

QUAND L'AFRIQUE ÉLECTRIFIE SES CAMPAGNES



Pierre Jacquemot
Ancien ambassadeur
Président du Gret

On le sait, l'insuffisance d'infrastructures handicape lourdement l'agriculture africaine. Outre les routes, les entrepôts de stockage ou les réseaux de télécommunication, l'absence d'un réseau électrique fiable obère lourdement les activités agricoles. En l'absence de réseaux électriques centralisés, l'Afrique a inventé, avec l'aide internationale, les projets électriques hors réseaux décentralisés qui peuvent desservir une famille, un village ou une région. Comme dans bien d'autres domaines, dont les multiples usages du téléphone portable, l'Afrique fait preuve de beaucoup d'imagination en matière énergétique. Pierre Jacquemot recense dans ce dossier bien documenté les différentes solutions techniques *off grid*, les modèles d'organisation et de gestion de ces mini-réseaux. Pierre Jacquemot est prudent quant à l'efficacité de réseaux décentralisés, mais n'en estime pas moins, à l'instar de l'Agence internationale de l'énergie, qu'en 2040, 530 millions d'Africains n'auront d'autre choix que de recourir à l'électricité hors-réseau. Ne serait-ce que pour satisfaire les besoins les plus élémentaires en matière d'éclairage domestique, de fonctionnement des réfrigérateurs ou d'irrigation.

WillAgri

Un chiffre donne la mesure du **défi énergétique africain**: l'Ethiopie qui compte 94 millions d'habitants consomme un tiers de l'électricité utilisée à Washington qui compte 600 000 habitants. Dans tout le continent, le challenge est considérable : **640 millions d'Africains n'ont pas accès à l'électricité**. Mais les réponses s'organisent, avec une forte dose d'innovations et sur des bases décentralisées. Selon les estimations de l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), environ 100 millions de personnes en Afrique, ont déjà accès à l'électricité grâce à des modes de production d'énergie décentralisés. Partout de nouveaux projets hors-réseaux (*off-grid*) voient le jour. Des dispositifs techniques adaptés sont mis en œuvre par des entreprises, des coopératives et des groupements, des collectivités locales, des agences d'électrification rurale et des ONG. La question centrale est aujourd'hui de savoir si les systèmes décentralisés contribuent effectivement à la solution pour les populations rurales du « trilemme énergétique » : comment garantir une énergie à la fois *accessible, de qualité et à un prix abordable*.

Les dispositifs très divers qui se déploient appartiennent à diverses familles de solutions selon leur taille et les besoins à satisfaire: pico, micro et mini. Font-ils système et pourraient ils se multiplier à grande échelle? Pour répondre il faut interroger le terrain. Les retours d'expériences sont riches d'enseignements sur la place et sur l'efficacité des modèles d'organisation dans le temps et dans l'espace, sur les rôles respectifs des acteurs et les modes de régulation. Ils donnent d'utiles leçons, sur la tarification à mettre en œuvre et sur les mécanismes de financements, et, bien que tous ne soient pas encore suffisamment documentés, ils apportent des premières indications sur l'envergure de leur contribution à la transformation des sociétés rurales.

1. Des options techniques de plus en plus diversifiées

Les technologies disponibles en matière d'électrification décentralisée appartiennent à trois familles situées aux premiers niveaux de l'échelle de l'électrification. Les *pico-dispositifs isolés*, limités à l'approvisionnement d'un ménage ou d'une petite entité collective, sont situés au premier échelon, pour des usages simples, de l'éclairage domestique à l'alimentation d'une école ou d'un centre de santé. Les *micro-réseaux*, sous la forme de kiosques ou de plateformes énergétiques de taille modeste, offrent divers services domestiques et publics à l'équivalent d'une communauté villageoise. Enfin, les *mini-réseaux* composés d'un générateur central et d'un système de distribution en réseau, fonctionnent également en toute autonomie et peuvent répondre à des demandes de puissance relativement élevées à des fins sociales et économiques. Nombre de projets – environ un quart parmi ceux recensés – font appel à au moins deux familles de solutions et combinent sous une forme hybride deux ou plusieurs sources d'énergie (thermique, solaire, éolien, hydraulique, biomasse).

La rapide diffusion des pico-technologies

Le terme de kit pico-photovoltaïque est utilisé pour désigner des systèmes solaires portatifs fournissant un éclairage (lampe solaire en dessous de 5W) ou mieux des fonctions élargies à l'échelle d'un ménage pour des appareils électriques de petite taille, avec une capacité allant de 6 à 200W. **L'équipement complet d'un ménage revient entre 100 et 1000 dollars, avec le plus souvent un panneau photovoltaïque, une batterie, une ou plusieurs lampes et éventuellement un régulateur.**



Crédit photo : Velux

On trouve des pico-dispositifs (appelés aussi *standalone off-grid systems*) dans plus de 25 pays d'Afrique, majoritairement au Kenya, en Tanzanie et en Ethiopie où ils touchent 15 à 20% des ruraux, avec le plus souvent un système de paiement *pay-as-you-go* que nous étudierons plus loin. Ainsi, Devergy créé en 2010 opère en zone rurale en Tanzanie auprès de 120 000 ménages. PowerGen, fondé au Kenya en 2011, a installé des centaines de dispositifs à partir d'énergie renouvelable dans 7 pays avec des méthodes innovantes (*smart metering, pay-as-you-go, distributed storage, interconnections*). GDF Suez Rassembleurs d'Energies, Schneider Electric et Orange

France Telecom se sont quant à eux engagés financièrement auprès de la société Fenix Intl, installée en Afrique de l'Est et dans la Silicon Valley, qui commercialise avec l'opérateur MTN mobile des solutions individuelles d'électrification à plus de 100 000 clients (et six fois plus de bénéficiaires) en Ouganda.

La formule touche progressivement l'Afrique de l'Ouest. Autour d'une société commune, ZECI, en Côte d'Ivoire, Off Grid Electric, une entreprise américaine, et EDF ont engagé un partenariat pour la fourniture de kits individuels comprenant des panneaux solaires adossés à des batteries payables par simple utilisation d'un téléphone portable, avec pour projet d'alimenter près de 2 millions de personnes à l'horizon 2020. Un autre projet significatif est porté au Burkina Faso par la Fondation Energies pour le monde (Fondem), en partenariat financier avec les Caisses Populaires de la zone et un fournisseur-installateur local. Egalement créée avec la même fondation française, Energie du Ciel en Guinée produit et vend des kits solaires avec une particularité : leurs régulateurs électroniques sont composés de matériaux recyclés.

Dans les bourgs ruraux, la vente se fait souvent en boutique ou sur les marchés. Mais les solutions les plus pertinentes et durables sont sans aucun doute celles qui intègrent l'écosystème local dans la chaîne de distribution. Il peut s'agir d'associations et d'institutions de microfinance déjà implantés, de coopératives rurales, de petits commerçants itinérants, etc. Le projet *Nafa Naana* d'Entrepreneurs du Monde au Burkina Faso s'appuie sur un réseau de revendeurs franchisés et sur des partenariats avec des associations, des groupements de femmes, etc. Un autre exemple innovant est donné par Bboxx, une entreprise britannique qui en Ouganda fabrique et distribue des kits solaires de 250 W, avec Great Lakes Coffee, une coopérative de producteurs de café représentée sur tout le territoire et dont les membres se transforment ainsi en revendeurs de kits solaires. Le groupe Total possède de ce point de vue un avantage avec son propre réseau de distribution, le plus important en Afrique : ses stations services permettent de rayonner sur un large territoire.

D'aucuns parlent de « révolution » comme les rapports de Lighting Africa et d'Hystra qui mettent en évidence l'extraordinaire succès des pico-dispositifs : ainsi de 2009 à 2016, la vente de lanternes solaires a-t-elle été multipliée par 200 en Afrique. L'expansion de ce secteur s'explique par plusieurs raisons. Le montage des équipements peut se faire localement.

A Dédougou au Burkina Faso est fabriquée une lampe solaire, Lagazel K1500. L'entreprise a lancé une ligne de production « hors sol » répartie dans trois conteneurs en tôle et permettant de fabriquer 200 000 lampes par an. Son objectif d'ici à 2020 est de créer dix ateliers et vendre 1,3 million de lampes solaires. L'équipement simple répond aux primo besoins d'électricité des ruraux (éclairage, charge téléphone, radio, TV). Il peut servir à l'alimentation de très petits équipements en substitution au diesel. Les solutions sont évolutives ce qui permet aux ménages d'investir au fur et à mesure, en fonction de leurs ressources disponibles, lesquelles sont le plus souvent variables dans le temps. Par ailleurs, les ménages peuvent s'équiper très vite, du jour au lendemain, sans attendre le développement d'une formule collective, toujours longue et complexe à mettre en place.

La qualité de l'équipement est-il un critère décisif de choix pour les pauvres ? Assurément l'option *low cost* ou « basique » séduit majoritairement les utilisateurs au faible pouvoir d'achat. Sur des marchés fortement tirés par la demande, des garanties

sur la qualité et la durée de vie des équipements ne sont pas toujours considérées au premier abord comme essentielles, même si, avec le temps les comportements évoluent vers plus d'exigences dans un marché de « bouche à oreille ». L'initiative « Lighting Global » menée par la Banque Mondiale pour favoriser le développement d'un marché de solutions d'éclairage propre *off-grid* en Afrique, a défini depuis 2009 des standards stricts de qualité (puissance d'éclairage, durée d'éclairage, durée de vie de la batterie, qualité de l'assemblage, solidité).

Les micro-réseaux villageois

Un pico-dispositif ne pourra jamais répondre à des enjeux collectifs tels que l'irrigation de cultures vivrières par une pompe solaire, l'alimentation de matériel médical et de réfrigérateurs pour stocker des vaccins ou la transformation artisanale. A un échelon plus élevé, les micro-réseaux, sous la forme de « plateformes, offrent à une communauté villageoise des services beaucoup plus étoffés. Ces systèmes, encore de dimension modeste, fournissent une puissance modulable de quelques centaines de watts à quelques kilowatts, et desservant par une unité centralisée généralement moins de 150 ménages résidentiels.

Un exemple est donné par Sunna Design, une société spécialisée dans le solaire et basée dans la région bordelaise, qui a commencé par monter des mini-réseaux avant de construire sa propre usine d'assemblage de panneaux solaires au Sénégal. Elle a mis en place un système de mât solaire installé au centre du village pour répartir l'énergie et installe une box chez ceux qui désirent accéder au service.

On retrouve divers systèmes de micro-réseaux dans tous les pays sahéliens, mais aussi à Madagascar (projet HERi avec plus de 40 kiosques installés dans 7 régions ; projet Resouth de la Fondem à Ambondro et Analapatsy), au Cameroun (Plan VER avec l'Union européenne), au Kenya (projet Power Kiosk), en Tanzanie (MicroPower economy et Jumeme) ou encore en Ouganda (Teku Wa project et Scaling up electrification). Dans la majorité des cas, compte-tenu de la quantité d'énergie produite, l'énergie à base solaire est privilégiée.



Source, Gret

Un système de stockage par des batteries est prévu afin de résoudre le problème de l'intermittence diurne/nocturne et de compenser le décalage entre la demande et l'intensité de la radiation solaire. L'électricité générée est partout utilisée pour une variété d'activités : la recharge de lampes, de téléphone, de batteries mais aussi la

purification de l'eau, le développement d'activités liées à la photocopie, à la réfrigération, à la petite irrigation, à la première transformation (meunerie, décortiqueuse, batteuse de maïs, rappeuse de manioc, polisseuse de riz), au stockage post-récolte, à l'artisanat notamment la menuiserie, la soudure et la couture, pour l'accès à la télévision et à Internet. Certains kiosques constituent des relais d'information privilégiés et de commercialisation de produits innovants ; ils ont souvent une activité de vente ou de location de kits pico-voltaïques.

Le secteur des micro-réseaux est encore jeune, avec encore peu de retours sur son impact. Un ARPU (*average revenu per user per month*) d'environ 10 est en général requis, un seuil quasiment jamais atteint sur le court terme sans subvention, étant donné les charges d'installation, les coûts de maintenance et la variabilité d'une consommation souvent encore peu stabilisée.

Les mini-réseaux communautaires

De plus grande taille que les précédents dispositifs, les mini-réseaux sont installés à l'échelle d'un bourg, pour 2000 à 5000 habitants ou plus en général. Ils s'organisent autour d'un générateur qui fournit l'électricité à un réseau alimentant des compteurs à travers un raccordement basse tension. Plusieurs villages proches sont parfois connectés. Les générateurs peuvent être des panneaux solaires photovoltaïques, des éoliennes électriques, des générateurs diesel fonctionnant avec des agrocarburants comme le jatropha, ou des micro-turbines hydroélectriques. Examinons ce dernier cas.

L'option solaire

Le Mali présente une application du concept encore expérimental de Zone d'Activités Electrifiée (ZAE). Elle répond au fait que les mini-centrales sont souvent mal adaptées aux activités productives en milieu rural, que ce soit en termes d'horaires de fonctionnement ou de besoins de puissance. L'option retenue consiste à regrouper géographiquement les très petites entreprises et les artisans sur un site bénéficiant d'une fourniture d'électricité spécifique et en continu. *La ZAE de Konseguela, installée au sud du Mali, à 50 km de Koutiala et du réseau national, concerne 2 communes, 22 villages et 40 000 habitants.* Elle est alimentée à 100% par un mix en énergies renouvelables : des panneaux solaires photovoltaïques (13 kWc) et un groupe électrogène alimenté par de l'huile végétale pure de jatropha produite localement. Elle fournit en électricité onze très petites entreprises : conservation et fourniture de produits frais, boulangerie, menuiserie, production d'huile de jatropha, brodeur, couveuse, restauration, accès à internet, ou encore radio communautaire. Les entreprises louent un local sur la zone et payent, sans difficulté apparente, l'électricité (200 Fcfa/kWh le jour, le double la nuit) car le mix énergétique et la structuration du mini-réseau leur garantissent une électricité de qualité, répondant aux contraintes des entreprises, notamment en courant triphasé, et ce 24h/24. Une telle ZAE ne peut voir le jour sans la mobilisation de plusieurs acteurs, en l'occurrence les collectivités locales, une association locale (AMEDD) associée à une organisation étrangère (GERES), une institution de microfinance, des bailleurs de fonds publics et privés, et sans le soutien de l'AMADER.

de l'électrification rurale (Ader) et des entreprises privées, ce projet a permis la réalisation de trois mini-réseaux (sites de Tolongoïna, de Sahasinaka et d'Ampasimbe) desservant environ 10 000 personnes réparties sur 5 communes.

L'entreprise-délégataire constitue la pierre angulaire du dispositif. Il s'agit dans chaque cas d'une entreprise de droit local, avec des compétences variées, techniques, de gestion, de logistique et des capacités financières adaptées, apportant au moins 30% de l'investissement de départ, avec en outre une capacité à mobiliser des ressources additionnelles. Le projet présente d'autres innovations, comme celle d'intégrer un volet protection de l'environnement. Partant du constat que la qualité et quantité de la ressource en eau du bassin versant est cruciale dans une opération hydraulique et qu'elle peut être menacée par des phénomènes naturels (érosion) accentuée par des actions d'origine anthropique (déboisement, orpaillage, etc.), un dispositif de Paiement pour Services environnementaux (PSE) a été co-construit avec les parties prenantes et mis en place afin de préserver la qualité de l'eau, éviter l'envasement des installations et leur dégradation par l'abrasion due au sable. Une taxe sur la consommation électrique mensuelle est prélevée pour permettre de financer la mise en œuvre des activités agricoles de conservation (stabilisation de l'eau et des sols, cultures vivrières compatibles, reboisement).

Cette expérience conduite de 2008 à 2015, et prolongée sur de nouveaux sites (régions de Sofia et Haute Matsiatra), regroupant 50 000 bénéficiaires, permet de démontrer que l'hydroélectricité constitue, dans un contexte où la ressource en eau le permet, une solution technique viable pour électrifier des petits centres urbains ou de grands bourgs ruraux, pour un tarif de vente du service à la fois adapté aux capacités contributives des populations et assurant une rétribution incitative pour les entreprises délégataires de service.

Ce dispositif peut-il faire système ? Même si les expériences se multiplient, à Madagascar, près de 15 ans après l'adoption de la réforme du secteur, le bilan en matière d'accès à l'énergie reste mitigé. La principale réussite de la réforme semble d'avoir permis d'augmenter sensiblement la participation du secteur privé. Si la société d'État, la Jirama reste encore, tant bien que mal, le principal fournisseur d'électricité du pays, les entreprises privées produisent dorénavant près du quart de la production totale du pays. Cependant, la pérennité des infrastructures mises en place et qu'ils gèrent reste très aléatoire : sur la centaine de réseaux ruraux exploités par des petits opérateurs d'énergie, 40 étaient non fonctionnels début 2017. Le risque principal est associé à la faiblesse financière du secteur électrique et aux difficultés de recouvrement rencontrées. Par ailleurs, l'analyse des pratiques montre que les pouvoirs publics assument peu le rôle de régulateur et de promoteur de solutions qui leur est dévolu par la loi, ce qui fragilise gravement le partenariat. Alors que le cadre légal et réglementaire malgache est plutôt bien conçu, les délégataires sont dans les faits peu contrôlés, ce qui semble être la principale source de l'affaiblissement continu des délégations conclues. L'expérience du projet Rhyvière, comme d'autres, renforce le constat sur l'importance d'un pouvoir public compétent et impliqué pour favoriser la pérennité des systèmes pluri-acteurs.

Des innovations de rupture

L'Afrique offre aujourd'hui un terreau fertile d'opportunités. L'absence d'héritage en équipements électriques trop rigides ouvre la voie à la flexibilité des options. Dans ce contexte,

trois « innovations disruptives » peuvent influencer les arbitrages techniques futurs et probablement faire système en matière d'organisation. Elles sont déjà en œuvre sur le terrain.

-D'abord, la chute continue des prix des panneaux photovoltaïques (dont les prix ont été divisés par 8 entre 2010 et 2017) et des batteries qui en outre sont de plus en plus fiables, accentue nettement l'avantage comparatif du solaire par rapport à d'autres options, dont évidemment le diesel.

-Dans le même temps, la numérisation des dispositifs de type mini-réseaux permet d'optimiser la gestion de l'équipement en résolvant quasi instantanément l'équation combinant d'un côté l'intermittence du solaire (ou de l'éolien) et de l'autre la variabilité de la demande (nocturne/diurne), la batterie ne servant que comme simple appoint pour ajuster à tout moment l'offre et la demande. Des technologies (Ecoisme, Rachio, Ecobee, Tado) permettent d'économiser de l'énergie en suivant la consommation de tout appareil et donner des conseils afin de diminuer les consommations.

-Enfin, les innovations en matière de paiement, attachée en particulier à la diffusion des moyens mobile, améliorent l'accessibilité du service et permettent d'instaurer des modèles économiques également innovants.

D'aucuns pensent que l'Afrique est désormais la source de vagues d'innovations qui pourraient par la suite se diffuser, également dans les pays du Nord.

2. Trois modèles d'organisation adaptés au contexte

L'accès à l'électricité ne se résume pas à des lampes, des générateurs et des câbles. Il suppose une organisation. Les systèmes de mini et micro-réseaux diffèrent dans leur modèle d'organisation selon plusieurs facteurs : leur taille, la technologie mise en œuvre, la demande, le contexte social. Notre analyse permet d'identifier trois modèles principaux qui chacun à leur manière répondent à la quadruple question : qui peut faire quoi ? Avec qui ? Sous quelles contraintes ? Avec quelles opportunités ?

Le modèle du comité collectif de gestion (CCG)

Le plus simple des modèles. **Il est pertinent quand la communauté est homogène**, sans hiérarchie trop pesante, avec un capital social élevé et un mode de gestion qu'elle s'invente assez naturellement sur le modèle des Communs. On retrouve le cas mauritanien des plateformes multifonctionnelles. L'installation est « à taille humaine » et la gestion par un système de délégation de l'Etat à un artisan-gérant est pragmatique. La gestion coopérative responsabilise les usagers en faisant de l'équipement un bien à préserver. Dans les faits, ce modèle de « primo-Commun » où les acteurs ne voient pas (encore) leurs décisions commandées par des logiques du marché ne se rencontre que dans les petites communautés, avec une organisation de type « comité d'usagers », permettant notamment de favoriser la participation des femmes.

Le modèle du petit opérateur d'énergie (POE)

Il se rencontre par exemple dans le cas du Mali. Il est, quant à lui, le plus répandu dans les mini-réseaux. Il correspond parfois à une évolution du précédent modèle. Il se rapproche d'un système mixte de gestion d'une ressource commune où le marché

organise progressivement les critères de choix et induira inéluctablement le passage à la propriété. Ici le choix de l'opérateur est critique car il doit servir les fins collectives poursuivies. Il s'agit d'une affaire délicate, puisque c'est lui qui garantit la régularité du service, qui veille à la maintenance des équipements, collecte les redevances, assure le lien avec les abonnés et les institutions extérieures. Autant de tâches générant des coûts opérationnels d'adaptation pour l'opérateur, avec une part de risques. Pour inscrire la gestion du mini-réseau dans la durée, les relations entre le POE et les usagers sont pratiquement toujours formalisées : contrats d'abonnement, obligations de rapports financiers réguliers. L'expérience montre que les exploitants choisis sont le plus souvent proches de la communauté servie ce qui facilite l'instauration d'un climat de confiance autour d'une « propriété partagée ». Le temps entre l'incubation et la maturité, c'est-à-dire la garantie de la pérennité avec un financement autonome, pour un exploitant local est rarement estimé à moins de 5-7 ans. Face aux risques, ils sont logiquement contraints pour assurer la rentabilité du site qui leur est confié à innover en permanence avec des options hybrides, en gérant l'intermittence jour/nuit de la ressource solaire, en partageant la production sur plusieurs activités, en démultipliant les offres de services rendues (cas type du cybercafé). De ce point de vue, le partage d'expériences et le parangonnage sur les bonnes pratiques se révèle presque partout indispensable. Ils sont en général menés par des ONG d'appui.

La société de services décentralisés (SSD)

Ce troisième modèle tend à se développer comme en Mauritanie par exemple où il est institutionnalisé depuis 2001. Certains pays comptaient déjà en 2017 un nombre significatif d'entreprises d'une certaine taille : 15 en Ethiopie, 36 en Tanzanie et 42 Kenya. Il se retrouve aussi en Afrique du Sud, au Maroc, au Botswana et au Sénégal, avec des partenaires internationaux. Les SSD offrent d'une part des services marchands (téléphonie, séance de TV-DVD, location de kits photovoltaïques pour divers usages) et d'autre part des services non marchands d'intérêt général dans des locaux communautaires (centre de santé, école, salle de réunion) et un éclairage public des rues du village. La gestion du site est assurée par une SSD de droit local sur un territoire défini qu'elle reçoit en concession pour une durée de 10 à 15 ans renouvelables. *Elle doit desservir au moins 10 000 clients, soit environ 60 à 150 000 personnes selon la taille et la structure des cellules familiales au sein des zones concernées.* Les SSD, sur le modèle des partenariats public-privé, agissent donc pour le compte de la puissance publique dans un cadre réglementaire explicite (concession d'électrification, cahier des charges, tarification régulée, etc.) nécessitant la mise en place préalable d'un cadre institutionnel adapté. Ce modèle est de plus en plus privilégié par les promoteurs internationaux.

Comment s'organise la participation des usagers ?

Dans chacun des trois modèles d'organisation précédents, la position occupée par les usagers-bénéficiaires est la clé de son efficacité et de sa pérennité. En l'absence d'appropriation réelle du projet par la communauté ou par ses représentants, les installations ne sont pas entretenues et deviennent rapidement non fonctionnelles. La durabilité du projet est dans ce cas ouvertement compromise et les équipements

entreront bientôt dans le « cimetière de l'aide », déjà bien occupé. La participation est la condition absolue pour se rapprocher d'une approche de type Communs et pour en extraire tous les avantages. Dans le meilleur des cas, les usagers comprennent l'importance des modalités de gestion du site et le détail des coûts qui justifient la tarification (salaire, amortissement, maintenance). Ils peuvent émettre des suggestions pour une éventuelle adaptation du dispositif retenu. Ils sont informés des performances du service et sollicités sur les décisions importantes dans un souci de redevabilité et, dans le meilleur des cas, de démocratie locale. Pour autant, point d'angélisme, l'adhésion dans un village n'est jamais totale. Si le constat des avantages de l'électrification peut attirer dans un second temps des villageois au départ rétifs, le nombre d'abonnés à un mini-réseau reste souvent limité, inférieur à celui souhaité. A Madagascar, on l'estime en moyenne à seulement 70 abonnés pour une commune de 300 à 400 ménages (selon Fondations Energies pour le Monde, *Electrification rurale décentralisée dans le Sud de Madagascar, retour d'expérience du projet Resouth*, sans date).

Parmi les usagers, certains réclament d'être davantage impliqués que d'autres. Le projet HERi à Madagascar sollicite par voie d'affichage de posters la candidature de femmes pour la gestion des kiosques. Electriciens Sans Frontières, dans la région de Matam et Kanel au Sénégal et à Lalgaye au Burkina Faso, identifie clairement le collectif des femmes des villages comme l'acteur incontournable pour l'efficacité du projet et l'associe tout au long des décisions. Les femmes sont interrogées pour apprécier les besoins réels. Leur expérience de vente dans les marchés leur confère des qualités relationnelles et commerciales recherchées. Elles sont formées à la maintenance des installations et sensibilisées aux risques électriques. Enfin, une représentante du collectif est associée au comité de gestion, en charge de la bonne utilisation et de l'entretien des installations électriques.

Des systèmes de régulation parfois peu performants

La plupart des décisions de régulation relatives aux petits opérateurs d'énergie et aux sociétés de services décentralisés relèvent d'une entité nationale de régulation autonome. Des Agences d'électrification rurale (ADER) existent à présent dans une vingtaine de pays d'Afrique subsaharienne. Elles ont été créées dans le but de voir des organismes de régulation autonomes et indépendants prendre des décisions, techniquement mieux fondées et moins politisées qu'un ministère. Dans la plupart des cas, la législation prévoit que les ADER ont pour mission de maximiser le nombre de nouveaux ménages bénéficiant de l'électricité. Les ADER agissent comme des « quasi régulateurs », car elles doivent établir un équilibre entre la viabilité commerciale et l'accessibilité tarifaire des services qui seront fournis par les POE et aux SSD postulant à l'attribution de subventions.

Trois types de décisions régulatrices les concernent :

- des décisions de nature technique (normes de tension, fréquence, gestion de la courbe de charge, qualité de l'électricité, normes de sécurité des systèmes de distribution),
- des décisions de nature commerciale et économique (principalement le prix que l'opérateur est autorisé à facturer),

- et des décisions relatives au processus de mise en œuvre (modalités de consultation des parties prenantes, délai dans lequel l'opérateur doit répondre à une demande de connexion).

De ces trois types de décisions, celles techniques et économiques sont les plus sensibles parce qu'elles ont un impact évident sur les usagers. La conformité aux règles à visée régulatrice est coûteuse, en temps et en argent. Les régulateurs doivent être particulièrement vigilants à l'égard des coûts de la régulation pour les POE et les SSD, car un grand nombre d'entre eux sont à la limite de la viabilité commerciale. Quand les tarifs reflétant les coûts ne sont pas autorisés parce que les tarifs de l'opérateur sont plafonnés à un niveau inférieur (en raison de pressions politiques ou d'une obligation légale de tarif national uniforme), la viabilité commerciale de l'opérateur ne sera pas assurée et il disparaîtra rapidement, à moins de subventionner la production d'électricité par une autre source de revenus.

3. Des modes de gestion de plus en plus innovants

Revenons à présent au questionnement central posé en introduction, *celui du « trilemme énergétique » : comment apporter une énergie à la fois accessible, de qualité et à un prix abordable ?* Partout, l'un des grands défis est celui de la viabilité du modèle financier adopté tant pour les kiosques énergétiques que pour les mini-réseaux, dans un contexte où le pouvoir d'achat des bénéficiaires est modeste et les coûts fixes élevés.

Logiquement, pour établir l'équilibre financier d'un site, il faut agir simultanément des deux côtés de l'équation du prix : en établissant une tarification adéquate et en renforçant l'efficacité avec laquelle les services sont délivrés aux usagers (disponibilité, accessibilité, qualité).

Quelle tarification est mise en place ?

Examinons le premier côté de l'équation, celui de la tarification. Le coût initial de l'installation varie selon la capacité du système, la taille du réseau à desservir et la nature de l'énergie utilisée. La charge d'investissement correspondante, puis celle de renouvellement des composants (pièces détachées, batteries) sont difficilement amortissables dans un délai court. Quant aux charges de fonctionnement, elles supportent des dépenses (personnel, maintenance, consommables, taxes) qui doivent être, coûte que coûte, couvertes. Par la subvention ou par la tarification ? Ou par un mixte des deux ? A l'expérience, la participation financière partielle des usagers se révèle toujours comme étant un prérequis indispensable à la bonne acceptation du système, en faisant de l'installation énergétique un « bien commun » à préserver. Et ce, même si on s'adresse à des populations à faibles revenus. L'acte d'achat confère de la valeur à l'équipement et aux services qu'il offre. La gratuité est donc généralement proscrite d'emblée car non responsabilisante. La participation stabilise en outre le modèle d'exploitation.



Pour autant, en matière d'électrification rurale, l'application du principe économique du « recouvrement intégral des coûts » se révèle irréaliste, sauf dans des cas très limités. Il faut plutôt raisonner en termes de « recouvrement acceptable des coûts » par les usagers. Comment procéder ? On retrouve ici la question plus générale de la tarification d'un service essentiel. Elle est liée à l'avantage offert par le service tel qu'il est perçu par l'utilisateur, de son accessibilité, de sa disponibilité réelle, de sa qualité (second côté de l'équation citée plus haut), en d'autres termes de son « consentement à payer » pour un service donné au moins autant que de sa « capacité contributive ». Il procède par comparaison. Lorsque les ménages ne disposent pas d'électricité, ils ont recours à des solutions de remplacement beaucoup plus onéreuses, dangereuses et polluantes comme le pétrole lampant ou les piles électriques pour l'éclairage. Un autre avantage comparatif tangible de l'électricité est donné par la mouture mécanisée du grain, quotidienne en raison de la détérioration rapide de la qualité gustative des céréales, et qui libère du temps pour effectuer d'autres activités familiales ou productives (travail au champ, récolte de noix de karité par exemple dans le cas du Mali ou du Burkina Faso). Quant aux artisans et aux petites unités de transformation ou de réparation, la seule option alternative au kiosque ou au mini-réseau est de disposer de générateurs au diesel individuels produisant de l'électricité à un coût très élevé et avec des contraintes d'approvisionnement. L'évaluation de ces divers avantages permet de déterminer la limite haute du tarif finalement acceptable. Comme dans le cas des démarches du Gret et du GERES, ce tarif est le plus souvent obtenu par enquêtes sur l'évaluation des sommes que les ménages seraient prêts à payer pour bénéficier des avantages additionnels apportés par l'énergie.

Conjointement, sont évaluées les charges de fonctionnement et de renouvellement pour rétablir en fin de compte l'équilibre de l'exploitation et le montant de la subvention d'équilibre qui sera, en toute probabilité, nécessaire, au moins dans ses premiers temps. Cette subvention peut avoir plusieurs origines. Dans le cas de la Mauritanie, cette subvention est versée directement par l'Agence de régulation (ARE) à partir d'un fonds abondé par les opérateurs mobiles et télécoms du pays sur lesquels s'impute une taxe spécifique. Dans le cas du Burkina Faso, le Fonds de développement de l'électrification (FDE) en faveur des localités rurales est également

alimenté par le produit d'une taxe (2 Fcfa sur chaque kWh vendu) par la société nationale d'électricité (SONABEL). Dans les deux cas, cette contribution établit une certaine forme de péréquation entre usagers (du téléphone ou de l'électricité en réseau vers les usagers ruraux hors réseau). La fiabilité de ce mécanisme de compensation est jugée dans les deux cas comme une condition absolue de réussite de la politique d'accès à l'énergie.

Une fois le compteur installé et connecté au mini-réseau, la tarification prend logiquement en compte la consommation réelle. Cependant des variables incluent pratiquement toujours des bas tarifs sociaux, des tarifs à l'heure (avec des tarifs plus élevés pendant les heures de pointe) et les tarifs par catégories de consommateurs (résidentiels, commerciaux, industriels). Des modalités de gestion variables sont aussi utilisées pour optimiser « la courbe de charge », *i.e.* le rapport entre l'énergie effectivement produite sur une période donnée et l'énergie que la centrale aurait produite si elle avait fonctionné à sa puissance nominale durant la même période, notamment pour les centres de santé, les écoles, les petites unités artisanales, grâce aux batteries, aux systèmes de contrôle des utilisations et aux systèmes prépayés avec achat et affichage des consommations sur téléphone mobile.

Comment organiser le paiement ?

Une fois la tarification adoptée, comment résoudre la question du paiement effectif ? Force est de constater que le taux de recouvrement est le plus souvent satisfaisant (à 95% dans le cas du CDS de Mauritanie par exemple) quand la communication est bien menée dès l'élaboration du diagnostic énergie, confirmant de la sorte que les usagers même à revenu modeste consentent à payer dès lors qu'ils sont convaincus des transformations qu'introduit le service dans leur bien être. La communication est donc l'une des clés de la réussite des modèles d'organisation. Pour la créer sur de bonnes bases, des éléments d'information sont souvent obtenus, là aussi, à partir d'enquêtes sur les attentes, les besoins et les moyens alternatifs de les couvrir.

Divers modèles économiques innovants sont expérimentés pour l'accès aux pico-solutions présentées au début de l'article. Le plus connu est celui du *pay-as-you-go* (PAY). L'objectif est de permettre à l'utilisateur de profiter du service apporté par l'équipement (lampe, générateur, pompe), et d'en devenir acquéreur par des paiements réguliers et de faibles montants. Le client rembourse son équipement solaire par l'achat de « crédits énergie » qui permettent l'utilisation du kit sur une durée déterminée. En cas de défaut de paiement, l'appareil cesse de fonctionner, mais lorsque le système est intégralement remboursé, il est définitivement débloqué. Les paiements peuvent se faire de façon dématérialisée, sur téléphone mobile. Tel est le cas du système M-KOPA Solar instauré au Kenya, en Tanzanie et en Ouganda, au bénéfice de plusieurs centaines de milliers d'utilisateurs. Les clients paient par téléphone, par le biais de M-PESA, le système de transfert d'argent, de petites sommes en fonction de l'utilisation d'un système d'énergie solaire à usage domestique, comprenant un panneau solaire, trois plafonniers, une radio et des bornes de recharge pour téléphones portable. Ils en deviennent propriétaire après quelques mois. Une sorte de micro crédit-bail 2.0. La sécurité du paiement vient de l'utilisation d'une carte SIM intégrée dans chacun des équipements dont l'usage se coupe automatiquement si le client n'a pas payé ses 50 centimes et se relance immédiatement dès que le paiement a été effectué. Le PAYG a de la sorte l'avantage

de lever la barrière du financement à l'entrée et également d'introduire l'utilisateur dans une relation durable pour de nouveaux services. Mais son inconvénient est son coût de gestion pour le promoteur et le risque qu'il supporte. Ils ne peuvent être réduits que par la gestion d'un volume très important de dossiers et le recours à la digitalisation du traitement des données sur les usages et les paiements. Il existe d'autres systèmes comme celui de Sahelia Solar au Burkina Faso qui fournit de l'énergie solaire à un réseau de petites entreprises au moyen d'un système de paiement à l'utilisation ou comme celui de prépaiement de la Fondem. Dans ce dernier cas, le matériel utilisé est principalement composé d'un compteur intelligent placé chez l'abonné, qui mesure et limite l'énergie et la puissance délivrées en fonction du paiement, effectué au préalable. Le système peut fonctionner sous la base d'un forfait prédéfini par l'exploitant et reconduit automatiquement d'une période sur l'autre, ou sous forme de crédits achetés à discrétion par l'utilisateur.

Toujours au Kenya, pays innovant par excellence, D. Light Solar System fonctionne via un système de micro-crédit. L'acheteur dépose une somme de 3 500 shillings pour l'obtention du kit solaire, puis effectue des paiements journaliers de 40 shillings à l'aide d'un système de transaction par SMS. Au bout d'une année, le kit est remboursé et l'acheteur peut en disposer librement. Ce système de microcrédit permet aux familles pauvres de disposer de l'électricité sans devoir investir une somme de départ conséquente, n'est pas la seule ressemblance avec M-Kopa. D. Light s'appuie plutôt sur les organisations humanitaires et fait parfois appel à la Croix-Rouge ou à l'Unicef pour atteindre des zones enclavées, voire en conflit. *D. Light leur vend des kits à prix réduit pour qu'ils soient distribués en même temps que la nourriture et les médicaments. L'entreprise atteint désormais 72 millions de personnes dans 62 pays, dont le Soudan du Sud.*

Parmi les expériences innovantes de contribution de la microfinance à l'équipement énergétique des ruraux, citons également celle de PAMIGA (Groupe Microfinance Participative pour l'Afrique), une ONG fournissant une assistance technique à un réseau de 16 institutions de microfinance rurales, en particulier au Cameroun et en Ethiopie, pour le développement de produits financiers visant à faciliter l'accès de leurs clients ruraux vulnérables à des solutions pico-solaires. L'approche choisie est un modèle partenarial (« *two-hands model* ») dans lequel une institution financière et un fournisseur de solutions solaires décident de collaborer. Cette formule a également été mise en place avec La Poste du Bénin et Schneider Electric dans le cadre de l'initiative « Poste Verte » pour distribuer la lampe Mobiya TS120, une solution solaire mobile dans plusieurs centaines de points de vente postaux. Des offres flexibles de services financiers sous forme de crédit vert et de « tontine verte », ont été mises en place pour accompagner la mise en vente des lampes.

4. Quels impacts réels sur le développement local ?

Reconnaissons à présent que l'obstacle de la modeste capacité énergétique des hors réseaux - souvent invoqué par les partisans de moins en moins nombreux du tout réseau général - n'est pas insupportable : la réfrigération, l'utilisation de petits outillages artisanaux, l'éclairage domestique ou villageois ou la petite irrigation ne nécessitent pas du courant de forte puissance. Autant de raisons qui font

qu'aujourd'hui pratiquement tous les gouvernements (à l'instar comme on l'a vu du Mali, mais aussi du Maroc, du Botswana, du Rwanda, de la Tanzanie et de l'Éthiopie qui ont en la matière des politiques les plus volontaristes) et la majorité des donateurs inscrivent dans leurs dispositifs de programmation le développement progressif de capacités décentralisées.

Des résultats « encourageants »

Quel est en fin de compte l'apport réel des projets d'électrification sur le développement local? La réponse à cette question centrale n'est pas aisée car les études d'impacts ne sont pas légion, sauf pour les pico-solutions, plus faciles à jauger. L'évaluation des actions de terrain révèle le plus souvent des résultats « globalement encourageants » pour la majorité des solutions pico/micro/mini, même si les informations restent souvent très qualitatives. La quantification des retombées requiert toujours une certaine précaution. Beaucoup d'externalités sont indirectes, intangibles et à long terme. Citons-en certaines indirectes identifiées lors de diverses enquêtes par Hystra (2017): des économies effectuées sur les achats de combustibles (qui peuvent atteindre 10% du revenu annuel), des compléments de revenus apportés par le travail nocturne à domicile, la suppression des émanations toxiques des lampes au kérosène et des autres systèmes d'éclairage par combustion, l'amélioration de la sécurité par l'éclairage nocturne, un gain d'une heure supplémentaire de devoirs scolaires par jour, enfin l'amélioration de la socialisation et du bien-être général.. Un kiosque soutient des activités en cours de diversification tandis que des systèmes d'irrigation solaires peuvent générer des revenus additionnels substantiels en prolongeant le temps agricole. Divers autres impacts collatéraux (gain de temps en collecte de bois, travail nocturne, incitation à la bancarisation progressive par le *pay-as-you-go*) sont aussi évidents.



Source, Gret, projet Rhyvière

Et les plus pauvres ?

Les systèmes contribuent-ils vraiment à la réduction de la pauvreté ? On considère en général que, dans un contexte de dénuement énergétique extrême, ce sont les premiers kWh qui ont l'impact le plus significatif sur les conditions d'existence des familles. *Ainsi, observe-t-on une corrélation entre l'augmentation de la consommation d'électricité et l'amélioration de l'indice de développement humain (IDH).* Mais au-delà de 2 500 kWh de consommation par an et par personne, toute augmentation de la consommation d'électricité affecte très peu l'IDH. Les observations de terrain ne donnent pas des résultats parfaitement convaincants sur les bénéfices réels qu'en tirent les plus pauvres. Le segment des ruraux marginalisés, prétendument recherché par les programmes d'aide est en fait souvent oublié. Des effets d'éviction jouent. Les distributeurs de lampes sont réticents à aller dans les zones reculées ; une opération trop coûteuse et le manque de liquidités des clients potentiels signifient que les ventes seront faibles. Même au Kenya, le pays en pointe, la cartographie montre que l'axe de pénétration de l'énergie est celui de Nairobi-Kisumu, excluant les marges septentrionales pourtant peuplées. A fortiori, ce constat s'observe dans les pays sahélien (axes Bamako-Ségou, Ouagadougou-Bobo Dioulasso, Niamey-Maradi). Les modèles innovants, s'appuyant par exemple sur les coopératives rurales, n'ont pas encore prouvé leur répliquabilité à une échelle géographique encore suffisamment significative.

Le caractère partiel de la couverture n'est pas que régional. Il s'observe au sein même les communautés. Dans le projet Rhyvière à Madagascar, présenté plus haut, ce sont les ménages les plus aisés qui se connectent les premiers, donc ceux qui ont la plus forte consommation unitaire. Même quand il existe des dispositifs adaptés (par exemple « forfait lampe » ou tarifs subventionnés), l'intégration des ménages pauvres est lente. Ce phénomène d'éviction s'explique en grande partie par le caractère pervers des financements - concessionnels ou pas - fondés sur le décaissement rapide ou de type *output based aid* (basé sur les résultats quantitatifs) qui incitent le délégataire à réaliser rapidement les raccordements, sur un maillage restreint qui couvre les axes principaux alors que les pauvres résident sur les axes secondaires ou éloignés. Plus globalement, l'approche reste souvent d'abord commerciale et la vision de l'électrification rurale que porte la majorité des financements est celle d'un déploiement privilégié d'activités suffisamment rentables pour attirer des investisseurs privés. De nouvelles stratégies doivent en conséquence être envisagées pour réduire les inégalités d'accès. L'innovation financière doit continuer de croître au même rythme que l'innovation technologique. Par exemple par la promotion de montages financiers adaptés pour les distributeurs qui vont en zones isolées (*smart funding*), établis sur la base du nombre de pauvres véritablement bénéficiaires, pour éviter que les subventions ne bénéficient qu'aux ménages aisés.

* *

*

Les besoins insatisfaits sont considérables. En 2040, selon les projections de l'Agence internationale de l'énergie, 530 millions d'Africains n'auront toujours pas d'autres choix que de compter sur les installations électriques hors réseau, avec les trois dispositifs présentés dans cet article.

Face à ce défi, la question se pose : comment passer de l'expérimentation innovante à une échelle réduite en matière d'électrification décentralisée à des réalisations à une taille plus significative, couvrant un plus grand nombre de bénéficiaires et permettant de surcroît de s'assurer de la durabilité des solutions ? Changer d'échelle est l'un des grands enjeux.

L'Agence internationale de l'énergie estime que pour que 140 millions d'Africains supplémentaires (un objectif minimum) aient accès à l'électricité par le biais des mini-réseaux, il faudrait mener d'ici 2030 l'installation de 4000 à 8000 mini-réseaux par an pendant 25 ans, avec une majorité de solaire. Une perspective qui suppose un investissement bien au-delà des tendances actuelles. Alors qu'il faudrait environ 30 milliards de dollars par an jusqu'à 2030, les fonds mobilisés jusqu'à présent par les principaux bailleurs multilatéraux ou nationaux, publics ou privés sont estimés au mieux au tiers de cette cible.

Par voie de conséquence, le « monde de la solidarité énergétique internationale », évoqué par certains chantres de « l'énergie pour tous » devra déployer des instruments financiers d'une envergure autrement plus grande que celle annoncée par les bailleurs de fonds et les Etats. Ils devront en outre dans un premier temps privilégier la subvention car l'électrification décentralisée nécessitera des ressources adaptées aux capacités des populations les plus démunies, afin d'amorcer la transition énergétique qui s'inscrit, comme on le sait, dans le temps long de la transformation économique et sociale.

Bibliographie

- Africa Progress Panel (2017), *Lights, Power, Action, Electrifying Africa*, Africa Progress Panel, Geneva.
- Africa Renewable Energy Initiative (AREI) (2015), *A framework for transforming Africa towards a renewable energy powered future with access for all*, AREI.
- Africa-EU Energy partnership (2014), *Etude sur le développement de l'hydroélectricité de petite et moyenne puissance en Afrique subsaharienne*, Renewable Energy Cooperation Programme (RECP), Agence française de développement, Tractebel Engineering, GDF Suez, Coyne et Bellier.
- Agence internationale de l'énergie (2016), *World Energy Outlook, Biomass data base*, éditions de l'OCDE, Paris
- Bentaleb N. (2004), « L'électrification rurale décentralisée dans le sud » *Vertigo*, vol. 5, n°1, mai.
- Bollier D. (2014), *Think like a Commoner, A Short Introduction to the Life of the Commons*, New Society Publishers.
- Camara S., Cerqueira J. et Samassa N. (2016), *Electrification rurale par les plateformes multifonctionnelles solaires*, Synthèse projet Erudi, Gret, Ecodev, Tenmiya.
- Cerqueira J. (2016), « Quelles coalitions d'acteurs pour électrifier Madagascar ? », *Field Action Reports, Facts report*, FERDI et Institut Veolia.
- Debreu J. et Guibert C. (2014), *Livre blanc des énergies durables en Afrique, Guide des bonnes pratiques*, Africa Express.
- Desarnaud G. (2017), *L'électrification rurale en Afrique : comment déployer des solutions décentralisées*, Institut français des relations internationales (IFRI), Paris, site L'Afrique des idées.

- Electriciens Sans Frontières & URD (2015), *Guide de bonnes pratiques pour l'électrification rurale*, ESF, Bagnolet.
- Geman H. (2017), « Electricity in Eastern Africa : The Case for Mini Hydro », OCP Policy Center, *Policy Brief*, April.
- Groupe Initiative (2015), *Enjeux et pratiques des nouvelles coalitions d'acteurs entre pouvoirs publics, sociétés civiles et entreprises*, Note de positionnement, Paris.
- Huet J-M. et Boiteau A. (2017) « L'électrification rurale en Afrique : une opportunité de développement économique ? », *Secteur privé et Développement*, Proparco, Hors série.
- Hystra (2017), *Reaching scale in access to energy, Lessons for practitioners*, n°1 et n°2, case studies, Paris, may 2017.
- IRENA (2016), *Roadmap for a Renewable Future: 2016 Edition*, International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- OECD-IEA (2016), *World Energy Outlook, Electricity Access Database 2014*
- Orlandi I., Tyabji N. and Chase J. (2016), *Off-Grid Solar Market Trends Report 2016*, Bloomberg New Energy Finance and Lighting Global,
- Oyuke, A., P. Halley-Penar et B. Howard (2016), « Hors réseau ou 'marche-arrêt' : la majorité des Africains manquent d'électricité fiable », *Dépêche 75*, Afrobaromètre.
- Quitrow, Rainer, and others (2016), *The Future of Africa's Energy Supply: Potentials and Development Options for Renewable Energy*, Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam, Germany.
- RECP (2013), *Mini-Grid Policy Toolkit: Policy and Business Frameworks for Successful Mini-grid Roll-outs*, Africa-EU Renewable Energy Cooperation Programme (RECP).
- Rom A., Günther I. et Harrison, (2017), *The Economic Impact of Solar Lighting: Results from a randomised field experiment in rural Kenya*, Solar Aid, Acumen, ETH Zürich.
- Schnitzer D. et al. (2014), *Microgrids for rural electrification: A critical review of best practices based on seven case studies*, United Nations Foundation.
- Scott A. and Miller C. (2016), *Accelerating access to electricity in Africa with off-grid solar - The market for solar household solutions*, Overseas Development Institute, London.
- Shanker A. et al. (2012) *Accès à l'électricité en Afrique subsaharienne : retours d'expérience et approches innovantes*, Agence française de développement, Document de travail n°122.
- Tavernier L. et Rakotoniaina S. (2016), « Revue des projets de développement des kiosques énergétiques », *Field Action Reports, Facts report*, FERDI et Institut Veolia.
- Tenenbaum B., Greacen C., Siyambalapitiya T. et Knuckles J. (2015), *Quand la lumière vient d'en bas, Comment les petits producteurs d'électricité et les mini-réseaux peuvent promouvoir l'électrification rurale et les énergies renouvelables en Afrique*, The World Bank, Washington DC.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2015), *Increasing Private Capital Investment into Energy Access: The Case for Mini-grid Pooling Facilities*, United Nations Environment Programme, Nairobi.
- United Nations Environment Programme (UNEP) (2015), *Increasing Private Capital Investment into Energy Access: The Case for Mini-grid Pooling Facilities*, United Nations Environment Programme, Nairobi.
- Viné E. et Dumas B. (2016), *Le pico photovoltaïque : macro impact en Afrique ?* Bearing Point, Energy point, chapitres 1, 2, 3 et 4.
- World Bank (2016), *Current activities and challenges to scaling up mini-grids in Kenya*, May 2016, World Bank, Washington DC.

World Bank, *Lighting Global (2016), Off-Grid Solar Market Trends Report 2016*, World Bank, march 2016.