

OPTIONS TECHNOLOGIQUES ET MODÈLES D'ORGANISATION DE L'ÉLECTRIFICATION RURALE EN AFRIQUE

Retours d'expériences

Pierre Jacquemot, Marie-Noëlle Reboulet

De Boeck Supérieur | « Afrique contemporaine »

2017/1 N° 261-262 | pages 155 à 184

ISSN 0002-0478

ISBN 9782807390867

Article disponible en ligne à l'adresse :

<https://www.cairn.info/revue-afrique-contemporaine-2017-1-page-155.htm>

Pour citer cet article :

Pierre Jacquemot, Marie-Noëlle Reboulet « Options technologiques et modèles d'organisation de l'électrification rurale en Afrique. Retours d'expériences », *Afrique contemporaine* 2017/1 (N° 261-262), p. 155-184.
DOI 10.3917/afco.261.0155

Distribution électronique Cairn.info pour De Boeck Supérieur.

© De Boeck Supérieur. Tous droits réservés pour tous pays.

La reproduction ou représentation de cet article, notamment par photocopie, n'est autorisée que dans les limites des conditions générales d'utilisation du site ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Toute autre reproduction ou représentation, en tout ou partie, sous quelque forme et de quelque manière que ce soit, est interdite sauf accord préalable et écrit de l'éditeur, en dehors des cas prévus par la législation en vigueur en France. Il est précisé que son stockage dans une base de données est également interdit.

Options technologiques et modèles d'organisation de l'électrification rurale en Afrique

Retours d'expériences

Pierre Jacquemot
Marie-Noëlle Reboulet

Les options décentralisées en matière énergétique sont des réponses aux besoins des populations rurales qui resteront longtemps éloignées des grands réseaux. Les leçons tirées de l'expérience d'actions conduites dans divers pays africains sont particulièrement riches, tant en ce qui concerne les modes de gestion et l'implication des bénéficiaires que des possibilités d'extension à une vaste échelle. L'analyse sociale et économique de ces dispositifs décentralisés montre qu'ils sont exigeants en termes de responsabilité collective, d'interaction entre acteurs, de tarification et de moyens financiers nécessaires à mettre en œuvre. Il n'y a clairement pas de miracle : l'électricité décentralisée est une piste incontournable, mais très ardue.

Mots clés : Afrique – Communs – Électrification – Énergie – Énergie renouvelable – Innovation – Monde rural – Organisation – Pauvreté – Service essentiel

Les stratégies énergétiques visant à atteindre les populations sans accès à l'électricité, estimées en Afrique subsaharienne à plus de 620 millions de personnes (soit près des deux tiers de la population)¹, mettent en balance diverses options. Leur raccordement aux réseaux nationaux ou régionaux existants en est une. Mais, tant que les coûts élevés du transport de l'électricité sur de longues distances rendront onéreux les projets d'extension des réseaux, les options décentralisées demeureront les seules réponses aux besoins des populations rurales dispersées sur de vastes territoires.

Selon les estimations de l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), près de 26 millions de ménages africains, soit environ

Les auteurs de l'article sont membres du Groupe Initiatives et appartiennent à deux organisations impliquées dans des projets d'électrification décentralisée, notamment en

Afrique : le GRET (professionnels du développement solidaire) et le GERES (Groupe Énergies renouvelables, Environnement, Solidarités). Ils ont bénéficié des

commentaires de Juliette Darlu, Minh Cuong Le Quan, Julien Cerqueira, Jérôme Levet, Grégoire Gailly et Benjamin Pallière.

100 millions de personnes, 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 de savoir si ces modes de production contribuent à la solution du « trilemme énergétique » : comment garantir une énergie à la fois accessible, de qualité et à un prix abordable ? L'article s'organise en quatre parties. Dans la première, nous verrons que les dispositifs qui se déploient appartiennent à diverses familles de solutions selon leur taille et les besoins à satisfaire : pico, micro et mini. Dans la deuxième partie, nous posons la question suivante : ces dispositifs font-ils système ? Pour y répondre, il faut interroger les projets de terrain. En effet, les retours d'expériences sont riches d'enseignements sur la place et sur l'efficacité des modèles d'organisation dans le temps (potentiel de pérennité) et dans l'espace (capacité au changement d'échelle), sur les rôles respectifs des acteurs et les modes de régulation. À cet égard, l'approche par les communs se révèle intéressante. Ensuite, on verra que les projets donnent d'utiles leçons, sur la tarification à mettre en œuvre et sur les mécanismes de financements. Enfin, dans la dernière partie, nous noterons que bien que toutes les évaluations ne soient pas encore suffisamment documentées, elles donnent des premières indications sur l'envergne de la contribution des technologies disponibles à la transformation des sociétés rurales.

Des options technologiques de plus en plus diversifiées

Les technologies disponibles en matière d'électrification décentralisée appartiennent à trois familles situées à un niveau différent 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 combine sous une forme hybride deux ou plusieurs sources d'énergie (thermique, solaire, éolien, hydraulique, biomasse).

1. Estimations d'Africa Progress Panel, 2017.

La rapide diffusion des pico-technologies. Le terme de kit pico-photovoltaïque (ou « pico-PV² ») est utilisé pour désigner des systèmes solaires portatifs fournissant un éclairage (lampe solaire en dessous de 5 W) ou pour offrir des fonctions élargies à l'échelle d'un ménage pour des appareils électriques de petite taille, avec une capacité allant de 6 à 200 W. L'équipement complet d'un ménage revient à un coût situé à entre 100 et 1 000 dollars, avec le plus souvent un panneau photovoltaïque, une batterie, une ou plusieurs lampes et éventuellement un régulateur. Ces dispositifs constituent le plus petit des systèmes hors réseau, le premier échelon de l'électrification.

Dans plus de vingt-cinq pays d'Afrique, majoritairement au Kenya, en Tanzanie et en Éthiopie, où ils touchent 15 à 20 % des ruraux, on trouve des pico-dispositifs (appelés aussi *standalone off-grid systems*) avec le plus souvent un système de paiement *pay-as-you-go*. Ainsi, Devergy, créée en 2010, opère en zone rurale en Tanzanie auprès de 120 000 ménages. PowerGen, fondée au Kenya en 2011, a installé des centaines de dispositifs à partir d'énergie renouvelable dans sept pays avec des méthodes innovantes (*smart metering, pay-as-you-go, distributed storage, interconnections*). GDF Suez Rassembleurs d'Énergies, 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 (Economist Intelligence Unit, 2016).

La formule touche aussi 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 deux millions de personnes à l'horizon 2020. Un autre projet significatif est porté au Burkina Faso par la Fondation Énergies pour le monde (Fondem), en partenariat financier avec les caisses populaires de la zone et un fournisseur-installateur local. Également créée avec la même fondation française, Énergie du ciel en Guinée produit et vend des kits solaires avec une particularité : leurs régulateurs électroniques sont composés de matériaux recyclés. Plus ambitieux encore, le Rwanda a le projet d'assurer la couverture en pico-dispositifs de toute de sa population. Avec Ignite Power, l'un des plus importants programmes d'Afrique de l'Est, plusieurs opérateurs privés sont impliqués dans ce pays, avec une cadence de 250 ménages équipés par jour, dotés d'un équipement solaire, composés de quatre lampes, une radio, une télévision et un chargeur pour un coût mensuel d'un dollar (Scott, Miller, 2016).

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 implantées, de coopératives rurales, de petits commerçants itinérants, etc. L'entreprise Nafa

Naana, créée par 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 fabrique et distribue des kits solaires de 250 W en Ouganda, 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 : ses stations-service permettent de rayonner sur un large territoire.

L'examen de ces nombreuses initiatives conduit à penser qu'un changement fondamental est engagé, avec de multiples retombées. D'aucuns parlent de « révolution » comme dans 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 deux cents en Afrique (Orlandi, Tyabji, Chase, 2016). L'expansion de ce secteur s'explique par plusieurs raisons. Le montage des équipements peut se faire localement. À 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 (Rom *et al.*, 2017). 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. Ils 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 ? 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 oreille³ ».

2. *Pico* est un préfixe qui placé devant une unité la divise par 10^{12} (million de million), *nano* par 10^9 (un milliardième) et *micro* par 10^6 (un million). Dans cet article, ils sont plus simplement synonymes d'infiniment à extrêmement petits par rapport au système du raccordement au réseau national. On parle parfois de « nano » réseaux pour de petits

équipements qui assurent l'approvisionnement de cinq à trente ménages pour l'éclairage et la recharge de batteries.

3. 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). Lighting Global soutient une approche de diffusion axée sur le marché, laquelle exige des utilisateurs finaux qu'ils paient des prix couvrant intégralement les coûts (Lighting Global, 2016).

Les micro-réseaux villageois : le cas mauritanien. Une lampe solaire fournit une solution d'éclairage utile mais individuelle et peu efficace face à des problèmes de sécurité alimentaire, d'accès aux soins ou de création d'emplois. Jamais elle ne pourra 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 l'ouverture d'un commerce de recharge de téléphones portables. À un échelon plus élevé, les micro-réseaux (sous la forme de « kiosques » ou de « plateformes ») offrent à une communauté villageoise des services beaucoup plus étoffés que les pico-solutions. Cependant, ces systèmes sont encore de dimension modeste, fournissant une puissance modulable de quelques centaines de watts à quelques kilowatts, et desservant par une unité centralisée généralement moins de 150 ménages résidentiels.

En Mauritanie, une centaine de villages isolés de moins de 1 500 habitants dans les régions du Brakna, du Gorgol, de l'Assaba et du Tagant ont accès à l'électricité à partir de telles « plateformes multifonctionnelles solaires ». Ce dispositif, mis en place par le GRET entre 2008 et 2016 (projet Erudi) avec deux ONG locales, Ecodev et Tenmiya, sur un modèle repris depuis par d'autres acteurs, permet de bénéficier du fort ensoleillement du pays (5 kWh/m²/j) pour offrir dans un village une palette de dix services, de la congélation à la réparation de pneus. Le choix des services dépend des besoins et de la demande. Chaque village est sélectionné selon une procédure standardisée, un bâtiment de 80 m² est installé et doté d'un générateur regroupant plusieurs modules photovoltaïques et un parc de batteries. En Mauritanie, l'État est le maître d'ouvrage du service d'accès à l'énergie, il en confie la responsabilité à l'Agence pour la promotion de l'accès universel aux services (Apaus). La fourniture de l'énergie dans les villages est assurée par un artisan délégataire en charge de la gestion du service et de la maintenance des équipements (il est rémunéré directement par les usagers). À ses côtés, un comité des usagers assure leur représentation et signe le contrat de fonctionnement de la plateforme avec l'artisan-gérant.

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 solaire photovoltaïque est privilégiée. 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 engendrée est partout utilisée pour une variété d'activités : la recharge de lampes, de téléphones, 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 (Hystra, 2017).

Les mini-réseaux : retour sur deux opérations. Les mini-réseaux sont quant à eux installés à l'échelle d'un bourg, pour 2 000 à 5 000 habitants ou plus en général, avec des capacités de 10 kW à 10 mW. 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 micro-turbines hydro-électriques ou des générateurs diesel, utilisant éventuellement des huiles végétales, par exemple issues de la graine de jatropha.

Prenons le cas du Mali. Avec le Sénégal et la Tanzanie, ce pays est un de ceux qui ont le mieux réussi dans la promotion des mini-réseaux isolés. Deux cent cinquante installations décentralisées, le plus souvent thermiques au diesel mais aussi solaires ou hybrides dans certains cas, ont été comptabilisées. Soixante mini-réseaux sont gérés sur une base totalement privée. Un nombre relativement élevé de ménages ruraux sont concernés, avec des facilités démultipliées pour satisfaire les besoins des équipements sociaux. C'est ainsi que les centres de santé peuvent être raccordés, ce qui permet la conservation des vaccins et des médicaments et améliore les conditions d'accouchements nocturnes.

Le Mali a choisi de s'appuyer sur des petits opérateurs d'énergie (TPE, groupements d'intérêt économique, associations ou fondation) exploitant les mini-réseaux hors de la zone d'intervention d'Électricité du Mali (EDM), l'acteur public historique. Ces petits opérateurs d'énergie, qui ont obtenu un permis après avoir déposé un projet de candidature spontanée d'électrification rurale (PCASER), sont supervisés par l'Agence malienne pour le développement de l'énergie domestique et de l'électrification rurale (AMADER). Ils disposent d'une autorisation d'exploitation pendant une durée de quinze ans renouvelable, et l'État participe le plus souvent au cofinancement initial des investissements sur la base du Fonds d'électrification rurale. À chacun d'eux de définir son modèle économique, en tenant compte d'une tarification validée au niveau de l'AMADER. Initiée dans les années 2000, cette stratégie a permis de faire progresser le taux d'électrification rurale de 1 % en 2006 à 9 % en 2014



Kiosque solaire. Les plateformes multifonctionnelles solaires se rencontrent dans tous les pays sahéliens. 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.
Photo du GERES, Mali, 2018.

(OECD-IEA, 2016). Le prix facturé par les opérateurs à leurs clients résidentiels est trois à quatre fois plus élevé que le prix facturé par la société nationale aux clients pauvres des villes raccordés au réseau principal et bénéficiant du « tarif social ». Cette disparité, liée au poids des coûts fixes dans les mini-réseaux, crée inévitablement une « jalousie de tarif », surtout quand un village desservi par un mini-réseau est à proximité d'un autre village desservi par EDM. Aussi n'est-il pas surprenant que le gouvernement malien ordonne parfois à la société nationale de raccorder des mini-réseaux isolés situés à proximité du réseau national afin d'éliminer la trop grande discrimination tarifaire.

Konsequela au Mali. Le Mali présente une application du concept encore expérimental de zone d'activités électrifiée (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 Konsequela, 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 (250 francs CFA/kWh le jour, 400 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, 24 heures sur 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 ONG étrangère (GERES), une institution de microfinance, des bailleurs de fonds publics et privés, et sans le soutien de l'AMADER. Un modèle de coalition d'acteurs dont on examinera plus loin les conditions d'efficacité.



La zone d'activités électrifiée de Koneguela. Cette zone d'activités de Koneguela au Mali apporte une variété de services (meunerie, boulangerie, menuiserie, réfrigération) à la communauté villageoise.
Photo aérienne du GERES, Koneguela, Mali, 2017.

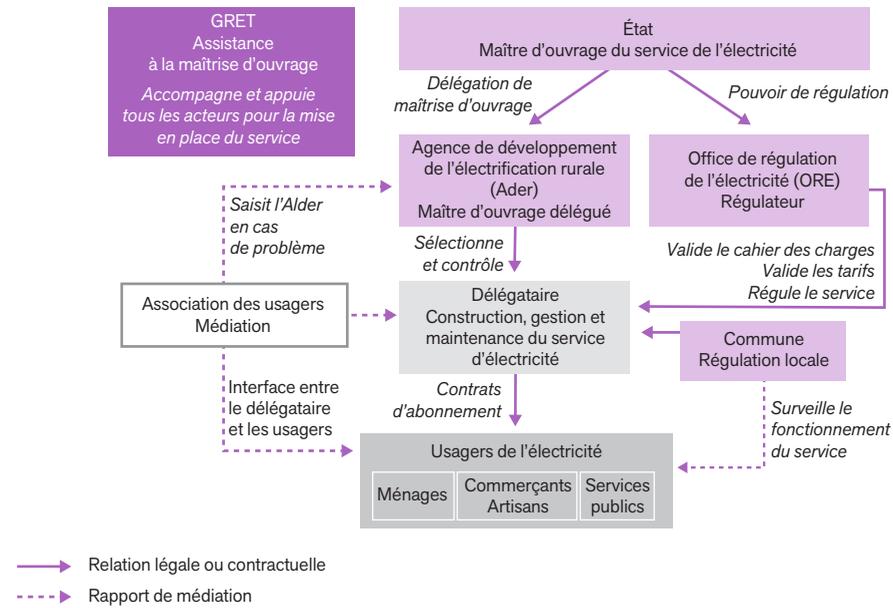
Rhyvière à Madagascar. Dans plusieurs pays, les ressources hydrauliques sont abondantes et offrent des opportunités couvrant toutes les gammes de puissance, de quelques centaines de watts à quelques mégawatts. La grande hydroélectricité permet de fournir la puissance électrique dont ont besoin les centres urbains, les entreprises et les mines grandes consommatrices. Pour la micro-hydroélectricité, il s'agit essentiellement de centrales rurales au fil de l'eau où la disponibilité de la ressource tout au long de l'année est un atout de rentabilité majeur.

Entre ces deux extrêmes, la moyenne et petite hydroélectricité offrent des opportunités pour des projets de taille limitée mais susceptibles de contribuer au développement local, souvent en complément ou en substitution d'une fourniture d'électricité par des générateurs diesel – qui, très coûteux, n'interviennent plus alors qu'en secours, en cas d'hydrologie insuffisante.

Une mini-centrale hydroélectrique transforme l'énergie sauvage d'une chute d'eau en énergie mécanique grâce à une turbine, puis en énergie électrique grâce à un générateur. C'est une forme d'énergie renouvelable, propre et

non polluante. La puissance installée de la centrale est fonction du débit d'eau turbiné et de la hauteur de chute. Deux types d'installations existent. Les installations qui fonctionnent par éclusées, c'est-à-dire de grands barrages dotés de réservoirs permettant de répondre à la pointe de la consommation. Et les centrales installées au fil de l'eau, ce qui est le cas de la majorité des petites centrales hydroélectriques. Les dispositifs sont anciens et particulièrement nombreux, notamment en Afrique de l'Est. Le principal facteur de risque est la disponibilité en eau.

Le projet Rhyviere du GRET à Madagascar⁴ présente plusieurs intérêts pour l'analyse. Financé par l'Union européenne, l'Agence de développement 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 cinq communes. Le découpage des activités a pour but de préciser le rôle de chaque acteur impliqué aux différentes phases du projet (étudier, financer, concevoir, réaliser, exploiter) et de structurer une méthodologie de mise en œuvre. Il est résumé dans le schéma ci-après.



Source : GRET.

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. Partant du constat que la

qualité et la quantité de la ressource disponible en eau venant du bassin versant sont cruciales dans une opération hydraulique et qu'elle peut être menacée par des phénomènes naturels (érosion), accentuée par des actions d'origine anthropique (déboisement, orpaillage), un dispositif de paiement pour services environnementaux (PSE) a été coconstruit 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.

Pour autant, à Madagascar, près de quinze 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 reste aléatoire : sur la centaine de réseaux ruraux exploités par des petits opérateurs d'énergie, quarante étaient non fonctionnels en 2018. Le risque principal est celui de l'*off-taker* associé à la faiblesse financière du secteur électrique et aux difficultés de recouvrement rencontrées. Par ailleurs, l'analyse des pratiques de délégation et des rapports entre l'État malgache, maître d'ouvrage du service à travers l'Ader, et les délégataires 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 Rhyviere, comme d'autres, renforce le constat sur l'importance d'un pouvoir public compétent et impliqué pour favoriser la pérennité des systèmes pluri-acteurs.

L'arbitrage en matière de sources d'énergie. L'investissement de départ requis pour un kiosque ou une plateforme solaire est de l'ordre de 40 000 à

4. Pour plus de détails sur ce projet, voir Cerqueira (2016).

80 000 euros, incluant le bâtiment, le coût du système électrique et des produits proposés. Cette charge d'investissement est huit à seize fois supérieure à celle d'un groupe électrogène. Mais les coûts annuels d'entretien et de maintenance sont en moyenne huit fois moindre pour le solaire.

Tableau 1 – Mini-centrale solaire vs groupe électrogène (pour une centaine d'abonnés et une consommation d'environ 10 000 kWh/an)

	Groupe électrogène	Centrale solaire
Puissance installée	12 kVA	10 kVA
Coût d'investissement (hors réseau)	5 000 €	40 000 à 80 000 €
Coût d'entretien/maintenance, hors coûts de personnel et hors coûts de renouvellement des composants (onduleurs, batteries) pendant la durée de vie de l'installation	5 000 €/an	600 €/an

(Les coûts de personnel sont comparables pour les deux types de systèmes.)
Source : Fondation Énergies pour le monde.

Comme pour tous les services collectifs, les choix sont dictés par trois considérations : la disponibilité (*availability*), le prix (*affordability*) et l'efficacité (*reliability*). Beaucoup de mini-réseaux fonctionnent encore au diesel, lequel présente, outre l'avantage du faible investissement de départ, d'être une technologie connue et localement maîtrisée et donc d'une maintenance aisée. Cependant, le coût élevé de la production d'électricité à petite échelle à partir du gazole est flagrant dans les régions isolées où les coûts de transport peuvent augmenter le prix du carburant de 10 à 100 % par rapport aux prix constatés dans les grandes villes. Les formules hybrides combinant gazole et énergie renouvelable sont par conséquent de plus en plus fréquentes. Les projets alimentés par des mini-centrales hydroélectriques sont nettement moins nombreux que ceux qui utilisent le solaire, en hybride ou pas.

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 disruptive » 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 huit entre 2010 et 2018) 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 le gazole.

Dans le même temps, la numérisation des dispositifs de type mini-réseaux permet d'optimiser la gestion de l'équipement, en combinant d'un côté les variations de la ressource (solaire ou éolien) et de la demande (notamment

nocturne/diurne), la batterie servant d'appoint pour ajuster à tout moment l'offre et la demande. De nouvelles technologies « intelligentes » (Ecoisme, Rachio, Ecobee, Tado) permettent d'économiser de l'énergie en suivant la consommation de tout appareil et en donnant des conseils afin de diminuer les consommations.

Enfin, les innovations en matière de paiement, attachée en particulier à la diffusion des moyens mobiles, dans un contexte de frugalité relative, du fait de la modestie des pouvoirs d'achat, 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 largement ailleurs. Assistera-t-on à un transfert retour Sud-Nord ?

Les modèles d'organisation et l'approche par les communs

Au fur et à mesure du lancement de procédés fiables et abordables, les installations solaires, éoliennes et hydroélectriques hors réseau – pico, micro, mini – peuvent potentiellement représenter autant d'options fournissant une gamme de services énergétiques de plus en plus diversifiée aux ménages, aux agriculteurs, aux artisans et aux petites entreprises. Comment sont-elles organisées ?

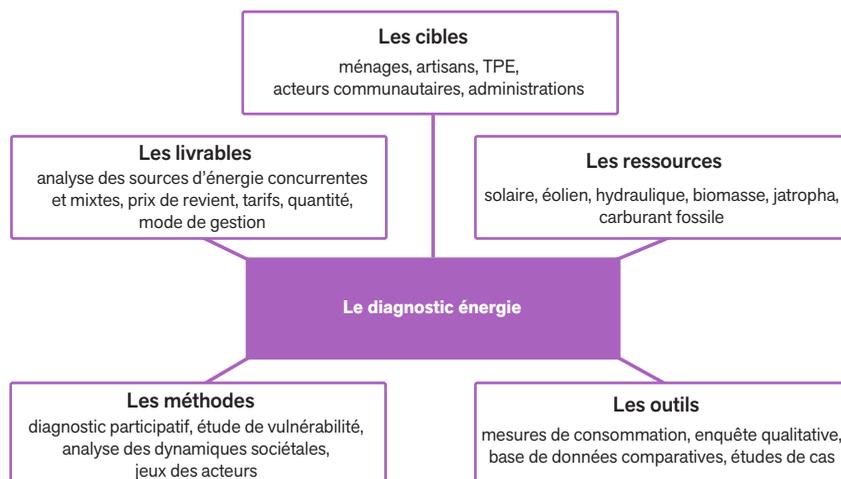
L'approche par les communs est-elle pertinente ? L'accès à l'électricité ne se résume pas à la question des équipements et des câbles à installer. Monter l'échelle de l'électrification n'est envisageable que si plusieurs conditions sont remplies, en particulier celles relatives à la répartition des rôles dans la décision d'implantation et dans la gestion des sites.

Prenons un peu de recul. On le sait, un mode de gestion est toujours un « construit social », le fruit d'une perception collective des besoins, de la confrontation des solutions alternatives et de la définition acceptée des propositions d'action. Son choix est dans le meilleur des cas effectué sur la base d'un diagnostic contextualisé des atouts et faiblesses des différentes options et en tenant compte de ce qui fait sens pour les usagers.

L'expérience révèle que le succès de la mise en place des dispositifs susceptibles de répondre le mieux aux besoins locaux dépend autant de la qualité du diagnostic qui précède l'opération que de considérations techniques et financières. Plusieurs facteurs interviennent dans le choix de la solution finale. Ils sont résumés dans le schéma ci-dessous (p. 167) adopté de manière assez proche dans la majorité des cas observés.

Dans le cas d'espèce, « l'approche par les communs » (Ostrom, 1990), fondée sur des règles de partage et des modes de gouvernance favorisant l'inclusion, est-elle pertinente ? Se frayant, de manière pragmatique, une voie entre le tout-privé et la gestion par l'État, elle permet de repenser les modalités de la gestion des services de base par les communautés. Dans le modèle

Diagnostic énergie



Source : GERES.

Le diagnostic énergie est mis en place de manière quasiment systématique dans tous les projets d'électrification rurale financés par l'aide extérieure. Dans le meilleur des cas, il vise à aider à identifier le « potentiel d'implication » de tous les acteurs dans la vie du projet. Ils peuvent être multiples : usagers, exploitants, élus locaux, migrants de retour, membres de la diaspora, fournisseurs, prestataires, partenaires extérieurs, représentants d'institutions locales ou nationales...

EdiCarto, 08/2018.

Document téléchargé depuis www.cairn.info - - 89.3.141.61 - 13/09/2018 20h13. © De Boeck Supérieur

idéal, le partage de la ressource, ici l'énergie, est régulé, ni par le marché, ni par l'administration, mais par la communauté qui adopte des « pratiques instaurantes » de gestion partagée, c'est-à-dire un système permettant aux acteurs de participer à la définition des règles d'usage, reposant sur un mode de gouvernance du site responsable, sur une tarification adaptée, avec un contrôle-évaluation par les usagers et un mécanisme de résolution des différends⁵. Le mérite de cette approche est de susciter l'approbation de ses membres et non pas de l'imposer par une hiérarchie ou un monopole ; il est de permettre de faire face à l'impuissance collective née des comportements individualistes qui entraînent inexorablement l'épuisement des ressources limitées, leur pollution, voire leur destruction définitive (de surmonter la « tragédie des communs »). La prise de décision est souvent plus longue, mais elle est aussi plus pérenne. Dans le cas des systèmes d'électrification décentralisé observés sur le terrain, toutes ou parties des conditions du modèle d'Elinor Ostrom sont-elles réunies ?

Revenons à présent aux situations observées. 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 opportunités⁶ ?

Tableau 2 – Les trois modèles d'organisation

1. Modèle du comité collectif de gestion (CCG)	Le site est directement géré par un groupement local d'usagers réunis en un comité collectif de gestion (CCG), composé le plus souvent de femmes, qui supervisent le travail d'un artisan-gérant en charge de la fourniture du service et de la maintenance. Ce modèle est plutôt adapté aux petites unités, comme les kiosques et les plateformes. Le financement initial est couvert le plus souvent par des dons de l'aide internationale, en plus d'une contribution de la communauté, en nature ou en numéraire. Le soutien technique d'un partenaire extérieur de type ONG est le plus fréquent.
2. Modèle petit opérateur d'énergie (POE)	L'unité, mini-réseau ou kiosque, est de taille réduite, financée avec un concours extérieur. La gestion du site est confiée à un petit opérateur d'énergie (POE) local, choisi par la communauté souvent en son sein ou à proximité, spécialement formé en gestion, en comptabilité et en maintenance de site. Un contrat définit ses responsabilités. Le contrôle est souvent assuré par une association d'usagers. L'exploitant peut par la suite racheter le dispositif avec les revenus perçus.
3. Modèle société de services décentralisés (SSD)	La gestion du site est externalisée à un entrepreneur ou à une société de services décentralisés (SSD), responsable de l'installation de l'infrastructure et de son fonctionnement, bénéficiant d'une délégation de service public et opérant avec une tarification proche de celle en vigueur dans les réseaux. Le potentiel économique du site est prouvé. Le risque est assumé. L'entreprise contribue en matière d'apport de financement (sur apport personnel ou emprunt), de technologies, de suivi, de maintenance et de services complémentaires.

Le « modèle du comité collectif de gestion » (CCG) 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'État à un artisan-gérant est pragmatique. Le dispositif offre alors une prédisposition pour le *commoning* (« faire commun en commun » affectivement, matériellement, institutionnellement). 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), que l'on a rencontré plus haut dans le cas du Mali, est quant à lui le plus fréquent dans les mini-réseaux. Il correspond parfois à une évolution du précédent modèle. Il se rapproche des « néo-communs », 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 propriété⁷. Ici, le choix de l'opérateur est critique car il doit servir les fins collectives poursuivies. Il s'agit d'une

5. Un site d'électrification rurale n'est pas un « bien public pur », comme peut l'être par exemple un phare, en ce sens qu'il ne satisfait pas parfaitement au critère de

non-exclusion (l'énergie est payante) et à celui de la non-rivalité (la consommation est limitée).

6. Pour reprendre le questionnement de Le Roy (2016).

7. Les catégories de « primo-communs » et de « néo-communs » sont inspirées de Le Roy (2016, p. 18).



Le projet Rhyviere. Cette photographie montre l'installation du projet « Réseaux hydroélectriques villageois, énergie et respect de l'environnement » (Rhyvière) à Madagascar, dans lequel la participation des futurs usagers des équipements à leur installation est un facteur d'appropriation qui se révèle efficace dans la logique des communs. Les mécanismes de développement sont conçus avec les acteurs du secteur, des outils et procédures permettant le développement de la filière, et accompagne le développement de trois réseaux hydroélectriques, permettant d'alimenter en électricité plus de 14 000 personnes dans trois régions de Madagascar.
Photo du GRET, Madagascar, 2018.

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 engendrant 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 presque 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 cinq à sept 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'alternance jour/nuit de la ressource solaire, en partageant la production sur plusieurs activités, en démultipliant les offres de services rendues (cybercafé). De ce point de vue, le partage d'expériences et le

parangonnage sur les bonnes pratiques se révèlent presque partout indispensables. Ils sont en général menés par des ONG d'appui.

Enfin, le troisième modèle, celui de la « société de services décentralisés » (SSD), tend à se développer, 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 Éthiopie, 36 en Tanzanie et 42 au Kenya⁸. Il se retrouve aussi en Afrique du Sud, au Maroc, au Botswana et au Sénégal, avec des partenaires internationaux⁹. 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 dix à quinze ans renouvelables. Elle doit desservir au moins 10 000 clients, soit environ 60 000 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.

La répartition des rôles et le jeu des acteurs. Sur la base des observations de terrain, après avoir identifié le rôle des gestionnaires et des exploitants, examinons comment s'opère la distribution des rôles entre trois autres acteurs : les collectivités locales, les usagers et les intermédiaires.

Nombre d'expériences formalisent le rôle des communes rurales ou périurbaines. Autrefois confiné à l'obtention de droits fonciers et des servitudes de passage pour le compte du délégataire, ce rôle s'étend à présent, comme dans le projet Rhyvière à Madagascar, à l'identification des sites, à la validation du dimensionnement du service, à la sélection des délégataires et plus largement à la reconnaissance de leur rôle de maîtrise d'ouvrage locale du service de l'électrification, en charge du suivi et du contrôle. Cette implication recherchée des communes peut se traduire par une fiscalisation *ad hoc* du service, comme par exemple par l'ajout d'une taxe sur chaque kilowatt-heure consommé, servant ensuite au financement de divers services (éclairage communal, extension du réseau à de nouveaux quartiers, subventions au raccordement pour les plus pauvres). De la même manière, dans le cas de la ZAE au Mali, cette implication des communes et de l'intercommunalité concerne l'identification des produits et services à développer sur le territoire et donc la sélection des entreprises à accueillir et à électrifier en priorité, mais aussi le choix du gérant, la tarification

8. On trouve des données détaillées dans Power for All (2017).

9. Pour plus de précisions sur les SSD, voir Heuraux, Houssou (2015).



Le projet Rhyviere. La partie production d'électricité en milieu rural inclut souvent un ou plusieurs générateurs qui utilisent soit un combustible fossile soit une source d'énergie renouvelable telle que le soleil, le vent, le courant des rivières ou la biomasse, des conditionneurs électriques qui regroupent les convertisseurs de tension, les redresseurs et les onduleurs courant alternatif/courant continu, et une technologie de gestion de l'énergie telle que des systèmes de répartition de charge. Photo du GRET, Madagascar, 2018.

(non imposée par l'agence nationale dans le cas des entreprises) et la délégation de la gestion de la zone d'activités.

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. À Madagascar, on l'estime en moyenne à seulement soixante-dix abonnés pour une commune de trois cents à quatre cents ménages¹⁰.

Le rôle des femmes. 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. Électriciens sans frontières, dans la région de Matam et Kanel au Sénégal et à Lalgaye au Burkina Faso, identifie aussi 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.

Dans ce domaine non plus, point d'angélisme. On observe parfois certaines dérives dans la volonté d'implication des femmes. C'est ainsi que l'obligation de gestion des plateformes par les collectifs de femmes, qui fut systématiquement imposée dans les projets du PNUD dans les années 1990, s'est traduite par la constitution d'un circuit de gestion parallèle masculin, composé des notables du village. Cela réduit d'autant les marges de liberté des femmes qui se trouvaient contraintes de se soumettre aux avis émis par les aînés du lignage. De plus, les bénéficiaires engendrés permettaient à peine de couvrir les charges d'exploitation, la trésorerie du site servant davantage à fournir des privilèges sonnants et trébuchants aux notables qu'à servir de base aux activités génératrices de revenus des femmes (Bentaleb, 2004).

Enfin, quel rôle est le plus souvent accordé aux ONG ? Celui de « courtiers locaux » comme le dit Jean-Pierre Olivier de Sardan (Olivier de Sardan, Bierschenk, 1993) ? Leur rôle d'interface est souvent essentiel, avec sa dose d'énergie, de patience et souvent de talent pour construire, souvent à grande-peine, une organisation viable. Il prend la forme d'un apport technologique et de conseil en matière d'organisation, mais aussi de médiation et de coordination entre les bailleurs de fonds, une ou plusieurs entreprises, l'État (à travers les agences, les autorités communales et provinciales) et la population locale. Au mieux, une relation partenariale se cristallise entre cette dernière qui bénéficie du projet et l'ONG. Dans le cas de l'électrification des activités productives, comme au Mali, les entreprises et leurs employés bénéficient également d'un accompagnement technique, commercial et de gestion qui permet d'assurer une

10. Fondation Énergies pour le monde, « Électrification rurale décentralisée dans le Sud de

Madagascar. Retour d'expérience du projet Resouth » (sans date).

bonne valorisation de l'électricité, condition de la pérennité de leurs activités et d'une telle zone d'activités. La référence aux communs qui préside le plus souvent à l'action des ONG n'est pas une incantation. Elle peut être une source d'inspiration. Dans le projet Rhyvière, on le retrouve dans les trois fonctions attribuées au GRET : l'appui aux acteurs mis en situation de partenariat, le respect des règles à chaque étape du projet et la sécurisation de la délégation par des impératifs de qualité.

Des systèmes de régulation publics 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 subventions¹¹.

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.

Les leçons sur l'équilibre des modèles économiques

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 ?

Entre propension à payer et capacité contributive, quelle tarification ?

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).

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 court¹¹. 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 ? Par 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. On rencontre ici, de nouveau, la pertinence de l'approche par les communs.

Pour autant, en matière d'électrification rurale, l'application du principe économique du « recouvrement intégral des coûts » se révèle irréaliste, sauf dans des cas 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 sa « propension à payer » (PAP) 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

11. Dans certains projets, les recettes qui peuvent être tirées des crédits de réduction certifiée d'émissions de gaz à effet de serre (RCE) ne sont pas considérées comme des subventions. Elles rémunèrent une prestation de services de l'opérateur : il contribue à

la réduction des émissions mondiales de carbone par rapport à une valeur de référence des émissions en situation de *statu quo*. Les régulateurs ne sont généralement pas impliqués dans ce processus ou dans la répartition de ces recettes.

12. La mise en place d'un kiosque requiert en général un investissement initial de l'ordre de 40 000 euros, incluant les dépenses du bâtiment, les coûts du système électrique et des produits proposés (Tavernier, Rakotoniaina, p. 67).

mécanisée du grain, quotidienne en raison de la détérioration rapide de la qualité gustative des céréales, qui donne une farine de meilleure qualité 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 ou les entreprises seraient prêts à payer pour bénéficier des avantages additionnels apportés par l'énergie.

La propension à payer pour l'électrification

La propension à payer (PAP) représente le montant maximum qu'un individu affirme être prêt à payer pour obtenir un bien ou un service. La PAP peut être soit demandée directement, en interrogeant les usagers potentiels sur les services proposés et ce qu'ils sont prêts à payer. Dans ce cas, on parle de propension à payer « exprimée » (ce qui conduit souvent à des surestimations de plus de 50 % car les clients répondent d'une manière stratégique). La PAP peut également être estimée par le biais de questions sur la consommation énergétique actuelle et sur les dépenses de services comparables. Dans ce cas, on parle de propension à payer « révélée » (ce qui conduit souvent à des sous-estimations de la demande en électricité car l'électricité permet d'utiliser plus de services qu'avec les sources de combustibles traditionnelles). Des enquêtes auprès des consommateurs dans plusieurs pays d'Afrique ont montré que la propension à payer en Afrique subsaharienne était en 2010 estimée à environ 0,38 €/kWh et serait donc plus grande que les prix des opérateurs nationaux en vigueur. Cependant, la propension à payer n'est pas une valeur fixe et dépend fortement de la qualité du service fourni et des options alternatives disponibles (RECP, EUEI PDF, RERA, 2013).

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 (deux francs CFA sur chaque kilowatt-heure vendu) par la société nationale

d'électricité (Sonabel). Dans les deux cas, cette contribution établie 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 comme une condition absolue de réussite de la politique d'accès à l'énergie (Munich, 2016, p. 17). Dans le cas des petites entreprises au Mali, un tarif plus élevé que pour les ménages est accepté car la fourniture fiable d'électricité est une condition de réussite de ces entreprises.

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 (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 », c'est-à-dire 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.

Pour l'équilibre du modèle économique, quelles innovations ? 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* (PAYG)¹³. 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

13. Dans le modèle de hors-réseaux de Sunna Design développé au Sénégal, le lampadaire, les lampes et les boîtiers sont installés gratuitement et ils sont remboursés

progressivement par les habitants au fur et à mesure de leur utilisation du service. Ainsi, les habitants reliés à chaque lampadaire paient ce service vingt centimes d'euros par jour

d'utilisation, *via* leur téléphone portable. Sunna assure que, grâce à ce système, l'installation est remboursée en trois ans (soit environ 1 700 euros).

remboursé, il est définitivement débloqué. Les paiements peuvent se faire de façon dématérialisée, sur téléphone mobile¹⁴. 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 portables. 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 important de dossiers et le recours à la digitalisation du traitement des données sur les usages et les paiements¹⁵.

Toujours au Kenya, 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. 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 seize institutions de microfinance rurales, en particulier au Cameroun et en Éthiopie, 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 Mobyia TS120, une solution solaire mobile, dans plusieurs centaines de points de vente. 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.

À la recherche d'évaluations probantes sur les impacts sur le développement local. Au lieu de ne prendre en considération que l'installation d'une technologie particulière, l'électrification peut être définie comme une offre d'énergie permettant de satisfaire certaines exigences du mieux-être. Son apport doit donc être évalué en analysant dans quelle mesure la quantité et la qualité de l'électricité apportée permettent de satisfaire les besoins fondamentaux des populations qui resteront pendant encore longtemps hors des grands réseaux. Quelles sont les principales limites rencontrées dans la gestion des modèles d'organisation.

Les points critiques des modèles d'organisation

L'efficacité des modèles d'organisation en matière d'électrification décentralisée repose sur une pluralité de conditions qui ne se résument pas à l'équilibre du modèle financier (système de tarification et modalité de recouvrement). Des leçons des expériences, on peut extraire dix « points critiques ».

Tableau 3 – Les points critiques¹⁶

1. Contrat de concession	Qualité et niveau de précision du contrat de concession. Capacité de l'opérateur en gestion et en maintenance.
2. Diagnostic	Pertinence de l'identification des besoins et effectivité de l'adhésion attendue des diverses parties prenantes.
3. Implication des parties prenantes	Degré de concertation en amont avec les usagers, niveau de leur implication dans la supervision des activités.
4. Capacité de l'équipement	Adéquation des moyens mis en place et du niveau de production énergétique aux besoins réels.
5. Couverture et recouvrement des charges	Niveau d'équilibre financier de l'installation sur la base du tarif et des subventions accordées. Évaluation des risques liés aux acheteurs. Efficacité du mécanisme de recouvrement des créances auprès des usagers et de diversification des offres de service.
6. Respect du cahier des charges	Efficience du dispositif. Capacité à délivrer les services attendus par les usagers sur des critères de disponibilité, d'accessibilité et de qualité.
7. Consommation effective	Optimisation des consommations et respect des capacités réelles de production en puissance (kW) et en énergie (kWh).
8. Opération et maintenance (O&M)	Qualité de la maintenance du site, disponibilité des pièces détachées, existence d'un fonds O&M spécifique.
9. Mode de régulation	Qualité du cadre juridique. Effectivité et efficacité de la supervision et du rôle de conseil du régulateur.
10. Évaluation et redevabilité	Impact et retombées du projet au plan social et environnemental. Pérennité de ses résultats et de ses effets.

14. Sur les diverses modalités du *pay-as-you-go*, voir Orlandi, Tyabji, Chase (2016).

15. Il existe d'autres systèmes comme celui de prépaiement de la Fondem. 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. 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.

16. Ce tableau tiré des expériences africaines est proche des constats faits par ailleurs en Inde, en Malaisie et à Haïti par Schnitzer *et al.* (2014). Un autre point de vigilance sur les équipements peut être soulevé, celui de l'anticipation du recyclage des

panneaux solaires comme des batteries, contenant des métaux et composants toxiques. Le risque est particulièrement élevé. Si des obligations de collecte des appareils hors d'usage et des normes de recyclage ne sont pas imposés, le recours au solaire, qui est censé contribuer à protéger l'environnement et la santé des usagers, s'avérerait une solution gravement inadéquate.



Projet Erudi. L'apport réel des projets d'électrification sur le développement local est probablement positif, mais il n'est pas aisé à évaluer. Les modèles économiques ne garantissent pas toujours la pérennité des dispositifs. Les études d'impacts ne sont pas légion.

Photo du GRET, Mauritanie, 2018.

Des évaluations encore partielles. L'obstacle de la modeste capacité énergétique des hors réseaux – souvent invoqué par les partisans, d'ailleurs 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 (comme on l'a vu dans le cas du Mali, mais aussi du Maroc, du Botswana, du Rwanda, de la Tanzanie et de l'Éthiopie, qui ont en la matière les politiques les plus volontaristes) et la majorité des donateurs inscrivent dans leurs dispositifs de programmation le développement progressif de capacités décentralisées.

Quel est en fin de compte l'apport réel des projets d'électrification sur le développement local ? La réponse à cette question essentielle 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 qualitatives. La quantification des retombées requiert toujours de la précaution¹⁷. 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 engendrer 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.

Les très pauvres : un segment oublié ? 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 kilowatts-heure 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)¹⁸. 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, avec un taux de couverture de l'ordre de 35-38 %, excluant les marges septentrionales pourtant peuplées où le taux est inférieur à 6 % (Geman, 2017, p. 2). *A fortiori*, ce constat s'observe dans les pays sahéliens (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 des 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

17. Ce point est particulièrement bien discuté par Hystra (2017, p. 24). On peut raisonnablement penser que la digitalisation croissante des dispositifs permettra des collectes de

données géolocalisées mobilisables pour améliorer la connaissance sur la couverture énergétique réelle et sur ses impacts.

18. Cette observation vaut aussi bien pour l'Afrique que pour l'Asie (voir Desarnaud, 2016).

en grande partie par le caractère pervers des financements – concessionnels ou non – 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. Cette observation critique rejoint celle d'une évaluation de l'Agence française de développement : « Le milieu "rural pauvre" est peu attractif pour les opérateurs, qui privilégient naturellement la desserte aux clients les plus "rentables", notamment ceux dont la desserte est la moins coûteuse et les plus gros consommateurs. Ils adoptent ainsi une approche extensive de l'électrification, ne cherchant que rarement – et c'est une préoccupation très récente – à densifier la clientèle (pauvre) autour d'une infrastructure existante. On observe ainsi souvent des réseaux qui passent à côté de clients "pauvres" pour aller chercher un gros client » (Shanker *et al.*, 2012, p. 30). 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.

Conclusion

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. 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 pérennité des solutions ? Changer d'échelle est l'un des grands enjeux de l'approche par les communs et de tous les modèles coopératifs. En principe, deux modalités de changement d'échelle sont ouvertes : soit celle de la « croissance organique » quand le projet peut augmenter son impact en diversifiant ses activités, en prenant de l'ampleur vers un public plus large, soit celle de « l'essaimage progressif » par la duplication des initiatives réussies vers de nouveaux territoires ou au profit de nouveaux publics. Dans la réalité que nous observons sur le terrain, ces deux modalités se combinent, sachant que le changement d'échelle en matière d'électrification rurale n'est jamais linéaire mais fait d'avancées et de reculs. De ce fait, la capitalisation et le retour d'expériences, qui sont des sources privilégiées d'information sur l'adéquation au milieu du projet, seront dans l'avenir toujours indispensables.

Avec quels financements répondre aux besoins non satisfaits aujourd'hui et croissants demain ? En zone rurale africaine, les projets ne manquent pas, mais, même s'il existe des dispositifs innovants en matière d'accès à l'énergie, force est de constater que les ressources financières disponibles ne sont pas encore à la hauteur du défi des Objectifs du développement durable (ODD n° 7 : « Garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes, à un coût abordable »). La large majorité des pays africains, bien qu'ils soient le plus souvent dotés de fonds d'électrification rurale, sont dans des situations « non abouties » en matière de systèmes de financement.

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 4 000 à 8 000 mini-réseaux par an pendant vingt-cinq ans, avec une majorité de solaire. Une perspective qui suppose un investissement bien au-delà des tendances actuelles. Alors qu'il faudrait environ trente 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 », évoquée 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 États. En outre, ils devront 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.

Il reste qu'à côté de celle du financement, dans le cheminement vers l'électrification généralisée, la question organisationnelle restera particulièrement décisive. Les leçons tirées des expériences que nous avons examinées mettent en évidence des modes de production relativement congruents, mais ils ne permettent pas encore de tirer des conclusions définitives sur la pertinence des choix quant aux meilleurs modèles d'organisation. L'on subodore néanmoins que l'approche par les communs, qui rencontre un regain d'intérêt tant parmi les chercheurs que parmi les agences de développement, pourrait être pertinente pour les unités d'échelle réduite et inspirer l'organisation de systèmes plus complexes lorsque la communauté développe un fort capital social. Sa force serait d'être le mieux en proximité avec les besoins et d'induire la participation active des bénéficiaires, donc de tendre vers une gestion qui se rapproche de l'optimalité tant économique que sociale.

Bibliographie

Africa Progress Panel (2017), "Lights, Power, Action, Electrifying Africa", Genève, Africa Progress Panel.

Africa Renewable Energy Initiative (AREI) (2015), "A Framework for Transforming Africa Towards a Renewable Energy Powered Future with Access for All".

Africa-EU Energy Partnership (2014), « Étude 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 (2014), "Energy in Africa Today", *World Energy Outlook 2014*, Paris, Éditions de l'OCDE.

Agence internationale de l'énergie (2016), *World Energy Outlook. Biomass Data Base*, Paris, Éditions de l'OCDE.

Association pour le développement de l'énergie en Afrique (2015), « L'énergie en Afrique à horizon 2050 », étude de l'ADEA réalisée avec le soutien de l'Institut de la Francophonie pour le développement durable.

Azimoh, C.-L. et al. (2016), "Electricity for Development. Mini-Grid Solution for Rural Electrification in South Africa", *Energy Conversion and Management*, vol. CX, p. 268-277.

Bentaleb, N. (2004), « L'électrification rurale décentralisée dans le sud », *Vertigo*, vol. V, n° 1, mai.

Bhatia, M., Angelou, N., Portale, E., Soni, R., Wilcox, M., Corbyn, D. (2013), "Defining and Measuring Access to Energy for Socio-Economic Development", Washington DC, Banque mondiale et Programme d'appui à la gestion du secteur de l'énergie de la Banque mondiale (ESMAP).

Bhattacharyya (2013), *Rural Electrification Through Decentralised Off-Grid Systems in Developing Countries*, Londres, Springer-Verlag.

Camara, S., Cerqueira, J., Samassa, N. (2016), « Électrification rurale par les plateformes multifonctionnelles solaires », Synthèse projet Erudi, GRET, Ecodev, Tenmiya.

Castellano, A. et al. (2015), "Brighter Africa. The Growth Potential of the Sub-Saharan Electricity Sector", McKinsey, février.

Cerqueira, J. (2016), « Quelles coalitions d'acteurs pour électrifier Madagascar ? », *Field Action Reports, Facts Report*, FERDI et Institut Veolia.

Debreu, J., Guibert, C. (2014), « Livre blanc des énergies durables en Afrique. Guide des bonnes pratiques », Africa Express.

Desarnaud, G. (2016), « Électrifier durablement l'Afrique et l'Asie », *Notes de l'IFRI*, Institut français des relations internationales (IFRI), mars.

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 ».

Economist Intelligence Unit (EIU) (2016), "Power Up. Delivering Renewable Energy in Africa", Londres, Economist Intelligence Unit.

Électriciens sans frontières, URD (2015), « Guide de bonnes pratiques pour l'électrification rurale », Bagnolet, ESF.

Gatete, C., Dabat, M.-H. (2014), « Développement des agrocarburants en Afrique de l'Ouest. Une analyse institutionnelle comparative », *Économie rurale*, n° 344, p. 9-27.

Geman, H. (2017), "Electricity in Eastern Africa. The Case for Mini Hydro", OCP Policy Center, Policy Brief, avril.

GERES (2014), « Alterre Mali. 5 fiches de capitalisation », www.geres.eu/fr/ressources/publications/item/418-alterre-mali-5-fiches-de-capitalisation.

Heurax, Ch., Houssou, J.-C. (2015), « Les sociétés de service décentralisés : des partenariats novateurs pour électrifier les campagnes africaines », *Secteur privé & Développement*, Proparco, 19 janvier.

Huet, J.-M., 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 2, Case Studies, Paris, mai.

IRENA (2016), "Roadmap for a Renewable Future. 2016 Edition", Abu Dhabi, International Renewable Energy Agency.

Le Roy, É. (2016), « Des communs à double révolution », article présenté à l'Académie des sciences d'outre-mer, Paris.

Massé, R. (2005), « Histoire de l'électrification rurale en France. Extrait de la collection Études et travaux en ligne », GRET, n° 3.

Munich, D. (2016), « CDS : une expérience de réseaux autonomes d'eau et d'énergie », *Field Action Reports, Facts report*, FERDI et Institut Veolia.

OECD-IEA (2016), "World Energy Outlook. Electricity Access Database 2014".

Olivier de Sardan, J.-P., Bierschenk, T. (1993), « Les courtiers locaux du développement », *Bulletin de l'APAD*, 1993.

Orlandi, I., Tyabji, N., Chase, J. (2016), "Off-Grid Solar Market Trends Report 2016", Bloomberg New Energy Finance and Lighting Global.

Ostrom, E. (1990), *Governing the Commons. The Evolution of Institutions for Collective Actions*, Cambridge, Cambridge University Press.

Oyuke, A., Halley-Penar, P., Howard, B. (2016), « Hors réseau ou "marche-arrêt" : la majorité des Africains manquent d'électricité fiable », *Dépêche 75*, Afrobaromètre.

Pallièrè, B. (2016), « Le diagnostic énergie en milieu rural. Guide méthodologique », Aubagne, GERES.

Pallièrè, B., Schneider, D. (2015), « Diagnostic énergie des départements de Linguère et Ranérou-Ferlo », Aubagne, GERES.

Power for All. "Decentralized Renewables. From Promise to Progress", mars.

PWC (2016), "Electricity beyond the Grid. Accelerating Access to Sustainable Power for All", PwC Global Power & Utilities.

Quitow, R. et al. (2016), "The Future of Africa's Energy Supply. Potentials and Development Options for Renewable Energy", Potsdam, Institute for Advanced Sustainability Studies.

RECP, EUEI PDF, RERA (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., Harrison, K. (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", UN Foundation, wweb2.tepper.cmu.edu/ceic/pdfs_other/.

Scott, A., Miller, C. (2016), "Accelerating Access to Electricity in Africa with Off-Grid Solar. The Market for Solar Household Solutions", Londres, Overseas Development Institute.

SE4All Energy Access (2014), "The Mini-Grid Option. Lessons Learned and Factors of Success", Committee, OFID, www.se4all.org/wp-content/uploads/2014/03/Background-Pa-per-_Mini-Off-grid.pdf.

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., Rakotoniaina, S. (2016), « Revue des projets de développement des kiosques énergétiques », *Field Action Reports, Facts Report*, FERDI et Institut Veolia.

Tenenbaum, B., Greacen, C., Siyambalapatiya, T., 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 », Washington DC, The World Bank.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2012), "Financing Renewable Energy in Developing Countries. Drivers and Barriers for Private Finance in Sub-Saharan Africa", www.unepfi.org/fileadmin/documents/.

United Nations Environment Programme (UNEP) (2015), "Increasing Private Capital Investment into Energy Access. The Case for Mini-grid Pooling Facilities", Nairobi, United Nations Environment Programme.

Viné, E., Dumas, B. (2016), « Le pico photovoltaïque : macro-impact en Afrique ? », Bearing Point, Energy Point, chapitres 1-4.

World Bank (2016), "Current Activities and Challenges to Scaling Up Mini-Grids in Kenya", World Bank, Washington DC, mai.

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