



NOTE DE POLITIQUE : QUESTIONS EMERGENTES

La transition vers une agriculture durable : Comment tirer le meilleur parti des technologies transformatrices¹

Sophia Murphy et Mali Eber Rose
Mars 2021

Trois technologies pourraient apporter une contribution significative à la transformation dont les systèmes agricoles et alimentaires ont besoin : les systèmes d'énergie renouvelable hors réseau, les batteries et les technologies de l'information et de la communication (TIC). Cette note politique porte principalement sur l'application de ces technologies dans le cadre de l'irrigation à énergie solaire.

Recommandations à destination des gouvernements, des entreprises technologiques, des organisations de producteurs et des institutions financières en vue d'appuyer le changement transformateur en matière d'agriculture:

1. Parler des technologies et de leur potentiel, et comprendre quelles sont les technologies déjà employées, quelles améliorations sont possibles et comment renforcer l'accessibilité par le biais d'une optimisation des coûts et de la conception.
2. Fournir aux agriculteurs des services d'éducation, de formation et de vulgarisation relatifs à ces technologies en collaboration avec des acteurs publics et privés.
3. Surveiller la manière dont les nouvelles technologies contribuent aux objectifs de durabilité environnementale, sociale et économique, tout en gérant les risques associés et en étudiant l'impact de ces technologies sur les réformes liées aux comportements des populations.
4. Mesurer et suivre les modifications de la structure de l'emploi et veiller à ce que des filets de sécurité sociale adéquats soient fournis là où la mécanisation et l'automatisation réduisent ou redistribuent la main-d'œuvre.
5. Accroître les investissements dans la recherche et le développement et octroyer des subventions ciblées aux consommateurs pour des produits intéressants subissant des coûts de démarrage élevés.
6. Mettre en place une réglementation relative aux institutions financières portant sur les prêts responsables afin de protéger les petits emprunteurs et établir des programmes d'alphabétisation financière pour réduire leur risque de surendettement.
7. Appuyer le développement et l'adoption des TIC grâce à des améliorations apportées aux infrastructures de télécommunications et d'Internet.
8. Renforcer les institutions qui testent des produits et leur octroient des licences.

¹ Ce document fait partie de la série intitulée *Alimentation et agriculture : Questions émergentes*, qui a pour but d'analyser les questions émergentes en matière de commerce et d'investissement agricoles.



Introduction²

Dans le monde entier, les systèmes alimentaires et agricoles font face à trois défis complexes. Premièrement, la demande d'aliments nutritifs ne cesse d'augmenter à travers le monde. Plus de trois milliards de personnes n'ont pas accès à une alimentation saine et abordable (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture et al., 2020). Deuxièmement, les systèmes alimentaires et agricoles mettent sous tension ou dépassent la tolérance de la planète au niveau de l'utilisation de l'eau douce, de l'épuisement des sols, des intrants chimiques et des émissions de gaz à effet de serre. En même temps, l'alimentation et l'agriculture sont parmi les secteurs les plus affectés par les modifications des schémas météorologiques et des conditions de croissance provoquées par les changements climatiques. Troisièmement, les agriculteurs et les travailleurs agricoles du monde entier sont confrontés à la précarité et à la vulnérabilité économiques, en particulier dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. Des centaines de millions de personnes productrices de nourriture à l'échelle mondiale vivent dans la pauvreté et la faim chronique (Cheong et al., 2013).



Photo: [Paul Kagame](#) (CC BY-NC-ND 2.0)

L'étendue de ces défis est redoutable. Elle exige des changements transformateurs. Cette note de politique expose succinctement les principales conclusions d'un rapport récent de l'IISD (Bizikova et al., 2020) portant sur trois technologies qui pourraient apporter une contribution significative à la transformation nécessaire. Ces trois innovations technologiques sont les suivantes : i) les systèmes d'énergie renouvelable hors réseau, rendus abordables grâce à une baisse significative du coût des installations solaires photovoltaïques (PV) ; ii) les améliorations rapides et spectaculaires des technologies de batterie, qui ont permis d'augmenter de manière exponentielle l'utilité des batteries en tant que source d'énergie ; et iii) l'évolution des technologies de l'information et de la communication (TIC) engendrée par l'expansion du « big data ». Le rapport complet met l'accent sur trois applications agricoles de ces technologies afin de démontrer leur potentiel : l'irrigation à énergie solaire, l'agriculture de précision et l'agriculture en intérieur (agriculture hors-sol et verticale).

Cette note politique porte sur l'irrigation à énergie solaire, qui fait intervenir deux de ces technologies transformatrices (les installations solaires PV et les batteries) dans l'optique

² Cette note s'appuie sur un rapport publié par l'Institut international du développement durable (IISD) : Bizikova, L., Brewin, S., Bridle, R., Laan, T., Murphy, S., Sanchez, L., & Smaller, C. (2020). *The sustainable agriculture transition: Technology options for low- and middle-income countries*. IISD. <https://www.iisd.org/sites/default/files/2020-08/sustainable-agriculture-transition-technology.pdf>



de mettre en lumière les risques et les opportunités liés à ces technologies. Elle se termine par des recommandations politiques générales concernant la mise en œuvre et les conséquences possibles des technologies transformatrices.

Qu'est-ce qui qualifie une technologie de « transformatrice » ?

Avant d'explorer la nature potentiellement transformatrice des installations solaires PV et des batteries dans le cadre de leur application à l'irrigation à énergie solaire, il est essentiel dans un premier temps d'éclaircir le terme « transformatrice » tel que nous l'utilisons dans cette note.

Les technologies sont considérées comme étant transformatrices pour l'agriculture soit lorsqu'elles se substituent à une technologie établie et peuvent entraîner des changements pour l'ensemble du secteur, soit lorsqu'elles créent une nouvelle industrie à part entière. Ce n'est pas simplement la nouveauté et l'efficacité de ces technologies qui compte ; elles répondent également aux défis structurels qui sont allés à l'encontre des efforts de développement rural depuis les débuts de l'industrialisation. Chacune d'entre elles a le potentiel de renforcer significativement la résilience et la durabilité des systèmes alimentaires et de l'agriculture.

Ces technologies ont déjà démontré leur potentiel pour augmenter la productivité à un coût environnemental réduit dans les pays plus riches. Les applications comprennent l'approvisionnement d'une énergie fiable pour les systèmes d'irrigation à haut rendement, des réductions spectaculaires du ruissellement d'engrais grâce à l'utilisation d'outils de précision ainsi que l'introduction d'équipements mécanisés ne nécessitant ni pétrole ni gaz. Toutes ces applications engendrent des gains de productivité importants pour l'agriculture : elles favorisent l'augmentation des rendements, la réduction des intrants et la diminution des coûts. À titre d'exemple, les TIC peuvent être utilisées dans le cadre de l'agriculture de précision afin de surveiller et d'anticiper les changements climatiques et environnementaux et afin de mieux suivre les besoins en eau et en nutriments des cultures. En utilisant des évaluations fondées sur des données, les TIC peuvent contrôler avec précision l'application ciblée d'eau, d'engrais et de pesticides, ce qui permet de réduire les coûts et d'améliorer la durabilité du système alimentaire.

Garantir l'accès aux technologies transformatrices

Aucune des technologies examinées n'est nouvelle, mais de fortes baisses au niveau de leur coût d'utilisation leur ouvrent la voie vers de nouveaux marchés et de nouvelles applications. Ces technologies sont déjà largement répandues dans les pays à revenu élevé ; en outre, elles commencent progressivement à être mises en œuvre dans les pays en développement.

Ce n'est pas simplement la nouveauté et l'efficacité de ces technologies qui compte ; elles répondent également aux défis structurels qui sont allés à l'encontre des efforts de développement rural depuis les débuts de l'industrialisation.



L'irrigation à énergie solaire permet déjà d'améliorer la productivité et les revenus des petits producteurs.

Les installations solaires PV et les batteries fournissent également de l'énergie pour la mécanisation, le transport et le stockage. Les petits producteurs utilisent des applications, des messages texte instantanés et des radios afin d'accéder à des informations et des conseils sur des sujets divers, y compris les conditions météorologiques, les méthodes de production, les prix des intrants et les prix de vente. De nouvelles utilisations innovantes de ces technologies émergent en permanence, notamment des applications qui gèrent l'utilisation partagée des machines et des transports agricoles et donnent accès à des marchés virtuels et à des services financiers. Le défi consiste maintenant à rendre ces technologies accessibles et utiles à davantage d'agriculteurs, en particulier dans les pays à revenu faible ou intermédiaire.

Les informations circulent dans les deux sens. Les gouvernements, les entreprises et les organismes de développement disposent tous de meilleures informations que jamais relatives aux communautés et aux clients qu'ils desservent. Cela leur donne une excellente opportunité d'élaborer de meilleurs politiques, produits et interventions pour un plus large éventail d'acteurs du monde rural. Si le déploiement des énergies renouvelables et des TIC dans les pays à revenu faible ou intermédiaire s'accompagne d'améliorations durables de la productivité et des revenus des petits producteurs et des travailleurs, les technologies contribueront alors à la réalisation d'une variété d'objectifs de développement, y compris de nombreux Objectifs de développement durable des Nations Unies (ONU) pour 2030. L'occasion est trop importante pour qu'on la laisse passer.

Risques et opportunités des technologies transformatrices : l'exemple de l'irrigation à énergie solaire

L'irrigation à énergie solaire devient de plus en plus rentable dans les pays à revenu faible ou intermédiaire grâce à la réduction rapide des coûts et à l'amélioration des performances de deux technologies transformatrices : la technologie solaire PV, qui génère l'énergie, et de meilleures batteries, qui fournissent un moyen de stocker l'énergie. La technologie solaire PV permet de produire de l'électricité directement à partir de la lumière du soleil, et ce à très petite échelle, ce qui rend possible une électrification décentralisée et hors réseau. Les panneaux ne nécessitent pratiquement aucun entretien





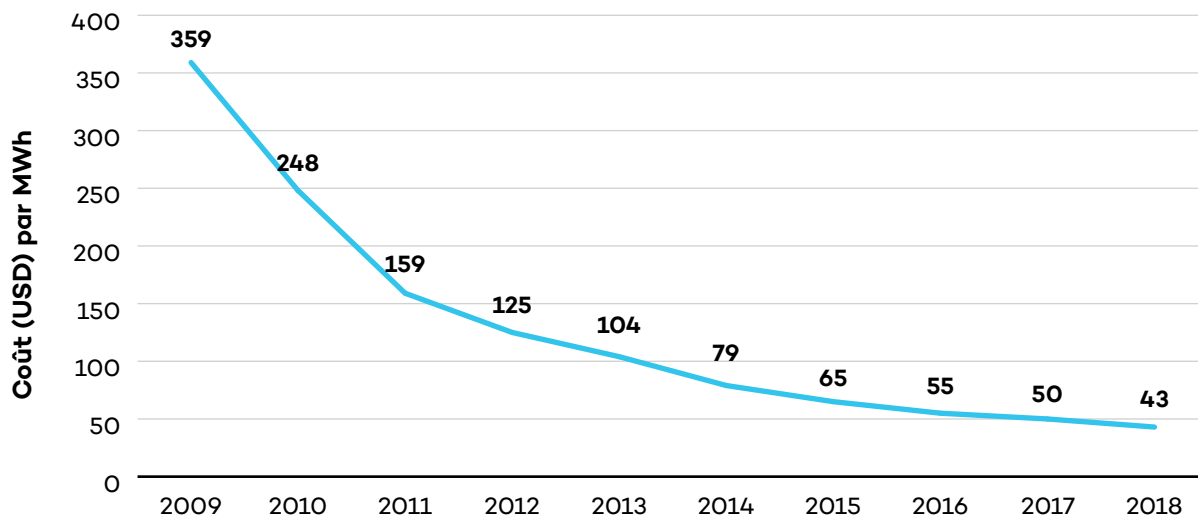
(autre que le nettoyage) et peuvent durer plus de 30 ans. L'énergie solaire PV est utilisée depuis plusieurs décennies dans les pays à revenu faible ou intermédiaire pour alimenter les systèmes d'irrigation, pomper de l'eau potable pour les animaux, électrifier les clôtures et lutter contre les ravageurs, ainsi que pour les unités de séchage, l'entreposage frigorifique, l'incubation des œufs et l'aération dans le cadre de l'aquaculture.

Toutefois, malgré ses nombreuses utilisations, l'adoption de l'énergie solaire PV reste limitée. Le principal obstacle en ce qui concerne les zones rurales pauvres réside dans son coût.

Cet obstacle est maintenant moins important. Une chute spectaculaire des prix a rendu cette technologie rentable pour un éventail croissant d'applications. Aux États-Unis, le coût de l'énergie solaire PV a baissé de 88 % entre 2009 et 2018, passant de 359 USD par mégawatt-heure (MWh) à 43 USD par MWh (voir Figure 1) (Lazard, 2018). Un MWh équivaut à une puissance d'un million de watts appliquée sur une durée d'une heure. Ces prix faibles ne sont pas limités aux pays disposant d'une industrie solaire bien établie, ni aux systèmes raccordés au réseau — ils s'appliquent également aux systèmes hors réseau. À l'échelle mondiale, le coût actualisé de l'énergie provenant de l'énergie solaire hors réseau récente et de celle distribuée au moyen d'un raccordement au réseau, y compris le stockage, est désormais inférieur à 0,20 USD par kWh, contre 0,60 USD par kWh pour les petits générateurs diesel ou à essence (Crown Agents, 2018). Bien que le coût initial de l'installation de pompes solaires hors réseau reste élevé, les pompes solaires sont rentables sur le long terme car elles sont très peu coûteuses à faire fonctionner et à entretenir. Selon les estimations, le coût net d'installation et de fonctionnement d'une pompe solaire PV représente, sur une période de 10 ans, environ les deux tiers du coût d'une pompe diesel similaire (Beaton et al., 2019).



Figure 1. Coût par MWh de l'énergie solaire PV, 2009–2018



Source : Adapté de Lazard, 2018, p. 7.

La seconde évolution transformatrice concerne les batteries, qui profitent d'une baisse rapide de coût et d'une augmentation de la capacité de stockage. Les développements relatifs aux « batteries avancées », telles que celles au lithium ionique, revêtent une importance particulière. Comparées aux batteries au plomb-acide, elles sont généralement plus petites et plus légères par rapport à la quantité d'énergie stockée. Elles peuvent libérer une plus grande partie de leur énergie stockée sans compromettre la durée de vie de la batterie, ne subir que de faibles pertes lors de la charge et de la décharge (ce qui les rend plus efficaces) et bénéficier d'une durée de vie plus longue. Comme pour l'énergie solaire PV, le prix est souvent considéré comme l'un des principaux défis à relever en ce qui concerne l'utilisation des batteries au lithium ionique dans les pays à revenu faible ou intermédiaire, mais maintenant les coûts baissent rapidement. Le coût du stockage dans une batterie au lithium ionique a diminué de 87 % en 10 ans, passant de 1100 USD par kWh en 2010 à 156 USD par kWh en 2019, avec une nouvelle baisse prévue à 100 USD par kWh d'ici 2023 (BloombergNEF, 2019).

La combinaison de la technologie solaire PV et des batteries au lithium à des prix abordables crée une alternative intéressante aux générateurs fonctionnant aux combustibles fossiles et situés dans les zones hors réseau. L'introduction d'une source d'énergie décentralisée à faible coût permettrait de contourner les coûts prohibitifs et les besoins en matière d'infrastructure liés au raccordement des zones excentrées à un réseau électrique régional, améliorant ainsi l'accès des communautés rurales à l'électricité. Cela pourrait fournir aux petits producteurs l'électricité nécessaire aux équipements de TIC et à la mécanisation, qui peuvent augmenter les rendements grâce à l'amélioration des technologies d'irrigation, de plantation, de désherbage et de récolte. Une source d'énergie peu coûteuse réduit les coûts des agriculteurs, améliore les possibilités de stockage et de transformation, et augmente les prix obtenus par les agriculteurs lorsqu'ils améliorent la qualité et réduisent les déchets.



Opportunités présentées par l'irrigation à énergie solaire

Les systèmes d'irrigation sont une application importante de l'énergie solaire à faible coût libérée par les technologies améliorées et plus économiques que constituent les installations solaires PV et les batteries au lithium. Les pompes solaires abordables rendent l'irrigation accessible à un plus grand nombre d'agriculteurs et sont liées à d'importantes retombées positives pour la productivité agricole et les revenus agricoles. L'irrigation peut améliorer les rendements des terres cultivées existantes et peut permettre aux agriculteurs d'étendre la superficie totale cultivée, aidant ainsi les agriculteurs à produire davantage de cultures ainsi que des cultures de plus grande valeur. Dans certains cas, l'irrigation peut même créer la possibilité d'ajouter un cycle de culture supplémentaire dans l'année. Le potentiel des systèmes d'irrigation à énergie solaire continue d'augmenter à mesure que les améliorations technologiques renforcent la puissance et l'efficacité de ces systèmes.



Photo: [Jeffery M. Walcott/IWMI \(CC BY-NC 2.0\)](#)

Une étude menée au Bénin a démontré qu'un système d'irrigation au goutte-à-goutte alimenté par l'énergie solaire et utilisé par une coopérative de femmes a permis à chaque femme d'économiser jusqu'à quatre heures par jour de travail tout en augmentant la production de deux tonnes par mois en moyenne (International Renewable Energy Agency, 2016). Les flux de revenus plus fiables résultant de ces changements dans la production ont aidé les femmes à nourrir, éduquer et fournir des soins médicaux à leur famille de manière indépendante. Pour les agriculteurs qui utilisent déjà une forme de pompe à eau conventionnelle pour l'irrigation, le passage à des systèmes alimentés par l'énergie solaire peut également augmenter les revenus sur le moyen et le long terme en raison de la faiblesse des coûts récurrents liés à cette technologie. Les systèmes hybrides solaire-diesel destinés à alimenter les systèmes d'irrigation au goutte-à-goutte (qui arrosent les plantes à l'aide d'un petit flux régulier) peuvent être exploités pour moins de la moitié du coût des systèmes fonctionnant uniquement au diesel (Carroquino et al., 2015). De même, les agriculteurs peuvent utiliser des installations solaires PV afin de faire fonctionner les pompes plus longtemps qu'auparavant en raison de l'amélioration de la capacité de stockage des batteries. Des panneaux solaires placés sur les toits ont également été utilisés pour alimenter des installations d'entreposage frigorifique ou de recharge solaire.



Options de financement de l'irrigation à énergie solaire

Malgré leurs nombreux avantages et la baisse des prix, le coût initial de l'installation des pompes solaires hors réseau reste élevé, ce qui demeure un obstacle à leur adoption dans les pays à revenu faible ou intermédiaire. Le coût initial moyen d'une pompe solaire est de 5 à 15 fois supérieur à celui des équivalents diesel. Surtout, cet inconvénient de coût diminue avec le temps car les systèmes alimentés par l'énergie solaire sont très abordables à exploiter et à entretenir (Beaton et al., 2019).

Une solution consiste à financer les installations solaires PV afin de les rendre plus abordables pour les exploitations agricoles en répartissant le coût en capital dans le temps. Les systèmes de paiement numérique, qui sont désormais largement utilisés dans de nombreux pays à revenu faible ou intermédiaire, permettent le transfert électronique régulier et fiable de fonds. Cela réduit les risques assumés par le prêteur, abaisse le coût global du financement et permet également le recours à des structures de paiement par répartition plus accessibles aux utilisateurs.



Photo: [Mulugeta Ayene/WLE \(CC BY-NC 2.0\)](#)

Les subventions ciblées constituent un autre moyen d'aider les petits producteurs à surmonter les coûts d'investissement initiaux élevés liés à l'investissement dans la production d'électricité hors réseau.

Risques de l'irrigation à énergie solaire

Aucune technologie n'est sans risque. À grande échelle, l'irrigation décentralisée pourrait connaître un succès démesuré ; si la productivité dans une région augmente pour un grand nombre d'agriculteurs, l'amélioration des rendements pourrait faire baisser les prix, à moins que les agriculteurs ne soient capables d'accéder à de nouveaux marchés en mesure d'absorber cette offre accrue.

Un autre risque lié à la faiblesse des coûts récurrents des pompes solaires est qu'en cas de gratuité de l'utilisation de l'eau, il n'existe aucune incitation économique à irriguer de manière prudente. Une expansion de l'irrigation pourrait entraîner des stress pour les ressources en eau douce en encourageant la surextraction et nuire à la santé des sols en augmentant la possibilité d'étendre ou d'intensifier la production.



Recommandations

Les technologies transformatrices présentent un potentiel considérable pour les pratiques agricoles. Bon nombre de ces technologies sont déjà opérationnelles dans des milieux bien financés disposant d'un apport élevé en intrants, et elles commencent également à être déployées dans des milieux pauvres en ressources. Leur pouvoir de transformation repose sur leur capacité à révolutionner la production alimentaire au moyen d'une augmentation de la productivité tout en améliorant la durabilité. Elles pourraient soutenir la production alimentaire sur des terres marginales ou dégradées. Elles pourraient aider les agriculteurs à utiliser plus efficacement les intrants tout en réduisant les dégâts causés à l'environnement ainsi que la surexploitation ou la mauvaise application d'intrants potentiellement polluants, tels que les engrais synthétiques. Néanmoins, les systèmes alimentaires et agricoles durables et inclusifs ne sont pas le fruit du hasard ; ils nécessitent des interventions publiques réfléchies, notamment pour que les petits producteurs et les travailleurs du secteur alimentaire puissent en bénéficier. En l'absence d'une réglementation efficace, la dégradation de l'environnement restera une caractéristique des systèmes alimentaires et agricoles. Lorsqu'elle est bien faite, cependant, l'adoption de ces technologies appuiera la réalisation des Objectifs de développement durable de l'ONU, notamment ceux traitant de la lutte contre la faim, la pauvreté et les changements climatiques.

Quelques-unes de ces technologies transformatrices nécessiteront des interventions politiques spécifiques en fonction des risques individuels qu'elles présentent. À titre d'exemple, en ce qui concerne l'irrigation à énergie solaire, les gouvernements devraient envisager la mise en place d'incitations et d'infrastructures pour encourager les agriculteurs à vendre les excédents d'électricité ou à installer un système d'irrigation au goutte-à-goutte. Ces politiques d'accompagnement empêcheraient la surextraction et encourageraient l'utilisation de systèmes de distribution efficaces. De même, les gouvernements et les institutions financières doivent travailler avec les agriculteurs pour les aider à planifier des stratégies de gestion des risques permettant de faire face à l'éventualité de tensions financières résultant d'une dépression des prix provoquée par une augmentation rapide de la production locale.

Plus généralement, l'application réussie des technologies transformatrices en agriculture exige une variété d'interventions publiques visant à créer un environnement propice à l'adoption de ces technologies et à minimiser les risques potentiels qui leur sont associés.

Voici huit façons pour les gouvernements, les entreprises technologiques, les organisations de producteurs et les institutions financières d'appuyer le changement transformateur :

1. Parler des technologies et de leur potentiel aux petits et moyens producteurs et aux entreprises qui fournissent des intrants et des conseils de vente, ainsi que des services de transformation, de transport et de commercialisation. Comprendre quelles sont les technologies déjà employées, quelles améliorations sont souhaitées et comment la conception et le coût pourraient être gérés afin de protéger l'accessibilité.



2. Collaborer avec les institutions gouvernementales et non gouvernementales dans l'optique de fournir des services d'éducation, de formation et de vulgarisation aux agriculteurs portant sur la conception et la pertinence des nouvelles technologies, y compris quand et comment utiliser les équipements et les données.
3. Surveiller la manière dont les nouvelles technologies contribuent aux objectifs et aux indicateurs de durabilité environnementale, sociale et économique. Le cas échéant, mettre en place des mécanismes de réglementation et de contrôle visant à gérer les risques liés aux nouvelles technologies.
4. Mesurer et suivre les modifications de la structure de l'emploi et veiller à ce que des filets de sécurité sociale adéquats soient fournis là où la mécanisation et l'automatisation réduisent ou redistribuent la main-d'œuvre.
5. Accroître les investissements dans des interventions ciblées pour amorcer la diffusion des nouvelles technologies. Plus précisément, des investissements dans la recherche et le développement et des subventions ciblées octroyées aux consommateurs pour des produits intéressants se justifient, compte tenu des coûts de démarrage élevés associés à de faibles coûts récurrents, car ils permettent de créer un investissement attractif qui nécessite un horizon temporel qui se prolonge au-delà de ce que de nombreux petits producteurs peuvent se permettre.
6. Mettre en place une réglementation relative aux institutions financières portant sur les prêts responsables afin de protéger les petits emprunteurs et établir des programmes d'alphabétisation financière pour réduire leur risque de surendettement.
7. Appuyer le développement et l'adoption des TIC grâce à des investissements généralisés dans le secteur, par exemple en améliorant les infrastructures de télécommunications et d'Internet, et en procédant soit à l'extension du réseau électrique, soit à la mise en place d'énergies renouvelables hors réseau dans les zones rurales.
8. Renforcer les institutions qui testent des produits et leur octroient des licences et assurer des normes et des garanties de service après-vente adéquates.

Si le déploiement des technologies transformatrices dans les pays à revenu faible ou intermédiaire s'accompagne de politiques conformes à celles décrites ci-dessus, ces technologies contribueront alors à la réalisation d'une variété d'objectifs de développement, y compris de nombreux Objectifs de développement durable de l'ONU pour 2030 traitant de la lutte contre la faim, la pauvreté et les changements climatiques. L'occasion est trop importante pour qu'on la laisse passer.



Références

- Beaton, C., Jain, P., Govindan, M., Garg, V., Murali, R., Roy, D., Bassi, A. & Pallaske, G. (2019). *Mapping policy for solar irrigation across the water–energy–food (WEF) nexus in India*. International Institute for Sustainable Development. <https://www.iisd.org/sites/default/files/publications/solar-irrigation-across-wef-nexus-india.pdf>
- Bizikova, L., Brewin, S., Bridle, R., Laan, T., Murphy, S., Sanchez, L., & Smaller, C. (2020). *The sustainable agriculture transition: Technology options for low- and middle-income countries*. International Institute for Sustainable Development. <https://www.iisd.org/sites/default/files/2020-08/sustainable-agriculture-transition-technology.pdf>
- BloombergNEF. (2019). *Battery pack prices fall as market ramps up with market average at \$156/kWh in 2019*. <https://about.bnef.com/blog/battery-pack-prices-fall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156-kwh-in-2019/>
- Carroquino, J., Duflo-Lopez, R., & Bernal-Agustín, J. L. (2015). Sizing of off-grid renewable energy systems for drip irrigation in Mediterranean crops. *Renewable Energy*, 76, 566–574. <http://doi.org/10.1016/j.renene.2014.11.069>
- Cheong, D., Jansen, M., & Peters, R. (Eds.). (2013). *Shared harvests: Agriculture, trade and employment*. International Labour Organization and United Nations Conference on Trade Development. https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/ditctnecd2013d2_en.pdf
- Crown Agents. (2018). *The solar revolution*. <https://www.crownagents.com/wp-content/uploads/2018/07/Solar-Report.pdf>
- International Renewable Energy Agency. (2016). *Solar pumping for irrigation: Improving livelihoods and sustainability*. https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2016/IRENA_Solar_Pumping_for_Irrigation_2016.pdf
- Lazard. (2018). *Lazard's levelized cost of energy analysis – Version 12.0*. <https://www.lazard.com/media/450784/lazards-levelized-cost-of-energy-version-120-vfinal.pdf>
- Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Fonds international de développement agricole, Fonds des Nations Unies pour l'enfance, Programme Alimentaire Mondial, & Organisation mondiale de la Santé. (2020). *L'état de la sécurité alimentaire et de la nutrition dans le monde 2020. Transformer les systèmes alimentaires pour une alimentation saine et abordable*. <https://doi.org/10.4060/ca9692fr>

© 2021 The International Institute for Sustainable Development
Published by the International Institute for Sustainable Development.

This publication is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/).

INTERNATIONAL INSTITUTE FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT

The International Institute for Sustainable Development (IISD) is an award-winning independent think tank working to accelerate solutions for a stable climate, sustainable resource management, and fair economies. Our work inspires better decisions and sparks meaningful action to help people and the planet thrive. We shine a light on what can be achieved when governments, businesses, non-profits, and communities come together. IISD's staff of more than 120 people, plus over 150 associates and consultants, come from across the globe and from many disciplines. Our work affects lives in nearly 100 countries.

IISD is a registered charitable organization in Canada and has 501(c)(3) status in the United States. IISD receives core operating support from the Province of Manitoba and project funding from governments inside and outside Canada, United Nations agencies, foundations, the private sector, and individuals.

Head Office

111 Lombard Avenue, Suite 325
Winnipeg, Manitoba
Canada R3B 0T4

Tel: +1 (204) 958-7700

Website: www.iisd.org

Twitter: [@IISD_news](https://twitter.com/IISD_news)



iisd.org