



L'électrification complète de l'Afrique d'ici 2030 est-elle possible ?

Charles Debeugny, Christian de Gromard, Grégoire Jacquot

DANS **AFRIQUE CONTEMPORAINE** 2017/1 N° 261-262 , PAGES 139 À 153
ÉDITIONS **DE BOECK SUPÉRIEUR**

ISSN 0002-0478

ISBN 9782807390867

DOI 10.3917/afco.261.0139

Date de mise en ligne : 12/09/2018

Article disponible en ligne à l'adresse

<https://shs.cairn.info/revue-afrique-contemporaine1-2017-1-page-139?lang=fr>



Découvrir le sommaire de ce numéro, suivre la revue par email, s'abonner...
Scannez ce QR Code pour accéder à la page de ce numéro sur Cairn.info.



Distribution électronique Cairn.info pour De Boeck Supérieur.

Vous avez l'autorisation de reproduire cet article dans les limites des conditions d'utilisation de Cairn.info ou, le cas échéant, des conditions générales de la licence souscrite par votre établissement. Détails et conditions sur [cairn.info/copyright](https://shs.cairn.info/copyright).

Sauf dispositions légales contraires, les usages numériques à des fins pédagogiques des présentes ressources sont soumises à l'autorisation de l'Éditeur ou, le cas échéant, de l'organisme de gestion collective habilité à cet effet. Il en est ainsi notamment en France avec le CFC qui est l'organisme agréé en la matière.

L'électrification complète de l'Afrique d'ici 2030 est-elle possible ?

Charles Debeugny
Christian de Gromard
Grégoire Jacquot

Si l'objectif d'un accès universel à l'énergie en Afrique sub-saharienne d'ici 2030 est communément admis, les stratégies et moyens à mettre en œuvre restent encore à définir. De nouveaux modèles de gouvernance seront notamment nécessaires pour assurer le montage et la réalisation de projets d'électrification durables et inclusifs pensés à l'échelle des États africains.

Mots clés : Accès – Énergie – Électrification – Solaire – Pay-as-you-go

Lorsque la majorité des pays africains ont acquis leur indépendance au début des années 1960, les réseaux électriques étaient peu développés et se limitaient aux principales agglomérations, ainsi qu'à quelques centres industriels ou miniers¹. Les taux d'accès à l'électricité des ménages n'étaient alors que de quelques pourcents. Mais, convaincus de l'importance de l'électricité pour leur développement, plusieurs pays comme la Tunisie, la Côte d'Ivoire ou le Kenya engagèrent des projets d'électrification par extension avec des réseaux ou avec des groupes électrogènes et des miniréseaux locaux. Des villes et quelques villages accédèrent ainsi à l'électricité en réseau (national ou local). L'électrification rurale restait quant à elle embryonnaire. L'extension des réseaux se heurtait à la dispersion de l'habitat africain, aux niveaux limités de demande d'électricité des villages et à la faible capacité financière des ménages, trois éléments rendant la solution en réseau coûteuse en investissement et peu rentable financièrement dans les zones rurales.

À la suite des deux chocs pétroliers de 1973 et 1979, les énergies renouvelables connaissaient des premiers développements en Afrique. La filière photovoltaïque (PV) apparaissait comme une technologie de rupture permettant de fournir de l'électricité dans des zones éloignées des réseaux et pour

Charles Debeugny, élève de l'École nationale des ponts et chaussées, poursuit un master en politiques publiques à l'Institut d'études politiques de Paris. **Christian de Gromard**, référent « Énergie » à

l'AFD, a été chef de projets d'électrification en et hors réseau dans de nombreux pays d'Afrique subsaharienne (Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Mali, Sénégal, Cameroun, Congo, Rwanda), ainsi qu'en Inde, au

Maroc, au Brésil et en Indonésie. **Grégoire Jacquot**, diplômé de l'École des Mines de Paris, poursuit un master en Technology & Policy au Massachusetts Institute of Technology (MIT).

des applications isolées. Cette nouvelle forme de distribution d'électricité suscita de nombreux espoirs dans les pays africains. Le Commissariat à l'énergie solaire (COMES), créé en 1978, engagea une politique active de projets en Afrique en mobilisant des financements conjoints des ministères français de la Coopération et de l'Industrie, politique qui fut reprise et amplifiée par l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME)².

Les premiers programmes PV en Afrique se sont d'abord déployés par types d'application tels que les télécommunications, l'hydraulique villageoise ou la santé rurale. On enregistra quelques réalisations d'envergure, notamment au Mali (projet Mali Aqua Viva), au Niger (télévision villageoise) ou dans l'ex-Zaïre (équipement de dispensaires de réfrigérateurs solaires). Le photovoltaïque donna également lieu à un début de diffusion de kits individuels, qui rencontrèrent un certain succès auprès des familles aisées. Près de 5 % de familles rurales au Kenya et au Maroc s'équipèrent ainsi, souvent grâce à l'appui financier de travailleurs migrants. Ces projets, qui mobilisèrent ONG, communautés villageoises, mais aussi bureaux d'études et industriels de la filière PV, entraînèrent un premier apprentissage de l'organisation d'équipement solaire en zones isolées.

Tirant parti de l'expérience de ces programmes PV, l'AFME lança en 1984 le concept de « pré-électrification », en proposant une approche intégrée production décentralisée-distribution-usages efficaces de l'électricité, en considérant plusieurs modes de production (groupes électrogènes, microcentrales hydroélectriques, générateurs solaires ou éoliens) associés à deux vecteurs de distribution (le réseau câblé et la batterie) et en distinguant deux types d'usages (collectifs ou individuels).

Il s'agissait alors de se démarquer de l'électrification conventionnelle par extension de réseaux en différenciant les niveaux de service électrique. L'intérêt de la pré-électrification était de pouvoir distribuer de l'électricité « un peu, partout et tout de suite », alors que, dans de nombreuses zones rurales africaines, le réseau national restait lointain et inaccessible.

La pré-électrification intégrait plusieurs innovations telles que l'analyse fine des services qu'apporte l'électrification, avant de choisir une filière ; la prise en compte simultanée des usages et de la production d'électricité (pratique inconnue dans l'électrification conventionnelle, qui s'arrête au compteur) ; la recherche de complémentarités entre les solutions PV individuelles et celles de mini-réseaux villageois ; la batterie comme vecteur de distribution de l'électricité ; et la diffusion de lampes portables basse consommation, accessibles aux ménages à faibles revenus.

1. L'aperçu synthétique qui suit ne prétend pas être exhaustif. Il porte principalement sur l'accès à l'électricité des zones rurales plutôt que dans les zones urbaines. Il fait aussi surtout référence à des

réalisations résultant de coopérations franco-africaines (notamment jusqu'en 2010, avant que l'électrification du continent africain ne se mondialise et ne devienne une thématique globale).

2. L'AFME, créée en 1982 par fusion du COMES et de l'AEE (Agence des économies d'énergie), est devenue l'ADEME (Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie) en 1986.

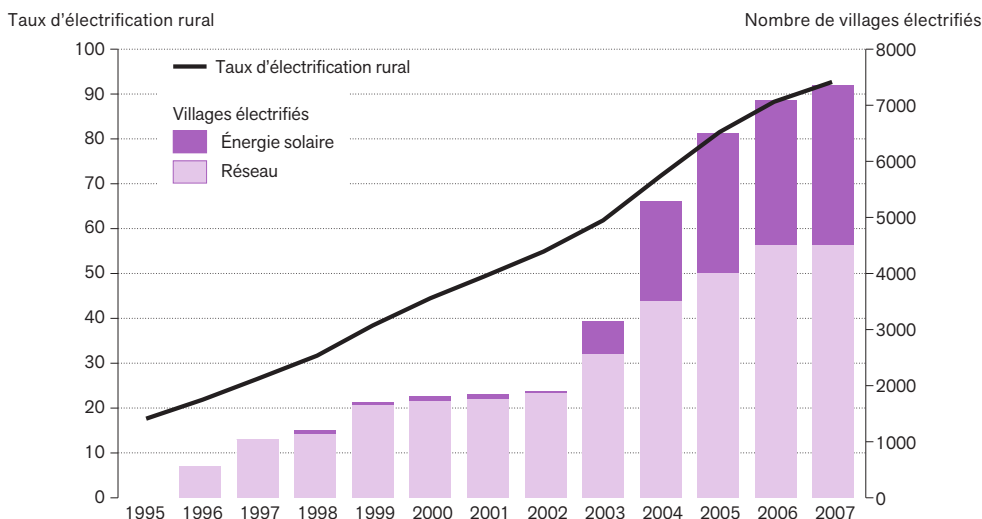
Un premier programme de pré-électrification rurale (PPER) d'échelle significative fut lancé sur cette base au Maroc dans le cadre d'un protocole franco-marocain mobilisant plusieurs partenaires³. À la fin des années 1980, la terminologie évolua et le terme d'ERD (électrification rurale décentralisée) se diffusa. EDF se mobilisa alors sur l'ERD et développa des projets en partenariat avec l'ADEME, notamment au Mali et en Afrique du Sud. Quelques ONG furent également actives et appuyèrent des réalisations solaires locales⁴.

Les années 1990 marquèrent une nouvelle étape dans la recherche de solutions à grande échelle et visant une électrification globale, c'est-à-dire couvrant la totalité du territoire national et l'ensemble de la population. Deux programmes emblématiques ont ainsi été lancés au Maroc et au Sénégal, en associant solutions « en et hors réseau » et en s'appuyant sur des délégations de service public adaptées à l'électrification.

Avec le soutien notamment de l'AFD, le Maroc et la société électrique nationale (ONE) lancèrent en 1994 le Programme d'électrification rurale globale (PERG), visant à porter en une douzaine d'années le taux d'électrification de 15 % à près de 100 % (voir graphique ci-dessous p. 141)⁵. L'électrification par extension du réseau fut complétée pour les zones ne pouvant en bénéficier par un équipement de kits solaires organisé dans le cadre d'une gestion déléguée à des opérateurs privés.

Le Sénégal s'engagea quant à lui, avec l'appui de la Banque mondiale, dans un programme de concessions subventionnées et territorialisées, en visant la couverture de l'ensemble du pays et en mobilisant différentes technologies en et hors réseau.

Évolution du taux et des modes d'électrification des villages au Maroc



Source : Office National de l'Électricité (ONE), Bilan du Programme d'électrification rurale globale (PERG), 1996-2008.

Cependant, ces projets globaux ne font pas tache d'huile. S'ils ont créé des compétences en matière d'équipement décentralisé en zones rurales, l'électrification ne parvint pas à décoller en Afrique subsaharienne. Elle restait majoritairement urbaine et distribuée en réseau conventionnel.

Il fallut attendre les années 2010 pour qu'une conjonction d'avancées technologiques vint relancer l'électrification rurale. De nouveaux modèles d'électrification solaire hors réseau firent alors leur apparition, rendus possibles notamment grâce à : la chute du prix des modules PV et la disponibilité sur le marché des kits de petite taille (< 10Wc) ; l'adoption massive de la téléphonie et du paiement mobiles, qui transforme la relation entreprises/clients et permet la facturation/recouvrement à distance ; l'introduction de modules de télégestion des systèmes solaires ; le développement des LED⁶, qui ouvre de nouvelles possibilités d'éclairage, notamment dans les applications de quelques watts et des lampes portables.

Une poignée de start-up est-africaines, ayant bénéficié de subventions pour leur lancement, développa ainsi une nouvelle génération de kits solaires composés typiquement d'un module de cinq à dix watts, d'une batterie et d'un régulateur géré à distance, de deux à trois LED basse consommation et de chargeurs de téléphones.

Les kits sont opérés selon un modèle dit *pay-as-you-go*⁷ : l'usage du système est prépayé par paiements mobiles récurrents sur une base journalière ou mensuelle. Les prix sont basés sur le niveau de dépenses traditionnellement dédiées au pétrole lampant, aux piles et à la recharge de téléphone mobile. Ces systèmes intègrent un dispositif de coupure, bloquant leur usage dès que la balance des prépaiements est épuisée. L'accès est prolongé ou rétabli à chaque nouveau prépaiement. Une garantie technique et un service après-vente sont assurés sur la durée de paiement (Astone *et al.*, 2015).

Répondant à des usages spécifiques de l'électricité, ces solutions solaires en *pay-as-you-go* bouleversent les dynamiques de l'électrification rurale. Ce modèle réduit sensiblement les coûts de distribution et de recouvrement. L'éclairage électrique devient un service abordable pour les populations et rentable pour ses opérateurs. La téléphonie mobile devient centrale dans les processus d'électrification.

Cinq millions de systèmes sont ainsi installés en moins de cinq ans par des start-up à la croissance exponentielle, principalement en Afrique de l'Est. Le rythme de kits solaires distribués en *pay-as-you-go* dans les zones rurales

3. Institutionnels : AFME, ministères français des Affaires étrangères et des Finances, CCCE (devenue AFD), Directions marocaines des collectivités locales et de l'énergie. Entreprises/industries : Enersystem (filiale de Total et Spie), Sygmatech, SAFT (lampe portable), Photowatt (PV). Ingénieries : SEED, GERES, IED...

4. On peut citer la Fondem, le GRET ou Électriciens sans frontières.

5. Le PERG a mobilisé plus de 2 milliards d'euros d'investissement, dont 230 millions d'euros de l'AFD à travers cinq prêts. Le FFEM y a contribué pour 1,5 million d'euros en accompagnement de son volet solaire décentralisé.

6. LED : Light Emitting Diode (diode électroluminescente).

7. *Pay-as-you-go* se traduit par « prépayé », l'anglais soulignant la facilité et la mobilité du mode de paiement, alors que le français indique que le paiement intervient avant de consommer le service.

kenyanes dépasse les 300 000 systèmes par an, chiffre comparable au nombre de foyers raccordés chaque année au réseau national (KPLC, 2014). Le succès de ce modèle solaire décentralisé vient questionner celui conventionnel centralisé par extension de réseau.

La baisse des coûts des modules PV relance aussi, à moindre échelle, le développement de solutions de mini-réseaux alimentés par des groupes hybrides (diesel/PV) ou par des centrales PV avec batteries. Beaucoup d'acteurs s'intéressent à ce mode d'électrification pour les villages où l'habitat est dense et les bourgs éloignés du réseau national. Plusieurs projets sont à l'étude ou viennent d'être lancés dans différents pays africains. Cependant, la diffusion de ces nouveaux mini-réseaux reste encore limitée.

Plus d'un siècle d'électrification sur le continent africain, dont quarante ans de solutions décentralisées, offrent un réel retour d'expériences et une meilleure appréhension de ses processus. La gamme des solutions d'électrification s'est aujourd'hui considérablement diversifiée, en couvrant une large gamme de puissance et de coûts pour répondre à différentes situations et niveaux de demandes en Afrique.

L'électrification : une construction technique et financière élaborée⁸

S'il est aujourd'hui probable que l'Afrique verra se développer plusieurs modes d'électrification, il reste que l'accès universel à l'électricité demeure un défi technique et financier pour les États africains.

À chaque pays son modèle d'électrification, combinant des modes en et hors réseau. De même que la téléphonie mobile se diffuse en Afrique selon des modalités et un rythme propres à chaque pays, l'accès à l'électricité prendra des chemins différents selon les territoires. Si les pays doivent construire l'histoire de leur électrification, dans beaucoup d'États d'Afrique subsaharienne, celle-ci commence à peine : moins de 10 % de la population rurale d'Afrique subsaharienne disposerait aujourd'hui d'une source moderne d'électricité à domicile (Shanker *et al.*, 2012).

L'application en Afrique de modèles d'électrification calqués sur ceux qui ont fonctionné au Nord ou dans certains pays émergents montre aujourd'hui ses limites. De nouveaux modèles, construits à l'échelle des États et prenant en compte les spécificités des territoires apparaissent indispensables à toute électrification globale du continent africain.

Ces modèles émergeront en associant trois « systèmes » d'électrification qui cohabitent actuellement de manière non coordonnée : *l'extension du réseau*, opéré en général par l'entreprise d'électricité nationale, en bénéficiant de financements concessionnels ; *des mini-réseaux isolés*, qui restent très subventionnés, notamment par l'intermédiaire des agences d'électrification ou des sociétés nationales d'électricité ; *l'équipement PV individuel* en prépaiement,

actuellement développé par le secteur privé et qui cible les catégories de ménages ruraux ou périurbains relativement aisés.

L'articulation de ces trois systèmes différera selon les pays et selon les régions. Cependant, l'objectif d'un accès à l'électricité pour tous en 2030 ne pourra pas être atteint dans les pays africains sans révision de la gouvernance et des cadres réglementaires. On peut s'interroger sur les entités en mesure d'établir ces nouveaux cadres : le ministère de l'Énergie, la Société nationale d'électricité ou les nombreuses agences de régulation, d'électrification ou de développement des énergies renouvelables qui ont vu le jour dans le secteur électrique africain ? Si toutes sont concernées, aucune ne semble outillée ni habilitée pour organiser et déployer une électrification globale.

La solution ne saurait également résider dans une conception exclusivement « privée » de l'électrification selon laquelle le secteur privé pourrait seul couvrir l'ensemble des territoires hors réseau et atteindre toutes les catégories d'usagers.

L'électrification : un service intégré de la production aux usages. Si la gouvernance des programmes d'électrification à grande échelle conditionne leur réussite, l'analyse technico-économique des usages de l'électricité dans les zones ciblées est également déterminante pour le succès de ces initiatives.

L'électricité distribuée dans les foyers, chez les artisans ou sur la place du village se substitue à d'autres énergies : pétrole lampant, piles, recharges de batteries pour le téléphone ou la télévision, force humaine ou animale pour le pompage, groupes électrogènes utilisés par quelques artisans ou commerces. Il s'agit d'apprécier la demande des zones à électrifier et d'anticiper cette substitution.

En effet, l'électricité répond à plusieurs types de demandes que l'on peut classer en deux catégories : les services « immatériels », fournis sous forme d'ondes et de signaux (radio, télévision, éclairage, téléphonie mobile, applications numériques) ; les services « matériels », principalement électromécaniques dans les villages africains (pompage, ventilation, compresseur frigorifique, mouture des céréales, machine à coudre, etc.).

En zones rurales et périurbaines africaines, la demande de services immatériels prédomine, du fait de leur forte valeur d'usage et de la possibilité d'y répondre avec quelques dizaines de watts. Les services matériels nécessitent des équipements plus puissants, de plusieurs centaines, voire milliers, de watts. Leur diffusion, de ce fait, reste limitée.

L'équilibre économique et financier des différents modes d'électrification nécessite de bien appréhender les usages de l'électricité pour chaque type d'usagers : ménages, commerçants, artisans, collectivités locales ou encore unités dépendant d'entités nationales (dispensaires par exemple). Dans les pays africains, où les données socio-économiques à jour restent rares, les

8. C'est aussi une construction sociale et politique, comme le montrent plusieurs thèses écrites sur

le sujet, notamment celles de M. Colombier (Brésil), P. Ménanteau (Afrique) ou R. Missaoui (Maghreb).

Ces volets sociaux et politiques sont moins développés dans l'article.

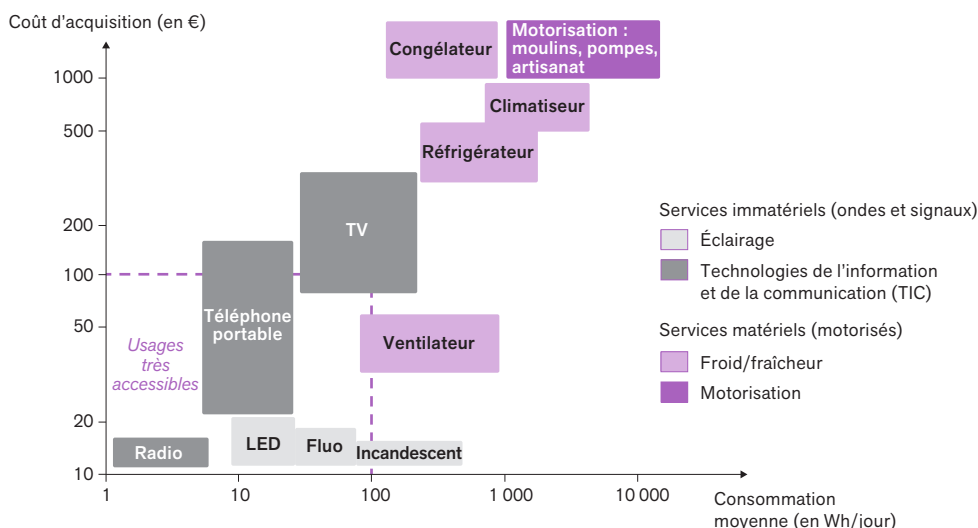
informations sur ces usages manquent. Éclairage, téléphonie et télévision n'appellent pas les mêmes solutions que la réfrigération ou le pompage, plus gourmands en énergie. L'analyse économique de l'électrification est incomplète si elle n'intègre pas la valeur des usages et des services qu'elle rend. Il faut aussi noter que l'extension conventionnelle des réseaux, intensive en capital et faite pour des applications de fortes puissances, n'a pas réussi en Afrique à répondre à la diversité de sa demande rurale.

Dans le montage des programmes, il convient de prendre en compte les usages individuels et collectifs. Les services collectifs sont appréciés mais posent la délicate question de leur prise en charge : qui paie les factures électriques ? Ce point, rarement soulevé dans les projets d'ERD, ne l'est pas plus dans l'électrification conventionnelle, les impayés « collectifs », liés à l'éclairage public ou à l'électrification des écoles et des dispensaires, venant souvent s'ajouter à ceux supportés par la compagnie nationale d'électricité.

Pour une application donnée, la consommation d'électricité dépend du niveau de service offert par l'appareil, mais aussi de son efficacité énergétique. À titre d'exemple, pour l'éclairage, la puissance de l'installation peut varier de 1 à 30 (AFME, 1990 ; EERE, 2014).

Dans l'électrification conventionnelle, le choix des appareils est laissé libre aux usagers. Il n'en va pas de même dans celle hors réseau où le coût du kilowatt-heure est élevé. Les services rendus ne seront que plus rentables s'ils intègrent des équipements efficaces, qui réduisent les tailles et les coûts, comme cela est fait pour les kits PV intégrant les LED. Il existe des perspectives réelles

Coûts d'équipement et consommations moyennes de quelques appareils électriques



d'amélioration de l'efficacité et de baisse des coûts, notamment sur les téléviseurs et les réfrigérateurs.

Les opérations d'électrification gagnent donc à être pensées selon des approches allant au-delà du compteur et intégrant dans leur conception les types d'équipement utilisés par les usagers. L'évaluation de la demande devient un prérequis pour bien déterminer le niveau de service à offrir et la tarification à adopter.

Deux modes de distribution complémentaires : le réseau câblé et les batteries. Les coûts fixes sont une forte contrainte pour les usagers en situation de précarité et pour les opérateurs. Ils sont structurellement élevés pour la distribution en réseau, notamment pour les usagers qui consomment très peu d'électricité. La batterie est alors un moyen de distribuer l'électricité quand et là où le réseau câblé s'arrête.

Pour les faibles niveaux de consommation, la distribution mobilisant des systèmes sur batterie est plus économique que celle en réseau, mais son coût croît rapidement dès que les consommations s'élèvent. La batterie, portable ou fixe, est particulièrement adaptée pour les services immatériels (téléphonie, télévision, numérique, éclairage). Elle devient moins compétitive que le câble pour distribuer de l'électricité de puissance (notamment liée à la motorisation de forte capacité).

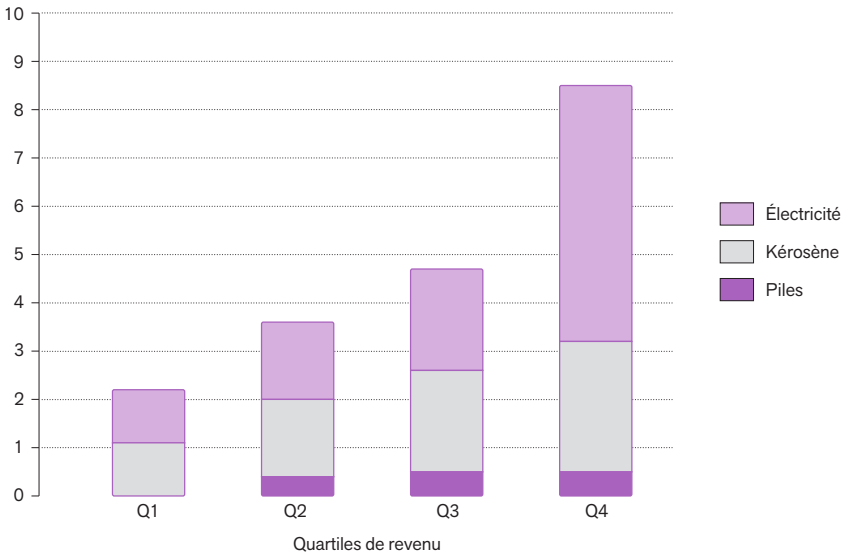
Partir de la demande effective, en intégrant les contraintes de capacités de paiement. Les ménages ont une réelle volonté de payer pour l'électricité mais leurs capacités sont limitées : en Afrique, une part importante de la population ne peut typiquement pas faire face à des dépenses énergétiques de plus de cinq à dix euros par mois (IEG, 2008). Au Kenya, une enquête montre que seulement un quart des ménages ruraux dépensent plus de cinq euros par mois pour leur électricité (sur la base de données 2005).

En outre, les coûts de raccordement peuvent atteindre plusieurs centaines d'euros. Une majorité de foyers n'a pas l'épargne pour y faire face, sans un mécanisme adéquat de facturation et sans dispositions de péréquation ou de subventionnement tarifaire (Shanker *et al.*, 2012).

Un service à facturer au prix le plus juste : une équation difficile entre accessibilité et rentabilité. Distribuer un service électrique a un coût. De l'équipement et du personnel sont nécessaires pour maintenir ce service dans la durée. Sa diffusion en zone rurale et suburbaine résulte de la mise en place de chaînes de valeurs qui intègre trois types de charges : celles liées à la production (qui peut être plus ou moins renouvelable, en réseau ou décentralisée), celles résultant de la distribution (par réseaux câblés et/ou par batteries) et celles liées aux équipements d'usage (électroniques et/ou électromécaniques). Pour rester durable, l'accès universel à l'électricité doit donc être pensé comme un service marchand prenant en compte ces trois segments.

Dépenses énergétiques des ménages kenyans

Dépenses mensuelles
hors biomasse (en €)



Source : Kenya National Bureau of Statistics, 2005.

Une structuration financière raisonnée dans la durée apparaît comme un facteur déterminant de réussite des projets d'électrification. Le service répond en définitive à une double injonction d'accessibilité pour l'utilisateur et de rentabilité pour l'opérateur. La tarification nécessite une réflexion spécifique prenant en compte les différents maillons de la chaîne de valeur, de la production à l'usage, tout en restant viable pour les opérateurs de distribution.

En effet, un programme d'électrification doit permettre d'assurer la pérennité financière de l'opérateur. Cette exigence, prise en compte par les opérateurs privés lorsqu'ils ne disposent pas d'aides publiques, l'est moins par les compagnies nationales qui bénéficient de concours subventionnés et subissent des pressions politiques pour étendre les réseaux. Plusieurs niveaux d'équilibre financier peuvent être visés : petit équilibre (recettes couvrant le coût marginal de production et de transport d'électricité, ainsi que ses frais de gestion) ; équilibre d'exploitation (coûts précédents, plus les charges de maintenance lourde et de renouvellement) ; grand équilibre (totalité des charges couvertes). En Afrique subsaharienne, seulement 70 % des sociétés de distribution parvenaient à atteindre un équilibre d'exploitation en 2008 (IEG, 2008).

Un programme comme le PERG marocain intégrait dès sa conception ce compromis entre accessibilité et rentabilité établi sur la base d'une analyse économique et financière de ses deux composantes, en et hors réseau. L'étude de la

demande dans les villages avait permis de mettre en évidence la structure-type de la consommation. Une analyse des coûts supportés par les usagers, l'ONE, l'État et les collectivités locales faisait ressortir que l'extension du réseau national n'était plus économique en deçà d'une densité de douze foyers par kilomètre de ligne (Berdai, Butin, 1991). Cette extension était réservée aux villages où le coût d'électrification était inférieur à 2 500 euros par foyer. Au-delà, la solution solaire hors réseau était proposée.

Les axes de progression d'une électrification globale de l'Afrique

Les retours d'expériences découlant d'un siècle d'électrification centralisée et décentralisée dans les pays africains conduisent aujourd'hui à une série de questionnements qui conditionnent le déploiement massif des programmes d'électrification bancables et durables. Des éléments stratégiques restent en effet à préciser sur des sujets aussi différents que la répartition des rôles entre acteurs publics et privés, la mobilisation judicieuse de différents types de financements ou encore les perspectives d'évolution du modèle d'électrification par systèmes solaires *pay-as-you-go*. Les réponses qui seront avancées par chaque État africain à ces questions structureront les nouvelles approches nécessaires pour électrifier la totalité de leur territoire.

Articuler les interventions des opérateurs publics et privés. L'émergence de nouvelles solutions d'électrification décentralisée relance notamment la question du partage des rôles entre les secteurs public et privé.

Si l'électrification par extension du réseau national s'est longtemps imposée comme modèle de référence pour l'Afrique subsaharienne, les récents progrès technologiques dans les énergies renouvelables et dans la gestion des réseaux (grands ou mini) incitent les acteurs privés à développer d'autres modèles. En l'absence de gouvernance adaptée et de coordination à l'échelle nationale, il existe cependant un risque réel de voir se développer une multitude d'initiatives sans coordination ni dialogue. Les projets solaires portés par le privé, principalement dans la diffusion de kits individuels et de mini-réseaux villageois, ne viendraient alors que ponctuellement s'ajouter à des extensions des réseaux nationaux, en excluant un grand nombre de régions et d'usagers.

Des modèles d'électrification durables ne sauraient donc être largement déployés par les États africains sans une coordination et une répartition des rôles entre plusieurs acteurs – techniques, financiers et institutionnels. Deux questions doivent être adressées au niveau de chaque État : comment impliquer conjointement les acteurs (publics en général) qui œuvrent pour étendre le réseau et ceux plus récents (privés majoritairement) qui s'activent sur les solutions décentralisées ? Comment les États peuvent-ils mobiliser intelligemment financements publics et privés dans la mise en œuvre d'une électrification rurale et urbaine inclusive, conçue à l'échelle nationale ?

Mixer prêts et subventions. La charge des programmes d'électrification revient historiquement aux sociétés nationales d'électricité. Financées par des prêts souverains concessionnels (souvent rétrocédés en subventions), ces sociétés se sont longtemps appuyées sur une péréquation tarifaire pour financer leurs activités d'électrification déficitaires. La montée en puissance de l'équipement décentralisé remet cependant en question ce modèle économique et financier.

Durant les années 1990, des agences d'électrification rurale ont été mises en place dans plusieurs pays africains, pour prendre en charge les projets d'électrification non ou peu rentables. Les résultats limités de cette approche conduisent à s'interroger sur la capacité de ces agences à déployer massivement des solutions pérennes à l'échelle nationale. Elles ne sont pas en mesure de mobiliser des prêts ni de financer des investissements en dette. Les projets qu'elles mettent en œuvre restent d'extension limitée et de durabilité incertaine.

Un fossé semble aussi se creuser entre les initiatives publiques cantonnées à l'extension des réseaux et les projets privés limités aux segments rentables du marché. La relance de l'électrification solaire rurale n'est que partielle. L'équilibre entre mission de service public et exigence de rentabilité pour les opérateurs reste à trouver dans les pays d'Afrique subsaharienne. La recherche pourrait tirer parti des modèles de concessions géographisées, mises en place au Maroc ou au Sénégal. Elle doit aussi remettre en question certains dogmes, comme celui d'une tarification unique de l'électricité sur l'ensemble du territoire, notamment pour les mini-réseaux dont l'essor est fortement contraint par les systèmes tarifaires actuels.

La mobilisation efficace de financements en capital et en dette possiblement complétés par des subventions, des mécanismes de péréquation ou des garanties reste un enjeu majeur. La variété des outils financiers répond à des situations et des besoins différents. La subvention trouve son sens dans la bonification de prêts ou le financement d'assistances pour appuyer la structuration de projets, mais elle peut menacer la durabilité d'un programme si elle aboutit à subventionner directement les consommations ou à soutenir des projets non viables à moyen/long terme.

Enfin, pour l'heure, les financements locaux restent rares. Peu de banques et d'investisseurs africains interviennent en dette ou en capital sur les investissements d'électrification en Afrique. La quasi-totalité des 400 millions d'euros investis depuis 2012 dans les sociétés de solaire *pay-as-you-go* furent levés auprès d'acteurs internationaux (Jacquot, 2015).

L'électrification globale de l'Afrique ne pourra se faire sans nouvelles avancées sur les mécanismes de péréquation appliqués aux solutions d'électrification en et hors réseau, ou sur les prêts mobilisables grâce à l'APD pour améliorer son effet de levier dans les programmes visant à étendre l'électrification à l'ensemble des territoires et des catégories d'usagers ; la mobilisation de financements et d'investisseurs locaux pour électrifier leur pays, leur région ou leur village est aussi nécessaire.

Étendre la couverture géographique et sociale du solaire PV en *pay-as-you-go*

Le solaire individuel à préparations mobiles est ainsi passé rapidement de l'échelle pilote au stade d'une activité en forte croissance. À l'heure actuelle, près d'un demi-million de systèmes ont été installés par des entreprises présentes dans une dizaine de pays d'Afrique subsaharienne (Alstone *et al.*, 2015) qui ont su concevoir un mode d'électrification adapté au cadre local et rentable. Quelles leçons tirer de ce succès ?

Flexibles, les services de *pay-as-you-go* semblent correspondre aux contraintes économiques des populations rurales. En préfinançant l'acquisition des systèmes dont elles assurent la vente, l'installation et l'entretien, les entreprises peuvent se concentrer sur le développement de modèles opérationnels innovants et rechercher des financements adaptés. Leur réussite réside également dans l'attractivité financière de leur modèle (Jacquot, 2015). Les bons niveaux de rentabilité affichés par les entreprises ont permis dès 2012 de mobiliser un écosystème d'investisseurs privés et institutionnels en mesure d'alimenter des besoins en fonds de roulement croissants. Plus de 360 millions de dollars furent ainsi levés entre 2012 et le début de 2016 dans ce seul secteur (Orlandi *et al.*, 2016).

L'émergence de ce nouveau modèle d'électrification n'est cependant pas sans soulever des questions. Cinq ans après l'apparition des premières start-up, les retours d'expérience de ces entreprises anticipent d'importants défis à venir. Actuellement porté exclusivement par le secteur privé, ce modèle d'électrification cible les populations aisées des zones rurales. En outre, à de rares exceptions près, les entreprises concentrent leurs activités dans les zones accessibles et densément peuplées des marchés dérégulés d'Afrique de l'Est (Jacquot, 2015).

L'enjeu des prochaines années sera donc de parvenir à étendre un modèle de diffusion du solaire *pay-as-you-go* dans des régions de moindre rentabilité et à l'ouvrir à des populations plus défavorisées. Dans les États qui s'engagent concrètement dans l'électrification complète de leurs territoires, la conception de nouveaux modèles financiers sera alors nécessaire pour inciter les entreprises privées ou publiques à proposer de nouveaux services plus largement accessibles. Les modalités de diffusion du solaire *pay-as-you-go* dans les marchés encore quasi-vierges d'Afrique francophone restent notamment à établir.

Élargir la gamme des applications du solaire PV prépayé. Modèle de rupture ayant redynamisé l'électrification rurale, érigé en cas d'école par les investisseurs et les banques de développement, le solaire *pay-as-you-go* repousse les frontières de l'électrification mais n'est pas, tel quel, une solution universelle. Ce nouveau modèle se limite aujourd'hui aux usages les plus basiques de l'électricité que sont l'éclairage et la recharge de téléphone.

Il reste que les solutions développées par les acteurs du solaire *pay-as-you-go* et les concepts qui le sous-tendent peuvent être transposés aux solutions

de mini-réseaux ou d'extension du réseau. Moyennant des adaptations, ils apparaissent aussi transposables à d'autres usages que ceux couverts par le seul solaire domestique.

Un des prochains défis est celui des usages commerciaux et artisanaux de l'électricité – tels que le pompage de l'eau, la petite motorisation artisanale ou la réfrigération commerciale – qui crée de la valeur ajoutée locale. Actuellement, ces usages ne sont pas pris en compte et les solutions solaires qui sont mises en place ne permettent pas de répondre à ce type d'applications. La satisfaction de ces demandes n'est assurée que par l'extension du réseau ou la mise en place de mini-réseaux isolés.

Il y aurait lieu de développer des programmes d'électrification dans lesquels l'équipement solaire ou hybride serait attractif pour ces usages dits « productifs » de l'électricité et de préciser les modalités d'organisation et de financement de ces programmes.

Faire émerger de nouveaux modèles d'électrification globale. Une coopération accrue entre les secteurs public et privé est à mettre sur pied à l'échelle de chaque pays africain. L'intégration des deux ne devrait pas seulement être financière, mais aussi opérationnelle selon des modalités encore à définir. Principalement privés, les projets hors réseau sont conçus sans réelle supervision ni implication des structures publiques. Des synergies pourraient être développées en tirant parti des ressources opérationnelles à disposition des sociétés publiques. Au Kenya, par exemple, le programme « Green Mini-Grids » soutient le développement de mini-réseaux privés et vise à pallier l'absence de projets faisant le lien entre l'extension du réseau en zones urbaines et la diffusion du PV individuel en zones rurales (ECA, 2014). Parallèlement à l'identification de financements locaux, des discussions sont menées avec les autorités pour faire évoluer la réglementation, établir de nouvelles formes de péréquation tarifaire et renforcer la coopération entre les opérateurs privés de mini-réseaux et la société nationale de distribution d'électricité.

Conclusion

Si les tendances observées jusqu'au début des années 2000 laissaient augurer des perspectives relativement modestes pour l'électrification de l'Afrique, l'émergence depuis 2010 de nouveaux modèles laisse envisager un développement rapide de l'accès à l'électricité sur le continent.

Une conjonction d'innovations technologiques dans des domaines aussi différents que la téléphonie, le paiement mobile, le solaire individuel ou les mini-réseaux intelligents bouscule le *statu quo* et crée de nouvelles opportunités d'électrification à grande échelle du continent africain selon des modalités encore inédites. Plus d'un siècle après les débuts de l'électrification de l'Afrique, l'extension du réseau apparaît désormais comme une composante parmi d'autres de solutions visant son électrification globale. La faisabilité et la mise en œuvre

de solutions multimodales d'électrification devraient être pensées à l'échelle des différents États africains et selon des modèles propres à chaque territoire, en remettant en cause quelques dogmes encore bien ancrés en Afrique, comme celui de l'égalité pour tous des tarifs ou des niveaux de services de l'électricité, quels que soient son mode de production, d'usages ou de lieu de desserte.

Le déploiement à grande échelle de l'électrification rurale en Afrique subsaharienne ne s'opérera sans changements structurels importants mais réalisables. Si des outils techniques et des moyens financiers sont maintenant disponibles, d'importants progrès sont à réaliser au plan de l'allocation des ressources, du montage des programmes et de leur gouvernance à l'échelle des pays. Douze années ne seront pas de trop pour accélérer et parachever la construction d'une électrification complète dans chaque pays africain.

Bibliographie

Alstone, P., Gershenson, D., Turman-Bryant, N., Kammen, D., Jacobson, A. (2015), "Off-Grid Power and Connectivity, Pay-As-You-Go Financing and Digital Supply Chains for Pico-Solar", Lighting Global, Société financière internationale, Washington DC.

Banque africaine de développement (2013), « Comparaison des dépenses réelles de consommation des ménages et des niveaux de prix en Afrique », Abidjan.

Banque mondiale (2005), "Power Sector Reform in Africa. Assessing Impact on Poor People", Washington DC.

Banque mondiale (2015), "Energy Sector Management Assistance Program Annual Report 2015", Washington DC.

Berdai, M., Butin, V. (1991), « Le programme pilote de pré-électrification rurale (PPER) du Maroc », *Liaison Energie Francophonie*, n° 14, p. 15.

Economic Consulting Associates (2014), "Kenya Minigrids Report", Londres, ECA.

ESMAP (2015), "Beyond Connections. Energy Access Redefined", Washington DC, Banque mondiale.

Global LEAP, (2015), "Off-Grid Appliance Market Survey", New York, Dahlberg.

Global LEAP (2016), "*The State of Off-Grid Appliance Market*", New York, Dahlberg.

KNBS (2014), Kenya Demographic and Health Survey, Kenya National Bureau of Statistics, p. 603

Lighting Global et Bloomberg New Energy Finance (2016), "Off-Grid Solar Market Trends Report", Lighting Global, Washington DC, Société financière internationale.

De Gromard, C. (1987), « L'électrification hors réseau en milieu rural marocain », Paris, Agence française pour la maîtrise de l'énergie.

De Gromard, C (1990), « L'électricité en brousse », *Systèmes solaires*, n° 63, novembre, Paris, p. 9-13.

Independent Evaluation Group (2008), "The Welfare Impact of Rural Electrification. A Reassessment of the Costs and Benefits", Banque mondiale, Washington DC.

Jacquot, G. (2015), « L'émergence du pico-solaire dans les initiatives d'électrification rurale », rapport interne, Paris, Agence française de développement.

KPLC (2016), "Annual Report and Financial Statements", Nairobi.

Laya, J., Ondraczek, J., Stoever, J. (2012), "Renewables in the Energy Transition. Evidence on Solar Home Systems and Lighting-Fuel Choice in Kenya", *Energy Economics*, vol. XL, Hambourg, German Institute of Global and Area Studies, p. 350-359.

Navigant Consulting (2014), "Energy Savings Forecast of Solid-State Lighting in General Illumination Applications", Washington DC, US Department of Energy,

Njonjo, K. (2013), "Exploring Kenya's Inequality", Nairobi, Society for International Development, Kenya National Bureau of Statistics.

Orlandi, I., McCrone, A., Battley, D., Tyabji, N., Falzon, J., Lerner, A. (2016), "How Can Pay-As-You-Go Solar Be Financed?", New York, Bloomberg New Energy Finance.

Shanker, A, Clément, P, Tapin, D, Buchsenschutz, M (2012), « Accès à l'électricité en Afrique subsaharienne : retours d'expérience et approches innovantes », Paris, AFD.