Nations Unies E/CN.16/2018/2

Conseil économique et social

Distr. générale
12 mars 2018
Français
Original : anglais

Commission de la science et de la technique au service du développement
Vingt et unième session
Genève, 14-18 mai 2018
Point 3 a) de l'ordre du jour provisoire

Accroître nettement la part de l'énergie renouvelable d'ici à 2030 : le rôle de la science, de la technologie et de l'innovation

Rapport du Secrétaire général

Résumé

Le présent rapport met l'accent sur la façon dont la science, la technologie et l'innovation peuvent contribuer à accroître la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique mondial. Il examine les tendances les plus récentes de l'utilisation des technologies d'exploitation des énergies renouvelables, recense les facteurs entravant ou favorisant leur diffusion et donne un aperçu des technologies émergentes. Il aborde également certains des problèmes clefs que pose l'utilisation des énergies renouvelables, notamment l'organisation des marchés et l'élaboration des politiques, les difficultés techniques liées à l'intégration des énergies renouvelables dans le réseau électrique, les applications hors réseau et les miniréseaux ainsi que l'utilisation de sources d'énergie renouvelables par les ménages. Le rapport souligne que les pays auront des trajectoires différentes en matière d'énergies renouvelables, en fonction des facteurs et des priorités propres à chacun d'eux. Il fait valoir que l'adoption d'une combinaison de mesures est nécessaire pour appuyer la diffusion des énergies renouvelables. Il conclut en soulignant le rôle clef que la coopération internationale joue dans le partage des connaissances, l'apprentissage en matière de politique publique, le renforcement des capacités et le développement des technologies, ainsi que dans l'amélioration de l'interconnexion des infrastructures de réseau.

GE.18-03743 (F) 280318 040418
1803743

Merci de recycler

Introduction

1. À sa vingtième session, tenue à Genève en mai 2017, la Commission de la science et de la technique au service du développement a retenu le point suivant : « Accroître nettement la part de l'énergie renouvelable d'ici à 2030 : le rôle de la science, de la technologie et de l'innovation », parmi ses thèmes prioritaires pour la période intersessions 2017-2018.

2. Le secrétariat de la Commission a convoqué une réunion intersessions du 6 au 8 novembre 2017 à Genève, afin d'aider la Commission à mieux cerner ce thème et à structurer ses débats lors de sa vingt et unième session. Le présent rapport se fonde sur la note thématique élaborée par le secrétariat de la Commission[1], sur les conclusions de la réunion intersessions, sur les études de pays communiquées par des membres de la Commission, sur des documents concernant la question et sur diverses autres sources.

3. Le présent rapport délimite, analyse et présente aux fins d'examen les principaux enjeux concernant le rôle que la science, la technologie et l'innovation jouent dans l'accroissement sensible de la part de l'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique mondial d'ici à 2030, en particulier dans les pays en développement. Il met en évidence les contributions des États Membres aux bonnes pratiques et enseignements découlant des applications de la science, de la technologie et de l'innovation qui permettent d'accroître la diffusion des technologies d'exploitation des énergies renouvelables. Le chapitre I présente les difficultés et les récentes tendances mondiales en matière de diffusion des énergies renouvelables, les facteurs technologiques et autres entravant ou favorisant la diffusion des technologies émergentes. Le chapitre II aborde les questions clefs liées à l'innovation et à la diffusion des technologies d'exploitation des énergies renouvelables. Le chapitre III montre comment les décideurs peuvent exploiter la science, la technologie et l'innovation pour accroître la part des énergies renouvelables. Le chapitre IV soumet des conclusions et des propositions aux États Membres et aux autres parties intéressées pour examen.

I. Généralités et contexte

A. L'énergie propre, en tant que question transversale du développement durable

4. Il est estimé que 1,1 milliard de personnes dans le monde n'ont pas encore accès à l'électricité, soit 14 % de la population mondiale. Quelque 85 % des personnes dépourvues d'électricité vivent dans des zones rurales, principalement en Afrique. En outre, 2,8 milliards de personnes ne disposent pas de formes d'énergie propre pour la cuisson des aliments[2]. L'utilisation de la biomasse traditionnelle et de technologies inefficaces a de graves conséquences sanitaires, sociales et environnementales. Élargir l'accès à des formes d'énergie propre apporte une contribution essentielle à la réalisation du Programme de développement durable à l'horizon 2030 et des objectifs de développement durable, adoptés en septembre 2015. L'objectif 7 vise principalement à assurer un accès universel à des services énergétiques fiables, durables, modernes et d'un coût abordable d'ici à 2030. Il comporte une cible consistant à « accroître nettement la part de l'énergie renouvelable dans le bouquet énergétique mondial » d'ici à 2030.

5. La réalisation de l'accès universel à l'énergie et l'accroissement de l'énergie renouvelable sont susceptibles d'avoir des effets largement positifs sur d'autres aspects du

[1] La note thématique et tous les exposés et contributions présentés à la réunion intersessions qui sont mentionnés dans le présent rapport peuvent être téléchargés à l'adresse suivante : http://unctad.org/en/pages/MeetingDetails.aspx?meetingid=1562.

[2] Agence internationale de l'énergie (AIE), 2017a, *World Energy Outlook 2017* (Organisation de coopération et de développement économiques (OCDE), Paris).

développement durable et d'autres objectifs[3]. La réduction de la pauvreté (objectif 1) exige notamment le développement d'infrastructures modernes. Le rôle des énergies renouvelables peut être important dans le développement de ces infrastructures, et essentiel dans le renforcement des capacités productives et dans la création d'activités rémunératrices, comme l'ont souligné de récents travaux de recherche de la CNUCED[4]. L'énergie renouvelable peut également contribuer à la bonne santé et au bien-être (objectif 3) en se substituant aux combustibles fossiles pour la cuisine et l'éclairage dans les foyers, par exemple, ce qui aurait pour effet de réduire les risques pour la santé liés à la pollution. Elle est en outre pertinente pour l'égalité des sexes (objectif 5). En remplaçant les formes traditionnelles d'énergie comme le bois de chauffage, des formes modernes d'énergie renouvelable peuvent réduire le temps que les femmes et les filles passent à ramasser du bois[5]. L'éclairage au moyen de systèmes d'énergies renouvelables peut aussi offrir une plus grande flexibilité horaire dans l'exécution des activités domestiques, en particulier pour les femmes[6]. En outre, il existe des synergies bien définies avec l'industrie, l'innovation et les infrastructures (objectif 9), ainsi que l'action en faveur du climat (objectif 13). De nombreuses politiques nationales d'innovation et initiatives internationales sont notamment axées sur les technologies d'exploitation des énergies renouvelables et l'expansion des énergies renouvelables fait partie intégrante de la plupart des stratégies nationales visant à atténuer les émissions de gaz à effet de serre qui sont à l'origine des changements climatiques.

B. Les tendances mondiales de la diffusion des énergies renouvelables

6. Les récents efforts visant à accroître l'utilisation des sources d'énergie renouvelables ont été guidés par des impératifs étroitement liés qui sont les suivants : améliorer la sécurité énergétique et diversifier les sources d'énergie, encourager un développement économique durable et protéger le climat et l'environnement contre les effets de l'utilisation de combustibles fossiles[7]. Ces objectifs ont entraîné un changement radical dans la mise au point et la diffusion de diverses technologies d'exploitation des énergies renouvelables. En outre, les interventions politiques ont contribué à une réduction spectaculaire du coût de certaines technologies de production d'électricité renouvelable et à la diffusion rapide de ces technologies.

7. Les sources d'énergie renouvelables peuvent être l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie géothermique, l'hydroélectricité et la biomasse. En conséquence, les technologies sont diverses et peuvent être différenciées par leur nature − variable ou acheminable, centralisée ou répartie, directe ou indirecte et traditionnelle ou moderne[8]. Certaines sources d'énergie renouvelables et des technologies d'exploitation connexes, telles que la biomasse traditionnelle qui implique la combustion directe − et souvent inefficace − de bois et de charbon, ne sont pas considérées comme « propres ». Les énergies renouvelables peuvent jouer un rôle important dans l'ensemble du système énergétique. Elles peuvent être utilisées pour la production d'électricité, le transport, le chauffage et le refroidissement ou la cuisine. Les sources d'énergie renouvelables sont exploitées depuis que les systèmes énergétiques existent et sont antérieures à l'utilisation des combustibles fossiles.

8. En termes absolus, la contribution des énergies renouvelables à l'offre mondiale totale d'énergie primaire a considérablement augmenté au cours des dernières décennies − de 1 121 millions de tonnes en 1990 à 1 823 millions de tonnes en 2015. Cependant,

[3] Conseil international pour la science, 2017, A guide to SDG [Sustainable Development Goal] interactions: From science to implementation.

[4] CNUCED, 2017, *Rapport 2017 sur les pays les moins avancés : l'accès à l'énergie comme vecteur de transformation* (Publication des Nations Unies, numéro de vente : F.17.II.D.6, New York et Genève).

[5] S. Oparaocha et S. Dutta, 2011, Gender and Energy for Sustainable Development, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 3(4): 265-271.

[6] M Millinger, T Mårlind, and EO Ahlgren, 2012, Evaluation of Indian rural solar electrification: A case study in Chhattisgarh, *Energy for Sustainable Development* 16(4):486-492.

[7] AIE, 2011, *Renewable Energy: Policy Considerations for Deploying Renewables* (OECD/IEA, Paris).

[8] AIE, 2016, *World Energy Outlook 2016* (OECD/IEA, Paris).

leur part de cette offre a augmenté dans une moindre mesure, passant de 12,8 % en 1990 à 13,4 % en 2015[9].

9. D'après l'AIE[10], les énergies renouvelables représentaient 14 % de la demande mondiale d'énergie primaire en 2016 (9 %, si l'on exclut les formes traditionnelles de bioénergie solide). Le secteur de l'électricité est le principal utilisateur d'énergie renouvelable, sa part s'élevant à près de 60 %. Vingt-quatre pour cent de l'électricité produite dans le monde provient désormais de sources renouvelables, dont : 16 % de l'énergie hydroélectrique ; 5 % de l'énergie éolienne, de l'énergie géothermique, de l'énergie solaire et de l'énergie marémotrice combinées ; et 2 % de la bioénergie et des déchets. Les énergies renouvelables satisfont 9 % de la demande de chaleur dans les secteurs de l'industrie et des bâtiments, tandis que leur proportion dans les transports est beaucoup plus faible (3 %), les biocombustibles en constituant la plus grande part dans ce dernier secteur.

10. Les chiffres régionaux relatifs à l'utilisation des sources d'énergie renouvelables montrent d'importantes variations entre les pays. La raison en est que l'utilisation des énergies renouvelables dépend en grande partie de facteurs propres à chaque pays tels que les conditions géographiques et environnementales, les priorités socioéconomiques et les priorités en matière de développement, les conditions culturelles et institutionnelles et les cadres directifs et réglementaires. Dans les pays de l'OCDE, la part des énergies renouvelables dans l'approvisionnement total en énergie primaire était de 9,6 % en 2015. À titre de comparaison, la part des énergies renouvelables était de 40 % au Brésil, 8 % en Chine et 25 % en Inde. Dans les pays en développement, les formes traditionnelles de bioénergie occupent souvent une place prépondérante dans les sources d'énergie renouvelables. La part de ces énergies dans l'approvisionnement total en énergie primaire varie considérablement − de 28 % au Viet Nam à 53 % au Costa Rica et 81 % au Kenya[11].

C. Les facteurs technologiques et autres entravant ou favorisant la diffusion des énergies renouvelables

11. Ces dernières années, certaines technologies d'exploitation des énergies renouvelables se sont rapidement diffusées. Les divers facteurs qui ont favorisé ou entravé la mise au point et la diffusion des énergies renouvelables sont de nature technologique ou autre et comprennent le coûts et l'accessibilité, la maturité technique, l'intégration aux systèmes de production d'électricité, la durabilité environnementale et les compétences.

12. Jusqu'à une date récente, le coût des technologies renouvelables était généralement plus élevé que celui des combustibles fossiles. L'écart a commencé à se combler, en particulier pour l'énergie solaire photovoltaïque et l'énergie éolienne, sous l'effet de la réduction des coûts et de l'adoption de mesures d'incitation dans un nombre croissant de pays. Par exemple, entre 2008 et 2015, le coût moyen de l'énergie solaire photovoltaïque a diminué de près de 80 %, tandis que celui de l'énergie éolienne terrestre diminuait de 35 %[12]. En revanche, le coût actuel des solutions hors réseau et des miniréseaux rend souvent ces technologies inabordables pour les communautés rurales de nombreux pays en développement.

13. La réduction des coûts et l'appui directif apporté pendant des décennies dans divers pays ont créé un climat favorable à l'investissement dans certaines technologies d'exploitation des énergies renouvelables. Les investissements mondiaux dans les énergies renouvelables ont presque doublé depuis 2007, passant de 154 milliards à 305 milliards de dollars (2015). En 2015, ils avaient été consacrés en grande partie, à savoir à hauteur de

[9] OCDE, 2018, OCDE Données, Énergies renouvelables, consultable à l'adresse suivante : https://data.oecd.org/energy/renewable-energy.htm (consulté le 7 mars 2018).

[10] AIE, 2017a.

[11] AIE, 2017b, *Renewables Information 2017* (OCDE/AIE, Paris).

[12] AIE, 2016, *Next-Generation Wind and Solar Power: From Cost to Value* (OECD/IEA, Paris).

90 % environ, à l'énergie solaire photovoltaïque et à l'énergie éolienne[13]. Toutefois, le financement a été un obstacle important à la diffusion des technologies dans de nombreux pays et a obligé les pouvoirs publics à fournir un plus grand degré de certitude aux investisseurs. Il reste un problème majeur dans de nombreux pays en développement.

14. L'énergie solaire, l'énergie hydraulique et l'énergie éolienne sont désormais considérées comme des technologies bien établies. Toutefois, certaines technologies, telles que l'énergie géothermique ou la bioénergie, ne sont pas encore prêtes à être largement diffusées et nécessitent des mises au point et des expérimentations importantes avant d'être suffisamment fiables et rentables. En Afrique du Sud par exemple, un projet expérimental vise à étudier la viabilité commerciale de la culture des algues et de leur transformation en produits énergétiques[14]. En outre, les technologies d'exploitation des énergies renouvelables peuvent poser de nouveaux problèmes − tels que les goulets d'étranglement dans les infrastructures de réseau et les capacités limitées d'absorption des énergies renouvelables variables − pour les systèmes de production d'électricité et les marchés.

15. Parmi les obstacles autres que technologiques figurent les préoccupations relatives à la durabilité écologique qui ont donné lieu à une controverse au sujet de l'utilisation de certaines sources d'énergie renouvelables. Par exemple, des interrogations légitimes sont suscitées par les points suivants : l'utilisation des biocombustibles de première génération en ce qui concerne les émissions fondées sur le cycle de vie et les répercussions sur l'utilisation des terres ; les incidences des grandes centrales hydroélectriques sur les écosystèmes régionaux ; l'insuffisance des compétences et des capacités nécessaires à l'installation, l'exploitation et l'entretien des technologies des énergies renouvelables ; et la méconnaissance des sources d'énergie renouvelables disponibles. En outre, la diffusion des technologies des énergies renouvelables et la conception de mesures visant à l'encourager exigent de nouvelles compétences et capacités.

D. Les technologies d'exploitation des énergies renouvelables nouvelles et émergentes

16. Il reste largement possible d'introduire des innovations susceptibles d'améliorer encore les technologies d'exploitation des énergies renouvelables et d'en réduire le coût. Ces innovations pourraient porter sur la science des matériaux dans le domaine des cellules solaires photovoltaïques, sur l'intégration des véhicules électriques dans le réseau électrique et sur l'adoption des technologies numériques habilitantes dans les systèmes énergétiques.

17. Alors que l'énergie solaire photovoltaïque basée sur le silicone restera probablement prépondérante, une variété prometteuse de cellules de troisième génération à couche mince utilisant des matériaux présents en abondance sur Terre[15] fait son apparition dans le domaine de la science des matériaux. Les cellules solaires à pérovskites, par exemple, offrent d'excellentes capacités d'absorption de la lumière et des coûts de fabrication réduits − l'efficacité photo-électrique est passée de 10 % à plus de 20 % entre 2012 et 2015. Toutefois, les pérovskites en sont encore aux premiers stades de la recherche-développement, ce qui rend incertaines leur stabilité à long terme et la possibilité de les diffuser à grande échelle[16]. La troisième génération de cellules photovoltaïques vise à associer une augmentation du rendement de conversion, une diminution du coût et de l'utilisation des matériaux et une réduction de la complexité et des frais de fabrication. La réalisation de ces trois objectifs reste aléatoire, mais avec des efforts accrus dans la

[13] Agence internationale pour les énergies renouvelables, 2017a, *Rethinking Energy 2017: Accelerating the Global Energy Transformation* (Abu Dhabi).

[14] La contribution du Gouvernement sud-africain peut être consultée à l'adresse suivante : http://unctad.org/meetings/en/Contribution/CSTD_2018_IPanel_T1_RenewableEnergy_con10_SouthAfrica_en.pdf (consulté le 6 mars 2018).

[15] Par exemple, le sulfure de cuivre, de zinc et d'étain, les cellules solaires à pérovskites, les nanomatériaux tels que les cellules solaires photovoltaïques organiques et les cellules solaires à point quantique.

[16] Massachusetts Institute of Technology, 2015, *The Future of Solar Energy*, Energy Initiative.

recherche-développement, les technologies photovoltaïques peuvent être diffusées à plus grande échelle.

18. Un autre domaine nouveau dans la diffusion des énergies renouvelables est l'intégration dans des infrastructures intelligentes, telles que l'intégration véhicule-réseau. En moyenne, les véhicules particuliers roulent environ une heure par jour, tandis que, le reste de la journée, ils sont en stationnement − dans des parkings ou garages situés à proximité de bâtiments électrifiés[17]. On constate un intérêt croissant pour la mise au point de systèmes véhicule-réseau fournissant un flux d'électricité bidirectionnel entre le véhicule et le réseau électrique. Il est possible d'utiliser les véhicules électriques comme dispositifs de stockage de l'électricité et de revendre cette électricité au réseau pendant les pics de demande lorsque les véhicules sont en stationnement. Parmi les nombreux avantages potentiels figurent l'existence de nouveaux modèles économiques pouvant avoir un effet incitatif sur les propriétaires de véhicules sous forme de revenus supplémentaires, le développement de la voiture électrique au-delà de l'usage individuel et son intégration dans les infrastructures et villes intelligentes. L'une des raisons de la diffusion des véhicules électriques est la tendance croissante des pays à abandonner progressivement les véhicules à essence et les véhicules diesel. Par exemple, l'Inde envisage de le faire d'ici à 2030 ; la Chine, la France et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, d'ici à 2040[18]. Plusieurs autres pays ont fixé différentes échéances pour mener à bien ce processus[19].

19. Les technologies d'exploitation des énergies renouvelables s'appuyant de plus en plus sur les technologies numériques, l'un des principaux futurs domaines de recherche est la numérisation de systèmes énergétiques qui deviennent plus connectés, intelligents, prévisibles et durables. Les infrastructures de transport et les véhicules électriques sont de plus en plus utilisés comme un moyen d'aboutir à une mobilité automatisée, connectée, électrique et partagée. Les réseaux électriques intelligents peuvent adapter et intégrer les sources d'électricité intermittentes, telles que l'énergie solaire et l'énergie éolienne, à des systèmes de transport à grande échelle, compte tenu de la nature intersectorielle de la mobilité. Parmi les avantages potentiels figurent l'augmentation de l'efficacité énergétique et l'optimisation de la consommation d'énergie. Toutefois, la mobilité automatisée, connectée, électrique et partagée dépend de l'adhésion des consommateurs, de l'adoption de mesures en ce sens et de la réalisation de progrès technologiques[20].

20. Les technologies numériques présentent également un intérêt pour les bâtiments, qui concentrent plus de 50 % de la demande d'électricité. Dans les bâtiments, l'énergie est généralement utilisée pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage. Les technologies numériques contribuent à améliorer la réponse énergétique en utilisant des données en temps réel recueillies à l'aide de capteurs, qui peuvent être gérés et suivis au moyen de dispositifs intelligents. La prévision du taux d'utilisation d'énergie, à partir d'algorithmes d'apprentissage, est une autre technologie émergente permettant d'ajuster l'offre d'électricité à la demande des consommateurs. Toutefois, les effets potentiels de l'amélioration de la connectivité des systèmes énergétiques sont encore incertains en raison des réserves qu'ont les consommateurs concernant la confidentialité des données, la cybersécurité et les incidences de l'automatisation sur l'emploi.

II. Enjeux majeurs dans l'innovation et la diffusion des technologies d'exploitation des énergies renouvelables

21. La présente partie est consacrée aux questions liées à l'innovation et à la diffusion des technologies d'exploitation des énergies renouvelables. Ces questions ne sont pas

[17] BK Sovacool, J Axsen and W Kempton, 2017, The future promise of vehicle-to-grid (V2G) integration: A sociotechnical review and research agenda, Annual Review of Environmental Resources, 42(1):377.406.

[18] Forum économique mondial, 2017, Countries are announcing plans to phase out petrol and diesel cars. Is yours on the list? 26 September.

[19] AIE, 2017c, *Global EV Outlook 2017: Two Million and Counting* (OECD/IEA, Paris).

[20] AIE, 2017d, *Digitalization and Energy* (OECD/IEA, Paris).

isolées, mais liées entre elles. La diffusion de ces technologies repose sur un système d'innovation comprenant des facteurs technologiques et autres propres à chaque pays. Ainsi, une combinaison de mesures doit être adoptée lorsque les pays déterminent le mode de diffusion des énergies renouvelables le plus adapté à leur situation.

A. Organisation du marché des énergies renouvelables et élaboration des politiques

22. L'innovation technologique peut être accélérée tant par la concurrence que par la coopération à l'échelle internationale. Il importe, dans le cadre de l'élaboration des politiques, de reconnaître la valeur de la concurrence et de la coopération internationales et les avantages qu'il y a à les promouvoir dans différentes situations. Les interactions internationales nouées au sein de la chaîne d'innovation d'une technologie d'énergie renouvelable peut permettre une spécialisation économique − dans l'industrie manufacturière, par exemple − qui apporte des gains d'efficacité à tous les pays concernés. Elles pourraient aussi aider les pays qui ne sont pas dotés d'une chaîne d'innovation complète à commencer des activités plus en aval dans la chaîne. Toutefois, l'internationalisation du système d'innovation peut également créer des tensions, étant donné que la concurrence est une caractéristique clef du commerce international, et le succès d'un secteur dans un pays peut compromettre la survie de ce même secteur dans un autre pays.

23. Pour certains pays, les priorités à court terme peuvent consister à fournir un accès à l'énergie pour améliorer la santé, le bien-être et les possibilités d'emploi rémunéré de la population. Compte tenu des avantages qu'il y a à accéder dès que possible à l'énergie, les pays peuvent ressentir la nécessité impérieuse de participer aux chaînes d'innovation internationales pour utiliser les technologies et la propriété intellectuelle existantes, afin de pouvoir diffuser rapidement les technologies plutôt que d'attendre plusieurs années que la chaîne d'innovation soit complète au niveau national.

24. Par contre, une approche à plus long terme pourrait reposer sur l'examen de la stratégie économique et industrielle d'un pays sur une période de dix ans. On pourrait également considérer dans le cadre de cette approche que la mise en place de nouveaux maillons de la chaîne d'innovation à l'échelle nationale pourrait, sur le long terme, bénéficier davantage à l'ensemble de l'économie par la création d'emplois et la stimulation macroéconomique qui en découle. L'exemple du développement des marchés de l'énergie photovoltaïque donné dans l'encadré 1 montre que l'innovation dans les énergies renouvelables revêt un caractère très international car les facteurs qui jouent un rôle déterminant dans un pays peuvent produire des effets importants sur d'autres.

Encadré 1

Modèles commerciaux dans le développement du marché de l'énergie solaire photovoltaïque : Études de cas

Lorsque la Chine a commencé à développer son industrie de l'énergie solaire photovoltaïque, elle n'était propriétaire d'aucun modèle. Elle privilégiait les activités manufacturières à forte intensité de main-d'œuvre situées en aval plutôt que les activités de recherche-développement au niveau national. Pendant les années 2000, l'approche suivie par le pays en ce qui concerne l'énergie photovoltaïque était axée sur la production et tirée par les exportations, et visait des marchés qui encourageaient fortement l'utilisation de cellules photovoltaïques. Elle soutenait la fabrication de cellules photovoltaïques au moyen de fonds d'innovation, de politiques régionales d'appui à l'investissement et de prêts. Plus récemment, la Chine a commencé à fabriquer et à déployer des systèmes solaires photovoltaïques à très grande échelle.

L'Allemagne a suivi une approche différente. Elle a commencé à investir dans les activités de recherche-développement liées à l'énergie solaire photovoltaïque dans les années 1970, associant des établissements de recherche, des universités et les entreprises du secteur. Cet investissement était soutenu par des fonds fédéraux et régionaux. À partir des années 1990, l'Allemagne s'est également employée à créer un marché intérieur pour la technologie, au départ pour les installations en toiture, puis pour les installations de plus grande taille, par exemple. Elle a mis en place des tarifs de rachat pour contribuer à créer un marché. Lorsque le coût global des panneaux photovoltaïques a fortement chuté en raison, dans une large mesure, des activités de fabrication de la Chine, l'Allemagne a réagi en réformant sa politique de rachat, ce qui a entraîné un fort recul de la production et de l'installation de cellules photovoltaïques.

Sources : S Jacobsson et V Lauber, 2006, The politics and policy of energy system transformation: Explaining the German diffusion of renewable energy technology, *Energy Policy*, 34:256-276; AL Polo et R Haas, 2014, An international overview of promotion policies for grid-connected photovoltaic systems, *Progress in Photovoltaics*, 22:248-273; HJJ Yu, N Popiolek et P Geoffron, 2016, Solar photovoltaic energy policy and globalization: A multi-perspective approach with case studies of Germany, Japan, and China, *Progress in Photovoltaics*, 24:458-476.

25. Le moyen d'action le plus fréquemment utilisé pour promouvoir les énergies renouvelables est le tarif de rachat, qui garantit un prix fixe par unité d'électricité vendue sur une période convenue. Il s'agit d'une manière avantageuse de soutenir les prix des énergies renouvelables, qui nécessitent généralement d'importants investissements initiaux. Les tarifs de rachat ont permis de faire rapidement baisser le coût des énergies renouvelables, en particulier de l'énergie éolienne terrestre et de l'énergie solaire photovoltaïque. L'Allemagne, la Bulgarie, la Hongrie, le Japon, le Kenya, le Portugal, la Turquie et le Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord comptent parmi les pays qui ont adopté cette approche[21]. Toutefois, les tarifs de rachat comportent un risque, celui de voir les gouvernements s'enfermer dans une politique qui consisterait à subventionner les énergies renouvelables pendant longtemps, ce qui aurait des répercussions néfastes sur l'économie[22].

26. Dans ces conditions, les approches fondées sur les appels d'offres ou les enchères sont de plus en plus souvent utilisées pour fixer le prix des contrats d'approvisionnement en énergie renouvelable et permettent de réduire considérablement le coût de cette énergie. Ces dernières années, dans bien des pays le système des enchères a remplacé celui des tarifs de rachat géré par l'État. Les enchères ont permis au Chili et au Mexique d'obtenir des prix bas pour l'énergie solaire photovoltaïque, tandis que l'Allemagne, le Japon, le Portugal et le Royaume-Uni ont revu les contrats et les tarifs proposés sur la base d'enchères. Près de 50 % des ajouts de capacités de production d'électricité renouvelable devraient faire l'objet d'enchères au cours des cinq prochaines années, contre 20 % en 2016[23].

27. Les gouvernements ont tendance à jouer un rôle crucial dans le processus d'innovation et de diffusion, par exemple, en finançant la recherche-développement, en créant de la demande par des incitations à la diffusion des technologies, en réformant les marchés énergétiques et en fixant des normes, ainsi qu'en mettant en œuvre d'autres mesures visant à renforcer la confiance des investisseurs. Le Mexique, par exemple, a créé six centres d'innovation énergétique et investi dans ces centres dont les activités sont principalement axées sur l'énergie géothermique, solaire et éolienne ; la bioénergie ; l'énergie marine et les réseaux intelligents[24]. En outre, les systèmes d'incitation et les

[21] Contributions des Gouvernements de la Bulgarie, de l'Allemagne, de la Hongrie, du Japon, du Kenya, du Portugal, de la Turquie et du Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord, disponibles à l'adresse http://unctad.org/en/pages/MeetingDetails.aspx?meetingid=1562 (date de consultation : 6 mars 2018).

[22] F Zhang, 2013, How fit are feed-in tariff policies? Evidence from the European wind market, Policy Research Working Paper 6376.

[23] AEI, 2017e, *Renewables 2017: Analysis and Forecasts to 2022* (OCDE/ AEI, France).

[24] Contribution du Gouvernement du Mexique, disponible à l'adresse http://unctad.org/meetings/en/Presentation/cstd2017_p07_Mexico_en.pdf (date de consultation : 6 mars 2018).

politiques relatives aux marchés publics peuvent aussi encourager l'utilisation des technologies et des équipements locaux, comme en République islamique d'Iran[25]. En général, les pouvoirs publics peuvent jouer un rôle important dans la mise en place d'une structure juridique et réglementaire, ce qui garantit que les activités du secteur privé apportent des avantages à la société et offrent de la clarté et de la confiance aux acteurs du secteur privé.

28. Le financement est un facteur important dans la diffusion des technologies d'exploitation des énergies renouvelables. L'encadré 2 décrit les différents rôles que les investisseurs publics, privés et institutionnels peuvent jouer dans le financement des énergies renouvelables.

Encadré 2
Situation du financement de la diffusion des énergies renouvelables

Institutions publiques de financement. Les énergies renouvelables ont souvent dû s'appuyer sur les institutions publiques de financement, en particulier au début de l'exécution des projets. On citera par exemple les institutions financières internationales comme les banques de développement multilatérales et les institutions de financement du développement (ces dernières sont généralement des organismes de développement bilatéraux). Les instruments publics de financement revêtent souvent la forme d'aides, de subventions et de garanties visant à faciliter les projets relatifs aux énergies renouvelables qui sont trop risqués pour être financés par le secteur privé.

Investisseurs privés, y compris nouveaux instruments financiers comme les obligations vertes. Les obligations vertes gagnent en importance en tant que mécanismes innovants permettant d'attirer des fonds pour les projets liés aux énergies renouvelables dans les pays émergents. On entend par « obligation verte » toute obligation servant à financer des projets ayant des répercussions positives sur l'environnement et le climat. Ces obligations peuvent être utilisées pour mobiliser, à grande échelle, sur le long terme et pour un coût relativement faible, des fonds provenant de sources de financement non bancaires.

Les investisseurs institutionnels, y compris les fonds de pension, sont une source potentielle majeure de financement des énergies renouvelables. Les investisseurs institutionnels tels que les fonds de pension des pays développés s'intéressent de plus en plus à l'investissement dans les pays en développement.

Sources : Agence internationale pour les énergies renouvelables, 2016, *Unlocking Renewable Energy Investment: The Role of Risk Mitigation and Structured Finance* (Abu Dhabi) ; et 2017a.

B. Difficultés techniques liées à l'intégration des énergies renouvelables aux réseaux électriques

29. À mesure que les énergies renouvelables se diffusent, les aspects techniques et économiques liés à l'intégration d'une plus grande part d'énergie renouvelable aux réseaux électriques deviennent de plus en plus problématiques. L'accent est mis sur les activités d'innovation visant à créer des technologies qui peuvent contribuer à intégrer diverses énergies renouvelables aux systèmes électriques, y compris des installations de stockage ; les systèmes électriques plus intelligents qui font appel, dans une large mesure, aux technologies numériques et aux technologies dites exponentielles comme l'intelligence artificielle ; et les technologies visant à accroître la flexibilité de la demande d'énergie.

30. Le stockage est une technologie habilitante. Pourtant, les technologies de stockage peuvent varier considérablement du point de vue de la production, du taux de chargement et de déchargement et de la durée de stockage de l'énergie. Il est peu probable que les types d'accumulateurs actuels suffisent pour assurer un stockage saisonnier à grande échelle afin

[25] Contribution de la République islamique d'Iran, disponible à l'adresse http://unctad.org/meetings/en/Contribution/CSTD_2018_IPanel_T1_RenewableEnergy_con05_Iran_en.pdf (date de consultation : 6 mars 2018).

que l'énergie solaire puisse être stockée en été pour chauffer les bâtiments en hiver. Il est donc nécessaire de réaliser des progrès dans d'autres types de stockage de chaleur ou d'énergie qui peuvent fonctionner sur des périodes plus longues. De même, on conçoit actuellement une série de technologies de stockage pouvant être appliquées à petite échelle ou à l'échelle du réseau, et des technologies qui vont du déchargement rapide au stockage intersaisonnier.

31. La combinaison d'énergies renouvelables variables et acheminables dépend des ressources et des modes de consommation des pays concernés. Par exemple, l'hydroélectricité et l'énergie éolienne jouent un rôle important dans le bouquet énergétique du Portugal. En moyenne, les énergies renouvelables comptent pour plus de 60 % de son bouquet énergétique annuel − en 2017, les énergies renouvelables ont fourni 100 % de l'électricité du pays pendant six jours d'affilée[26].

32. L'énergie renouvelable est propre à chaque zone ; les zones riches en énergie solaire ou éolienne peuvent être éloignées de l'endroit où se situe la demande. Le développement de l'infrastructure est donc important pour les systèmes électriques. Ces infrastructures sont des investissements intéressants qui, une fois en place, limitent et orientent considérablement l'évolution de l'offre et de la demande dans un système électrique. L'avenir de l'infrastructure du réseau électrique devient donc un problème majeur dans les pays qui ont au départ investi dans un réseau électrique en se fondant sur les zones d'où viennent l'offre et la demande dans un système largement basé sur les combustibles fossiles, mais dont les plans de transition vers un système à forte intensité d'énergies renouvelables supposent un important déplacement des installations de production d'électricité (voir l'encadré 3).

33. Le développement de l'infrastructure revêt également de l'importance lorsqu'il est lié aux différents types d'énergies renouvelables, comme les énergies renouvelables centralisées par opposition aux énergies renouvelables décentralisées. Les systèmes électriques centralisés sont des réseaux qui nécessitent de vastes infrastructures de transport et de distribution. À l'inverse, les systèmes décentralisés sont plus petits (miniréseaux ou systèmes autonomes, par exemple) et se sont révélés plus adaptés aux zones rurales éloignées et plus difficiles à atteindre. Par exemple, les systèmes solaires domestiques sont très décentralisés, et les technologies hydroélectriques à grande échelle sont utilisées dans certaines des plus grandes centrales électriques du monde. Ces facteurs influencent à leur tour l'échelle des énergies renouvelables qui sont déployées depuis les applications hors réseau ascendantes (par exemple, les systèmes solaires domestiques) jusqu'aux centrales électriques de plus grande envergure (par exemple, les centrales hydroélectriques, les centrales solaires à concentration ou les centrales géothermiques).

Encadré 3
Adapter l'infrastructure de réseau à la diffusion des énergies renouvelables : Études de cas

En Allemagne, le réseau de transport d'électricité se trouve face à un nouveau défi : le nord du pays est doté d'un fort potentiel en énergie éolienne, mais la majeure partie de la demande provient du sud. Il s'ensuit que le déploiement de l'énergie éolienne dans les régions du nord les plus venteuses engendrera des flux électriques massifs allant du nord vers le sud pendant les périodes très venteuses où la demande sera élevée. Par conséquent, la transition énergétique du pays (*Energiewende*) repose également sur des plans visant à moderniser l'infrastructure de réseau. Néanmoins, cela n'est pas sans difficulté, car ces installations sont plus facilement acceptées par la population lorsqu'il s'agit de câbles souterrains formant une autoroute électrique, ce qui augmente les coûts.

[26] Contribution du Gouvernement du Portugal, disponible à l'adresse http://unctad.org/meetings/en/Contribution/CSTD_2018_IPanel_T1_RenewableEnergy_con09_Portugal_en.pdf (date de consultation : 6 mars 2018).

Au Japon, une partie du cadre d'innovation côtier de Fukushima consiste à allonger les lignes d'alimentation pour accéder aux zones riches en énergie éolienne.

Les États-Unis d'Amérique font également des efforts pour moderniser leur réseau. Le Département de l'énergie a lancé une initiative de modernisation du réseau comprenant des activités axées sur l'intégration du rendement énergétique, des énergies renouvelables et de technologies de transport durable dans le système électrique. Les technologies et les techniques nécessaires à une bonne intégration au réseau sont les suivantes : meilleures prévisions concernant l'énergie renouvelable ; technologies de stockage de l'énergie ; électronique de puissance avancée ; technologies de construction adaptées au réseau ; technologies de communication véhicule-réseau ; et nouvelles méthodes de détection, de contrôle et d'exploitation du réseau.

Sources : Contributions des gouvernements de l'Allemagne, du Japon et des États-Unis d'Amérique, disponible à l'adresse : http://unctad.org/en/pages/MeetingDetails.aspx?meetingid=1562.

C. Rôle des énergies renouvelables dans l'élargissement de l'accès à l'électricité

34. Quelque 1,1 milliard de personnes sont toujours dépourvues d''électricité. Une série d'éléments montrent que l'élargissement de l'accès à l'électricité contribue à améliorer à divers égards le développement socioéconomique global[27].

35. Les progrès technologiques rapides réalisés dans le domaine des énergies renouvelables et la réduction des coûts offrent des possibilités d'électrification des zones rurales − en particulier dans les pays en développement − grâce aux solutions hors réseau et aux miniréseaux. Selon de récents travaux de recherche de la CNUCED, les plans d'accès à l'énergie et les sources de revenus connexes devraient être pleinement intégrés aux stratégies globales de développement d'un pays par le couple énergie-transformation[28]. Dans cette perspective, l'offre et la demande d'énergie sont abordées de manière holistique et constituent un moyen de favoriser la diversification économique et la création d'emplois.

36. À l'origine, la plupart des interventions visant à améliorer l'accès à l'électricité par les énergies renouvelables sont plus souvent passées par l'extension du réseau que par les technologies hors réseau. En général, les investissements initiaux dans les technologies de réseau sont réalisés par l'État ou la compagnie de distribution d'énergie et répercutés sur les factures des clients. Par conséquent, le coût initial pour tout client individuel souhaitant et pouvant se connecter est relativement faible − il comprend des frais de connexion peu élevés et des frais d'exploitation. Cependant, ce type d'approche descendante peut prendre du temps pour atteindre l'ensemble de la société. Dans de telles situations, il est possible que les énergies renouvelables hors réseau puissent permettre aux communautés d'avoir accès à l'électricité plus rapidement que ne le permet l'extension du réseau. L'AIE[29] estime que les technologies hors réseau, en particulier celles qui reposent sur l'énergie solaire photovoltaïque, sont probablement les solutions les plus rentables pour parvenir à l'électrification universelle en Afrique subsaharienne.

37. Si l'on veut accroître l'accès à l'énergie en utilisant l'énergie renouvelable, il est important aussi que le coût en soit abordable. Les populations à faible revenu peuvent ne pas être en mesure de payer à l'avance les investissements nécessaires, et les investisseurs peuvent également ne pas être disposés à investir dans des projets à rentabilité incertaine en raison du faible nombre d'usagers. De nouveaux modèles commerciaux peuvent rendre cette situation viable et propice au développement, par exemple en recourant à la microfinance ou à des dispositifs de paiement comptant pour répartir ces coûts. Solar Sister, organisation non gouvernementale qui aide les femmes à créer des microentreprises fondées sur l'énergie solaire, a utilisé le modèle de paiement comptant. Dans certains cas, on peut

[27] AEI, 2017f, *Energy Access Outlook 2017: From Poverty to Prosperity* (OECD/AEI, Paris).
[28] CNUCED, 2017.
[29] AEI, 2017f.

structurer le coût des nouvelles technologies des énergies renouvelables pour que celui-ci soit égal à celui des sources d'énergie remplacées, par exemple, le kérosène.

38. Les investisseurs du secteur privé ne sont pas toujours intéressés par le développement d'applications hors réseau dans les régions éloignées. Pour résoudre ce problème, il est possible de regrouper les projets pour atteindre l'échelle souhaitée. Les mesures visant à surmonter les obstacles à l'investissement du secteur privé dans les petits projets d'énergie renouvelable peuvent inclure la mise en place d'une structure de gouvernance solide avec un environnement réglementaire clair et un cadre directif propice, des procédures normalisées d'octroi de licences, des tarifs hors réseau et la prise en compte des coûts initiaux sous forme de crédits à faible taux d'intérêt et de microfinancement (encadré 4).

Encadré 4
Électrification des zones rurales en Ouganda : Étude de cas

Les enseignements tirés de la stratégie d'électrification des zones rurales exécutée par l'Ouganda ont montré qu'il est nécessaire que le Gouvernement prenne la direction des activités de financement, de création des capacités initiales des infrastructures et de promotion du développement économique lié à l'électrification. Par la suite, les investisseurs privés et le financement commercial peuvent prendre le relais.

Le principal facteur de risque qui empêchait l'électrification rurale de se dérouler rapidement en Ouganda était le risque commercial. Il était nécessaire d'adopter de nouvelles méthodes pour renforcer la demande et multiplier rapidement le nombre de clients. Les coopératives et le principe de l'intérêt commun se sont révélés des concepts utiles.

De plus, les précédents fournisseurs d'électricité en zone rurale étaient en difficulté car ils opéraient à trop petite échelle. Les zones rurales desservies doivent être suffisamment grandes pour permettre de dégager les revenus voulus pour couvrir les coûts financiers des prestataires de services.

L'expérience a également permis de conclure que la planification et la gestion du secteur des énergies renouvelables devraient être centralisées et que la mise en œuvre du programme devrait être simplifiée. La meilleure façon d'avancer était de centraliser l'autorité dans l'organisme chef de file responsable du secteur des énergies renouvelables et de veiller à ce que l'électrification s'effectue en harmonie avec l'ensemble des plans nationaux de développement économique et social. Il était également important de bien coordonner l'aspect rural du développement de l'infrastructure électrique du pays avec les autres fonctions et organismes du secteur de l'électricité.

Source : Contribution du Gouvernement de l'Ouganda, disponible à l'adresse http://unctad.org/meetings/en/Contribution/CSTD_2018_IPanel_T1_RenewableEnergy_con12_Uganda_en.pdf (date de consultation : 6 mars 2018).

D. Utilisation des énergies renouvelables par les ménages pour la cuisson des aliments

39. La biomasse traditionnelle compte pour 49 % de la consommation totale d'énergie renouvelable dans le monde[30]. Quelque 2,8 milliards de personnes cuisent encore leurs aliments et chauffent encore leur habitation en utilisant des foyers ouverts et de simples fours fonctionnant à base de biomasse traditionnelle (bois, déjections animales et déchets agricoles) et de charbon, ce qui a de graves conséquences sanitaires, environnementales et sociales[31].

[30] Agence internationale pour les énergies renouvelables, 2017a.

[31] Organisation mondiale de la santé, 2016, Pollution de l'air à l'intérieur des habitations et la santé, Aide-mémoire n° 296.

40. L'objectif de développement durable 7 ne porte pas seulement sur l'accroissement de la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique, mais également sur l'élimination de la biomasse traditionnelle, qui pollue − il s'agit d'un problème pressant dans de nombreux pays en développement. Il est donc nécessaire de déployer d'urgence des solutions de rechange à l'utilisation traditionnelle de la bioénergie pour la cuisson des aliments et d'autres services énergétiques.

41. Il existe deux méthodes pour résoudre ce problème : promouvoir une utilisation plus efficace et plus durable de la biomasse (par exemple, en produisant et en distribuant du bio-méthane à partir de déchets biodégradables et du gaz de synthèse à partir de biomasse ligno-cellulosique disponible localement)[32] ou encourager les ménages à passer aux combustibles et aux technologies de cuisson modernes. Il s'est révélé difficile d'améliorer l'accès à une cuisson non polluante en raison du coût abordable (la biomasse solide est souvent gratuite, alors que les fourneaux améliorés et les combustibles de substitution ne le sont pas) et de la résistance culturelle (préférence pour le goût des aliments préparés de manière traditionnelle)[33]. Il a été démontré que les politiques et les programmes à mettre en œuvre doivent être ancrés dans le contexte social et culturel des communautés concernées et tenir compte de leurs pratiques énergétiques actuelles, de leurs besoins et attentes, ainsi que de leur potentiel d'utilisation productive. La participation des femmes à ce processus est particulièrement importante, car les femmes sont souvent celles qui sont chargées des activités liées à l'énergie domestique telles que la collecte de combustibles et la cuisine. Les femmes peuvent aussi être des formatrices et des communicatrices efficaces dans la gestion et l'entretien des nouveaux systèmes énergétiques locaux.

42. Bien que l'amélioration de l'accès à des installations de cuisson non polluantes puisse se recouper avec l'accroissement des énergies renouvelables déployées, les deux objectifs ne coïncident pas nécessairement dans tous les cas. Toutefois, comme le montre l'encadré 5, certaines solutions sont compatibles avec un déploiement accru des énergies renouvelables.

Encadré 5
Cuisiner avec de l'énergie renouvelable au Bangladesh : Étude de cas

Avec l'appui de l'Organisation néerlandaise de développement SNV et de KfW Bank, plus de 46 000 petits systèmes de production de biogaz utilisant des déjections animales ont été construits en milieu rural dans le cadre du Programme national de biogaz et d'engrais du Bangladesh. Ce programme a facilité le développement de la technologie du biogaz dans les zones rurales, l'objectif final étant la création d'un secteur commercial du biogaz qui soit durable au Bangladesh. Le biogaz produit par ces centrales est utilisé pour la cuisson des aliments et l'éclairage des ménages ruraux, mais le lisier, qui est un sous-produit des centrales de biogaz, peut également servir d'engrais biologique. Le programme est actuellement mis en œuvre par le biais d'un réseau de 45 organisations partenaires, dont des entreprises privées, des organisations non gouvernementales et des établissements de microfinancement. Le programme permet d'économiser 44 300 tonnes de bois de chauffage et 1 400 tonnes de kérosène par an.

Source : Infrastructure Development Company Ltd, 2014, Biogas and biofertilizer, disponible à l'adresse http://www.idcol.org/home/dbiogas (date de consultation : 7 mars 2018).

[32] Contribution du Gouvernement du Pakistan, disponible à l'adresse http://unctad.org/meetings/en/Contribution/CSTD_2018_IPanel_T1_RenewableEnergy_con08_Pakistan_en.pdf (date de consultation : 7 mars 2018).

[33] AEI, 2017f.

III. Principales considérations de politique générale

A. Les pays ont des trajectoires différentes en matière d'énergies renouvelables

43. Le choix de la trajectoire qu'un pays suit en matière d'énergies renouvelables est important car une fois qu'il est arrêté, plusieurs éléments comme les économies d'échelle, les investissements à fonds perdus, les effets d'apprentissage, les pratiques des utilisateurs et les modes de vie peuvent entraîner un blocage pendant des années, voire des décennies. Cet effet de blocage peut rendre difficile tout changement de trajectoire. Les trajectoires en matière d'énergies renouvelables et de création de sources de revenus devraient avoir une place centrale dans les stratégies nationales de développement en raison de leur importance stratégique.

44. Le systèmes d'innovation liés aux énergies renouvelables doivent être considérés en tenant compte de la situation du pays et de la région, ce qui implique que leur diffusion dépend de nombreux facteurs propres à chaque pays, notamment la situation géographique et environnementale, les conditions macroéconomiques, les priorités socioéconomiques et les priorités en matière de développement, le contexte culturel et institutionnel, ainsi que les cadres directifs et réglementaires. En conséquence, le bouquet énergétique des pays compte une part très variable de sources renouvelables. Par exemple, en Colombie, l'énergie renouvelable représente 22 % de l'approvisionnement total en énergie primaire et provient principalement de centrales hydroélectriques, qui sont des sources importantes d'énergie renouvelables pour la production d'électricité en Amérique latine. En Éthiopie, cette part est de près de 93 % et provient essentiellement de la biomasse. La part de l'énergie renouvelable s'élève à 36 % aux Philippines, et comprend l'énergie géothermique, l'énergie solaire, l'énergie éolienne et la biomasse[34].

45. Les responsables politiques devraient concilier les objectifs et les priorités en matière de diffusion des énergies renouvelables. Le développement des énergies renouvelables peut contribuer à la réalisation d'objectifs locaux ou nationaux, notamment à dynamiser les secteurs industriel, manufacturier et commercial impliqués dans la production et la diffusion d'énergies renouvelables et, ainsi, à créer des emplois. Le développement des énergies renouvelables peut aussi contribuer à accroître les sources de revenus pour les communautés dont l'accès à l'énergie était limité ou intermittent. Il peut contribuer de manière notable à l'égalité des sexes en réduisant le temps que les femmes et les filles consacrent à ramasser du combustible, en augmentant l'accès à l'éducation ou en améliorant la santé par la réduction de la pollution à l'intérieur des bâtiments. De plus, les énergies renouvelables peuvent jouer un rôle dans l'amélioration de la productivité agricole, par exemple en permettant l'irrigation par pompage.

46. En fait, il n'y a pas de trajectoire unique optimale pour la diffusion des énergies renouvelables, mais plutôt tout un ensemble de voies possibles. En l'absence de modèle universel, on doit tenir compte du contexte et des priorités propres à chaque pays.

B. Des combinaisons de mesures sont nécessaires pour appuyer la diffusion des énergies renouvelables

47. Une approche systémique qui comprenne les systèmes d'innovation nationaux, régionaux et sectoriels devrait être adoptée dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation pour soutenir les énergies renouvelables. Le caractère systémique des innovations dans ce domaine nécessite la création d'une forte demande commerciale et l'adoption d'un ensemble de mesures de soutien pour stimuler la recherche-développement, renforcer les compétences locales, coordonner les acteurs et l'infrastructure, assurer la cohérence des réglementations et des mesures incitatives, ainsi que pour lever des fonds.

[34] AIE, 2017b.

48. L'ampleur et la portée des innovations dans le domaine des énergies renouvelables peuvent varier. Certaines innovations par étapes peuvent contribuer à améliorer des technologies existantes, par exemple, à augmenter la taille des turbines éoliennes en mer. En parallèle, des innovations radicales peuvent donner lieu à de nouvelles inventions et/ou méthodes de production comme la mise au point de systèmes électriques plus intelligents et flexibles qui permettent d'intégrer davantage de technologies renouvelables diverses ou à un coût inférieur à ce qui était possible précédemment. Les innovations par étapes et les innovations radicales ont toutes deux un intérêt pour les technologies d'exploitation des énergies renouvelables et des mesures peuvent soutenir les deux.

49. L'application de combinaisons de mesures requiert un système complexe d'interventions, d'acteurs et de processus qui évoluent en parallèle au fil du temps. Les combinaisons de mesures devraient comprendre des instruments complémentaires comme des tarifs d'achat, des normes internationales, des mesures axées sur la demande comme les marchés publics et des mesures incitatives telles que des programmes d'innovation et des mécanismes de financement ascendants, en fonction des difficultés, des priorités et des différents niveaux de maturité technologique des pays.

50. Il est important de renforcer les capacités afin de mieux faire connaître les technologies d'exploitation des énergies renouvelables et de développer les compétences nécessaires pour assurer leur installation et leur entretien. Dans le cadre de l'utilisation de l'énergie en zone rurale, l'efficacité de la formation et du renforcement des capacités peut être améliorée en tenant compte de facteurs sociaux et économiques, notamment les questions de genre. Dans une étude menée récemment, la CNUCED a souligné l'importance du renforcement des capacités locales en matière d'innovation, y compris la capacité à développer et à concevoir des technologies adaptées aux besoins locaux[35]. La science, la technologie et l'innovation ainsi que les mesures de politique générale peuvent soutenir les capacités locales en matière d'innovation, par exemple en appuyant les universités et les centres de recherche actifs dans le domaine des technologies d'exploitation des énergies renouvelables ou en proposant des mesures incitatives aux entreprises pour favoriser la recherche, le développement et la démonstration.

51. En outre, pour que les combinaisons de mesures soient aussi efficaces que possible, des processus directifs et des mécanismes de gouvernance adaptés sont nécessaires, notamment en matière de coordination, de cohérence, d'apprentissage et de collaboration.

C. La coopération internationale et régionale a un rôle fondamental à jouer

52. De par le caractère international des chaînes d'approvisionnement, la coopération internationale a un rôle fondamental à jouer pour accroître la diffusion des énergies renouvelables. La coopération internationale peut rassembler différents acteurs de la chaîne d'approvisionnement ou les aider à tirer profit des ressources naturelles partagées et des infrastructures communes. Les pouvoirs publics devraient mettre en place des marchés dont les besoins pourraient être satisfaits par les acteurs privés dans un environnement concurrentiel, mais ils devraient aussi savoir quand ils peuvent agir en tant qu'intermédiaires pour améliorer le fonctionnement des chaînes d'approvisionnement ou garantir l'accès efficace aux actifs normalement partagés, qu'il s'agisse d'actifs naturels, d'infrastructures ou de connaissances.

53. La coopération interrégionale est particulièrement importante pour atténuer les différences de potentiel des énergies renouvelables entre pays voisins du fait de particularités géographiques. Certaines régions ont un potentiel particulièrement grand qui, s'il était pleinement exploité, pourrait dépasser la demande intérieure. Par ailleurs, le caractère diurne et saisonnier des énergies renouvelables de différentes régions peut être compensé et la production de ces régions peut être parfaitement complémentaire si un réseau international intégré les associe. Il existe plusieurs initiatives et plans dans ce domaine, comme le Nordic Grid Development Plan qui s'intéresse aux nouvelles lignes de

[35] E/CN.16/2010/4.

transport interrégional susceptibles d'acheminer l'excédent d'énergie d'une région vers des centres de consommation[36]. Comme autre exemple, citons le Couloir africain de l'énergie propre mis en place par l'Agence internationale pour les énergies renouvelables, qui vise à accélérer l'exploitation de sources d'énergie renouvelables, y compris le commerce international d'énergie renouvelable dans les pools énergétiques d'Afrique de l'Est et d'Afrique australe[37].

54. La coopération peut aussi comprendre le transfert de technologie[38]. La Chine, par exemple, contribue au développement de parcs éoliens en Argentine et au Pakistan[39], tandis que l'Inde soutient le transfert de technologies d'exploitation des énergies renouvelables et de compétences au Mozambique (encadré 6). La principale difficulté consiste à élaborer des mesures et des mécanismes de coopération qui facilitent le transfert de technologies entre les entreprises, en particulier dans les pays où le secteur des énergies renouvelables est émergent. Toutefois, le transfert de technologies ne devrait pas remplacer, mais plutôt compléter le renforcement des capacités nationales[40].

55. Comme indiqué dans l'encadré 6, la coopération internationale, y compris la coopération Nord-Sud et Sud-Sud, peut s'étendre à de nombreux domaines tels que l'apprentissage en matière de politique publique et le renforcement des capacités, la mise au point de technologies, l'amélioration de l'interconnexion de l'infrastructure de réseau au niveau international, le développement de la capacité manufacturière ou l'apport de financements. Un exemple remarquable de financement concerne une centrale de production d'énergie solaire photovoltaïque à Cobija (État plurinational de Bolivie), qui a été financée à parts presque égales par la Compagnie nationale d'électricité de Bolivie et le Danemark[41]. La centrale produit suffisamment d'énergie solaire pour couvrir approximativement la moitié de la demande d'énergie à Cobija pendant la journée et elle permet d'économiser un volume important de gasoil et de réduire les émissions.

[36] Stattnet, Fingrid, Energinet et Svenska Kraftnat, 2017, Nordic Grid Development Plan 2017, disponible à l'adresse http://www.statnett.no/Global/Dokumenter/Nyheter%20-%20vedlegg/Nyheter%202017/Nordic%20Grid%20Deleopment%20Plan%202017.pdf (consulté le 6 mars 2018).

[37] Communauté de développement de l'Afrique australe, 2016, *Renewable Energy and Energy Efficiency Strategy and Action Plan: REESAP 2016-2030* (Gaborone).

[38] DG Ockwell J Watson, G MacKerron, P Pal et F Yamin, 2008, Key policy considerations for facilitating low carbon technology transfer to developing countries, *Energy Policy*, 36(11): 4104-4115.

[39] J Gosens et Y Lu, 2013, From lagging to leading? Technological innovation systems in emerging economies and the case of Chinese wind power, *Energy Policy*, 60(C):234-250.

[40] E/CN.16/2010/4.

[41] Contribution du Gouvernement de l'État plurinational de Bolivie, disponible à l'adresse http://unctad.org/meetings/en/Contribution/CSTD_2018_IPanel_T1_RenewableEnergy_con01_Bolivia_es.pdf (consulté le 7 mars 2018).

Encadré 6

Coopération internationale dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation en matière d'énergies renouvelables : études de cas

L'Initiative sud-africaine pour la formation et la démonstration concernant l'énergie thermosolaire (SOLTRAIN) a été lancée en 2009 grâce au financement de l'Agence autrichienne de développement et du Fonds de l'OPEP pour le développement international. Depuis 2009, elle a permis de sensibiliser la population et de renforcer les compétences au Lesotho, en Namibie, au Mozambique, en Afrique du Sud et au Zimbabwe. Au cours de ses deux premières phases (2009-2016), 187 installations solaires thermiques de petite ou grande taille ont été établies et 2 150 personnes ont été formées. Pendant la troisième phase, les organisations qui soutiennent les femmes et d'autres groupes marginalisés accorderont une attention particulière aux projets de démonstration.

Une usine de production de panneaux solaires a été créée au Mozambique grâce à des investissements des pouvoirs publics mozambicain et indien. Des techniciens mozambicains sont formés, notamment en Inde, et l'usine emploie actuellement 33 personnes. Bien qu'il s'agisse d'une opération à petite échelle, elle constitue un exemple intéressant de la manière dont les pays peuvent tirer profit du transfert de technologies et de compétences grâce à la production et à l'utilisation rapides de technologies d'exploitation des énergies renouvelables. Malgré l'absence de travaux de recherche-développement dans le pays, cet exemple montre également comment de nouvelles compétences peuvent être développées et de nouveaux emplois créés au stade de la production dans la chaîne d'approvisionnement.

Mission Innovation est une initiative mondiale lancée par 22 pays et l'Union européenne afin d'accélérer l'innovation mondiale dans l'énergie propre de sorte à rendre celle-ci abordable pour tous. Il y a sept objectifs prioritaires en matière d'innovation qui concernent la recherche, le développement et la démonstration collaboratifs. Plusieurs de ces objectifs ont trait aux énergies renouvelables ou à des innovations connexes, notamment les réseaux intelligents, l'accès à l'électricité hors réseau, les biocombustibles, les nouvelles technologies permettant de transformer la lumière du soleil en électricité et les matériaux énergétiques propres.

L'Alliance mondiale pour des cuisinières propres est un partenariat public-privé qui joue un rôle fondamental en appuyant l'étude, la conception et la mise en place de programmes visant à fabriquer des cuisinières améliorées qui utilisent notamment des biocombustibles ou l'énergie solaire. Elle met l'accent sur la nécessité de créer des marchés en sensibilisant les consommateurs, tout en garantissant que les cuisinières sont disponibles et d'un coût abordable. L'Alliance rassemble plus de 1 600 partenaires du monde entier tels que des représentants du secteur privé, des pouvoirs publics, d'organisations non gouvernementales, du milieu universitaire, des philanthropes, et des donateurs.

Sources : Contributions des Gouvernements autrichien, canadien et britannique, disponible à l'adresse http://unctad.org/en/pages/MeetingDetails.aspx?meetingid=1562 (consulté le 7 mars 2018) ; Alliance mondiale pour des cuisinières propres, 2016, Clean Cooking: Key to Achieving Global Development and Climate Goals ; Communauté de développement de l'Afrique australe, 2016.

56. Les organisations et les organes internationaux comme la Commission de la science et de la technique au service du développement peuvent jouer un rôle crucial en soutenant ces formes de coopération. Ils peuvent fournir un cadre dans lequel les pays peuvent partager des enseignements et des meilleures pratiques s'inscrivant dans la diffusion des énergies renouvelables. De plus, ils peuvent contribuer à recenser des mécanismes utiles pour renforcer les capacités des pays en développement dans le domaine des énergies renouvelables. Il s'agit notamment de la capacité à élaborer et à appliquer des combinaisons de mesures de soutien ; à élaborer des plans et des réglementations flexibles qui contiennent des mesures incitatives en faveur de l'énergie renouvelable ; et à prendre des mesures

propres à renforcer la capacité à absorber et à entretenir les technologies d'exploitation des énergies renouvelables et à les adapter au contexte local.

IV. Propositions soumises à l'examen des États Membres et de la Commission de la science et de la technique au service du développement à sa vingt et unième session

57. La réalisation des objectifs de développement durable dépend fortement de l'amélioration de l'accès à des services énergétiques propres. La diffusion accrue des énergies renouvelables a un effet notable sur la création de sources de revenus et d'autres considérations en matière de développement comme l'égalité des sexes, la santé et les changements climatiques. Comme il est indiqué dans le présent rapport, les pays ont le choix entre plusieurs trajectoires en matière d'énergies renouvelables en fonction du contexte local, notamment de la situation géographique, culturelle et institutionnelle, ainsi que des cadres directifs et réglementaires. En raison de leur importance stratégique pour le développement durable, les mesures relatives aux énergies renouvelables devraient être intégrées dans les stratégies nationales de développement. En outre, le rapport indique qu'une combinaison de mesures et une approche systématique de l'innovation sont nécessaires pour augmenter la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique mondial. Il s'agit notamment de mesures ciblant à la fois la demande et l'approvisionnement en énergies renouvelables, ainsi que d'une combinaison de mesures de soutien visant à encourager la recherche-développement, à renforcer les compétences localement, à garantir un coût abordable et à créer un environnement réglementaire propice. Enfin, la coopération internationale, y compris la coopération Nord-Sud et Sud-Sud, a un rôle essentiel à jouer pour augmenter sensiblement la part des énergies renouvelables dans le bouquet énergétique mondial d'ici à 2030. Elle peut non seulement soutenir le partage des connaissances, l'apprentissage en matière de politique publique, le renforcement des capacités et la mise au point de technologies, mais aussi contribuer de manière notable à la création d'infrastructures de réseau interconnectées.

58. Les États membres souhaiteront peut-être examiner les propositions suivantes :

a) Accroître l'appui national aux activités de recherche-développement dans les technologies d'exploitation des énergies renouvelables et les technologies habilitantes et associer des représentants des pouvoirs publics, du milieu universitaire, du secteur privé et de la société civile dans le cadre de ces activités, qui peuvent aller de la recherche fondamentale à l'application ;

b) Adopter des combinaisons de mesures qui permettent de soutenir avec une certaine flexibilité l'innovation dans les énergies renouvelables et la diffusion de celles-ci, et améliorent la coordination des mesures et la cohérence entre les politiques sectorielles qui relèvent notamment de la science, de la technologie et de l'innovation ;

c) Veiller à ce que les mesures relatives aux énergies renouvelables soient conformes au cadre plus large du programme national de développement ;

d) Permettre la contribution de solutions de réseau et hors réseau en créant un environnement réglementaire et une structure tarifaire propices ;

e) Envisager d'adopter des mesures concernant les technologies des énergies renouvelables pour accroître les sources de revenus et soutenir non seulement l'utilisation de ces technologies par les ménages, mais aussi par les secteurs industriel, commercial et agricole ;

f) Soutenir les nouveaux modèles d'entreprise et de financement pour garantir le caractère abordable des technologies d'exploitation des énergies renouvelables en répartissant les dépenses initiales ;

g) Apprécier la situation sociale et culturelle des communautés locales, en particulier celle des femmes, et en tenir compte, ainsi que soutenir l'innovation, le développement et la diffusion de technologies dans les services énergétiques aux ménages ;

h) Promouvoir les partenariats Nord-Sud, Sud-Sud et triangulaires concernant les technologies d'exploitation des énergies renouvelables et examiner les mécanismes collaboratifs de recherche-développement qui pourraient contribuer à faciliter le transfert de technologie ;

i) Renforcer les capacités nationales d'innovation, notamment les compétences en matière d'installation, d'entretien et de réparation des technologies d'exploitation des énergies renouvelables et associer les communautés locales, notamment les femmes, aux activités de formation et à l'entretien de ces systèmes.

59. La communauté internationale souhaitera peut-être examiner les propositions suivantes :

a) Faciliter les activités conjointes de recherche aux niveaux international et régional concernant les énergies renouvelables, notamment pour ce qui est de prévoir les tendances, et appliquer des approches holistiques pour étudier les liens entre l'eau, la nourriture, l'énergie et l'environnement ;

b) Encourager la collaboration internationale dans les domaines de la science, de la technologie et de l'innovation concernant les énergies renouvelables ;

c) Améliorer l'interconnexion des structures de réseau transfrontalières pour les énergies renouvelables.

60. La Commission est invitée à prendre les mesures suivantes :

a) Soutenir la collaboration multipartite dans le cadre de l'apprentissage en matière de politique publique, du renforcement des capacités et de la mise au point de technologies ;

b) Améliorer la coordination entre les parties prenantes et encourager les partenariats dans le domaine des énergies renouvelables afin de tirer profit des compétences et des intérêts propres aux parties prenantes ;

c) Encourager le partage des enseignements tirés entre les pays et les régions tout en tenant compte du fait qu'il est impossible de simplement transposer des mesures et des combinaisons de mesures d'un endroit à un autre ;

d) Recenser les mécanismes propres à renforcer les capacités des pays en développement dans le domaine des énergies renouvelables, notamment la capacité de mettre au point des politiques, des plans et des réglementations flexibles, ainsi que des mesures qui permettent d'améliorer la capacité à absorber et à entretenir les technologies d'exploitation des énergies renouvelables et à les adapter au contexte local.