

RAPPORT SUR LA TECHNOLOGIE ET L'INNOVATION 2023

Ouvrir des fenêtres d'opportunité
vertes

*Le progrès technologique au service
d'un monde sobre en carbone*

APERÇU GÉNÉRAL

EMBARGO

The contents of this report must not be quoted
or summarized in print, broadcast, electronic
or social media before

16 March 2023 at 12 a.m. GMT, 1 p.m. CET



Nations
Unies

RAPPORT SUR LA TECHNOLOGIE ET L'INNOVATION 2023

Ouvrir des fenêtres d'opportunité
vertes

*Le progrès technologique au service
d'un monde sobre en carbone*

APERÇU GÉNÉRAL



**Nations
Unies**

Genève, 2023

© 2023, Nations Unies

La présente publication est disponible en libre accès sous réserve du respect de la licence Creative Commons créée pour les organisations intergouvernementales, dont les conditions sont énoncées à l'adresse suivante : <http://creativecommons.org/licenses/by/3.0/igo/>.

Les appellations employées dans le document et la présentation des données qui figurent sur les cartes n'impliquent de la part de l'Organisation des Nations Unies aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites.

La photocopie et la reproduction d'extraits sont autorisées à condition que la source soit indiquée précisément.

La présente publication a été revue par un service d'édition externe.

Publication des Nations Unies publiée par la Conférence
des Nations Unies sur le commerce et le développement

UNCTAD/TIR/2022 (Overview)

APERÇU GÉNÉRAL

OUVRIR DES FENÊTRES D'OPPORTUNITÉ VERTES Le progrès technologique au service d'un monde sobri en carbone

1. Les fenêtres d'opportunité vertes

En ce début d'année 2023, le monde est confronté à de graves difficultés sociales et économiques. Alors qu'ils essaient toujours de se remettre de la pandémie de COVID-19, de nombreux pays subissent maintenant les répercussions de la guerre en Ukraine, qui, en plus de causer d'immenses souffrances, exacerbe les tensions géopolitiques et met en péril le commerce mondial, ainsi que la sécurité énergétique et alimentaire.

Les choix les plus difficiles sont ceux que doivent faire les pays en développement, où cette simultanéité de plusieurs crises menace de réduire à néant des progrès accomplis à grand prix sur la voie du développement. Pour éliminer la pauvreté, ces pays doivent diversifier leur économie et la rendre plus productive de manière à créer des emplois plus nombreux et de meilleure qualité, et à accroître ainsi les revenus des ménages. Cependant, l'accélération de leur croissance économique s'accompagnera d'un net accroissement des besoins en énergie, et si cette énergie est produite à partir de combustibles fossiles, des millions de tonnes de carbone seront libérées dans l'atmosphère.

Si la communauté internationale veut pouvoir opérer de manière équitable les transformations sociales, économiques et technologiques qu'appellent les objectifs de développement durable, les pays en développement ne peuvent suivre le modèle historique d'une croissance à forte intensité de carbone.

Dans l'édition 2023 du Rapport sur la technologie et l'innovation, la CNUCED s'intéresse en particulier aux progrès que les pays peuvent faire dans le domaine de l'innovation technologique en ouvrant des « fenêtres d'opportunité vertes ». Elle ne suggère pas que la technologie permettra à elle seule de résoudre tous les problèmes actuels, ni que les nouvelles technologies sont nécessairement bénéfiques, les avantages apportés à un groupe de pays pouvant être des désavantages pour d'autres. En revanche, elle soutient que, guidées par les objectifs de développement durable, l'innovation et les avancées scientifiques et technologiques peuvent favoriser l'édification de sociétés plus durables et plus équitables, en particulier dans la production et la consommation d'énergie.

APERÇU GÉNÉRAL

Le Rapport est articulé autour de la notion d'innovation verte, qui consiste à créer ou à commercialiser des biens et services nouveaux ou améliorés, qui ont une empreinte carbone moindre et ouvrent des fenêtres d'opportunité vertes. Les pays en développement ont aujourd'hui la possibilité de rattraper leur retard et de réduire la pauvreté tout en contribuant à la lutte contre les changements climatiques et à la construction d'un avenir plus durable.

Pour les pays désireux d'arriver au niveau des pays plus avancés sur le plan technologique, la transition verte nécessite plus qu'une simple stratégie d'imitation : elle exige des capacités d'adaptation créative et d'innovation. Les modèles qu'adopteront ces pays seront sans doute très différents de ceux qu'ont suivis les pays développés. La figure ci-dessous présente les quatre grandes composantes de l'innovation verte. Le point de départ est l'expérimentation de nouvelles idées et technologies, et leur adaptation à la situation, aux valeurs et aux priorités nationales (voir la figure 1). Pour concrétiser ces idées, les pays auront besoin d'infrastructures appropriées, mises à disposition sous la forme de biens publics grâce à des interventions directes de l'État, qui pourra par exemple soutenir la création de nouveaux secteurs verts ou adopter de nouvelles réglementations relatives à la pollution de l'air ou de l'eau. L'innovation verte est aussi guidée par divers accords, programmes, règlements et mécanismes mondiaux, en lien avec le climat notamment, comme l'Accord de Paris.

Figure 1

Les étapes de l'ouverture de fenêtres d'opportunité vertes



Source : CNUCED.

2. Développer rapidement les technologies d'avant-garde

L'innovation verte repose sur de nouvelles technologies en mutation rapide, qui s'appuient sur les progrès accomplis dans les domaines de la transition

APERÇU GÉNÉRAL

numérique et de la connectivité. Dans le Rapport, la CNUCED examine 17 de ces « technologies d'avant-garde », de l'intelligence artificielle à l'hydrogène vert en passant par les biocarburants. Elle met en évidence leur potentiel économique et évalue la capacité des pays à les utiliser, à les adopter et à les adapter.

Les technologies d'avant-garde ont connu une croissance fulgurante ces vingt dernières années : le volume du marché était de 1 500 milliards de dollars en 2020 et pourrait atteindre 9 500 milliards de dollars en 2030. L'Internet des objets, qui englobe une vaste gamme d'appareils et gagne une multitude de secteurs, représente environ la moitié de ce marché. Pour l'essentiel, les technologies d'avant-garde sont produites par un petit nombre de pays, principalement par les États-Unis, la Chine et les pays d'Europe occidentale.

À l'instar des précédentes vagues d'automatisation, les technologies d'avant-garde entraînent la disparition d'emplois, mais en créent aussi de nouveaux. Les perspectives actuelles de l'emploi peuvent être particulièrement pessimistes du fait de la capacité de l'intelligence artificielle à imiter de plus en plus fidèlement l'intelligence humaine. Toutefois, les scénarios les plus alarmistes ne tiennent souvent pas compte du fait que toutes les tâches d'un emploi donné ne sont pas automatisées et, surtout, que les technologies d'avant-garde créent de nouveaux produits et de nouvelles tâches, professions et activités dans tous les secteurs de l'économie. L'incidence nette sur le marché du travail dépendra de l'équilibre final entre création et disparition d'emplois.

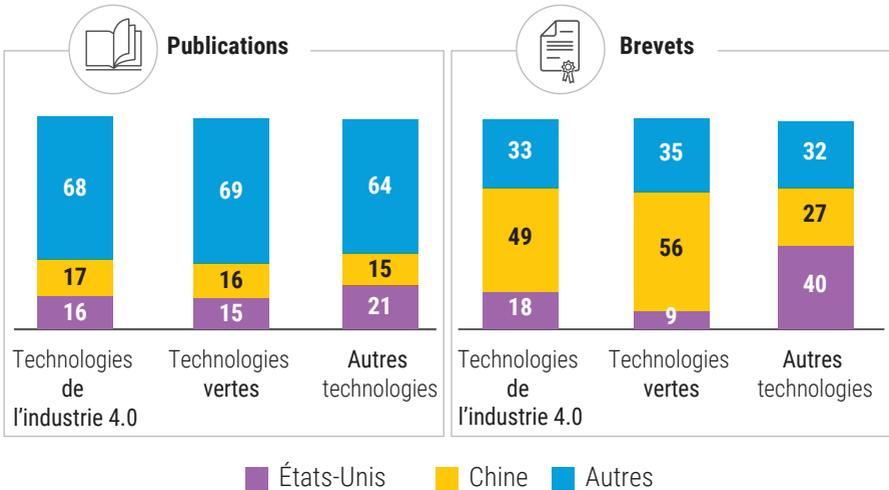
Les connaissances relatives aux technologies d'avant-garde sont concentrées aux États-Unis et en Chine, deux pays qui, ensemble, représentent 30 % des publications et près de 70 % des brevets (voir la figure 2). D'autres pays, notamment l'Allemagne, la France, l'Inde, le Japon, la République de Corée et le Royaume-Uni, rivalisent sur des segments particuliers.

Toutes ces technologies sont à l'avant-garde du progrès, mais certaines sont plus matures que d'autres, comme en témoigne l'historique des brevets et des publications. Si l'on prend pour points de référence l'année du dépôt des premiers brevets et la période au cours de laquelle ces premiers brevets ont ensuite été cités, la technologie la plus mature est l'intelligence artificielle. La plupart des brevets relatifs à cette technologie ont été déposés en 2014 et citent des brevets remontant en moyenne à 2005, soit une

APERÇU GÉNÉRAL

Figure 2

Répartition des publications et des brevets relatifs aux technologies d'avant-garde, avec ventilation par type de technologie (en pourcentage)



Source : Calculs de la CNUCED, d'après des données issues des plateformes Scopus et PatSeer.

différence d'environ neuf années. Cela ne va pas forcément de soi, mais les brevets déposés aujourd'hui sur des technologies d'intelligence artificielle, en lien par exemple avec les véhicules autonomes ou le métavers, sont technologiquement proches des brevets relatifs aux moteurs de recherche et aux cartes numériques, et nombre des principes sous-jacents, brevetés en 2005, sont toujours valables.

À l'inverse, l'Internet des objets est une technologie relativement immature puisque, en moyenne, les demandes de brevets datent de 2017 et les brevets cités de 2016. Autrement dit, les grands principes qui sous-tendent l'innovation dans le domaine de l'Internet des objets sont actualisés presque tous les ans, ce qui signifie que cette technologie continue d'évoluer rapidement.

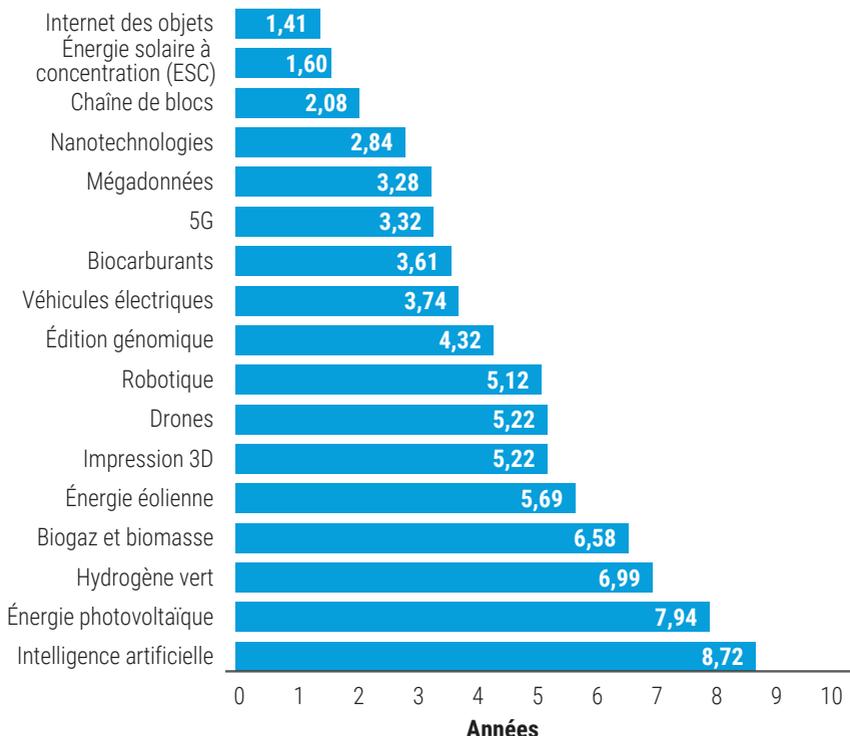
Les pays en développement soucieux de rattraper leur retard pourraient trouver plus simple et plus abordable de miser sur les technologies les plus matures, qui demandent moins de recherche-développement. La biomasse et le photovoltaïque, par exemple, reposent sur des technologies

APERÇU GÉNÉRAL

Figure 3

Maturité des brevets relatifs aux technologies d'avant-garde

Technologie d'avant-garde



Source : CNUCED.

Note : Pour chaque technologie, le nombre donné correspond à la maturité des brevets, définie comme la différence entre la moyenne pondérée des années de dépôt des demandes de brevets et la moyenne pondérée des années d'enregistrement des 20 brevets les plus cités entre 2000 et 2021.

éprouvées, que les retardataires pourront adopter et utiliser en important les machines nécessaires. Ainsi, pour développer son secteur photovoltaïque, la Chine a commencé par importer des outils de production et a bénéficié d'économies d'échelle. Toutefois, de nouveaux arrivants pourraient avoir du mal à se faire une place sur ces marchés, car les opérateurs présents de longue date ont déjà mis au point des procédés de production solides et efficaces, et peuvent exporter à des prix plus concurrentiels.

3. Poser les fondements

Pour que les pays en développement puissent exploiter le potentiel économique des nouvelles technologies, leurs entreprises doivent être dotées des capacités requises. Ces entreprises ont besoin non seulement de compétences scientifiques et techniques, mais également de politiques, de réglementations et d'infrastructures adaptées. Pour évaluer la capacité des pays à utiliser, à adopter et à adapter les technologies d'avant-garde, la CNUCED présente dans le Rapport la version 2023 de son indice de l'état de préparation, établi à partir d'indicateurs relatifs aux technologies de l'information et de la communication (TIC), aux compétences, à la recherche-développement, aux capacités industrielles et aux moyens de financement. Sur la base de cet indice, elle a dressé un classement de 166 pays, qui est dominé par des pays à revenu élevé, notamment par les États-Unis, la Suède, Singapour, la Suisse et les Pays-Bas. Dans le deuxième quart du classement, on trouve des pays émergents, dont l'Afrique du Sud (56^e place), le Brésil (40^e place), la Chine (35^e place), la Fédération de Russie (31^e place) et l'Inde (46^e place). Le rang de la Chine, inférieur à celui auquel on aurait pu s'attendre au vu des capacités d'innovation et de production du pays dans les secteurs des technologies d'avant-garde, s'explique par les disparités d'accès à Internet et de débit entre zones urbaines et rurales. Plus bas dans le classement, on retrouve les pays d'Amérique latine, des Caraïbes et d'Afrique subsaharienne, qui sont les moins prêts à utiliser, à adopter et à adapter les technologies d'avant-garde, et courent le risque de passer à côté des fenêtres d'opportunité actuelles.

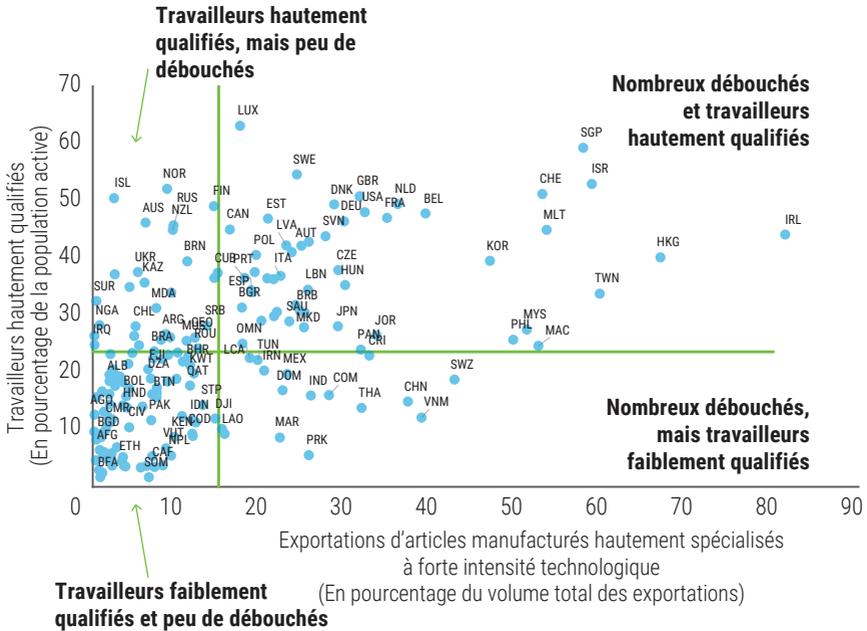
Le Rapport présente aussi des données sur chacune des composantes de l'indice, mettant ainsi en évidence les points à améliorer. Dans l'ensemble, les pays en développement sont mal classés au regard des indicateurs relatifs à la connectivité et aux compétences dans le domaine des TIC. Les pays les moins avancés (PMA), les pays en développement sans littoral (PDSL) et les petits États insulaires en développement (PEID) sont sous la 100^e place pour tous les indicateurs et affichent des résultats particulièrement décevants en ce qui concerne les infrastructures des TIC et la recherche-développement.

Les pays les mieux placés pour passer à une production intelligente sont ceux dont les travailleurs sont les plus qualifiés et le secteur manufacturier est le plus solide. La figure ci-dessous illustre l'équilibre entre le niveau de qualification des travailleurs et les débouchés, qui ont pour indicateurs respectifs la proportion de travailleurs hautement qualifiés (en pourcentage

APERÇU GÉNÉRAL

de la population active) et la part des exportations d'articles manufacturés hautement spécialisés à forte intensité technologique (en pourcentage du volume total des exportations).

Figure 4
Disposition à tirer parti de la quatrième révolution industrielle



Source : CNUCED (2022), « Industry 4.0 for Inclusive Development » (publication des Nations Unies, numéro de vente E.22.II.D.8, New York et Genève).

Note : Les lignes continues représentent les moyennes mondiales non pondérées pour les deux indicateurs retenus. Les codes utilisés pour les noms des pays sont ceux de l'Organisation internationale de normalisation.

Fenêtres d'opportunité vertes : saisir les occasions lorsqu'elles se présentent

Pour les pays en développement, l'évolution rapide des technologies ouvre des fenêtres d'opportunité vertes sur les marchés de certains produits liés aux énergies renouvelables. Ces pays devraient agir dès maintenant, si possible, faute de quoi d'autres prendront sans doute le contrôle des marchés. Ils risqueraient alors de rester prisonniers de leur dépendance à l'égard des combustibles fossiles, abandonnant les marchés aux seuls investisseurs étrangers. Beaucoup repose sur le positionnement préalable des pays, ainsi que sur leur capacité et

APERÇU GÉNÉRAL

leur disposition à saisir les occasions lorsqu'elles se présentent en prenant les mesures nécessaires.

Dans le domaine des technologies liées aux énergies renouvelables, il y a de nettes différences, d'un secteur et d'un pays à l'autre, entre les trajectoires de mise à niveau suivies. Le tableau ci-dessous présente quatre scénarios dans lesquels des fenêtres d'opportunité ont été ouvertes ou pourront l'être prochainement, en donnant pour chacun des exemples de pays et de fenêtres d'opportunité.

Tableau 1

Fenêtres d'opportunité : quatre scénarios

Mesures prises Niveau de préparation	Fortes	Faibles
Élevé	<p>Scénario 1 : Fenêtres ouvertes</p> <p>Photovoltaïque, biomasse et ESC – Chine</p> <p>Bioéthanol – Brésil</p> <p>Hydrogène – Chili (potentiellement)</p>	<p>Scénario 2 : Fenêtres en passe d'être ouvertes</p> <p>Photovoltaïque – Inde</p> <p>Biogaz – Bangladesh</p> <p>ESC – Maroc</p> <p>Éolien – Chine</p>
Faible	<p>Scénario 3 : Fenêtres à portée</p> <p>Biomasse – Thaïlande et Viet Nam</p> <p>Hydrogène – Namibie</p>	<p>Scénario 4 : Fenêtres lointaines</p> <p>Éolien – Kenya</p> <p>Bioénergie – Mexique et Pakistan</p>

Source : CNUCED.

Le meilleur scénario est celui dans lequel un pays est préalablement bien positionné pour exploiter une fenêtre d'opportunité et prend, en plus, des mesures ambitieuses lorsque celle-ci s'ouvre. Le Chili, par exemple, est bien placé pour miser sur l'hydrogène vert et peut adopter des mesures fortes pour favoriser le développement de cette technologie. Le Brésil, pour sa part, est en très bonne position sur le marché des biocarburants. Il a une longue tradition de culture de la canne à sucre et, à partir des années 1970, il a commencé à investir massivement dans les technologies nécessaires à

APERÇU GÉNÉRAL

la fabrication de biocarburants tout en créant une demande et en établissant un cadre favorable. Il est ainsi parvenu à combler son retard et à devenir un leader mondial du développement de ces technologies, de la consommation d'éthanol et de l'exportation de biocarburants.

Le fait qu'un pays ne soit a priori pas bien placé pour tirer parti d'une fenêtre d'opportunité ne signifie toutefois pas que celle-ci restera fermée. Beaucoup dépend des dispositions prises par les pouvoirs publics à différents niveaux et de l'implication de divers acteurs publics et privés. Initialement, la Thaïlande n'était pas bien positionnée pour se faire une place sur le marché des biocarburants, mais le Gouvernement a pris des mesures ambitieuses pour rectifier le tir.

Les pays doivent surmonter les obstacles initiaux à leur entrée sur un marché s'ils veulent bénéficier des retombées économiques que peut offrir ce marché. Bien que les perspectives varient fortement d'une énergie renouvelable à l'autre, deux grandes étapes sont communes à toutes les transitions vertes. La première consiste à repérer les fenêtres d'opportunité à ouvrir en fonction des ressources naturelles disponibles (régime des vents favorable, par exemple), puis à adopter des politiques propres à stimuler la demande et à renforcer la capacité des acteurs nationaux à utiliser ou à développer les technologies nécessaires. La seconde consiste à évaluer les mesures à prendre pour pérenniser les activités lancées. Il est également probable que des boucles de rétroaction se créent et nécessitent des ajustements réguliers.

Vers une production plus complexe et plus durable

La meilleure stratégie pour les pays en développement est de passer à des produits plus complexes¹, à plus forte valeur ajoutée et à plus faible empreinte carbone.

Dans la plupart des pays en développement à faible revenu, la diversification de l'économie suppose d'imiter l'industrie de pays plus avancés et de progresser petit à petit en faisant fond sur les secteurs existants. Elle dépend donc de la trajectoire de développement suivie jusque-là. Si un pays a déjà les moyens de fabriquer des produits de moyenne ou haute technicité, il se trouve dans une position favorable et a le choix entre plusieurs directions. En revanche, si son économie repose en grande partie sur des produits primaires, il a moins d'options. Dans les pays où il faut apprivoiser des technologies de base ou

¹ En principe, des produits plus complexes sont aussi des produits à plus forte intensité technologique.

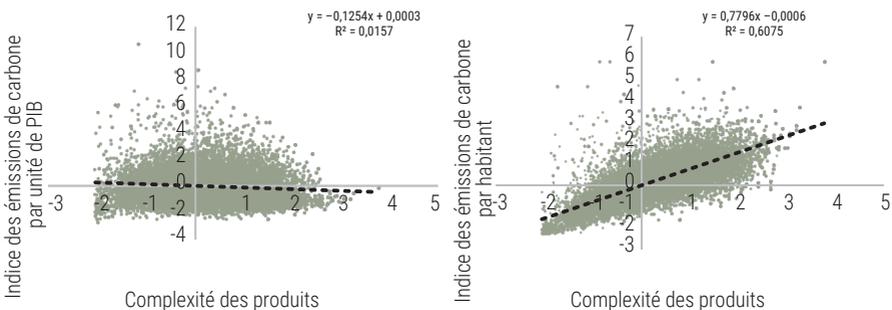
APERÇU GÉNÉRAL

en transférer depuis l'étranger, les pouvoirs publics devront probablement intervenir plus activement pour promouvoir l'innovation. Quelle que soit la voie qu'ils choisissent pour opérer une transition verte, les États des pays en développement à faible revenu ou à revenu intermédiaire inférieur doivent agir rapidement et résolument, faute de quoi ils perdront plus de terrain encore.

Généralement, lorsqu'un pays passe d'une économie agricole à une économie industrielle et s'ouvre à des secteurs de moyenne ou haute technicité, la complexité des produits va croissant. La production n'en est toutefois pas nécessairement plus verte. Certains produits peu complexes ont une faible empreinte carbone (textiles, produits végétaux, denrées alimentaires et articles chaussants, notamment). À l'inverse, des produits plus complexes peuvent avoir une forte empreinte carbone, comme c'est le cas des produits chimiques et connexes, des métaux ou des produits minéraux. Dans tous les cas, beaucoup dépend de la gamme des articles que fabrique un pays, car dans chaque secteur, les produits s'étalent sur un large spectre d'émissions, certains étant sous la moyenne mondiale et d'autres au-dessus.

Pour aider les pays à choisir des trajectoires plus vertes, la CNUCED a établi des indices de la complexité et de l'empreinte carbone de 43 000 produits exportés sur les marchés internationaux. Les émissions de carbone par unité de PIB peuvent diminuer à mesure que les produits deviennent plus complexes et élaborés, mais si plus de produits sont fabriqués pour plus de personnes, les émissions totales augmenteront (voir la figure 5).

Figure 5
Corrélation entre l'empreinte carbone des produits et leur complexité, 2018



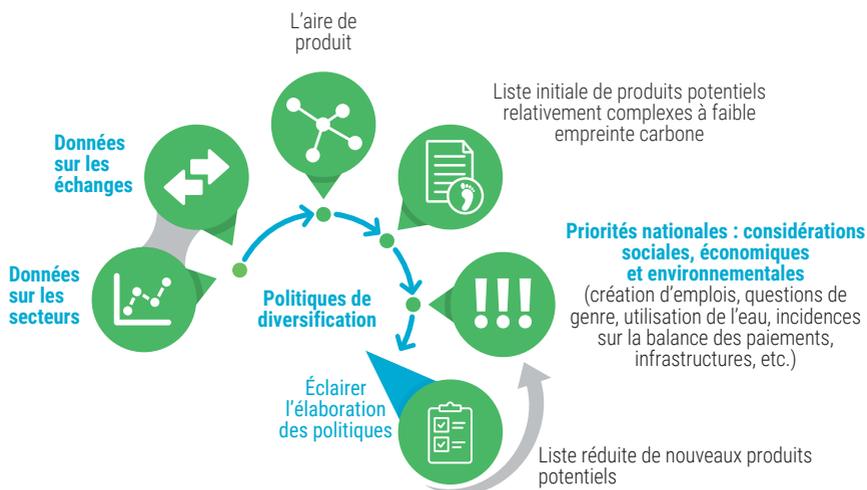
Source : CNUCED.

APERÇU GÉNÉRAL

Pour s'orienter vers des produits plus complexes et plus verts, les pays doivent renforcer leurs capacités d'analyse des nouveaux secteurs (voir la figure 6). Ils doivent notamment dresser l'inventaire de leurs capacités technologiques et productives ainsi que des ressources naturelles disponibles, comme le vent ou les déchets agricoles. Pour ce faire, ils peuvent s'appuyer sur des outils internationaux tels que l'édition 2022 du catalogue des possibilités de diversification de la CNUCED (*Catalogue of Diversification Opportunities 2022*). Ils doivent aussi réfléchir à la place qu'ils pourraient occuper dans les chaînes de valeur mondiales. Par ailleurs, lorsqu'une fenêtre d'opportunité s'ouvre, les décideurs doivent être prêts à ajuster les cadres institutionnels.

Figure 6

Définir une stratégie de diversification réaliste



Source : CNUCED.

Note : L'aire de produit représente les produits échangés sur les marchés internationaux sous la forme d'un réseau en fonction du degré de similitude entre les technologies nécessaires à leur fabrication.

L'intégration dans les chaînes de valeur mondiales : une transition à la fois verte et numérique

Pour la plupart des pays, la capacité à passer à des produits plus complexes et plus verts dépendra du commerce, et plus précisément de la participation aux chaînes de valeur mondiales. Une fois intégrés dans ces chaînes, les pays peuvent diversifier leurs activités en produisant et en exportant des

APERÇU GÉNÉRAL

pièces et éléments de produits finaux ou en améliorant leurs produits existants pour leur donner une plus grande valeur ajoutée.

Le verdissement des chaînes de valeur mondiales des secteurs manufacturiers est favorisé par : 1) l'adoption de législations nationales sur l'environnement et d'accords commerciaux dans lesquels figurent des dispositions relatives à l'environnement ; 2) l'évolution de la demande et des comportements des consommateurs ; 3) la mise au point de nouvelles technologies plus efficaces en réponse aux exigences de réduction de l'empreinte carbone des produits. Ces facteurs peuvent ouvrir des fenêtres d'opportunité vertes dans les pays nouvellement intégrés aux chaînes de valeur mondiales, mais encore faut-il pouvoir les exploiter, d'autant qu'en cas d'échec, les entreprises concernées pourraient se trouver dans une situation pire encore qu'auparavant.

Les chaînes de valeur mondiales peuvent devenir plus vertes de deux façons. La première consiste à fabriquer les outils nécessaires à une production verte, comme les panneaux photovoltaïques ou les turbines éoliennes. La seconde consiste à verdifier les secteurs manufacturiers traditionnels, comme ceux de l'alimentation, des vêtements et des textiles, du cuir et des chaussures ou de l'ameublement.

L'adoption de technologies numériques d'avant-garde, qui rendent la production « intelligente » (technologies de la quatrième révolution industrielle), peut également contribuer au verdissement des chaînes de valeur traditionnelles. Par exemple, les données recueillies au moyen de capteurs connectés ou de systèmes de suivi par GPS peuvent servir à optimiser les opérations logistiques et ainsi à réduire sensiblement l'empreinte carbone des activités de production.

Jusqu'à présent, la diffusion des technologies numériques a été lente dans la plupart des pays en développement. Les entreprises manufacturières les plus susceptibles d'utiliser les technologies de la quatrième révolution industrielle se trouvent dans les pays avancés. Les pays dont la main-d'œuvre est pour l'essentiel peu qualifiée auront plus de mal à tirer parti de ces technologies. Il y a aussi des disparités entre entreprises. Dans beaucoup de pays en développement, seule une minorité de grandes entreprises adopte des technologies numériques ; la majorité utilise toujours des technologies analogiques. Pour promouvoir une transition à la fois verte et numérique, les pays retardataires devront améliorer leurs compétences numériques tout en se dotant des infrastructures et institutions requises, en renforçant leurs capacités d'innovation et en surmontant les obstacles financiers.

APERÇU GÉNÉRAL

Dans le contexte des chaînes de valeur, les États peuvent envisager l'adoption de politiques ciblées, qui viseraient par exemple à aider financièrement les petites et moyennes entreprises à moderniser leur appareil de production, notamment à acheter de nouvelles machines. Ils peuvent aussi créer des centres de formation ou d'expérimentation technologique, ainsi que des instituts sectoriels.

Dans le cadre de la modernisation de leur appareil de production, les entreprises et les pays devraient attacher une grande importance aux considérations sociales et environnementales. Sur le plan social, il s'agit d'améliorer les droits des travailleurs et leurs conditions d'emploi. Sur le plan environnemental, il faut réduire l'empreinte écologique des entreprises, c'est-à-dire leur utilisation de ressources naturelles, leurs émissions de gaz à effet de serre et l'incidence de leurs activités sur la biodiversité. De tels efforts sont de plus en plus demandés par les consommateurs, qui veulent des produits plus éthiques, ainsi que par les pouvoirs publics et d'autres acteurs, qui imposent aujourd'hui des normes sociales et environnementales plus strictes.

La modernisation des chaînes de valeur peut reposer sur des normes privées de durabilité, qui sont le plus souvent le fruit de la collaboration entre des ONG et des groupes sectoriels ou des groupes multipartites. En 2020, on comptait 150 de ces normes dans le secteur agricole, et environ 30 dans les secteurs minier et manufacturier.

4. Fenêtres d'opportunité vertes : fixer les priorités

Pour ouvrir des fenêtres d'opportunité vertes, les États doivent évaluer leur état de préparation, puis consolider les systèmes d'innovation des différents secteurs, principalement au moyen de « politiques industrielles vertes », qui consistent pour l'essentiel à mobiliser les acteurs et ressources nécessaires, et à orienter l'enrichissement des connaissances, souvent dans un contexte de grande incertitude sur les plans technologique, économique et politique.

Dans le Rapport, la CNUCED définit un ensemble de priorités que pourraient se fixer les pays retardataires, par exemple améliorer leurs compétences numériques tout en se dotant des infrastructures et institutions requises, en renforçant leurs capacités d'innovation et en surmontant les obstacles financiers. Ces objectifs appellent une collaboration entre le secteur privé et les autres parties prenantes.

APERÇU GÉNÉRAL

Un organisme public chef de file devrait mobiliser les ressources et les acteurs nécessaires pour évaluer les capacités nationales dans les domaines en lien avec la nouvelle technologie retenue, ainsi que les forces des administrations publiques concernées, surtout en ce qui concerne la réglementation, l'élargissement des dispositifs de soutien et la prestation des services publics requis. De manière générale, les politiques devraient obéir à des objectifs précis : il ne s'agit pas seulement de créer des conditions de concurrence équitables, il faut aussi remédier aux défaillances des marchés et mettre en place de vastes programmes de cocréation et d'orientation des marchés.

Dans les secteurs où les technologies sont plus matures, comme l'éolien ou le photovoltaïque, il pourrait être difficile pour de nouveaux arrivants de produire des composants clefs. En revanche, il peut exister des fenêtres d'opportunité plus en aval des chaînes de valeur, au stade du déploiement des technologies (élaboration de projets, ingénierie, marchés publics, construction, etc.).

Les États doivent évaluer, pour divers maillons des chaînes, où et comment les procédés de production et d'innovation peuvent être améliorés et modifiés. Pour ce faire, ils peuvent tirer parti des examens de la politique de la science, de la technologie et de l'innovation de la CNUCED, qui portent sur les activités des autorités nationales et locales, des entreprises privées, des universités, des instituts de recherche, des institutions financières et des organisations de la société civile.

Si les options diffèrent d'un pays et d'une entreprise à l'autre, certaines priorités sont valables quelle que soit la situation.

Définir le cap

Aligner les politiques environnementales et industrielles

Pour atténuer les changements climatiques, favoriser la production et la consommation d'une énergie renouvelable, électrifier les zones rurales et accroître la sécurité énergétique, les États doivent mettre en place des programmes porteurs de changement. Les politiques énergétiques, environnementales et industrielles, qui auraient autrefois pu être élaborées indépendamment les unes des autres, doivent aujourd'hui faire l'objet de processus de cocréation. La cocréation suppose une approche pangouvernementale, qui associe les ministères de l'éducation, de l'industrie et du commerce, le but étant de renforcer les capacités de conception et d'ingénierie, et de préparer l'économie et les entreprises aux changements à venir.

APERÇU GÉNÉRAL

Investir dans des secteurs plus complexes et plus verts

Les pouvoirs publics, le secteur privé et les autres parties prenantes devraient créer les capacités et les institutions nécessaires pour repérer de manière continue et stratégique, à des fins de diversification, de nouvelles technologies et de nouveaux secteurs plus complexes et plus verts. Les secteurs prioritaires devraient être soutenus au moyen de mesures de promotion de la diversification verticale (pôles d'entreprises, initiatives axées sur la spécialisation intelligente, projets et zones pilotes, solutions de financement mixte, etc.).

L'État et le secteur privé devraient aussi élargir les aides financières au développement et à la commercialisation de technologies vertes. Ils peuvent notamment créer des fonds d'investissement dans les technologies vertes, offrir une assistance technique dans les domaines de l'innovation et de la technologie, et proposer des services de conseil. Pour inciter le secteur privé à investir, l'État et les organismes donateurs devraient jouer le rôle de premiers investisseurs. Des investissements étrangers directs peuvent venir appuyer ces efforts.

Accroître la demande des consommateurs

L'État peut mettre en place des mesures d'incitation et des infrastructures propres à faire évoluer la demande des consommateurs pour promouvoir le recyclage et l'économie circulaire. Il peut en outre adopter des politiques d'achat vertes pour créer un effet d'entraînement sur l'ensemble de l'économie.

Renforcer les capacités productives et les capacités d'innovation dans le domaine des technologies vertes

Investir dans la recherche-développement

La mise au point de technologies vertes encore embryonnaires nécessite généralement des investissements massifs dans la recherche-développement. L'État peut proposer des subventions pour approfondir la recherche, en collaboration avec les parties prenantes du secteur concerné et les universités, nationales comme étrangères. Des investissements publics dans la recherche-développement sont également nécessaires à l'amélioration des procédés et à l'élaboration de technologies complémentaires. Quand les technologies évoluent rapidement, comme c'est le cas dans le secteur éolien par exemple, ces investissements doivent être pérennes. Aux premiers stades de la commercialisation d'une technologie, lorsque le marché intérieur n'est pas encore assez important

APERÇU GÉNÉRAL

pour permettre l'émergence d'un secteur concurrentiel, l'État peut lancer des projets expérimentaux.

Sensibiliser la population aux technologies vertes

L'État, le secteur privé et les autres parties prenantes devraient sensibiliser davantage la population au potentiel des technologies vertes. L'éducation devrait commencer dans les établissements scolaires, et des campagnes devraient être menées pour informer le secteur privé et les consommateurs des avantages de ces technologies et de leur capacité à réduire les émissions de carbone. Des activités de formation technique et d'enrichissement des compétences devraient être organisées dans les entreprises du secteur manufacturier pour les préparer au passage à des technologies vertes.

L'existence d'une société civile organisée contribue également à sensibiliser le public à l'intérêt des technologies vertes. Les organisations de la société civile peuvent faciliter le transfert de connaissances aux exploitants agricoles et aux petites entreprises, et mettre en place des activités de renforcement des capacités à leur intention. Elles peuvent aussi mener des projets pilotes, qui pourront ensuite être transposés à plus grande échelle par les pouvoirs publics. Les organisations de la société civile et les universités peuvent jouer le rôle d'incubateurs ou de pépinières pour de jeunes entrepreneurs désireux de se lancer dans le secteur des technologies agricoles vertes.

Développer les infrastructures et les compétences numériques

À mesure que les technologies vertes se démocratisent, tous les pays vont avoir besoin d'infrastructures numériques plus solides, surtout pour assurer l'accès à un Internet de qualité à haut débit. Il faudra donc des investissements publics et privés dans les infrastructures des TIC, ainsi que des réglementations de nature à promouvoir la concurrence dans le secteur des télécommunications. L'État devrait aussi combler les écarts de connectivité entre les petites et les grandes entreprises, et entre les zones urbaines et rurales. Certaines technologies, comme les drones, pourraient nécessiter l'adoption de réglementations particulières.

Les pays ont besoin de compétences pour adopter des technologies existantes, en faire un usage ordinaire, les adapter et, enfin, en créer de nouvelles. Il est particulièrement important que les pays en développement soient capables d'adapter et de modifier les technologies, qu'ils utiliseront vraisemblablement dans des circonstances différentes de celles dans lesquelles elles ont été mises au point.

APERÇU GÉNÉRAL

L'État devrait aider les entreprises, y compris les petites et moyennes entreprises, à améliorer leurs compétences numériques dans des domaines tels que les études de marché, la mise au point de produits, l'approvisionnement, la production, la vente et le service après-vente. Une attention particulière devrait être prêtée aux femmes qui travaillent dans de petites entreprises et des microentreprises informelles du secteur artisanal, notamment aux entrepreneuses. Les pays doivent aussi lutter contre l'exode des cerveaux, retenir les talents et attirer des expatriés qualifiés.

5. La collaboration internationale au service d'une production plus durable

Dans les pays en développement, l'ouverture de fenêtres d'opportunité vertes est peu susceptible d'être la conséquence naturelle de la recherche d'efficacité et de profit des entreprises. Elle doit être le résultat d'une action délibérée des pouvoirs publics.

Les pays les moins avancés sur le plan technologique ne peuvent pas tirer parti des fenêtres d'opportunité vertes sans le soutien de la communauté internationale et sans aide publique au développement. Ce soutien devrait leur être apporté dans le cadre de partenariats équitables, qui visent à renforcer leurs capacités d'innovation et à mobiliser les technologies nécessaires. La collaboration en matière d'innovation permet non seulement de transférer des biens d'équipement, mais aussi de doter les travailleurs des compétences grâce auxquelles ils pourront faire fonctionner et entretenir l'équipement (*know-how*), et comprendre pourquoi il fonctionne (*know-why*). Généralement, les technologies vertes nécessitent plus que les autres d'être adaptées aux conditions locales.

Par conséquent, l'adoption de ces technologies par les pays en développement doit s'inscrire dans de vastes stratégies de développement, qui permettent de gérer de multiples tensions et prévoient des partenariats axés sur la promotion de l'accès aux biens publics.

Le commerce international comme vecteur de coopération

Compte tenu de l'ampleur du commerce international des produits liés aux technologies vertes, les conditions dans lesquelles ont lieu les échanges seront déterminantes. Les règles commerciales devraient, par exemple, permettre aux pays en développement de protéger leurs industries vertes naissantes au moyen de droits de douane, de subventions et de politiques

APERÇU GÉNÉRAL

d'attribution préférentielle de marchés publics, de sorte que les acteurs de ces industries parviennent non seulement à satisfaire la demande locale, mais aussi à réaliser des économies d'échelle pour rendre leurs exportations plus compétitives. Des prescriptions relatives à la teneur en éléments locaux devraient également être définies. Leur mise en œuvre doit toutefois être judicieusement organisée et mûrement réfléchie afin d'éviter les dysfonctionnements qui ont caractérisé les politiques industrielles de la plupart des pays en développement par le passé.

Pour aider les pays en développement, l'Organisation mondiale du commerce (OMC) pourrait revoir ses règles commerciales de manière à les rendre plus compatibles avec les dispositions de l'Accord de Paris. Rien n'empêche toutefois les pays membres de prendre des mesures dans le cadre des règles actuelles de l'OMC. Les pays disposant d'un vaste marché intérieur peuvent par exemple subventionner les industries naissantes de fabrication de composants destinés à la production intérieure de produits photovoltaïques et éoliens. Ils pourront ainsi commencer à remplacer des articles importés par des articles produits localement, et pourront aussi accroître leurs capacités d'exportation en améliorant les mécanismes de facilitation du commerce et en garantissant des taux de change stables et compétitifs, qui auront des effets analogues à ceux de subventions à l'exportation.

La communauté internationale devrait proposer de nouveaux mécanismes commerciaux, en faisant preuve d'innovation et d'audace, pour promouvoir le renforcement des capacités des pays en développement en matière d'innovation et de technologie, l'objectif étant de rendre leur production plus verte et plus efficace. Les pays développés peuvent passer par l'aide au développement pour donner aux pays en développement les moyens d'imiter leurs procédés de production. Du côté de la demande, ils devraient ouvrir leurs marchés à certains produits de pays retardataires. Toutefois, pour sélectionner les produits et pays auxquels une telle mesure devrait bénéficier, il faudrait probablement mettre sur pied une nouvelle structure institutionnelle. Une idée pourrait être de lancer, à titre expérimental, un programme international de garantie d'achat d'articles verts marchands, tels que des produits, pièces et éléments nécessaires à la production d'énergie renouvelable.

La réforme des droits de propriété intellectuelle

Lorsque les actuels pays développés se sont mis à fabriquer de nouveaux produits et à rattraper leur retard sur la Grande-Bretagne après la révolution industrielle, ou lorsque quelques pays d'Asie ont commencé à moderniser

APERÇU GÉNÉRAL

leurs capacités de production et d'innovation, ils ont souvent copié les procédés de production existants, avec ou sans permission. Aujourd'hui, le régime international des droits de propriété intellectuelle étant plus strict, il est plus difficile pour de nouveaux producteurs d'entrer sur un marché. Ce régime devrait être réformé pour que les pouvoirs publics des pays en développement puissent organiser leurs systèmes de manière à soutenir l'action climatique, en tenant compte des besoins et du niveau de développement de leurs différents secteurs. Les fabricants des pays dont l'économie est peu diversifiée et à faible intensité technologique devraient être autorisés à imiter la production de pays technologiquement plus avancés.

La crise de la COVID-19 a mis en évidence l'importance du principe selon lequel l'impératif du développement durable doit primer les objectifs commerciaux. En 2022, l'OMC a autorisé certains pays membres à produire et à fournir des vaccins sans le consentement des détenteurs des brevets jusqu'en 2027 dans la mesure nécessaire pour lutter contre la pandémie. De la même manière, les technologies respectueuses de l'environnement devraient bénéficier de flexibilités au titre de l'Accord sur les aspects des droits de propriété intellectuelle qui touchent au commerce (ADPIC), de sorte que le régime commercial soit plus compatible avec les accords relatifs aux changements climatiques.

Les partenaires du développement des technologies vertes

Des mesures devraient être prises à l'échelle mondiale pour accélérer la mise au point et le déploiement des technologies vertes selon la philosophie des contributions communes aux biens communs. Une initiative pionnière, à cet égard, est la création du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). L'Accord de Paris, adopté en 2015, et les accords conclus autour des objectifs de développement durable vont également dans ce sens. Cela dit, des mécanismes de gouvernance devraient être mis en place pour éviter l'apparition d'un fossé Nord-Sud dans la gestion des connaissances et garantir la prise en considération des vues et des priorités des pays en développement.

Il existe aussi, en particulier dans les disciplines des sciences naturelles, des exemples concluants de travaux de recherche collectifs dont les résultats appartiennent à tous les pays participants, comme ceux de l'Organisation européenne pour la recherche nucléaire (CERN), du projet ITER ou du projet Square Kilometre Array (SKAO). Des projets analogues pourraient être lancés dans le domaine de l'innovation verte et donner lieu à une

APERÇU GÉNÉRAL

coopération internationale dans le cadre de laquelle les vues et priorités des pays en développement seraient équitablement prises en compte.

Une innovation multilatérale et ouverte

La plupart des initiatives en lien avec la science, la technologie et l'innovation sont nationales et reflètent les priorités des pays développés. La communauté internationale peut corriger ce déséquilibre en réorientant la recherche au niveau multinational. Les travaux de recherche multinationaux devraient être fondés sur le principe de l'innovation ouverte, c'est-à-dire que tous les résultats devraient être accessibles aux communautés de savoir et aux experts internationaux. L'Organisation du Système CGIAR peut constituer un modèle utile à cet égard.

Les travaux de recherche multilatéraux peuvent porter sur l'ensemble d'une chaîne de valeur ou sur certains maillons seulement. Les instituts de recherche pourraient, par exemple, amener des produits ou des procédés à maturité technologique, puis s'associer à des entreprises privées pour en assurer le déploiement rapide, mais ils pourraient aussi n'amener des concepts qu'au stade de la recherche en laboratoire ou des premiers projets expérimentaux.

L'évaluation des technologies

La plupart des technologies peuvent avoir des effets aussi bien positifs que négatifs, en fonction du contexte local et de leur utilisation. Les pays doivent pouvoir évaluer les avantages et les risques de chaque technologie à l'aune de leurs besoins, priorités et préoccupations. Jusqu'à présent, les technologies ont généralement été évaluées du point de vue des pays développés ou émergents. La CNUCED mène actuellement des projets pilotes avec trois pays africains pour les aider à renforcer leur capacité d'évaluation des technologies. Le but est toutefois de créer un système plus général et multilatéral d'évaluation des nouvelles technologies, comme l'intelligence artificielle ou l'édition génomique, compte tenu des avantages et des risques que présentent ces technologies pour différents types de pays. Une autre idée pourrait être de trouver des moyens d'aider systématiquement les pays en développement à utiliser les nouvelles technologies.

La coopération régionale et la coopération Sud-Sud dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation

De plus en plus, les technologies destinées à lutter contre la crise climatique devraient être mises au point au niveau transnational, voire mondial.

APERÇU GÉNÉRAL

Cependant, la coopération a jusqu'ici été limitée, même sur des problèmes souvent communs aux pays d'une même région. Les chercheurs et les investisseurs des pays pauvres sont peu enclins à coopérer avec leurs pairs régionaux et préfèrent généralement participer à des projets avec des pays développés et émergents, qui peuvent leur donner accès à des travaux de recherche de pointe, à des laboratoires ultramodernes et à une très grande puissance de calcul. De surcroît, les petits pays vulnérables ont un marché intérieur de taille restreinte et ont donc du mal à attirer des investissements locaux ou internationaux dans la production d'articles liés aux technologies vertes. Les pays en développement plus avancés technologiquement devraient redoubler d'efforts pour promouvoir la coopération régionale et la coopération Sud-Sud dans le domaine de l'innovation verte. Les pays développés peuvent soutenir les centres régionaux d'excellence tournés vers les technologies et l'innovation vertes, comme le Centre de services scientifiques sur les changements climatiques et la gestion adaptative des terres pour l'Afrique australe (SASSCAL) et le Centre de services scientifiques sur les changements climatiques et l'utilisation adaptée des terres pour l'Afrique de l'Ouest (WASCAL).

Un fond multilatéral d'encouragement intitulé « L'innovation au service de notre avenir à tous »

Les systèmes d'innovation efficaces prévoient une multitude de mesures d'incitation visant à encourager les entreprises et les entrepreneurs à trouver leurs propres idées et à leur donner corps. Toutefois, la plupart des pays en développement n'ont pas les moyens financiers ni les capacités de gestion nécessaires pour mettre en place de telles mesures. Dans le Rapport, la CNUCED propose la création d'un fond multilatéral d'encouragement, intitulé « L'innovation au service de notre avenir à tous ». Financé par des organisations internationales, des donateurs et des fondations philanthropiques internationales, ce fonds stimulerait la créativité et favoriserait le développement d'innovations susceptibles d'apporter des réponses à de nombreux enjeux mondiaux. L'étape suivante serait la création d'un concours mondial d'innovation verte. Le critère d'évaluation des projets serait la mesure dans laquelle ceux-ci reposent sur la coopération Nord-Sud et Sud-Sud dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation.

