

Électrifier durablement l'Afrique et l'Asie



Gabrielle DESARNAUD

Mars 2016

L’Ifri est, en France, le principal centre indépendant de recherche, d’information et de débat sur les grandes questions internationales. Créé en 1979 par Thierry de Montbrial, l’Ifri est une association reconnue d’utilité publique (loi de 1901). Il n’est soumis à aucune tutelle administrative, définit librement ses activités et publie régulièrement ses travaux.

L’Ifri associe, au travers de ses études et de ses débats, dans une démarche interdisciplinaire, décideurs politiques et experts à l’échelle internationale.

Avec son antenne de Bruxelles (Ifri-Bruxelles), l’Ifri s’impose comme un des rares *think tanks* français à se positionner au cœur même du débat européen.

Les opinions exprimées dans ce texte n’engagent que la responsabilité de l’auteur.

ISBN : 978-2-36567-539-0

© Tous droits réservés, Ifri, 2016

Couverture : © Anton Balazh/Shutterstock.com

Comment citer cette publication :

Gabrielle Desarnaud, « Électrifier durablement l’Afrique et l’Asie »,
Notes de l’Ifri, mars 2016.

Ifri

27 rue de la Procession 75740 Paris Cedex 15 – FRANCE

Tél. : +33 (0)1 40 61 60 00 – Fax : +33 (0)1 40 61 60 60

E-mail : accueil@ifri.org

Ifri-Bruxelles

Rue Marie-Thérèse, 21 1000 – Bruxelles – BELGIQUE

Tél. : +32 (0)2 238 51 10 – Fax : +32 (0)2 238 51 15

E-mail : bruxelles@ifri.org

Site internet : Ifri.org

Auteur

Gabrielle Desarnaud a rejoint le Centre Énergie de l'Ifri en 2015.

Elle a auparavant travaillé pour Asia Centre à Pékin sur la sécurité énergétique de la Chine, et plus particulièrement sur les défis liés à la dépendance au charbon. Elle a également traité des sujets tels que la réforme du marché du gaz et la politique de développement des énergies renouvelables en Chine.

Gabrielle Desarnaud est titulaire du master International Energy de l'Institut d'études politiques de Paris et du master Sustainable Development de l'Université de Pékin.

Résumé

L'accès à l'électricité fait partie des grands oubliés des Objectifs du Millénaire érigés en 2000. Alors que 1,2 milliard de personnes dépendent encore, quand elles le peuvent, de combustibles fossiles, de biomasse ou de bougies pour s'éclairer, l'électrification des pays en développement constitue un catalyseur de croissance économique. Elle permet aux ménages de réallouer de longues heures de recherche de combustible à d'autres fins, de favoriser le développement de la micro-entreprise à domicile et l'éducation des enfants, et surtout de substituer au kérosène et au diesel, utilisés dans les groupes électrogènes, une énergie moins nocive et meilleur marché.

En 2011, l'ONU lançait l'initiative « Sustainable Energy for All » (SE4All) qui permettait enfin de fédérer des organisations internationales, des banques de développement et des acteurs privés et publics autour d'objectifs communs et bien définis, dont l'électrification universelle avant 2030. En septembre 2015, promouvoir l'accès à une énergie propre est devenu l'une des missions prioritaires des Objectifs du Développement Durable, qui prennent le relais des Objectifs du Millénaire. L'avancement de l'électrification se heurte cependant à de nombreux défis, liés aux capacités institutionnelles des pays concernés, aux cadres législatifs et politiques instables, au manque de données fiables, aux capacités financières limitées des populations dans le besoin, et à la croissance démographique. Les investissements actuels sont aujourd'hui loin d'atteindre les 32 milliards de dollars annuels qui seraient requis selon l'Agence internationale de l'énergie (AIE) pour remplir l'objectif du SE4All.

L'extension du réseau dans les pays en développement, largement privilégiée en raison des attentes des populations et de sa portée politique et sociale, ne rend pas toujours une qualité de service suffisante. Elle nécessite des investissements dans des infrastructures lourdes et onéreuses, et ne peut être rentable dans les zones reculées ou de faible densité de population. Par ailleurs, l'ONU met progressivement en évidence que dans les zones où les connexions sont existantes, les populations desservies sont exposées à des coupures de courant régulières. Le tour de force de la Chine en matière d'extension du réseau confirme que cette solution n'est pas toujours adaptée aux besoins.

Des projets innovants et prometteurs fleurissent pourtant, comme le démontre le cas du Bangladesh. Sur la dernière décennie, des solutions nouvelles et renouvelables de production décentralisée d'électricité ont vu le jour, brisant les barrières technologiques qui rendaient jusque-là ces systèmes trop chers, complexes et peu fiables. Leur essor a été favorisé notamment par une chute de 75 % du prix des modules photovoltaïques depuis 2009 (IRENA, 2015) et de 42 % du prix des batteries depuis 2008. Ces systèmes s'inscrivent dans le cadre d'une nouvelle conception de l'électrification fondée sur une ascension graduelle de « l'échelle énergétique », dont le premier niveau correspond à un accès minimal à l'électricité permettant d'alimenter quelques lampes. Si cette approche ne permet pas d'obtenir une qualité de service similaire à celle théoriquement obtenue par l'accès au réseau, elle a l'intérêt de procurer rapidement un service de base à aux ménages et leur permettre de réaliser des économies considérables.

Peu répandus jusqu'à présent, les systèmes hors réseau et les mini-réseaux gagnent en soutien dans un contexte de profonde réflexion sur la conception de nos systèmes énergétiques, qui pousse les gouvernements locaux à envisager des solutions innovantes et durables, face au défi de la pauvreté et du réchauffement climatique. De nombreuses barrières doivent cependant être levées afin de créer les conditions d'un marché pérenne et d'engager la contribution du secteur privé.

Sommaire

INTRODUCTION	6
PAUVRETÉ ÉNERGÉTIQUE : PRISE DE CONSCIENCE D'UN ENJEU MAJEUR	8
Entre progrès et stagnation	8
Des co-bénéfices considérables	11
Forte incertitude sur les besoins d'investissement.....	12
REPENSER L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ : ENTRE EXTENSION DU RÉSEAU ET SOLUTIONS DÉCENTRALISÉES.....	16
L'extension du réseau : une option nécessaire mais limitée	16
L'émergence des systèmes décentralisés renouvelables	19
ENSEIGNEMENTS RETENUS DES CAS D'ÉTUDE	27
CONCLUSION	29
ANNEXES.....	31
Annexe 1 : Options hors réseau renouvelables pour les zones reculées	31
Annexe 2 : Corrélation entre consommation d'électricité et indice de développement humain	32

Introduction

L'année 2015 a marqué la date butoir des Objectifs du Millénaire pour le Développement¹ qui ont fédéré depuis septembre 2000 quelque 193 nations dans un mouvement de lutte commun contre la pauvreté. Si des progrès spectaculaires ont été réalisés dans certains domaines, la question de l'accès à l'énergie n'y était alors abordée que de manière indirecte et non comme un facteur de développement humain. Or ces quinze dernières années ont démontré que promouvoir l'accès à l'énergie permettait non seulement d'agir directement sur la pauvreté, mais aussi de faire progresser des paramètres sociaux plus difficiles à évaluer tels que l'égalité homme-femme.

En 2013, encore 1,2 milliard de personnes n'avaient pas accès à l'électricité (AIE, 2015) et près de 2,7 milliards de personnes étaient dépendantes de combustibles de cuisson dangereux pour la santé et l'environnement². Bien que des institutions internationales comme la Banque mondiale ou le Programme des Nations Unies pour le Développement (PNUD) aient débuté leurs efforts pour améliorer l'accès à l'électricité vers le milieu des années 1980, une réelle mobilisation internationale n'a vu le jour que 20 ans plus tard. En 2011, l'ancien secrétaire général de l'ONU Kofi Annan lançait l'initiative « Sustainable Energy for All » (SE4All) qui rassemble aujourd'hui 101 pays et l'Union Européenne afin d'atteindre l'accès universel à l'énergie d'ici 2030, de façon soutenable et durable. Cette prise de position a permis d'élever le débat sur le plan international et d'en étendre considérablement la portée. Un an plus tard en effet, l'électrification était formellement identifiée lors de la Conférence Rio+20 comme une dimension critique du processus de développement. L'engagement récent de personnalités comme Jean-Louis Borloo en France sur ces questions est un symbole politique fort qui démontre d'une prise de conscience croissante. Les Objectifs du

1. Les Objectifs du Millénaire pour le Développement sont huit objectifs adoptés en 2000 par 193 États membres de l'ONU qui sont convenus de les atteindre pour 2015. Ils ont eu pour vocation d'organiser la communauté internationale autour d'objectifs communs de lutte contre la pauvreté, l'éradication de certaines maladies, l'éducation et l'égalité des genres. (pour en savoir plus : <<https://fr.wikipedia.org>>)

2. Calcul d'après l'AIE Biomass Database, 2014.

Développement Durable³, successeurs des Objectifs du Millénaire, intègrent désormais la composante énergétique de la pauvreté comme un élément à part entière, avec une place centrale accordée à l'accès à l'énergie (dont l'accès à l'électricité) pour tous d'ici 2030.

L'année 2015 a aussi été celle des négociations climatiques, avec la signature à Paris d'un nouvel accord international en décembre. Alors que les agendas des institutions internationales et des banques multilatérales de développement reconnaissent l'accès à l'énergie comme un pivot du développement, il est important de souligner sa place au sein du défi que représente le changement climatique. Le système énergétique mondial est responsable de 60 % des émissions de gaz à effet de serre (IPCC, 2012), et la transition énergétique devra aussi pénétrer les zones en développement encore dépourvues de services énergétiques fiables et accessibles à tous. L'essor de systèmes de production d'électricité déconnectés du réseau et renouvelables permet justement d'envisager l'électrification à venir sous un nouvel angle.

Cette note détaillera dans un premier temps les enjeux de l'accès à l'électricité et les contraintes qui jusqu'à présent ont limité sa progression. La seconde partie s'attachera à démontrer, notamment par le biais de deux cas d'étude, que différentes approches de l'électrification sont possibles et que les sources d'énergie décentralisées permettent de repenser son développement, et ce de manière durable.

3. Les Objectifs du Développement Durable, portés par l'ONU en remplacement des Objectifs du Millénaire pour le Développement, ont pour but la poursuite de l'éradication de la pauvreté et le développement international. Portant sur la période fin 2015-2030, ils se divisent en 17 objectifs incluant désormais une composante environnementale et énergétique très perceptible. Pour en savoir plus : <www.undp.org>.

Pauvreté énergétique : prise de conscience d'un enjeu majeur

Entre progrès et stagnation

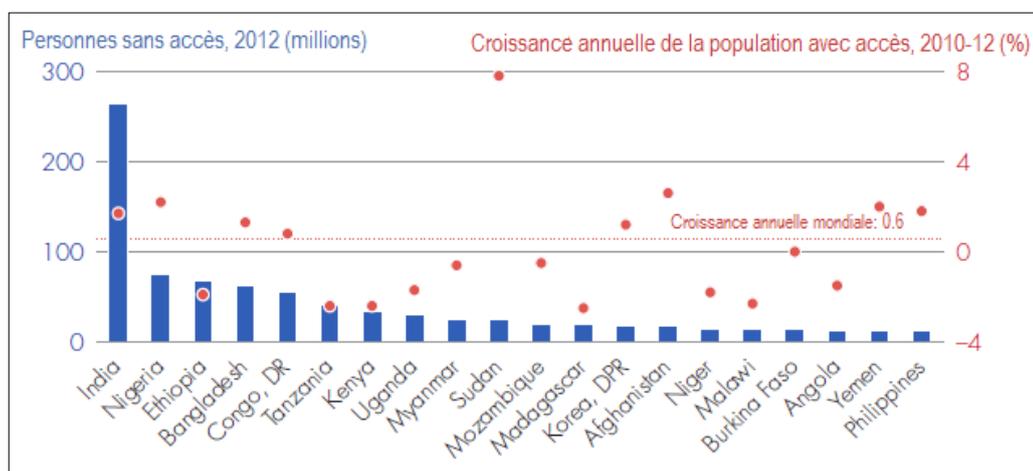
La pauvreté énergétique est une réalité multidimensionnelle, faisant référence à la fois à l'accès à l'électricité, aux combustibles fossiles et aux moyens de cuisson modernes. Avoir l'accès à l'énergie implique que celle-ci soit abordable, fiable et de qualité, assurant au foyer un niveau minimum de consommation lui permettant de subvenir à ses besoins.

Le défi de l'accès à l'énergie est plus régulièrement abordé par les États, les institutions internationales et les entreprises sous l'angle de l'accès à l'électricité en raison du caractère politique de cette dernière, mais aussi du rôle qu'elle joue dans la croissance industrielle et agricole d'un pays. Cette étude portera spécifiquement sur l'accès à l'électricité pour les ménages, sachant que l'électrification pour les services communautaires (administration, hôpitaux, écoles...) suit en général les mêmes évolutions. La précarité actuelle en matière d'accès à des moyens de cuisson modernes n'en reste pas moins un facteur de mortalité, de morbidité et de pauvreté important, auquel s'ajoute un impact environnemental non négligeable.

L'Afrique subsaharienne et l'Asie concentrent à elles seules 95 % de la population sans accès à l'électricité (AIE, 2015), soit environ 600 millions de personnes sur chaque continent. Mais compte tenu de son poids démographique, le taux d'électrification est bien plus élevé en Asie qu'en Afrique.

Entre 2010 et 2012, l'électrification au niveau mondial a progressé de 0,6 % par an : certains pays ont fortement amélioré l'accès à l'électricité de leur population comme le Soudan, alors que d'autres ont régressé, principalement en Afrique.

Schéma 1 : Progression de l'accès à l'électricité par pays entre 2010 et 2012, et pauvreté énergétique en 2012



Source : d'après SE4All Global Tracking Framework 2015.

Il s'agit d'un progrès considérable puisque durant cette période 222 millions de personnes ont accédé à l'électricité, auxquelles il faut ajouter 84 millions de plus rien que sur l'année 2013. Cependant, selon le scénario de référence du World Energy Outlook 2015 (New Policies Scenario ou NPS), fondé sur les politiques énergétiques en cours ou fermement annoncées par les gouvernements, 810 millions de personnes seront toujours sans électricité d'ici 2030, une estimation revue à la baisse par rapport à celle annoncée en 2012⁴.

L'Afrique est la région la plus vulnérable, avec un taux de croissance de l'électrification qui reste bien inférieur à celui de la croissance démographique, et où seule 18 % de la population rurale peut s'éclairer (contre 74 % en Asie rurale) sur une moyenne régionale de 32 % (AIE, 2015).

Les zones rurales sont les plus défavorisées, avec un taux d'électrification mondial en 2012 qui n'atteignait que 68 %, contre 94 % en zone urbaine (SE4All, 2015). Cependant le maintien d'un service électrique de qualité dans les villes est remis en cause par la croissance démographique et l'exode rural. L'Afrique ne comptait en 2014 que 37 % de population urbaine dont plus de la moitié occupait des bidonvilles⁵ avec un accès à l'électricité précaire ou inexistant. Cette proportion en elle-même

4. Le « World Energy Outlook 2012 » prévoyait 969 millions de personnes sans accès à l'électricité en 2030.

5. Pour en savoir plus : <www.afdb.org>.

représente un défi d'électrification considérable, mais il faut également prendre en compte que la population urbaine en Afrique subsaharienne triplera d'ici 2050, avec un taux de croissance annuel moyen de 3,4 %, loin devant les taux de croissance de l'électrification.

En outre, il est reconnu depuis peu que la définition de l'accès à l'électricité est encore imparfaite. L'évaluation du taux d'électrification d'une zone s'appuie sur la présence des réseaux électriques et le nombre d'interconnexions, en faisant l'hypothèse que si les unités de génération d'électricité sont raccordées au réseau et qu'il y a effectivement production d'électricité, alors l'accès à l'électricité est assuré. Or selon une étude de l'ONU, certaines villes comme Kinshasa, qui affichent des taux d'électrification importants (90 %) ne fournissent en fait de l'électricité que quelques heures par jour en raison de problèmes d'approvisionnement, de maintenance ou de gestion de la demande (SE4All, 2015). En résulte une dépendance accrue envers des générateurs souvent inefficaces et alimentés à prix d'or en kérosène ou en diesel, qui font monter le coût de la facture énergétique des foyers. Les nouvelles méthodes de calcul multifactorielles (huit facteurs sont pris en compte dans l'approche Global Tracking Framework de l'ONU) mettront du temps à voir le jour, mais devraient permettre une évaluation plus fine des investissements à réaliser, même là où les connexions existent déjà. Ainsi, l'amélioration de l'accès à l'électricité dans les villes pourrait se révéler bien plus complexe et onéreuse qu'initialement envisagée.

Afin de mieux mesurer l'accès réel à l'électricité, certains considèrent aujourd'hui un indicateur plus précis que le taux d'électrification : celui du niveau d'électricité minimal nécessaire à un foyer. Selon l'AIE, la Banque mondiale et l'initiative SE4All, le minimum d'électricité permettant d'utiliser quelques appareils essentiels au quotidien (lampes, téléphone portable, ventilateur, radio et/ou téléviseur, selon la durée d'utilisation) se situe autour de 250 kWh par an pour un foyer⁷ rural et 500 kWh pour un foyer urbain. À titre de comparaison, un Africain (hors Afrique du Sud) ne consomme en moyenne que 162 kWh par an (avec d'énormes disparités au sein d'un même pays), contre 7 000 kWh pour le reste du monde (Africa Progress Panel, 2015). Plusieurs autres estimations existent selon les critères retenus (BAD, 2015a). Le Sierra Club⁸ considère par exemple que

6. Calcul du taux de croissance et taux de croissance annuel moyen d'après les données et estimations du Department of Economic and Social Affairs – United Nations, accessibles depuis : <<http://esa.un.org>>.

7. En considérant un foyer de cinq personnes.

8. Première ONG dédiée à la protection de l'environnement fondée en 1892 au États-Unis, aujourd'hui engagée dans la promotion des énergies renouvelables.

les standards de l'AIE dépassent les besoins primaires à combler d'urgence comme l'éclairage, qui pourrait être satisfait pour une fraction de ces kWh à condition d'utiliser des appareils hautement efficaces.

Des co-bénéfices considérables

L'électrification est depuis peu reconnue comme un catalyseur du développement économique. Elle permet d'augmenter les rendements agricoles des exploitations familiales, accroître le nombre d'heures d'éducation, améliorer le pompage de l'eau, les conditions sanitaires des ménages... Mais c'est aussi, pour les huit Africains sur dix qui possèdent un téléphone portable, la garantie de pouvoir communiquer, accéder aux nouvelles sources de crédit et de paiement qui connaissent un essor phénoménal sur le continent grâce aux technologies mobiles. Autant de gains qui ont un effet levier sur la consommation des foyers et leur niveau de vie. Chaque dollar investi dans le secteur électrique en Afrique subsaharienne pourrait ainsi se traduire par une hausse consécutive de 15 \$ du PIB (AIE, 2015a).

Dans certains pays disposant d'infrastructures inefficaces et d'alternatives énergivores, le coût de l'énergie est particulièrement élevé. Le nord du Nigeria paye par exemple le prix de l'électricité le plus élevé au monde (60 fois plus qu'un New-Yorkais), alors qu'en moyenne un foyer africain dépense 10 \$ par kWh (Africa Progress Panel, 2015).

La vétusté des réseaux pèse également sur les entreprises. En Asie et en Afrique subsaharienne, les coupures de courant peuvent durer jusqu'à 12 heures par jour et entraînent une perte moyenne de 7 % à 13 % d'heures de travail. Le coût de ces coupures s'élèverait à 9 000 \$ par an en moyenne en Afrique, et plus du double en Asie du Sud (Iarossi, 2009). En Asie, près de 50 % des entreprises manufacturières possèdent un groupe électrogène, contre 38 % en Afrique où le coût d'acquisition est plus élevé. Dans les deux cas, 60 % des entreprises dont la production est destinée à l'export ont investi dans un générateur⁹. Ces générateurs de secours auraient répondu en 2012 à 16 TWh de la demande d'électricité subsaharienne, pour un coût total de cinq milliards de dollars, soit un prix du MWh autour de 310 \$ (AIE, 2014a)¹⁰.

9. Banque mondiale, World Bank Enterprises Surveys. Pour en savoir plus : <www.enterprisesurveys.org>.

¹⁰. Entre \$ 255/MWh (pour un prix du diesel de \$ 0,75/litre) et \$ 330/MWh (pour un prix du diesel à \$ 1/litre).

L'effet potentiel de l'électrification universelle sur le climat est une préoccupation forte dans les pays développés, qui exercent une pression croissante sur les pays en développement afin qu'ils inscrivent leur croissance économique dans le processus de transition énergétique. Pourtant, les travaux de l'AIE montrent qu'atteindre l'électrification universelle provoquerait une augmentation de la demande mondiale d'énergie d'ici 2030 supérieure de 1 % seulement à celle du scénario de référence (NPS), et donc une augmentation relativement faible des émissions de CO₂ (AIE, 2012). L'Inde a par exemple massivement développé ses services énergétiques entre 1981 et 2011, pour fournir l'électricité à 650 millions de personnes. Cet effort d'électrification n'a pourtant contribué à augmenter que de 3 à 4 % les émissions de CO₂ du pays, soit 50 millions de tonnes (Pachauri, 2014). Ces estimations restent extrêmement difficiles à réaliser, mais pour la Banque mondiale, les émissions supplémentaires seraient compensées par des gains accrus d'efficacité énergétique, une meilleure gestion des ressources en biomasse et la mise hors service de générateurs à faible rendement. En parallèle, les renouvelables connaîtront un essor important, notamment en Afrique où elles représenteront 44 % de la capacité électrique installée d'ici 2040 (AIE, 2014a)¹¹.

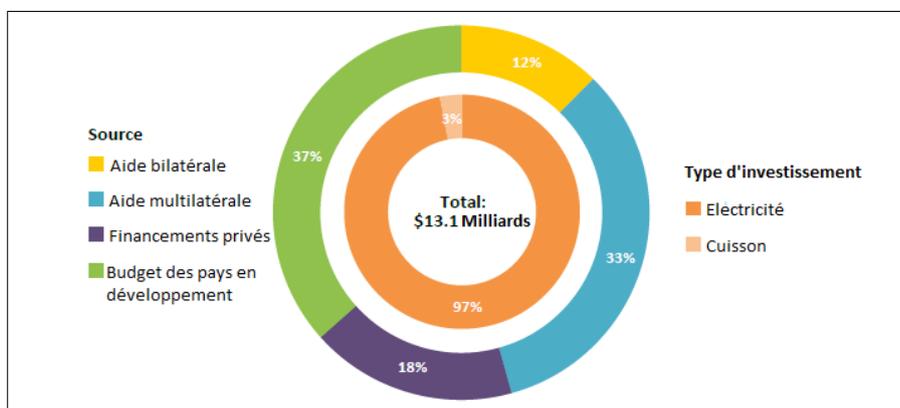
Forte incertitude sur les besoins d'investissement

Selon le scénario de référence de l'AIE, 14 milliards de dollars d'investissements par an devraient permettre à 1,7 milliard de personnes d'accéder à l'électricité d'ici 2030. Mais au rythme de croissance démographique prévu pour les 15 ans à venir, le nombre de personnes sans électricité en Afrique subsaharienne augmentera de 11 % d'ici 2030. Atteindre l'électrification universelle nécessiterait 602 milliards de dollars d'investissements supplémentaires sur la même période pour financer l'extension du réseau et les systèmes hors réseau. Ces montants ne prennent pas en compte les investissements nécessaires afin de rénover ou remplacer les lignes de distribution dégradées. Les données sur la qualité de service fournie dans les zones qui affichent un taux d'électrification élevé (tel que dans le cas de Kinshasa cité plus haut) sont encore trop disparates pour évaluer de manière fiable l'ampleur des rénovations et des améliorations à réaliser.

11. Discours d'Akinwumi A. Adesina, président de l'AfDB au High-Level Consultative Stakeholder Meeting, sur le New Deal on Energy for Africa, à Abidjan (Côte d'Ivoire), accessible sur : <www.afdb.org>.

Pourtant, les investissements dans les projets liés à l'accès à l'énergie restent aujourd'hui largement insuffisants. L'initiative SE4All a par exemple remporté 320 milliards de dollars d'engagements de la part de banques de développement, d'entreprises, de fonds d'investissement ou d'ONG lors du sommet de Rio+20. Cependant, seulement 32 milliards de dollars parmi les promesses d'investissements concernent des projets directement liés à l'accès à l'énergie. Le reste est dédié à l'efficacité énergétique et au développement des énergies renouvelables dans le cadre de projets qui ne répondent pas nécessairement aux enjeux de pauvreté énergétique, bien qu'ils y contribuent indirectement et sur le long terme (AIE, 2012). En 2013, seulement 12,7 milliards de dollars ont été investis dans des projets d'accès à l'électricité¹². Ce résultat est bien loin des 32 milliards annuels nécessaires¹³ pour atteindre 100 % d'électrification dans les 15 ans à venir. Les banques multilatérales d'investissement sont les premiers contributeurs, suivies des États et beaucoup plus loin, du secteur privé.

Schéma 1 : Investissements pour l'accès à l'énergie par type et par source en 2013



Source : World Energy Outlook 2015.

Un certain nombre d'initiatives témoignent pourtant d'une dynamique réellement enclenchée. Par exemple, le président de la Banque africaine de développement (BAD) Akinwumi Adesina a récemment souligné qu'allouer 10 % des taxes collectées sur le continent africain au

¹². Calcul d'après estimations du World Energy Outlook 2015 (p. 106), soit 3 % de 13,1 milliards.

¹³. Calcul à partir des estimations de l'AIE : 602 milliards supplémentaires nécessaires entre 2011 et 2030 pour l'électrification universelle

développement des énergies renouvelables, soit 500 milliards de dollars par an, serait essentiel à la réussite des objectifs du continent en matière d'électrification¹⁴, et pousserait les pays africains à s'approprier pleinement les projets de développement sur leur sol.

Des initiatives comme l'Africa Progress Panel¹⁵ et Énergies pour l'Afrique¹⁶, mettent en avant le rôle des fonds publics qui doivent avant tout agir comme un signal d'appel au secteur privé. L'agence américaine USAID a d'ailleurs démontré que cette logique pouvait porter ses fruits même sur des marchés pauvres : chaque dollar investi par le gouvernement américain par le biais de Power Africa a permis de lever trois dollars d'investissements du secteur privé¹⁷.

Par ailleurs, une étude du Lawrence Berkeley Laboratory et du Sierra Club démontre que les progrès réalisés en matière d'efficacité énergétique permettraient de fournir un accès à l'énergie acceptable pour seulement 14 milliards de dollars par an jusqu'en 2030, en s'appuyant sur le développement des systèmes renouvelables décentralisés (Craine & Mills, 2014).

Ainsi, au Ghana, l'élaboration d'une politique d'efficacité énergétique fondée sur la mise en place de standards minimums pour les appareils électroniques et le passage aux ampoules fluocompactes¹⁸ a permis au pays de faire l'économie de 840 millions de dollars d'investissement en capacités supplémentaires, qui auraient servi non pas à répondre aux besoins des foyers sans électricité, mais seulement à pallier les surcharges du réseau existant (AIE, 2015).

En effet, un panneau solaire de 40 W permet d'alimenter une lampe à incandescence de 25 W durant cinq heures. Remplacer cette ampoule classique par les appareils les plus efficaces du marché permettrait à la place d'alimenter deux LED durant cinq heures ainsi qu'une télévision, un ventilateur, un chargeur de téléphone mobile et une radio durant trois heures (Global Leap, 2015). Si cette approche a effectivement un sens économique, elle reste techniquement difficilement réalisable dans

¹⁴ Pour en savoir plus : <www.newtimes.co.rw>.

¹⁵ Présidé par l'ancien Secrétaire général des Nations Unies, Kofi Annan.

¹⁶ Fondation présidée par l'ancien ministre, Jean-Louis Borloo.

¹⁷ Pour en savoir plus : <www.usaid.gov>.

¹⁸ Les fourchettes d'efficacité sont larges, mais une ampoule fluocompacte consomme environ 5 fois moins d'électricité qu'une ampoule à incandescence de même puissance, et dure jusqu'à sept fois plus longtemps. Les LED permettent d'économiser jusqu'à 90 % d'énergie par rapport à une ampoule classique et durent jusqu'à 40 fois plus longtemps. Pour en savoir plus : <www.presse.ademe.fr>.

certaines zones. Plus onéreux, les produits électroniques ou les appareils ménagers efficaces sont rarement proposés dans les marchés des pays en développement. L'hypothèse selon laquelle l'efficacité énergétique peut apporter à un foyer un large confort avec un système hors réseau de faible capacité suppose de développer des segments entiers de marché – inexistant dans certains pays en développement – mais représente bel et bien une opportunité à saisir.

D'autres acteurs sont plus optimistes sur l'avenir de l'électrification, comme Global Off-Grid Lighting Association (GOGLA)¹⁹ qui estime dans une lettre ouverte à la Banque mondiale que 500 millions de dollars devraient suffire pour permettre à ce secteur de s'affranchir de la logique philanthropique et créer un marché de solutions hors réseau robuste²⁰.

Il ressort alors que l'enjeu des investissements ne porte pas fondamentalement sur les montants envisagés, mais plutôt sur le type d'investissement à réaliser. Privilégier l'extension des réseaux dans les zones reculées et faibles en densité de population et où les habitants ont des capacités de financement très faibles, rendent les projets d'électrification difficilement rentables. Les enjeux de gouvernance et le manque de structures compétentes sur place font peser un risque supplémentaire sur les investisseurs potentiels, malgré des perspectives économiques encourageantes, notamment dans le secteur naissant des énergies décentralisées renouvelables.

¹⁹ Association représentant des industries et institutions majeures de l'éclairage hors réseau dont l'IFC, d.light, Canadian Solar, Total, Philips...

²⁰ Pour en savoir plus : <www.global-off-grid-lighting-association.org>.

Repenser l'accès à l'électricité : entre extension du réseau et solutions décentralisées

Deux approches permettent donc de répondre à la pauvreté énergétique :

- ▀ la première suggère que les investissements doivent immédiatement pourvoir un niveau relativement élevé de consommation. Elle se traduit par une extension du réseau national et l'augmentation d'unités de génération centralisées (fossiles ou renouvelables) ;
- ▀ la deuxième favorise quant à elle un accès graduel fondé sur l'idée qu'un niveau d'électrification minimal permet de changer la vie d'un foyer et de réaliser des gains économiques essentiels le temps d'accéder à un service plus complet.

L'extension du réseau : une option nécessaire mais limitée

L'extension des réseaux électriques nationaux a longtemps dominé la politique énergétique des pays en développement, mais soulève des défis significatifs.

Tout d'abord, l'accès au réseau est souvent lié à l'installation de capacités de génération ayant recours aux énergies fossiles. Les pays qui possèdent des ressources domestiques importantes de charbon, comme l'Inde, risquent d'investir massivement dans des centrales thermiques à charbon pour alimenter un réseau en pleine croissance. Les énergies renouvelables centralisées deviennent certes compétitives dans certaines zones, cependant leur déploiement à grande échelle se heurte à de nombreux obstacles, notamment dans des pays où le réseau n'est pas adapté pour gérer leur intermittence.

Ensuite, l'extension du réseau n'est pas une option qui se justifie toujours sur le plan économique. Le raccordement au réseau ne peut être rentable dans les zones faiblement peuplées, et est préjudiciable quant à la

qualité de service qui peut être assurée sur le long terme. L'expérience montre que les pays en développement qui privilégient l'extension du réseau national ne sont pas forcément en mesure de l'entretenir par la suite, ni d'augmenter les capacités de génération pour assurer la fourniture d'électricité aux foyers nouvellement connectés. Étendre ce réseau et le renforcer à mesure que la population croît est un défi tout aussi difficile à relever.

L'investissement dans de nouvelles capacités de génération et dans des infrastructures lourdes est indispensable et assurera la majeure partie du service électrique des centres urbains. Mais au-delà des difficultés mentionnées ci-dessus, l'extension d'un réseau électrique peut prendre des années alors que les systèmes de production d'électricité hors réseau et mini-réseaux requièrent des infrastructures flexibles, qui peuvent être déployées facilement. Ainsi, il est essentiel de promouvoir les systèmes décentralisés et durables dans certaines zones afin d'éviter l'engagement dans des capacités centralisées, qui retarderont l'accès à l'énergie pour les foyers isolés et ne seront pas adaptées aux enjeux environnementaux actuels.

La Chine : exemple ou contre-exemple ?

Malgré un poids démographique considérable et 9,6 millions de kilomètres carrés de territoire, une soixantaine d'années auront été nécessaires pour que la Chine atteigne un taux d'électrification de 100 % dans les villes et 99 % dans les campagnes. L'engagement particulièrement important du gouvernement en faveur de l'électrification rurale à partir des années 1980 a joué un rôle décisif dans ce succès.

L'électrification de la Chine depuis l'avènement de la République populaire de Chine en 1949 a été marquée par l'intervention de plus en plus significative du gouvernement, pour en devenir l'investisseur et le planificateur principal depuis le début des années 2000. Le réseau, particulièrement en zone rurale était alors vieillissant, mal élaboré, avec pour conséquence des coupures de courant répétées. Peu de données sont cependant disponibles sur l'état du secteur électrique chinois avant 1950. En raison des politiques de développement des années 1950, la priorité a été donnée à la sécurité d'approvisionnement pour les foyers urbains et l'usage industriel. Par conséquent, l'écart entre la consommation d'électricité urbaine et rurale s'est creusé au point que les zones rurales représentaient seulement 0,66 % de la consommation d'électricité nationale en 1957, et 50 % de la population rurale n'avait toujours pas accès à l'électricité en 1978, soit 13,3 % de la demande

nationale (Yang, 2003).

Afin de pallier l'insécurité du réseau, uniformiser les prix de l'électricité et électrifier les zones rurales, le gouvernement lançait en 1988 une réforme du système électrique, investissant près de 50 milliards de dollars en rénovation du réseau sur sept ans, permettant notamment de réduire les pertes sur les lignes haute tension à 10 %. De 100 GW de capacité électrique installée en 1989, la Chine est passée à plus de 900 GW en 2009, période durant laquelle le taux d'électrification a dépassé les 99 %. L'extension du réseau a de longue date été l'option favorisée en Chine, même pour l'électrification rurale, et le pays opère désormais le plus long réseau de lignes à haute tension du monde. Là où d'autres solutions ont été nécessaires, elles ont principalement été considérées comme des mesures temporaires.

Entre 1998 et 2010, le gouvernement chinois a investi pas moins de 58,7 milliards de dollars en construction de centrales électriques en zones rurales²¹, avec le soutien de la Banque mondiale et du Fonds pour l'environnement mondial. Malgré le succès de l'extension du réseau et la volonté affichée du gouvernement d'en fournir les services à la totalité de sa population, certaines zones montagneuses et reculées de Chine ne pouvaient être atteintes de cette manière, alors que d'autres pâtissaient fortement d'un service de mauvaise qualité. Le « Brightness Programme » lancé en 1996 par le gouvernement chinois a eu alors pour but de fournir de l'électricité par des petits systèmes hydrauliques et solaires à 23 millions de personnes qui ne pouvaient être électrifiées par le réseau. Il fut suivi du « Township Electrification Programme » en 2002. Dans les zones où les programmes hydrauliques ont été mis en place, le taux d'électrification est passé de 40 % en 1980 à près de 100 % en 2008. Le 10^e plan quinquennal a par ailleurs alloué 17 milliards de dollars à la poursuite de cette stratégie (Chen, 2009). Le programme Golden Sun a également permis de déployer des mini-réseaux de 500 MW.

De 2001 à 2006, quatre millions de personnes ont gagné un premier accès à l'électricité par le biais de l'extension du réseau et l'installation de capacités renouvelables décentralisées, une marque certaine d'une volonté politique forte et soutenue. L'électrification des campagnes par l'extension du réseau a néanmoins été extrêmement coûteuse pour les générateurs d'électricité qui ont dû répondre à une demande faible et dispersée tout en supportant le coût des kilomètres de ligne. Les coûts opérationnels prohibitifs ont contribué à décourager les investisseurs privés et étrangers potentiels. Cependant l'aspect politique et social de l'extension du réseau a motivé la poursuite de cette

²¹ Pour en savoir plus : <news.xinhuanet.com>.

stratégie malgré des coûts de construction et de maintenance excessifs ainsi que les pertes de transmission. Les frais de transmission collectés sont en partie dédiés à la maintenance mais se révèlent insuffisants (Luo, 2004).

Les programmes d'électrification décentralisée ont également eu des effets mitigés en raison d'une mauvaise évaluation des besoins, du peu d'implication des populations bénéficiaires, ou de l'absence de programme d'entretien, et l'extension du réseau est restée l'option préférée des gouvernements locaux et des populations.

En 2004, 2005 et 2011 les coupures ont été fréquentes et particulièrement longues dans le sud du pays ce qui montre le défi d'une telle approche, sans oublier l'indispensable « guerre contre la pollution » qu'elle engendre aujourd'hui. Les dégâts humains et environnementaux liés à l'exploitation et la consommation de charbon qui alimente les centrales thermiques à faible rendement construites durant la période d'électrification sont considérables et coûtent à la Chine une part notable de son PIB chaque année selon l'Académie des Sciences de Chine (Cole, 2014). Il faut néanmoins reconnaître que l'essor fulgurant des capacités renouvelables centralisées soulève également de nombreux défis pour le réseau chinois (délais de raccordement, difficultés de gestion de l'intermittence...). Le choix de développer le réseau en priorité a soutenu la croissance des centres urbains et industriels, mais la gestion de telles infrastructures dans les campagnes reste un défi constant qui nécessite des moyens et des capacités institutionnelles très développés. Soulignons enfin que ces programmes ont été mis en œuvre à une époque où mis à part les petits systèmes hydroélectriques, les systèmes hors réseau et mini-réseaux étaient encore peu développés et relativement inefficaces.

L'émergence des systèmes décentralisés renouvelables

Les avancées technologiques et la baisse progressive du coût des mini-réseaux et systèmes hors réseau renouvelables ont rendu ces alternatives compétitives et plus faciles à déployer en zone rurale que le réseau traditionnel. Ils sont parfois critiqués pour leur manque de puissance qui certes limite le développement d'une activité économique soutenue, mais permet de gravir « l'échelle énergétique » et de réaliser des gains économiques considérables aux foyers. Dans un contexte de pauvreté énergétique extrême, ce sont les premiers kWh qui ont l'impact le plus significatif sur le niveau de vie des ménages. Ainsi, on observe une nette corrélation entre l'augmentation de la consommation d'électricité et

l'amélioration de l'indice de développement humain (IDH)²². Au-delà de 2 500 kWh de consommation par an et par personne cependant, toute augmentation de la consommation d'électricité affecte très faiblement l'IDH (annexe 3). Privilégier l'expansion des systèmes hors réseau sera plus à même d'améliorer la qualité de vie dans un court laps de temps que le raccordement du réseau, même dans les zones suburbaines où la qualité de service fournie par le réseau est médiocre.

Tableau 1 : Les niveaux de l'échelle énergétique des ménages selon le type d'appareil utilisé

Niveaux de l'échelle énergétique		Niveau 0	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Niveau 4	Niveau 5
Tâches à effectuer par niveau de consommation			Éclairage succinct et chargement de téléphone	Éclairage, télévision et ventilateur (si besoin)	Critères du N2 + appareil de moyenne puissance	Critères du N3 + appareil à consommation élevée	Critères du N4 + appareil à consommation très élevée
Type d'appareils	Liste indicative		Appareils à consommation très faible	Appareils à consommation faible	Appareils à consommation moyenne	Appareils à consommation forte	Appareils à consommation très forte
	Éclairage		Éclairage ponctuel	Éclairage général du foyer	Éclairage général du foyer	Éclairage général du foyer	Éclairage général du foyer
	Communication		Chargement de portable, radio	N1+ Télévision, ordinateur	N1+N2+ Imprimante	N1+N2+ Imprimante	N1+N2+ Imprimante
	Chauffage et climatisation			Ventilateur	N2 + Climatiseur	N2 + Climatiseur	N4 + Climatisation, chauffage*
	Réfrigération				Réfrigérateur	Réfrigérateur*	Réfrigérateur

²² Pour en savoir plus : <<http://hdr.undp.org/>>

	Appareil mécanique				Pompe à eau, robot ménager, machine à laver	Pompe à eau, robot ménager, machine à laver	Pompe à eau, robot ménager, machine à laver
	Cuisson				Cuiseur de riz	N3 + Micro-ondes	N4 + Cuisinière électrique
	Appareils chauffants					Fer à repasser, sèche-cheveux	N4 + Chauffe eau
Consommation annuelle par niveau (Kwh par an)		≤ 4,5	≥ 4,5	≥ 73	≥ 365	≥ 1 250	≥ 3 000

*Usage intermittent

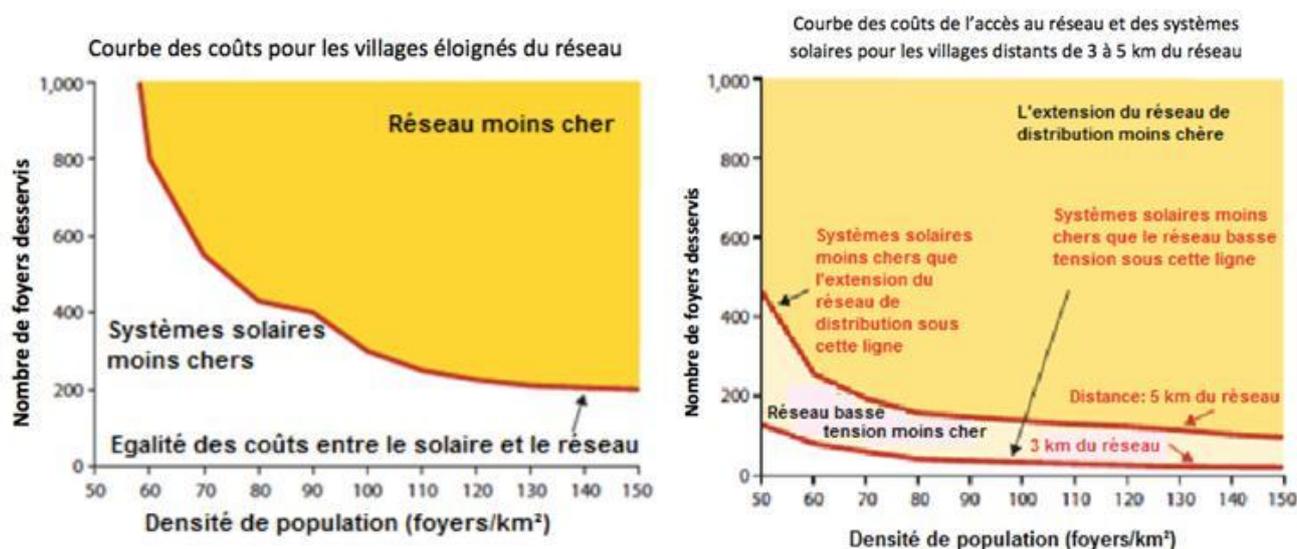
Source : Banque asiatique du développement, 2015.

C'est ainsi que 70 % des foyers en situation de pauvreté énergétique dans les zones rurales ont intérêt à se tourner vers ces solutions alternatives pour accéder à l'électricité d'ici 2030 (AIE, 2013). Selon l'AIE, 65 % de mini-réseaux et 35 % de solutions hors réseau seront à envisager dans les campagnes reculées. Les solutions hors réseau renouvelables pourraient ainsi fournir de l'électricité à un coût situé entre 4 % et 20 % de celui engendré par un raccordement au réseau²³ (Carbon Tracker Initiative, 2014). En 2011, le coût d'approvisionnement pour un ménage qui faisait le choix d'un système solaire individuel en Asie du Sud-Est se situait entre 0,15 et 0,65 \$ par kWh (Banque mondiale, 2011), pour un bénéfice allant jusqu'à 1 \$/kWh. Depuis, le prix de ces systèmes a encore diminué alors que leur efficacité a augmenté. La plupart des pays en développement ont déjà recours à des systèmes décentralisés de secours fonctionnant au kérosène ou au diesel (générateurs) mais ils sont chers, polluants et nécessitent un approvisionnement en combustible qui peut s'avérer

²³ Pour une consommation de 1,6 kWh/jour, soit les services basiques d'éclairage et d'utilisation d'appareils de faible consommation (tableau 1).

difficile. Ils sont donc pour la plupart voués à être remplacés ou adaptés pour fonctionner en combinaison avec des mini-réseaux renouvelables.

Schéma 2 : Coût de l'extension du réseau de distribution et des systèmes solaires photovoltaïques hors réseau selon la densité de population et la distance au réseau



Source : d'après la Banque mondiale, 2011.

Certains analystes prévoient que le marché de l'électrification hors réseau renouvelable connaîtra une croissance de 26 % par an pour atteindre 12 milliards de dollars de ventes en 2030 (Craine, Mills *et al.* 2014). Le marché annuel de lampes solaires enregistre désormais des ventes annuelles de 200 millions de dollars, mais A. T. Kerney estime le potentiel de ce marché, encore dominé par les lampes à kérosène, à presque 3 milliards de dollars. Le marché des systèmes solaires pourrait atteindre 6 milliards par an, et bien plus en prenant en compte le marché complémentaire des radios, ventilateurs ou télévisions efficaces, que les grandes entreprises du secteur développent au sein de leurs programmes d'accès à l'énergie. Le secteur privé mise sur des taux de pénétration des technologies hors réseau similaires à ceux des technologies mobiles en Afrique, qui ont connu un développement bien supérieur à ce qui avait été anticipé. Beaucoup d'entreprises comptent d'ailleurs sur la prégnance des téléphones portables dans la vie des Africains pour proposer des moyens de paiement innovants et ainsi permettre aux foyers de s'acquitter de leur facture d'électricité au jour le jour, sur de petits montants.

Les projets les plus significatifs ont été lancés par des banques de développement multilatérales traditionnellement impliquées dans les projets d'infrastructures, telle que l'International Finance Corporation²⁴ qui a pour objectif de fournir l'électricité à 250 millions de personnes d'ici 2030 *via* des solutions décentralisées²⁵.

L'implication grandissante du secteur privé dans la commercialisation de petits systèmes hors réseau est quant à elle le résultat de ruptures technologiques dans la seconde décennie des années 2000 qui ont permis d'envisager des taux de rentabilité positifs, bien que faibles. L'engagement reste récent mais porte ses fruits localement, et privilégie surtout une approche intégrée, incluant des modèles d'affaires spécialement développés pour les réalités du terrain.

Hormis la participation de nombreuses multinationales de l'énergie au conseil d'administration du SE4All, on peut citer plusieurs projets pilotés par des entreprises pour développer des solutions d'électrification durable. Schneider participe à l'initiative de l'Energy Access Ventures Fund en coopération avec plusieurs agences internationales et fonds de développement, pour fournir 54 millions d'euros à des PME africaines dans le but d'assurer l'accès à l'électricité à un million de foyers d'ici 2020²⁶ via des solutions décentralisées. Son programme Bipbop accompagne aussi les PME sur leur modèle de développement et leur expertise électrique, afin d'assurer la pérennité des infrastructures financées. Cette dernière composante de formation est essentielle pour une montée en compétence de l'Afrique sur ses propres problématiques, et surtout pour maintenir les infrastructures en état de fonctionnement. De la même manière, le programme « Awango by Total » a permis à un million de foyers entre 2011 et 2015 d'investir dans des lampes solaires rentabilisées en quelques mois même pour un foyer pauvre, et vise à multiplier ce chiffre par cinq d'ici 2020²⁷. Si cette mesure ne se traduit pas par un accès complet à l'énergie, elle permet à ces ménages de monter le premier niveau de l'échelle énergétique. Le développement de jeunes entreprises dans ce secteur est également de plus en plus visible et surtout signe d'une dynamique de marché porteuse.

²⁴ Groupe Banque Mondiale.

²⁵ Pour en savoir plus : <www.lightingafrica.org>.

²⁶ Pour en savoir plus : <www.proparco.fr>.

²⁷ Pour en savoir plus : <fr.total.com>.

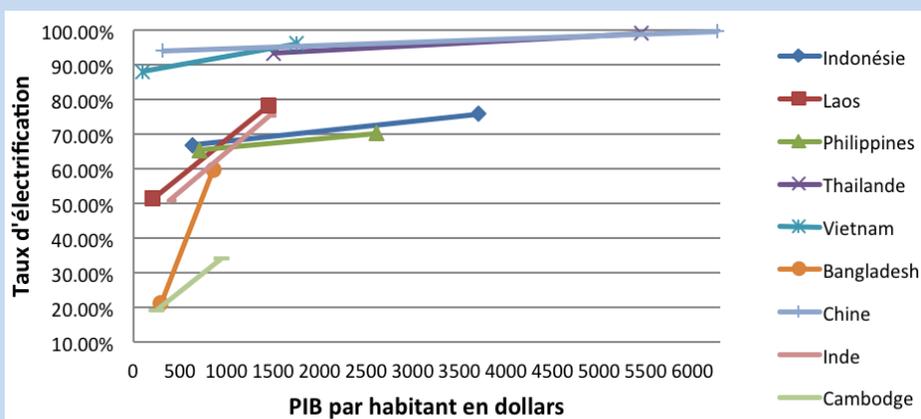
Le Bangladesh : un cas d'école

Malgré une croissance de son économie d'environ 6 % par an depuis une décennie, 43 % de population bangladi vivait encore sous le seuil de 1,25 \$ par jour en 2010. La croissance économique s'est traduite ces dernières années par une forte hausse de la demande en services, notamment dans le secteur de l'électricité. La capacité installée atteint à peu près 6 500 MW, alors que le pic de demande se situe autour de 8 000 MW, résultant en coupures régulières qui pèsent en retour sur le développement. Par ailleurs, si le taux d'électrification atteint 90 % en zone urbaine, il n'est que de 43 % en zone rurale où les quatre cinquièmes de la population résident.

Le programme d'électrification rurale du Bangladesh a été initié dès 1977. À cette époque, le Rural Electrification Board avait estimé que le Bangladesh atteindrait un taux d'électrification par le réseau proche de 100 % en un demi-siècle. Cependant, avec un peu plus de 400 000 nouveaux consommateurs raccordés au réseau par an, les progrès sont restés très faibles alors que la qualité de service se dégradait à mesure des nouvelles connexions. Au début des années 2000, il est apparu essentiel de promouvoir une approche innovante afin d'électrifier les campagnes à des coûts réduits. En 2002, la Banque mondiale introduisait un projet pilote avec pour but d'installer 50 000 systèmes solaires domestiques en six ans, dans un pays où le marché était encore balbutiant. En mars 2014, 2,9 millions avaient été installés, fournissant un service d'électrification basique à plus de 15 millions d'habitants, soit une capacité en renouvelables de 130 MW. Dans les dernières années, les gains d'apprentissage ont permis d'installer 50 000 systèmes par an. À partir de 2012, le projet a pu étendre ses compétences aux systèmes de pompage, d'irrigation solaire et aux mini-réseaux.

Une étude d'impact en 2013 a confirmé les bénéfices de cette approche : les foyers qui ont profité d'installations solaires ont pu réallouer leur budget énergétique à d'autres postes de consommation de façon significative (H. Samad *et al.* 2013). Les dépenses en produits alimentaires ont augmenté de plus de 9 % par personne et celles en produits non alimentaires de près de 5 %.

Schéma 3 : Taux d'électrification vs. PIB par habitant en 1990 et 2012



Source : graphique réalisé par l'auteur à partir des données de l'AIE Electricity Database 2014 et de la Banque mondiale.

Le graphique ci-dessus montre par ailleurs que le taux d'électrification du pays a triplé sur la période 1990-2012, alors que le PIB par habitant n'a même pas doublé, et le Bangladesh observe le plus fort taux de progression de l'électrification de toute l'Asie en développement.

Le succès de cette électrification hors réseau repose sur des facteurs propres au Bangladesh, mais également sur l'adoption d'une approche souple et adaptative du programme. Le pays disposait déjà d'un réseau étendu d'institutions de micro-finance, qui ont été par la suite formées aux spécificités des systèmes solaires. Leur connaissance des réalités locales, la confiance des habitants et leur expérience dans le développement en a fait des partenaires extrêmement efficaces, nécessitant peu d'investissement dans l'accompagnement et la formation. Par ailleurs, la densité de population très élevée (1 200 habitants au km²), même dans les zones rurales, a permis d'effectuer des économies d'échelle en matière d'installation et de maintenance.

Une campagne de sensibilisation en amont, accompagnée d'un système de garanties et de normes qualitatives pour les installations proposées a été indispensable à l'acceptation du programme. L'achat d'un système solaire s'accompagnait de la garantie d'un rachat par IDCOL²⁸ dans le cas où le foyer était finalement raccordé au réseau. Une

²⁸ Infrastructure Development Company Limited : institution financière créée par le gouvernement du Bangladesh en 1998 afin de financer des projets d'infrastructures et d'énergies renouvelables.

garantie qui n'a que rarement été utilisée dans la mesure où les foyers qui avaient la chance d'être raccordés ont souvent préféré conserver leur système solaire afin de pallier l'instabilité du réseau.

Le programme a su s'adapter aux évolutions technologiques tout au long de sa durée afin de mieux refléter les tendances du marché. Au commencement, seuls des systèmes au-dessus de 40 Wp²⁹ étaient proposés dans un souci de qualité. Aujourd'hui les systèmes peuvent aller jusqu'à 10 Wp. Les meilleures ventes vont cependant vers les systèmes à 30 Wp (pour quelques lampes et une télévision en couleurs) qui permettent aujourd'hui de fournir un meilleur service qu'un système à 50 Wp en 2003 grâce aux évolutions technologiques et aux gains d'efficacité énergétique sur les lampes et les appareils électroniques. Les normes établies par le programme ont sans cesse été révisées pour garantir continuellement la disponibilité des produits les plus efficaces.

Un montage financier adapté a permis aux entités de micro-finance d'augmenter les capacités du marché tout en diminuant leur risque grâce au soutien d'une institution financière de taille. Les familles fournissent 10 à 15 % du prix du système sur la base d'un microcrédit (300 \$ au Bangladesh pour un système de 40 Wp en 2014) dont le reste est payé en deux ou trois ans (avec un taux d'intérêt de 12 à 15 %). Entre 60 et 80 % du crédit accordé au ménage par l'institution de micro-finance peut-être soutenu par IDCOL moyennant un remboursement sur cinq ans à un taux entre 6 et 9 %. Par ailleurs la diminution du prix des systèmes, les gains d'efficacité énergétique et l'amélioration des revenus des ménages ont permis de réduire les subventions de 90 \$ par système en 2003 à 20 \$ en 2014 pour les ménages les plus pauvres, alors qu'elles ont été totalement supprimées pour les autres. En parallèle les foyers peuvent bénéficier de contrats de maintenance et d'une formation pour l'entretien basique. Le programme a permis au Bangladesh de développer significativement sa filière de production de renouvelables (tous les composants sont aujourd'hui produits localement), qui possède aujourd'hui la sixième main-d'œuvre la plus importante du monde dans ce secteur (R. Elahi *et al.*, 2014).

²⁹ Le *watt-peak* est une unité permettant de mesurer la puissance maximale qui peut être fournie dans des conditions standard. Elle permet notamment de comparer le rendement des matériaux photovoltaïques et la taille de différentes installations.

Enseignements retenus des cas d'étude

- ▀ Tout programme d'électrification ne peut fonctionner que grâce à l'appui d'institutions nationales et locales engagées, et doit être soutenu par une volonté politique forte d'agir pour les plus pauvres, comme ce fut le cas en Chine et au Bangladesh. L'implication d'un partenaire local ou d'un maillage de petits partenaires est également importante pour piloter le projet sur place, rôle qu'IDCOL et les institutions de microcrédit au Bangladesh ont endossé avec succès.
- ▀ L'extension du réseau qui résulte de l'addition de capacités centralisées, renouvelables ou non, ne profite pas nécessairement aux populations dans le besoin. Certains grands projets présentés comme étant d'un intérêt majeur pour les populations sans électricité ont parfois servi des intérêts politiques avant tout³⁰. Le développement des solutions renouvelables hors réseau est un véritable levier d'action pour les populations à faibles revenus, dans la mesure où les entreprises et associations qui les commercialisent ont un accès direct au client. L'instrumentalisation de ces programmes d'électrification semble plus difficile compte tenu de la structure actuelle du marché.
- ▀ S'il est admis que les systèmes décentralisés doivent principalement équiper les zones rurales, l'exemple du Bangladesh démontre qu'ils fournissent une alternative intéressante à un réseau peu fiable dans les zones fortement peuplées, notamment dans les zones suburbaines et bidonvilles qui en raison d'une croissance démographique considérable peinent à développer des infrastructures lourdes. En effet, la densité de population permet de réaliser des économies d'échelle significatives sur les études de faisabilité, l'installation, la formation des habitants et la maintenance.

³⁰ Les barrages Inga I et II (1,7 GW), ne peuvent fonctionner qu'à 40 % de leur capacité en raison du manque de maintenance. Bien que le taux d'électrification de la République Démocratique du Congo soit l'un des plus faibles du monde, avec 9 % des foyers ayant accès à l'électricité et la moitié des entreprises ayant recours à des groupes électrogènes, la corruption et la priorité donnée à l'industrie minière ont fortement limité l'impact positif de cette production sur les populations locales. Le projet Inga III est d'autant plus critiqué que plus de la moitié de sa capacité prévue (2,5 MW) est destinée à l'Afrique du Sud, notamment aux mines. Voir : <<http://foreignpolicy.com>>, ou <www.internationalrivers.org>.

- Lorsque le pays opte pour des systèmes hors réseau et mini-réseaux renouvelables, des sessions d'information et de formation des populations visées sont indispensables afin de cibler les besoins, les attentes, d'engager les communautés dans le projet et gagner leur confiance en de nouveaux systèmes. Cette étape préalable a été négligée en Chine et a résulté en la détérioration et l'abandon de nombreux systèmes.
- Un certain nombre de garanties et de services doivent être proposés. Les produits de mauvaise qualité, notamment les systèmes équipés de batteries au plomb très polluantes, de faible durée de vie et peu résistantes à la chaleur, détériorent le potentiel du marché. La garantie des produits sur au moins deux ans est nécessaire pour obtenir la confiance des ménages et leur permettre un retour sur investissement. Un service de maintenance doit pouvoir être proposé en échange d'une faible rémunération sur plusieurs années après l'installation.
- Des moyens de paiement originaux et appropriés à des populations pauvres doivent être élaborés. Plusieurs solutions ont déjà vu le jour et certaines s'adapteront mieux que d'autres aux habitudes des populations concernées. Au Bangladesh le microcrédit a fait ses preuves grâce à l'existence d'un réseau d'institutions et d'associations déjà bien implantées et connues des populations. En Afrique, les systèmes de prépaiement de petites sommes journalières pour l'utilisation du matériel prêté par l'entreprise commercialisant des systèmes hors réseau semblent plus appropriés. Les contrats de location-vente sont également envisageables. Le coût d'un système décentralisé renouvelable doit être inférieur ou égal au coût que le foyer serait prêt à payer pour une énergie de substitution.

Le cadre législatif presque inexistant pour ce type d'investissement rend l'avenir du marché incertain et donc le secteur privé réticent à investir (EUEI, 2014). Certains systèmes de taxes par exemple rendent l'importation de matériel solaire extrêmement onéreux. Une standardisation de la réglementation au niveau régional est nécessaire pour permettre les économies d'échelle. La disparité des cadres juridiques impose des efforts d'apprentissage importants pour les entreprises qui souhaitent étendre leurs activités et ne permet pas de répartir les coûts administratifs d'un pays à l'autre. Ceci limite fortement la possibilité pour le secteur privé d'espérer un retour sur investissement satisfaisant. Ainsi, la plupart des projets ne peuvent voir le jour sans subventions publiques et sont supportés par des ONG, alors que la plupart des entreprises déjà présentes sur le marché bénéficient d'une activité parallèle capable de supporter un investissement risqué.

Conclusion

Alors que depuis les années 1990 les institutions internationales ont clairement identifié le problème de l'accès à l'électricité, il aura fallu deux décennies pour porter ce défi sur le devant de la scène mondiale. Bien que 1,6 trillion de dollars aient été investis dans le secteur énergétique en 2013, l'accès à l'énergie a faiblement progressé au regard des besoins.

Les réels obstacles ne semblent pas liés au montant des financements à engager. L'AIE elle-même rappelle qu'atteindre l'accès universel à l'électricité en 2030 représenterait une faible part des besoins globaux en investissements, et les entreprises du secteur réclament surtout des institutions internationales qu'elles soutiennent les pays en développement dans la mise en place de capacités institutionnelles et de cadres réglementaires adaptés.

Si certains modèles tentent d'évaluer la possibilité d'assurer l'électrification par des énergies renouvelables uniquement, la voie la plus réaliste inclut une certaine quantité d'énergies fossiles, notamment pour ce qui concerne l'augmentation des capacités de génération d'électricité dans les centres urbains. Cependant, les progrès d'efficacité et de flexibilité constants réalisés dans les systèmes hors réseau et mini-réseaux renouvelables laissent aussi envisager la possibilité de les employer de façon beaucoup plus extensive que ce qui est communément admis. Nombre de citoyens sont bel et bien reliés au réseau mais ne peuvent bénéficier de ses services, alors même que le coût des services associés à l'installation des systèmes décentralisés diminue fortement en zone de population dense. L'impact du progrès de l'accès à l'énergie dans le monde sur le changement climatique sera fortement tempéré dès lors que l'électrification progressera par des solutions renouvelables.

Les grands travaux d'extension du réseau restent indispensables et ont prouvé leurs vertus mais le défi aujourd'hui est double, car l'électrification doit non seulement répondre à une urgence sanitaire et sociale, mais également s'inscrire dans le mouvement de la transition énergétique. Ce n'est d'ailleurs pas un hasard si l'on assiste à une prise de conscience nouvelle du problème précisément au moment où les questions climatiques occupent l'espace politique et médiatique. Alors que les négociations internationales sur le climat ont donné lieu à une mobilisation particulièrement significative, le contexte est favorable pour traiter ces

questions. La marge de manœuvre dont disposent les pays en développement est encore largement supérieure à celle des pays dont les systèmes énergétiques déjà développés sont encore à amortir. Le secteur privé qui commence à se saisir de la question semble d'ailleurs avoir bien perçu que l'électrification est prometteuse d'un retour économique global bien supérieur aux sommes investies dans son développement.

Les systèmes hors réseau et les mini-réseaux renouvelables sont peut-être l'occasion de maximiser les bénéfices de l'électrification : ils permettent d'agir rapidement en faveur d'un développement sain et durable sur du long terme, et fournissent les premiers kWh qui font réellement la différence. Dans la mesure où ils s'adressent directement aux ménages, ils donnent également l'opportunité de contourner les dérives institutionnelles de certains pays, qui minent les projets d'électrification par la corruption et une volonté politique qui ne sert pas toujours les plus vulnérables.

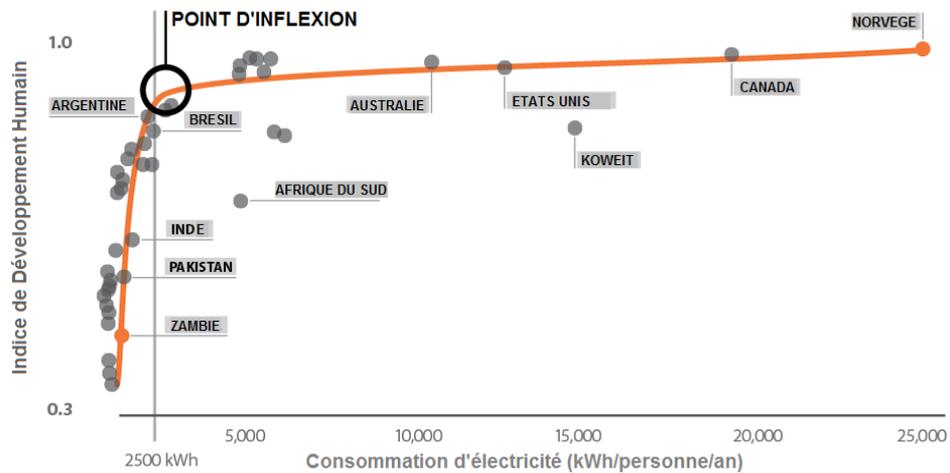
Annexes

Annexe 1 : Options hors réseau renouvelables pour les zones reculées

Service énergétique	Sources d'énergie hors réseau déjà largement utilisées	Exemples de sources d'énergie hors réseau renouvelables
Éclairage et autres besoins électriques faibles pour les maisons, écoles, éclairage de rue, conservation des vaccins...	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Bougies ▣ Kérosène ▣ Batteries ▣ Réfrigérateurs au kérosène ▣ Rechargement de batteries par branchage ponctuel au réseau 	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Système hydraulique (micro et pico) ▣ Biogaz par digesteur familial ▣ Gasificateur de petite taille ▣ Mini-réseaux solaires/éoliens ▣ Systèmes solaires individuels ▣ Réfrigérateurs solaires
Communications (télévisions, radios, téléphones portables)	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Rechargement par connexion ponctuelle au réseau 	
Énergie pour les petites industries et micro-entreprises	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Générateurs et groupes électrogènes au diesel 	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Mini-réseaux à partir de système micro-hydrauliques, gasificateurs, et larges digesteurs
Pompage de l'eau (agriculture et alimentation)	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Pompes au diesel et générateurs 	<ul style="list-style-type: none"> ▣ Pompes mécaniques équipées d'une éolienne ▣ Petites pompes solaires ▣ Mini-réseaux à partir de système micro-hydrauliques, gasificateurs, et larges digesteurs

Source : REN21, "Renewable Energy Policy Network for the 21st Century" (2010).

Annexe 2 : Corrélation entre consommation d'électricité et indice de développement humain



Source : Power for All.

Avant d'atteindre 2 500 kWh de consommation par an et par personne, l'augmentation du niveau de consommation contribue énormément à l'augmentation de l'IDH. Le point d'inflexion après 2 500 kWh montre qu'au-delà de cette zone, le lien entre augmentation de la consommation et amélioration de l'IDH est moins significatif (K. Hamilton ; Brahmhatt, 2014).

Références

Africa Progress Panel, « Énergie, population et planète : saisir les opportunités énergétiques et climatiques de l'Afrique », Genève, 2015.

AIE (Agence Internationale de l'Énergie), « World Energy Outlook 2012 ». Paris, 2012.

AIE (Agence Internationale de l'Énergie), « World Energy Outlook 2013 ». Paris, 2013.

AIE (Agence Internationale de l'Énergie), « Africa Energy Outlook ». *World Energy Outlook Special Report*, Paris, 2014.

AIE (Agence Internationale de l'Énergie), « World Energy Outlook 2015 ». Paris, 2015.

ADEA (Association pour le Développement de l'Énergie en Afrique). « L'énergie en Afrique à l'horizon 2050 », 2015

BAD (Banque Asiatique de Développement), « Sustainable Energy Access Planning », Manille, 2015 a.

BAD (Banque Asiatique de Développement), « Sustainable Energy for All ». Manille, 2015 b.

Banque mondiale, « One Goal, Two Paths: Achieving Universal Access to Modern Energy in East Asia and the Pacific », Washington, D. C., 2011.

Carbon Tracker Initiative, « Coal-Fired Energy for All? Examining Coal's Role in the Energy Development of India and Sub-Saharan Africa », 2014.

Chen L., « Developing the Small Hydropower Actively with a Focus on People's Well-being, Protection and Improvement », in *The 5th Hydropower for Today Forum*, Hangzhou, 2009.

Cole M., *et al.*, *The Chinese Stock Market Volume II - Evaluation and Prospects*, (S. Cheng & Z. Li, Eds.). Palgrave Macmillan UK, 2014.

Craine S. & Mills E., *et al.*, « Clean Energy Services for All: Financing Universal Electrification », 2014.

Elahi R. & Rysankova D., *et al.*, « Scaling Up Access to Electricity: The Case of Bangladesh », 2014.

EUEI (European Union Energy Initiative), « Mini-Grid Policy Toolkit ». Eschborn? 2014.

Global Leap, « Fact Sheet: Global Lighting and Energy Access Partnership », in *Sixth Clean Energy Ministerial*, Mexico, 2015, (p. 3).

Hamilton K. & Brahmabhatt M., *et al.*, « Co-Benefits and Climate Action ». Washington, 2014.

Iarossi G., « Benchmarking Africa's Costs and Competitiveness », in *The Africa Competitiveness Report*, 2009, (p. 83-107).

IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change), *Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation Special Report*, New York, Cambridge University Press, 2012. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change.

IRENA (International Renewable Energy Agency), « Renewable Power Generation Costs in 2014 », 2015.

Luo Z., « Rural Energy in China », in *Encyclopaedia of Energy*, Vol. 5, Elsevier, 2004.

Pachauri S., « Household Electricity Access a Trivial Contributor to CO₂ Emissions Growth in India », *Nature Climate Change*, (4), p. 1073-1076, 2014.

Samad H. A., Khandker S. R., Asaduzzaman M., & Yunus M., « The Benefits of Solar Home Systems: An Analysis from Bangladesh », 2013.

SE4All (Sustainable Energy for All), « Sustainable Energy for All 2014 » *Annual Report*, No. 57, 2014.

SE4All (Sustainable Energy for All), « Progress towards Sustainable Energy », Summary Report, 2015.

Yang M., « China's Rural Electrification and Poverty Reduction », *Energy Policy*, No. 31, p. 283-295, 2003.



ifri

institut français
des relations
internationales