible sur la page https://www.oecd-ilibrary.org/sites/75f79015-en/index.html?itemId=/content/publication/75f79015-en

BIBLIOGRAPHIE

[1] Adhikari, R. (2019) 6 Ways the Least Developed Countries Can Participate in the Fourth Industrial Revolution, at https://www.weforum.org/agenda/2019/08/6-ways-least-developed-countries-can-participate-in-the-4ir/

[2] Adhikari, R., Lehmann, F. (2020) Least Developed Countries Can Become Authors of Their Technological Revolution, at https://oecd-development-matters.org/2020/02/05/least-developed-countries-can-become-authors-of-their-technological-revolution/

[3] African Development Bank (2019) Unlocking the Potential of the Fourth Industrial Revolution in Africa

[4] African Union Commission (2020) Science, Technology and Innovation Strategy for Africa 2024, at https://au.int/sites/default/files/newsevents/workingdocuments/33178-wd-stisa-english_-_final.pdf

[5] https://www.airavirtual.com/

[6] Aldrich, T.J. (1977), Managing the Flow of Technology: Technology Transfer and Dissemination of Technological Information within the R&D Organization, MIT Press, Cambridge, MA.

[7] Andreoni, A., Chang, H.-J., Labrunie, M. (2021) Natura Non-Facit Saltus: Challenges and Opportunities for Digital Industrialisation Across Developing Countries

[8] Adreoni, A., Modliwa, P. & Roberts, S. (2021). Structural Transformation in South Africa: The Challenges of Inclusive Industrial Development in a Middle Income Country. *Oxford University Press*. 1-416

[9] Anderson, C., Gantz, J.F., et al (2021) Wordlwide CO2 Emissions Savings from Cloud Computing Forest, 2021-2024: A First-of-Its-Kind Projection, at https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=US47426420

[10] Anthem, P. (2020) Risk of hunger pandemic as coronavirus set to almost double acute hunger by the end of 2020, at https://www.wfp.org/stories/risk-hunger-pandemic-coronavirus-set-almost-double-acute-hunger-end-2020

[11] https://www.apc.org/en/news/new-report-bridging-gender-digital-divide-challenges-central-and-eastern-europe-and-ex-soviet

[12] Artz, G. (2003). Rural Area Brain Drain: Is it a Reality? *Iowa State University: Digital Repository. Extension and Outreach Publications*. 90. https://lib.dr.iastate.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1090&context=extension_pubs

[13] Asite (2021) Digitization, Digitalization, and Digital Transformation – What's the Difference?, at https://www.asite.com/blogs/digitization-digitalization-and-digital-transformation-whats-the-difference

[14] Atwell, P. (2001). The First and Second Digital Divides. *Sociology of Education* 74(3). 252-259

[15] Ayentimi, D. T. (2020) The 4IR and the Challenges for Developing Economies, at https://www.researchgate.net/publication/340840065_The_4IR_and_the_challenges_for_developing_economies

[16] https://azure.microsoft.com/en-us/overview/what-is-a-qubit/#introduction

[17] Bank of England (2020). Central Bank Digital CurrencY: opportunities, challenges and design, at https://www.bankofengland.co.uk/paper/2020/central-bank-digital-currency-opportunities-challenges-and-design-discussion-paper

[18] Baker, A., (2017) The American Drones Saving Lives in Rwanda, at https://time.com/rwanda-drones-zipline/

[19] Bing, E. G., Parham, G. P., Cuevas, A., Fisher, B., Skinner, J., Mwanahamuntu, M., & Sullivan, R. (2019). Using Low-Cost Virtual Reality Simulation to Build Surgical Capacity for Cervical Cancer Treatment. *Journal of global oncology, 5,* 1–7. https://doi.org/10.1200/JGO.18.00263

[20] Blom, A., Nusrat, M., Goldin, N. (2020) 5 Things MENA Countries can do to Design Better Digital Skills Development Programs, at https://blogs.worldbank.org/arabvoices/5-things-MENA-countries-can-do-to-design-better-digital-skills-development-programs

[21] https://www.blockchainforclimate.org/

[22] https://www.bluerivertechnology.com/

[23] Brookings (2020) The Fourth Industrial Revolution and Digitization will Transform Africa into a Global Powerhouse, at https://www.brookings.edu/research/the-fourth-industrial-revolution-and-digitization-will-transform-africa-into-a-global-powerhouse/

[24] Bruckner, M. (2012). Limited progress in market access for LDCs. *United Nations. LDC Portal,* at https://www.un.org/ldcportal/limited-progress-in-market-access-for-ldcs/

[25] https://builtin.com/big-data/iot-big-data-analytics-examples

[26] Calvo, J. (2019). Drones, Drones Everywhere in Business. *Strategy 4.0 Blog,* at http://strategy4.org/my-blog/drones-drones-everywhere-in-business

[27] https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html

[28] https://www.cellink.com/

[29] https://www.census.gov/topics/research/big-data.html

[30] Chaminade, C., Lundvall, B.-A. (2019) Science, Technology, and Innovation Policy: Old Patterns and New Challenges, at https://oxfordre.com/business/view/10.1093/acrefore/9780190224851.001.0001/acrefore-9780190224851-e-179

[31] https://climate.nasa.gov/evidence/

[32] https://cloudhimalaya.com/public-cloud

[33] https://comma.ai/

[34] https://cryptoclimate.org/accord/

[35] Deloitte. (2017). Using blockchain to drive supply chain transparency, at https://www2.deloitte.com/us/en/pages/operations/articles/blockchain-supply-chain-innovation.html

[36] Digital Planet (2021) How green is the Greenback? An Analysis of the Environmental Costs of Cash in the United States, at https://sites.tufts.edu/digitalplanet/how-green-is-the-greenback-an-analysis-of-the-environmental-costs-of-cash-in-the-united-states/?utm_source=rss&utm_medium=rss&utm_campaign=how-green-is-the-greenback-an-analysis-of-the-environmental-costs-of-cash-in-the-united-states

[37] Doumbia, D., Lauridsen M. L. (2019) Closing the Financing Gap – Trends and Data, at https://www.ifc.org/wps/wcm/connect/842b73cc-12b0-4fe2-b058-d3ee75f74d06/EMCompass-Note-73-Closing-SDGs-Fund-Gap.pdf?MOD=AJPERES&CVID=mSHKl4S#:~:text=4%20Looking%20at%20the%20infrastructure,efficiency%20and%20the%20quality%20of

[38] https://dynmhx.io/

[39] Ecommerce-covid.sn

[40] https://enhancedif.org/en/country-profile/ethiopia

[41] https://www.enterprise-development.org/what-works-and-why/evidence-framework/rationale-for-ber/

[42] https://www.ey.com/en_ch/industrial-products/how-smart-sensors-are-driving-industry-4-0-forward

[43] Fagan, M., Huang, C., (2019) Look at how people around the world view climate change, at https://www.pewresearch.org/fact-tank/2019/04/18/a-look-at-how-people-around-the-world-view-climate-change/

[44] Fan, Y. and Chang, J. (2018). Embedded smart box for legacy machines to approach to I4.0 in smart manufacturing.

[45] https://www.fao.org/redd/en

[46] FAO of the UN, (2021) REDD+ Reducing Emissions from Deforestation and Forest Degradation, at https://www.fao.org/redd/news/detail/en/c/1397036/

[47] FAO. (2021). Applying blockchain to climate, at https://www.fao.org/3/cb3495en/cb3495en.pdf

[48] Fleming, S. (2019) Senegal is planting millions of mangrove trees to fight deforestation, at https://www.weforum.org/agenda/2019/09/senegal-is-planting-millions-of-mangrove-trees-to-fight-deforestation/

[49] https://www.forbes.com/sites/jonathanponciano/2021/05/13/worlds-largest-tech-companies-2021/?sh=4eb1306d69bc

[50] https://formlabs.com/blog/3d-printed-medical-mask/

[51] G20 Insights (2017) Enabling a Sustainable Fourth Industrial Revolution: How G20 Countries Can Create the Conditions for Emerging Technologies to Benefit People and the Planet, at https://www.g20-insights.org/policy_briefs/enabling-sustainable-fourth-industrial-revolution-g20-countries-can-create-conditions-emerging-technologies-benefit-people-planet/

[52] G20 Insights (2018) Bridging the Gender Digital Gap, at https://www.g20-insights.org/policy_briefs/bridging-the-gender-digital-gap/

[53] G20 Insights (2019) Leveraging Science, Technology and Innovation for Implementing the 2030 Agenda, at https://www.g20-insights.org/policy_briefs/leveraging-science-technology-and-innovation-for-implementing-the-2030-agenda/

[54] García-Garza, M. A., Ahuett-Garza, H., Lopez, M. G., Orta-Castañón, P., Kurfess, T. R., Urbina Coronado, P. D., Güemes-Castorena, D., Villa, S. G., & Salinas, S. (2019). A Case about the Upgrade of Manufacturing Equipment for Insertion into an Industry 4.0 Environment. *Sensors (Basel, Switzerland), 19*(15), 3304. https://doi.org/10.3390/s19153304

[55] Gay, D., Gallagher, K. (2019) For the Least Developed Countries, Revitalising Multilateralism is Life or Death – Op-Ed, at https://www.un.org/sustainabledevelopment/blog/2019/08/least-developed-countries-revitalising-multilateralism-is-life-or-death/

[56] Gedetsis, J. (2021) Tackling Climate Change Challenges with Cloud Computing, at https://www.nutanix.com/theforecastbynutanix/news/tackling-climate-change-challenges-with-cloud-computing

[57] Gifford, R., Scannell, L., Kormos, C., Smolova, L., Biel, A., Boncu, S., et al. (2009). Temporal pessimism and spatial optimism in environmental assessments: An 18-nation study. Journal of Environmental Psychology, 29, 1-12.

[58] Gifford, R. (2011). The Dragons of Inaction: Psychological Barriers that Limit Climate Change Mitigation and Adaptation. *American Psychologist.*

[59] Giri, S. (2019). Cloud Computing and Data Security Challenges: A Nepal Case. *International Journal of Computer Trends and Technology. 67*(3).

[60] Gleckler, P., Durack, P., Stouffer, R. et al. (2016). Industrial-era global ocean heat uptake doubles in recent decades

[61] Gorensek, T., Kohont, A. (2019) Conceptualization of digitalization: Opportunities and Challenges for Organizations in the Euro-Mediterranean Area, at https://emuni.si/wp-content/uploads/2020/01/IJEMS-2-2019_93%E2%80%93115.pdf

[62] Griliches, Z. (1979). Issues in assessing the contribution of Research and Development to Productivity Growth. *Bell Journal of Economics. 10(1) 92-116*

[63] GSMA. (2020). The State of Mobile Internet Connectivity 2020. *GSMA.* https://www.gsma.com/r/wp-content/uploads/2020/09/GSMA-State-of-Mobile-Internet-Connectivity-Report-2020.pdf

[64] Hawley, K. (2014). Transforming cities for sustainability: Facts and Figures. *SciDev.Net.* https://www.scidev.net/global/features/transforming-cities-sustainability-facts-figures/

[65] Heeks, R. and Whalley, J. (2008). The Impact of Mobile Telephony on Developing Country Microenterprise: a Nigerian Case Study. *Information Technologies and International Development*

[66] Hornyak, T. (2011). Flying robots build 20-foot tower in France, at https://www.cnet.com/news/flying-robots-build-20-foot-tower-in-france/.

[67] Huang, H., Savkin, A. & Huang, C. (2020). A new parcel delivery system with drones and a public train. *Journal of Intelligent & Robotic Systems. 100.* 1341-1354.

[68] IET. (2020). Drones needed for 'critical role' cmbating climage change, at https://eandt.theiet.org/content/articles/2020/02/drones-needed-for-critical-role-combating-climate-change/

[69] IIED (2015) Impact of Climate Change on Least Developed Countries: Are the SDGs Possible?, at https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/17298IIED.pdf?#:~:text=Climate%20change%20will%20significantly%20hamper%20LDCs'%20ability%20to%20achieve%20the,cities%2C%20marine%20resources%20and%20ecosystems.

[70] IIED (2019) Time to redress the globally unjust cost of climate change, at https://pubs.iied.org/sites/default/files/pdfs/migrate/17726IIED.pdf

[71] ILO, UN (2013) Shared Harvests: Agriculture, Trade, and Employment, at https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_emp/documents/genericdocument/wcms_212868.pdf

[72] ILO. (2018). Women and men in the informal economy: A statistical picture – Third Edition. *International Labour Office*. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---dgreports/---dcomm/documents/publication/wcms_626831.pdf

[73] https://www.image-net.org

[74] IMF. (2021). IMF Country Focus: Five Things to Know about the Informal Economy. *International Monetary Fund – IMF News*. https://www.imf.org/en/News/Articles/2021/07/28/na-072821-five-things-to-know-about-the-informal-economy

[75] IPCC. (2018). Summary for Policymakers of IPCC Special report on Global Warming of 1.5 degrees Celsius approved by governments at https://www.ipcc.ch/2018/10/08/summary-for-policymakers-of-ipcc-special-report-on-global-warming-of-1-5c-approved-by-governments/

[76] I-Scoop (n.d.) What is Digital Business Transformation? The Essential Guide to DX, at https://www.i-scoop.eu/digital-transformation/

[77] Iswarappa, A. (2015). A Brief Introduction on Big Data 5Vs Characteristics and Hadoop Technology. *Procedia Computer Science*. 48. 319-324

[78] ITU Publications (2019) Measuring Digital Development Facts and Figures. 2019

[79] https://harris.uchicago.edu/news-events/news/commentary-many-students-developing-countries-cannot-access-education-remotely

[80] Jafino, B. A., Walsh, B., Rozenberg, J., Hallegatte, S., (2020) Revised Estimates of the Impact of Climate Change on Extreme Poverty by 2030, at https://documents1.worldbank.org/curated/en/706751601388457990/pdf/Revised-Estimates-of-the-Impact-of-Climate-Change-on-Extreme-Poverty-by-2030.pdf

[81] James, J. (2020). The smart feature phone revolution in developing countries: Bringing the internet to the bottom of the pyramid. *The Information Society*. 36(4).

[82] James, J. (2021). Confronting the scarcity of digital skills among the poor in developing countries. *Development Policy Review*. *39*(2). 324-320.

[83] Jayne, T., Chamberlin, J. & Benfica, R. (2018). Africa's Unfolding Economic Transformation. *The Journal of Development Studies*. *54*(5). 777-787.

[84] Jayne, T. et al. (2019). Are medium-scale farms driving agricultural transformation in sub-Saharan Africa? Agricultural Economics. 50(S1). 75-95

[85] Jooste, B. S., Dokken, J. V., van Niekerk, D., & Loubser, R. A. (2018). Challenges to belief systems in the context of climate change adaptation. *Jamba (Potchefstroom, South Africa)*, *10*(1), 508. https://doi.org/10.4102/jamba.v10i1.508

[86] Katz, B. & Wagner, J. (2014). The Rise of Innovation Districts: A New Geography of Innovation in America. *Brookings. Metropolitan Policy Program*. https://www.brookings.edu/wp-content/uploads/2016/07/InnovationDistricts1.pdf

[87] Kim, S. & Duval, Y. (2020). In the world's poorest countries, the move to digitalize trade procedures in needed now more than ever. *Trade for Development News by EIF*, at https://trade4devnews.enhancedif.org/en/op-ed/worlds-poorest-countries-move-digitalize-trade-procedures-needed-now-more-ever

[88] Krishnan, A., et al. (2020) Ag-Platforms as Disruptors in Value-Chains: Evidence from Uganda, at https://cdn.odi.org/media/documents/odi-jr-eif-agrtechreport4-may20-proof01_final2311.pdf

[89] Labrunie, M. (2021) Natura Non Facit Saltus: Challenges and Opportunities for Digital Industrialisation Across Developing Countries

[90] Lee, J. (2020). Access to Finance for Artificial Intelligence Regulation in the Financial Services Industry. *European Business Organization Law Review*. 21. 731-747

[91] Lomas, N. ((2021). UK drone startup sees.ai gets go ahead to trial beyond-visual-line-of-sight (BVLOS) flgihts, at https://techcrunch.com/2021/04/20/uk-drone-startup-sees-ai-gets-go-ahead-to-trial-beyond-visual-line-of-sight-bvlos-flights/

[92] LDC (2020) Welcome the the Thimphu Ambition Summit, at https://ldcambition.world-television.com/home/english

[93] https://ldcambition.world-television.com/ondemand/english

[94] Lee, K. (2019) Economics of Technological Leapfrogging

[95] https://www.lunduniversity.lu.se/article/worlds-first-live-concert-3d-printed-band

[96] Marcus, L. (2021). Myanmar is planning to reopen to tourism in early 2022. But who will go?, at https://www.cnn.com/travel/article/myanmar-tourism-reopening-coup-cmd-intl-hnk/index.html

[97] Mazur, M. (2016). Six Ways Drones Are Revolutionzing Agriculture. *MIT Technology Review,* at https://www.technologyreview.com/2016/07/20/158748/six-ways-drones-are-revolutionizing-agriculture/

[98] McKinsey. (2019). Driving Impact at Scale from Automation and AI. *Digital McKinsey* at https://www.mckinsey.com/~/media/McKinsey/Business%20Functions/McKinsey%20Digital/Our%20Insights/Driving%20impact%20at%20scale%20from%20automation%20and%20AI/Driving-impact-at-scale-from-automation-and-AI.ashx

[99] McKinsey & Company (2020) How COVID-19 has Pushed Companies Over the Technology Tipping Point – And Transformed Business Forever, at https://www.mckinsey.com/business-functions/strategy-and-corporate-finance/our-insights/how-covid-19-has-pushed-companies-over-the-technology-tipping-point-and-transformed-business-forever

[100] Mekonnen, M. M., and Hoekstra, A. Y. (2010). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. Value of Water Research Report Series No. 48. Delft: UNESCO-IHE.

[101] https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-earth?activetab=pivot1:primaryr6

[102] https://monegraph.com/

[103] Monetary Authority of Singapore. (2020). Principles to Promote FEAT in the Use of AI and Data Analytics in Singapore's Financial Sector,at https://www.mas.gov.sg/~/media/MAS/News%20and%20Publications/Monographs%20and%20Information%20Papers/FEAT%20Principles%20Final.pdf

[104] Moon, S. (2008). Does TRIPS Art. 66.2 Encourage Technology Transfer to LDCs? An Analysis of Country Submissions to the TRIPS council (1999-2007). *UNCTAD.*

[105] https://www.mtn.com.gh/

[106] https://www.nano-di.com/

[107] National Development Council of Taiwan. (2019). Smart machinery and biomedicine pave way to more competitive Taiwan, at https://www.ndc.gov.tw/en/nc_11024_30668

[108] National University of Singapore (2020) Myanmar lost 60% of mangrove forests in 20 years, at https://www.futurity.org/myanmar-lost-60-of-mangrove-forests-in-20-years/

[109] Nolan, R. (2020). SmarTech Analysis Annual Additive Manufacturing Market Summary Report Says AM Market Grew to Over $10B Worldwide in 2019, at https://www.globenewswire.com/news-release/2020/01/08/1968056/0/en/SmarTech-Analysis-Annual-Additive-Manufacturing-Market-Summary-Report-Says-AM-Market-Grew-to-Over-10B-Worldwide-in-2019.html

[110] Notrica, M., Evans, F., Knowlton, L. & McQueen. (2011). Rwandan Surgical and Anesthesia Infrastructure: A Survey of District Hospitals. *World Journal of Surgery. 35*. 1770-1780.

[111] Oak Ridge National Laboratory (2018). Moving into the future with 3D printing, https://www.ornl.gov/blog/moving-future-3d-printing

[112] https://www.oecd-ilibrary.org/sites/01a4ae9d-en/index.html?itemId=/content/component/01a4ae9d-en

[113] OECD (2011) A Skilled Workforce for Strong, Sustainable and Balanced Growth: A G20 Training Strategy, at https://www.oecd.org/g20/summits/toronto/G20-Skills-Strategy.pdf

[114] OECD, WTO (2017) Aid for Trade at a Glance 2017. Promoting Trade, Inclusiveness and Connectivity for Sustainable Development. Chapter 9. Promoting Trade Inclusion in the Least Developed Countries. Enhanced Integrated Framework

[115] OECD (2021) OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2021: Times of Crisis and Opportunity, at https://www.oecd-ilibrary.org/sites/75f79015-en/index.html?itemId=/content/publication/75f79015-en

[116] OECD (2021) Global Outlook on Financing for Sustainable Development 2021: A New Way to Invest for People and Planet, at https://www.oecd-ilibrary.org/sites/6ea613f4-en/index.html?itemId=/content/component/6ea613f4-en

[117] https://www.onchainmusic.com/

[118] Oztemel, E. & Gursev, S. (2018). Literature review of Industry 4.0 and related technologies. *Journal of Intelligent Manufacturing. 31.* 127-182.

[119] https://www.pcworld.com/article/411799/d-waves-quantum-computer-runs-a-staggering-2000-qubits.html

[120] Peters, A., (2017) These Tree-Planting Drones Are About To Start An Entire Forest From The Sky, at https://www.fastcompany.com/40450262/these-tree-planting-drones-are-about-to-fire-a-million-seeds-to-re-grow-a-forest

[121] Petersen, T. (2019) What is the Impact of Reshoring, at https://ged-project.de/trade-and-investment/what-is-the-impact-of-reshoring/

[122] https://plantix.net/en/

[123] https://www.protiq.com/en/3d-printing/areas-of-application/advantages-3d-printing/

[124] https://www.provenance.io/

[125] https://www.pwc.com/gx/en/industries/industry-4.0.html

[126] Quintini, G., Manfredi, T. G. (2009) Going Separate Ways? School-to-Work Transitions in the United States and Europe, at https://www.researchgate.net/publication/46457119_Going_Separate_Ways_School-to-Work_Transitions_in_the_United_States_and_Europe

[127] Ramsay, D. (2020) Opinion: How to Tackle Least Developed Countries' Gender Gaps in Tech Use and Data, at https://www.devex.com/news/opinion-how-to-tackle-least-developed-countries-gender-gaps-in-tech-use-and-data-96713

[128] Raza, S., Bravante, M., Curry, C. (2021) Understanding and Monitoring our Changing Planet: A Climate Technology White Paper, at https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Monitoring-and-understanding-our-changing-planet.pdf

[129] Ramsay, D. (2020) Opinion: How to Tackle Least Developed Countries' Gender Gaps in Tech Use and Data, at https://www.devex.com/news/opinion-how-to-tackle-least-developed-countries-gender-gaps-in-tech-use-and-data-96713

[130] Riecke, J. (2013). New Mobile Platform Empowers Farmers in Uganda. *Center for Financial Inclusion,* at https://www.centerforfinancialinclusion.org/new-mobile-platform-empowers-farmers-in-uganda

[131] Roxas, B. G. (2008). Social capital for knowledge management: The case of small and medium-sized enterprises in the Asia-Pacific region. *Asian Academy of Management Journal, 13*(2), 57–77

[132] https://rss-hydro.lu/

[133] Russo, A., (2020) Blockchain Can Trace Carbon Emissions for Mining, Metals Companies, Proof of Concept Released, at https://www.weforum.org/press/2020/12/blockchain-can-trace-carbon-emissions-for-mining-metals-companies-proof-of-concept-released/

[134] Scannell, L., Gifford, R. (2013) Personally Relevant Climate Change: The Role of Place Attachment and Local versus Global Message Framing in Engagement.

[135] Scott, C. (2016). Chinese Construction Company 3D Prints an entire Two-Story House On-Site in 45 Days, at https://3dprint.com/138664/huashang-tengda-3d-print-house/

[136] https://www.sees.ai/

[137] https://www.spectralengines.com/products/nirone-scanner

[138] Singer, D. (2021). The drones watching over cattle where cowboys cannot reach, at https://www.bbc.com/future/bespoke/follow-the-food/drones-finding-cattle-where-cowboys-cannot-reach.html

[139] Sishodia, R., Ray, R. & Singh, S. (2020). Applications of Remote Sensing in Precision Agriculture: A Review. *Remote Sensing. 12*. 3136

[140] https://www.skuchain.com/

[141] Strusani, D. & Houngbonon, G. (2019). The Role of Artificial Intelligence in Support Development in Emerging Markets. *International Finance Corporation*. 1-8

[142] https://syska.com/project/office-of-the-future-dubai-arab-emirates/

[143] Torres, A., Sarmiento, O. L., Stauber, C., & Zarama, R. (2013). The Ciclovia and Cicloruta programs: promising interventions to promote physical activity and social capital in Bogotá, Colombia. *American journal of public health, 103*(2), e23–e30. https://doi.org/10.2105/AJPH.2012.301142

[144] Trakadas, P., Simoens, P., Gkonis, P. et al. (2020). An Artificial Intelligence-Based Collaboration Approach in Industrial IoT Manufacturing: Key Concepts, Architectural Extensions and Potential Applications. *Sensors*. 20(19). 5480

[145] https://www.un.org/esa/ffd/ffd3/conference.html

[146] https://www.un.org/sustainabledevelopment

[147] UN (2017) The cost of the couble burden of malnutrition, at https://docs.wfp.org/api/documents/WFP-0000110372/download/#:~:text=The%20economic%20impact%20of%20malnutrition's,%2428.8%20billion%20per%20year%2C%20respectively.

[148] UN (2020) Implementing the Science, Technology, and Innovation (STI) for SDG Roadmaps at the Country Level: Operational Note, at https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/25818Operation_Note_STI_for_SDG_Roadmaps_final_Feb_28_2020.pdf

[149] UN General Assembly (2020) Road Map for digital cooperation: Implementation of the Recommendations of the High-Level Panel on Digital Cooperation Report of the Secretary-General, at https://www.un.org/en/content/digital-cooperation-roadmap/

[150] UN. (2021). Digital Connectivity Essential for Least Developed Countries to Reap Benefits of Fourth Industrial Revolution, Experts Tell Preparory Committee. *United Nations. Meetings Coverage and Press Releases. LDC Prepatory Committee, First Session*. https://www.un.org/press/en/2021/dev3439.doc.htm

[151] UNCTAD (2014) World Investment Report: Investing in the SDGs: An Action Plan

[152] UNCTAD (2016), Declaration of the Least Developed Countries Ministerial Meeting to UNCTAD XIV, at https://unctad.org/system/files/official-document/td505_en.pdf

[153] UNCTAD (2018) Achieving the Sustainable Development Goals in the Least Developed Countries: A Compendium of Policy Options, at https://unctad.org/system/files/official-document/aldc2018d4_en.pdf

[154] UNESCAP (2015) A Conceptual Framework for Science, Technology and Innovation Driven Sustainable Development and the Role of ESCAP, at https://www.google.com/search?q=A+Conceptual+Framework+for+Science%2C+Technology+and+Innovation+Driven+Sustainable+Development+and+the+Role+of+ESCAP&oq=A+Conceptual+Framework+for+Science%2C+Technology+and+Innovation+Driven+Sustainable+Development+and+the+Role+of+ESCAP&aqs=chrome..69i57.876j0j7&sourceid=chrome&ie=UTF-8

[155] UNESCO (2020) Building Back Equal: Girls Back to School Guide, at https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000374094/PDF/374094eng.pdf.multi

[156] UNESCO (2020) Girls' Education: Building Back Equal on the African Continent Together, at https://en.unesco.org/news/girls-education-building-back-equal-african-continent-together

[157] https://www.unido.org/our-focus-building-better-future/digital-transformation-innovation-and-industrial-recovery

[158] UNIDO (2019) A Revolution in the Making? Challenges and Opportunities of Digital Production Technologies for Developing Countries, at https://www.unido.org/api/opentext/documents/download/16423347/unido-file-16423347

[159] UNIDO (2019) Abu Dhabi Declaration, at https://www.unido.org/sites/default/files/files/2019-11/UNIDO_Abu_Dhabi_Declaration.pdf

[160] UNIDO (2019) Boosting the dialogue on the Fourth Industrial Revolution at the 11th Africa Energy Indaba, at https://www.unido.org/news/boosting-dialogue-fourth-industrial-revolution-11th-africa-energy-indaba

[161] UNIDO (2019) Industrial Development Report 2020. Industrializing in the Digital Age

[162] UNIDO (2021) Industrial Production in LDCs and Trade in the COVID Era and Resulting Policy Reactions, at https://www.unido.org/sites/default/files/files/2021-05/Keynote%20-%20LDC%20industrial%20performance%20in%20COVID%20era%20and%20resulting%20policy%20reactions%20%28final%29.pdf

[163] UNCTAD (2018) The Least Developed Countries Report 2018, Overview, Entrepreneurship for Structural Transformation – Beyond Business as Usual, at https://unctad.org/system/files/official-document/ldcr2018overview_en.pdf

[164] UNCTAD. (2021). COVID-19 and Tourism, an update: Assessing the economic consequences, at https://unctad.org/system/files/official-document/ditcinf2021d3_en_0.pdf

[165] UNCTAD. (2021). Declaration of ministers of the least developed countries at the fifteenth session of the United Nations Conference on Trade and Development. *United Nations Conference on Trade and Development.* https://unctad.org/system/files/official-document/td525_en.pdf

[166] UNCTAD (2021) The Least Developed Countries in the Post-COVID World: Learning from 50 Years of Experience, at https://unctad.org/system/files/official-document/ldc2021_en.pdf

[167] https://unfccc.int/process-and-meetings/bodies/constituted-bodies/least-developed-countries-expert-group-leg/ldc-portal/article-4-paragraph-9-of-the-convention

[168] Unmanned Airspace (2018) DHL trials BVLOS medicine delivery flights across Lake Victoria, Tanzania, at https://www.unmannedairspace.info/uncategorized/dhl-trials-bvlos-medicine-delivery-flights-across-lake-victoria-tanzania/

[169] Utoikamanu, F. (2019) Closing the Technology Gap in Least Developed Countries, at https://www.un-ilibrary.org/content/journals/15643913/55/4/10

[170] UNWTO. (2017). Tourism for Sustainable Development in Least Developed Countries, at https://.e-unwto.org/doi/pdf/10.18111/9789284418848

[171] Van Deursen, A., Helsper, E., Eynon, R. & Van Dijk, J. (2017). The compoundness and sequentiality of digital inequality.

[172] Van Wassenaer, L.,Van Hilter, M., et al (2021) Applying blockchain to climate action in agriculture: state of play and outlook, at https://www.fao.org/3/cb3495en/cb3495en.pdf

[173] Wang, M., Wang, B. & Abareshi, A. (2020). Blockchain Technology and Its Role in Enhancing Supply Chain Integration Capability and Reducing Carbon Emisssio: A Conceptual Framework. *Sustainability. 12.* 1-17

[174] Wesely, M. (2017) Economic Empowerment Strategies That are a Win-Win for Women and for Business, at https://womendeliver.org/2017/economic-empowerment-strategies-win-win-women-business/

[175] https://data.worldbank.org/indicator/SE.XPD.TOTL.GD.ZS?locations=XL

[176] https://www.worldbank.org/en/topic/smefinance

[177] World Bank (2008) Science, Technology, and Innovation: Capacity Building for Sustainable Growth and Poverty Reduction, at https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/6418/439520PUB0Box3100nly109780821373804.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[178] World Bank (2010) Innovation Policy: A Guide for Developing Countries, at https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/2460

[179] World Bank Group. (2013).

[180] World Bank. (2020). Digital Skills: Frameworks and Programs. *World Bank.* https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/35080/Digital-Skills-Frameworks-and-Programs.pdf?sequence=1&isAllowed=y

[181] World Bank (2020) Improving Business Environment for Prosperity (IBEP), at https://www.worldbank.org/en/topic/investment-climate/brief/improving-business-environment-for-prosperity

[182] World Bank. (2021). Agriculture and Food: Overview at https://www.worldbank.org/en/topic/agriculture/overview#1

[183] World Economic Forum (2020) Agile Regulation for the Fourth Industrial Revolution: A Toolkit for Regulators, at https://www3.weforum.org/docs/WEF_Agile_Regulation_for_the_Fourth_Industrial_Revolution_2020.pdf

[184] https://www.wri.org/

[185] WTO. (2019). Fourth industrial revolution - the next servicification frontier. *WTO Public Forum 2019 (report by Session Organizer)*. https://www.wto.org/english/forums_e/public_forum19_e/pf19_82_rpt_e.pdf

[186] Zambetti, M. et al. (2020). Enabling servitization by retrofitting legacy equipment for Industry 4.0 applications: benefits and barriers for OEMs. *Procedia Manufacturing*. 48. 1047-1053

[187] Zaugg, D. (2020). How smart sensors are driving Industry 4.0 forward, at https://www.ey.com/en_ch/industrial-products/how-smart-sensors-are-driving-industry-4-0-forward

[188] https://www.zvei.org/en/

ANNEXE I

Liste des PMA

Pays	Reclassement prévu
Afghanistan	
Angola	2024
Bangladesh	2024
Bénin	
Bhoutan	2023
Burkina Faso	
Burundi	
Cambodge	
République centrafricaine	
Tchad	
Comores	
République démocratique du Congo	
Djibouti	
Érythrée	
Éthiopie	
Gambie	
Guinée	
Guinée-Bissau	
Haïti	
Kiribati	
République démocratique populaire lao	

Lesotho	
Libéria	
Madagascar	
Malawi	
Mali	
Mauritanie	
Mozambique	
Myanmar	
Népal	
Niger	
Rwanda	
Sao Tomé-et-Principe	2024
Sénégal	
Sierra Leone	
Îles Salomon	2024
Somalie	
Soudan du Sud	
Soudan	
Timor-Leste	
Togo	
Tuvalu	
Ouganda	
République-Unie de Tanzanie	
Yémen	
Zambie	

LISTE DES FIGURES

Figure 1	PIB réel et PIB réel par habitant dans les PMA	16
Figure 2	Des progrès minimes relatifs à une transformation ont ralenti la progression des PMA vers l'accomplissement des objectifs du Programme d'action d'Istanbul et des ODD	18
Figure 3	Les trois détours du processus de rattrapage	20
Figure 4	Les onze piliers des STI	25
Figure 5	Technologies de l'industrie 4.0	26
Figure 6	Déficit de financement des pays en développement	29
Figure 7	Le bouleversement économique et social provoqué par la COVID-19 et ses conséquences pour les ODD	30
Figure 8	Part moyenne des produits ou services ayant été numérisés en tout ou partie (pourcentage)	31
Figure 9	Intégration des plans nationaux, STI et ODD et des acteurs clés	32
Figure 10	Utilisateurs d'internet dans les PMA pour 100 habitants	34
Figure 11	Taux de pénétration d'internet pour les femmes et les hommes en 2019	35
Figure 12	Exclusion numérique composée et séquentielle	46
Figure 13	Lien entre niveau d'étude et perception du changement climatique	53
Figure 14	Classification ImageNet avec réseaux neuronaux convolutifs profonds	60
Figure 15	Effets sur les marges de profit par secteur : potentiel financier	61
Figure 16	Le paiement mobile en tant que moyen intermédiaire à un écosystème numérique	70

Centre international de Vienne
Wagramerstr. 5, P.O. Box 300
A-1400 Vienne, Autriche

+43 1 26026-0

www.unido.org

unido@unido.org

ONUDI

ORGANISATION DES NATIONS UNIES
POUR LE DÉVELOPPEMENT INDUSTRIEL