



Info



Retour de terrain



Définition



Chronologie



Chiffres-clés

[Partie 2 - Etat des lieux]

L'accélération de l'électrification rurale peut s'appuyer sur les solutions décentralisées, grâce aux innovations et aux leçons de l'expérience.

Introduction

Souffrant d'une fracture énergétique qui semble irréductible sans des moyens radicalement accrus, dotée de gisements d'énergies renouvelables, notamment solaires, favorables, l'Afrique subsaharienne a été le terrain de nombreux projets d'accès à l'électricité hors réseau, rassemblés sous la bannière « électrification rurale décentralisée » (ERD).

Que signifie cette expression ? Quelles dimensions recoupe-t-elle ? De quelles valeurs et de quels objectifs est-elle porteuse ? C'est en disséquant ces mots, qui tendent aujourd'hui à être remplacés par ceux d'« accès à l'électricité hors réseau », qu'on prend la mesure de la complexité du sujet. Cette deuxième partie s'attache d'abord à circonscrire la notion d'« électrification rurale décentralisée » (ERD) et sa raison d'être, mettant à l'occasion en lumière son rôle majeur pour réussir une électrification rurale de qualité dans la région subsaharienne (2.1.).

Comment la pratique de l'ERD s'est-elle construite ? Quels projets ont été menés au Sud ? Nées en Europe de la volonté des collectivités locales, les solutions décentralisées ont germé sur le continent africain dans les années 1970 (2.2.).

.....

« Il n'y a clairement pas de miracle : l'électricité décentralisée est une piste incontournable, mais très ardue. »

Pierre Jacquemot et Marie-Noëlle Reboulet,
« Options technologiques et modèles d'organisation de l'électrification rurale en Afrique », Afrique Contemporaine 1-2, n° 261-262 (2017) : 155.

.....

Où va l'ERD ? Aujourd'hui, traversée par de multiples lignes de rupture technologique et les nouvelles logiques commerciales en découlant, elle recherche toujours son équilibre entre viabilité économique et équité sociale (2.3.).

Quelles sont les « balises » qui permettent de se repérer dans cet environnement mouvant ? Les cinq décennies d'expérience des pionniers de l'ERD permettent de recenser de nombreux invariants opérationnels et de dessiner les contours d'une pratique efficace de la mise en œuvre de projets d'accès à l'électricité par énergies renouvelables en milieu rural (2.4.).

2.1.

Dans sa définition comme dans ses objectifs, l'électrification rurale décentralisée comporte plusieurs dimensions : territoriale, économique et humaine.

L'« ERD » n'est pas, contrairement à ce que l'utilisation d'un acronyme pourrait laisser croire, une notion froide, purement technique et strictement définie. Sa « dissection » terminologique ouvre plus de questions qu'elle n'apporte de réponses. Malgré cela, elle est construite sur un socle ferme de principes liés à l'esprit pionnier, expérimental et humaniste des premiers projets : le respect du territoire, la compréhension des besoins des populations, la recherche d'équité (2.1.1.).

Essentiel dans cette expression, le terme « décentralisé » permet de lier le destin de l'électrification rurale à celui du réseau national, de faire comprendre comment elle en est l'indispensable complément (2.1.2.).



Un projet d'ERD mené à Madagascar.

2.1.1.

Qu'entend-on par « électrification rurale décentralisée » ?

Il n'existe pas de définition unanime et officielle de cette expression, essentiellement utilisée par ses praticiens. Elle tend par ailleurs à être progressivement remplacée par celles d'« accès à l'électricité hors réseau », transposition d'une terminologie de tradition anglophone. Cette dernière témoigne d'une autre manière de poser le sujet, en distinguant le « connecté au réseau » (*grid connected*) et le « hors-réseau » (*off-grid*). L'ERD est une modalité de « l'accès à l'électricité » : pas d'accès universel à l'électricité en milieu rural sans recours aux solutions décentralisées d'électrification. Les paragraphes suivants proposent, en analysant tour à tour chacun des trois termes qui composent l'expression « électrification rurale décentralisée », d'en restituer les différentes dimensions et les concepts sous-jacents.

Quand peut-on dire d'un territoire qu'il est électrifié ?

On considère communément qu'**électrifier, c'est doter un espace d'un accès durable à l'électricité pour divers usages**, domestiques, mais aussi collectifs ou économiques (cf. tableau).

L'électrification désignerait donc d'abord le processus par lequel on dote de manière pérenne un territoire d'une électricité accessible à l'ensemble des activités humaines qu'il accueille. Cette définition serait en tout cas cohérente avec l'idée d'un accès *universel* à l'électricité.

Dans ce cas, l'expression « ERD » est assortie d'un double objectif de durabilité et d'utilité du service d'électricité :

- **l'accès au service est permanent, et non ponctuel ;**
- **le service couvre l'ensemble des besoins, de manière évolutive**, en accompagnant les transformations des usages dans le temps.

Aujourd'hui, ce double critère relève davantage de la cible que de l'existant. Derrière cette apparente simplicité, se cachent des questions plus complexes. Comme on l'a vu, il est parfois difficile d'affirmer qu'un territoire est ou non électrifié. La diversité des solutions et la multiplicité des niveaux de service correspondants (cf. chapitre 1.3.) déjouent toute tentative de définition simple et unitaire de l'électrification dans les zones rurales.

Peut-on dire d'un territoire qu'il est « électrifié » si tous les usages ne sont pas couverts, ou pas de manière fiable ?

Si on considère qu'il n'y a pas d'électrification lorsque le service ne répond pas à tous les besoins sur un territoire donné, alors peu de solutions – si ce n'est aucune – peuvent entrer dans le champ de l'ERD. La restriction en quantité d'énergie d'un système solaire individuel (cf. chapitre 3.2.), par exemple, le disqualifie immédiatement, contrairement à un miniréseau permettant de brancher librement tout type d'appareil (cf. chapitre 3.5.). De même que le réseau national, qui, avec ses fréquents délestages, ne remplit pas nécessairement le critère de qualité de service.

Le champ « pratique » de l'ERD ne peut donc exclure les solutions proposant une couverture partielle des besoins, quand bien même son objectif reste l'universalité des usages.

Les usages de l'électricité

Usages domestiques

Ménages

Eclairage, téléphonie, audiovisuel, réfrigération, congélation, ventilation, climatisation et autres usages ménagers multiples.

Usages collectifs

Secteur tertiaire public ou privé

Exhaure de l'eau, éclairage public, éclairage des bâtiments publics (écoles, postes de santé, bâtiments administratifs, lieux de culte, etc.), téléphonie, Internet, photocopie, impression, équipements et appareils médicaux, etc.

Usages économiques

Secteur industriel et artisanal

Eclairage, signalisation et conservation des produits pour les commerces, sciage, soudure, moulinage, couture, séchage, travaux sur machines-outils, etc.

Peut-on dire d'un territoire qu'il est « électrifié » si tous ses habitants n'ont pas accès à des services électriques ?

L'électrification partielle d'un espace au bénéfice des seuls habitants capables de payer le service, laissant de côté les foyers les plus vulnérables, entre-t-elle dans le champ de ce qu'on appelle l'« ERD » ? Derrière cette question de l'accessibilité du service, s'en cache une autre : l'ERD comporte-t-elle une dimension sociale ?

Portée initialement par des pionniers du développement durable, l'ERD n'est pas seulement un « secteur » économique ou un « marché » : c'est d'abord un mouvement. Selon sa perspective, électrifier n'est pas seulement apporter une solution énergétique dans un espace donné, et l'électrification ne peut être réduite à un processus. L'ERD renvoie à une conception particulière du développement humain, qui ne peut se contenter de la dimension technique de l'apport d'un service électrique à un territoire.

La plupart des projets menés sous la bannière de

l'ERD, dans les pays du Sud comme avant eux dans ceux du Nord¹, visent le développement d'une région et cherchent à améliorer les conditions de vie de ses habitants. Autrement dit, **l'ERD consiste moins à électrifier un territoire qu'une communauté humaine : si on électrifie, c'est pour apporter un service essentiel**. C'est cette attention primordiale portée aux personnes, à leurs activités et à leurs organisations collectives qui fonde historiquement l'ERD, au Nord comme au Sud. C'est pour cela que *l'usage* de l'électricité occupe une place centrale dans le raisonnement de ses praticiens.

Cette approche, qui repose sur la conviction qu'il y a un « droit universel à l'électricité », se trouve renforcée par le recours aux énergies renouvelables : l'énergie renouvelable, offerte à tous sans distinction par la nature, acquiert encore plus logiquement le caractère de « bien commun ». Un bien dont la jouissance peut et doit être garantie à tous sans restrictions. Néanmoins, la nécessaire conversion de l'énergie

1. Sur l'histoire de l'ERD française et américaine, voir chapitre 2.2.

.....

« Electrifier durablement un territoire, c'est établir dans la durée un service électrique marchand multiusage pour des usagers pluriels et dispersés dans un espace plus ou moins régulé. »

Christian de Gromard, référent énergie,
Agence française du développement.

.....

en électricité fait d'emblée entrer cette dernière dans un univers différent. En effet, de même que la potabilisation de l'eau, la conversion de l'énergie en électricité induit un traitement et des équipements (de production, de transport, de distribution, de stockage, de régulation...) qui ont un coût. Dès lors, on peut considérer que l'électricité perd sa qualité de « bien commun » pour devenir un « service ».

De là, surgissent d'autres questions. Ce « service » est-il nécessairement « marchand » ? Si c'est le cas, doit-il être laissé hors du champ de la rentabilité pour lui conserver son caractère de service essentiel, accessible à tous ? Ecole française interventionniste et tradition libérale anglo-saxonne proposent des argumentations différentes.

Le débat sur la nature de bien commun ou de service marchand de l'électricité, et sur la légitimité de confier l'accès à ce service essentiel à un opérateur privé, n'est pas l'objet du présent ouvrage. Ce que l'on observe en pratique aujourd'hui, c'est que les services proposés aux communautés rurales relèvent des deux logiques, interventionniste ou libérale (cf. chapitre 2.4.2.), et qu'il ne faut exclure aucun d'eux pour rendre compte de la réalité de l'ERD (cf. partie 3).

Sans pour autant occulter l'universalité du service comme objectif essentiel vers lequel tend l'ERD, cet ouvrage propose de faire entrer dans son champ **tout service électrique qui couvre, même**

partiellement, l'ensemble des usages sur le territoire considéré.

Dès lors, que recouvre exactement un « taux d'électrification » ?

Etant donné la dispersion et la variété des solutions d'électrification rencontrées dans les zones rurales des pays en développement, il est difficile de distinguer de manière certaine celles qui seraient « électrifiées » de celles qui ne le sont pas. Bien que certains pays, comme l'Inde, aient tenté de définir selon des critères normatifs ce qu'est un territoire « électrifié », les chiffres et les indicateurs relatifs au « taux d'électrification » doivent être considérés avec prudence. Ce taux ne fait en effet souvent aucune distinction entre les différents niveaux de service proposés par les systèmes de production et de distribution de l'électricité disponibles sur le territoire considéré (cf. encadré).



Taux d'accès à l'électricité en milieu rural : un taux variable...

Les protocoles utilisés pour définir l'accès à l'électricité varient.

Dans certains cas, le raccordement au réseau d'un seul ménage dans un village suffit à considérer que l'ensemble du village est électrifié. Dans d'autres, l'accès est défini par l'existence de raccordements physiques, même si aucune électricité n'y circule réellement.

Source : Banque mondiale, « Africa's Pulse : une analyse des enjeux façonnant l'avenir économique de l'Afrique » (Washington, D.C., 2018).



Taux d'électrification urbaine : un même manque de fiabilité

Quoi qu'il s'agisse d'électrification urbaine (et non rurale), l'exemple suivant, proposé par une chercheuse de l'Institut français des relations internationales (IFRI), illustre combien l'évaluation quantitative et qualitative d'un service électrique, même dans une zone où les statistiques sont théoriquement plus simples à réaliser (capitale nationale) que sur un territoire difficile d'accès, est une gageure.

« Le taux d'électrification tel que calculé à l'heure actuelle (selon le nombre d'interconnexions du réseau) ne donne qu'une vision lacunaire de la situation. Les problèmes de maintenance, couplés aux connexions illégales, à une mauvaise gestion de la demande ou à des ruptures de combustible, ne sont en effet pas pris en compte.

Ainsi, l'ONU a révélé que dans la ville de Kinshasa, où le taux d'électrification calculé selon les méthodes classiques atteint 90 %, la situation est en réalité beaucoup plus complexe. Ainsi, 62 % de la population profite de l'électricité moins de huit heures par jour et 85 % de la ville n'a accès qu'à de la très basse tension. »

Source : Gabrielle Desarnaud, « L'électrification rurale en Afrique : comment déployer des solutions décentralisées ? » (Paris : IFRI, 2017).



Les nombreuses coupures d'électricité perturbent la vie quotidienne et contraignent les populations à s'éclairer à la bougie ou à la lampe à pétrole.

.....

« Les processus d'électrification se déploient dans la durée et s'inscrivent dans des histoires spécifiques selon les Etats et la zone d'application des systèmes d'électrification rurale. Le taux d'électrification (nombre de villages électrifiés/nombre total de villages dans l'espace considéré) et le taux de connexions (nombre de ménages et autres usagers électrifiés/nombre total d'usagers potentiels recensés dans l'espace considéré) caractérisent le niveau d'électrification de ce territoire et sa progression. »

Christian de Gromard,
réfèrent énergie, Agence française
du développement.

.....

L'accès à des services limités, tels que les lampes ou les systèmes individuels solaires, est d'ailleurs parfois appelé « préélectrification », ce qui témoigne du fait qu'un service n'offrant qu'une couverture partielle des usages n'est qu'une électrification imparfaite.

Où commence et où s'arrête l'électrification « rurale » ?

Si l'électrification se définit comme un processus d'apport d'un service (l'électricité) dans un espace donné, alors l'électrification *rurale* correspondrait à ce processus appliqué à *une certaine catégorie* de territoire. Or, un espace dit « rural » présente finalement des frontières assez floues.

A quoi reconnaît-on un espace « rural » ?

Dans chaque pays, les administrations en charge de l'aménagement du territoire et des collectivités territoriales ont leur propre définition du « rural ».

Généralement, est considéré comme « zone rurale » tout espace *qui n'est pas une agglomération urbaine ni sa zone périurbaine*. La distinction se fonde parfois sur un critère quantitatif : le nombre d'habitants d'une localité. En France, par exemple, les agglomérations de moins de 2000 habitants sont considérées comme rurales.

Il n'y a donc pas de définition communément acceptée de ce qu'est une « zone rurale », d'abord définie par défaut, par référence à la zone urbaine... dont il n'y a pas davantage de définition simple (cf. encadré).

En Afrique subsaharienne, ces zones correspondent néanmoins à un certain paysage : un habitat dispersé (hameaux et villages) ou de petites agglomérations, où les activités de subsistance, principalement centrées sur l'agriculture, l'élevage et l'exploitation forestière, sont souvent saisonnières. Les échanges, fluctuant en fonction des volumes et des prix du marché, sont issus de la vente des produits agricoles sur les marchés à des grossistes intermédiaires ou à des industries agroalimentaires. Les revenus des populations sont ainsi souvent instables et limités.

Ce sont ces caractéristiques qualitatives (habitat dispersé, activités primaires prépondérantes, saisonnalité, instabilité et faiblesse des revenus...) qui sont retenues pour définir l'ERD, telle que cette expression sera utilisée tout au long de cet ouvrage.

Pourquoi distinguer électrification rurale et urbaine ?

Le milieu rural se caractérise par une densité faible d'usagers potentiels, dont la demande d'électricité est limitée en raison de leurs faibles ressources financières et qui sont géographiquement dispersés. Electrifier un espace rural en Afrique subsaharienne suppose des investissements plus importants, sans réalisation



Exemples de critères distinguant urbain et rural pour quelques pays d'Afrique subsaharienne

Souvent définies comme l'absence de zones urbaines, les zones rurales sont donc de facto une catégorie résiduelle. Les définitions utilisées par les instituts de statistiques varient d'un pays à l'autre, certains considérant un seul critère (45 % des pays), d'autres plusieurs (53 %), pour définir les zones urbaines reflétant les différentes réalités géographiques et socio-économiques.

Bénin : une zone urbaine est définie comme :

- tout chef-lieu de commune d'au moins 10 000 habitants et ayant au moins une des infrastructures ci-après : bureau de poste et télécommunication, bureau de recette de perception du trésor public, système d'adduction d'eau, d'électricité, centre de santé, collège ;
- tout arrondissement ayant au moins quatre des infrastructures ci-dessus et au moins 10 000 habitants (INSAE, 2011).

Ghana : les zones rurales recouvrent l'ensemble des localités de moins de 5 000 personnes (Ghana Statistical Service).

Nigeria : est considérée comme zone rurale toute localité de moins de 20 000 habitants dont les activités sont principalement agricoles.

Source : OIT, « Rural-urban labour statistics » (Genève, 2018).



L'absence d'une définition internationalement reconnue des zones rurales

Bien que les zones rurales aient été historiquement la matrice du développement économique et social et soient toujours au centre du débat sur le développement, elles n'ont pas de définition positive : est rural ce qui n'est pas urbain. La division des statistiques de l'ONU identifie la population rurale comme le solde après soustraction de la population urbaine à la population totale. **Mais une difficulté supplémentaire est que les villes elles non plus n'ont pas de définition normalisée.** La définition des zones urbaines varie largement d'un pays à l'autre. Le principal critère utilisé est la taille de la population, avec un seuil au-dessus duquel une agglomération devient urbaine. Mais d'autres critères sont aussi pris en compte, tels que la part des ménages agricoles, les limites administratives ou l'existence de certains services ; une approche multicritère est parfois adoptée.

Source : Sara Mercandalli et Bruno Losch, « Une Afrique rurale en mouvement - Dynamiques et facteurs des migrations au sud du Sahara » (FAO et CIRAD, 2018).

des mêmes économies d'échelle que pour la construction d'un réseau électrique urbain. Ce qui explique en partie l'absence de service en milieu rural subsaharien et l'écart de tarif entre électricité urbaine et rurale (cf. chapitre 2.1.2.).

De ce fait, l'ERD suppose de concevoir, grâce à une planification appropriée, des périmètres d'électrification rurale relativement étendus, mêlant localités à fort potentiel et espaces à faible densité de population. Ce « mix » territorial est une des dimensions essentielles à considérer pour asseoir la viabilité économique d'un projet de type miniréseau rural (sur cette solution, voir chapitre 3.5.). Les concepteurs sont également amenés à rechercher des mécanismes de subvention à l'investissement et à l'exploitation, car il est impensable de faire peser sur l'utilisateur tout le poids du financement d'une installation.

Si la distribution de service électrique individuel par le secteur marchand (lampes, kits domestiques) ne rencontre pas exactement les mêmes contraintes, elle ne peut cependant pas passer outre la nécessité d'optimiser et mutualiser les coûts. Les arbitrages se font donc rarement en faveur des zones les plus enclavées, et ces solutions restent réservées à une partie seulement de la population (cf. chapitre 3.2.)

Qu'entend-on par électrification « décentralisée » ?

L'électrification rurale par extension progressive d'un réseau centralisé, organisé en étoile autour d'un ou plusieurs centres de production interdépendants gérés par une même structure (société nationale par exemple), n'est pas viable économiquement (cf. chapitre 2.1.2.). Atteindre les objectifs d'une électrification pour tous en 2030 nécessite donc de faire appel à des solutions techniques alternatives, dites « décentralisées », c'est-à-dire, par opposition à l'organisation du réseau national, faisant appel à leurs propres moyens de

production d'électricité locale pour répondre à la demande en électricité en « circuit court ».

Les options décentralisées sont nombreuses (cf. partie 3) : petites centrales de production (par groupe électrogène ou énergie renouvelable) alimentant un miniréseau local de distribution, systèmes autonomes photovoltaïques, dispositifs portables... Combinées sur un même périmètre d'électrification, elles peuvent répondre à divers besoins d'électricité et apporter un service à presque toutes les populations d'une communauté rurale.

L'ERD n'est pas antinomique des solutions centralisées.

Un réseau national et un réseau local ne reposent pas sur des fondamentaux techniques différents (cf. encadré) ; ils se distinguent par le dimensionnement des équipements et les postulats économiques, aboutissant à des logiques de tarification très différentes (cf. chapitre 3.5.1.).

Néanmoins, ces deux approches sont complémentaires pour penser l'électrification d'un territoire national (cf. chapitre 2.1.2.).

Les systèmes décentralisés ne sont d'ailleurs pas l'apanage des zones rurales : lampes et systèmes individuels solaires se diffusent en complément d'un réseau national défaillant, ainsi que dans les foyers urbains ou périurbains n'ayant pas les moyens de se raccorder au réseau.

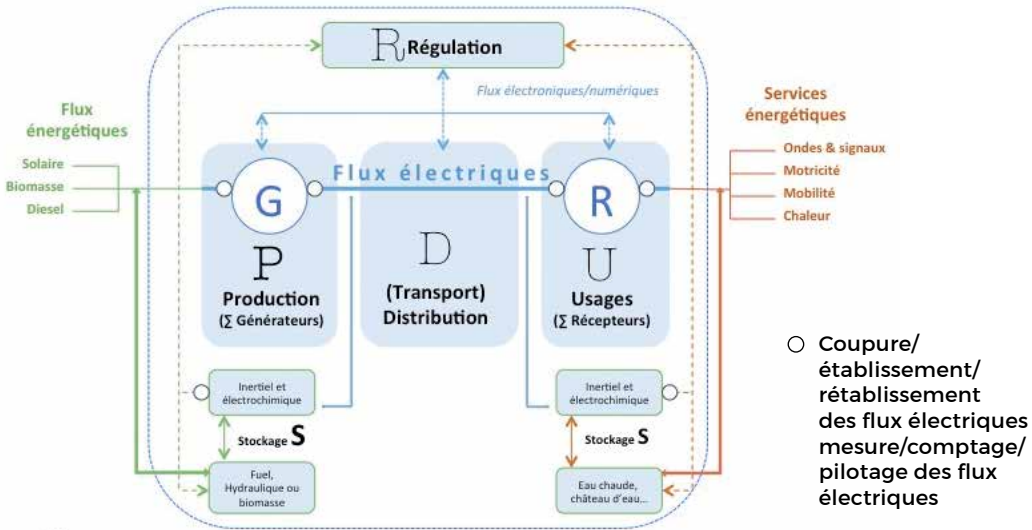
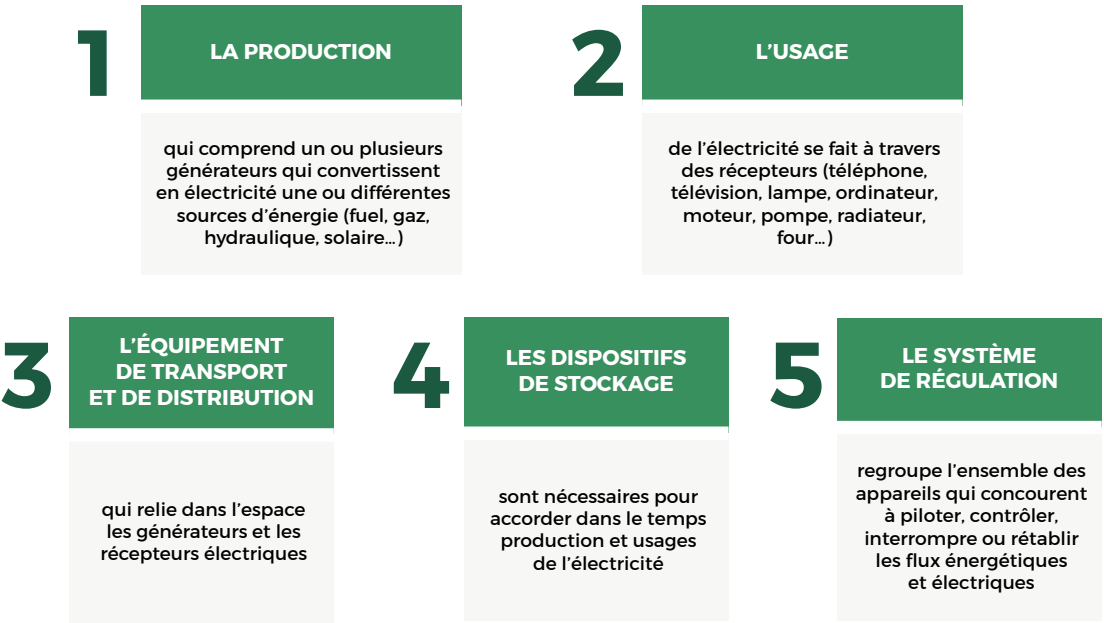
C'est d'ailleurs cette dimension « hors réseau », sans référence au type de territoire, que l'expression anglaise *off-grid* met à l'honneur.

Le caractère décentralisé de la solution se lit d'abord comme une différence de méthode.

S'affranchissant des contraintes de cohérence d'un réseau unique, les solutions décentralisées présentent des traits spécifiques : elles sont potentiellement conçues « sur mesure »

Un système d'électrification décentralisé repose sur les mêmes fondamentaux qu'un système centralisé

Tout système d'électrification, centralisé ou décentralisé, comporte quatre sous-ensembles :



Source : Christian de Gromard, référent énergie, AFD.

pour un territoire ou une catégorie donnée d'usagers, et impliquent une plus grande diversité d'intervenants.

La mise en œuvre d'un schéma d'électrification collective (cf. chapitre 3.4.) repose ainsi sur un triptyque méthodologique qui fait également écho aux deux valeurs fondatrices de l'ERD que sont la centralité de l'usage et l'objectif d'universalité du service :

- **une approche par la demande** : c'est la connaissance des besoins des futurs usagers qui va déterminer les caractéristiques du service électrique¹ et la conception des infrastructures de production ;
- **une participation effective de l'ensemble des parties prenantes au processus d'électrification** : la pérennité du service dépend de la capacité de la société civile et de ses institutions (collectivités nationales ou régionales, autorités administratives, élus, populations locales, tissu associatif et économique) à s'approprier et à tirer profit de l'arrivée de l'électricité ;
- **une exploitation par un opérateur électrique local, contractuellement cadrée** : préexistante ou créée ad hoc, la structure exploitante doit devenir compétente dans tous les métiers d'un opérateur électrique (technique, gestionnaire, commercial... ; cf. chapitre 3.5.).

On peut ajouter à cette vision méthodologique un **quatrième pilier : la mise en œuvre de solutions respectueuses de l'environnement**, qui se traduit par l'utilisation des gisements d'énergie disponibles localement, dès que les équipements l'ont permis. Le recours aux énergies renouvelables, notamment au solaire, fournit la réponse la plus pertinente à la logique de production d'électricité en circuit court.

Décentralisation du service électrique et décentralisation politique ne sont pas sans lien.

Là où l'extension de réseau procède plutôt d'une vision *top-down*, l'ERD parie sur une approche *bottom-up*. Dès lors, il apparaît logique que la mise en œuvre des solutions décentralisées incite les autorités nationales à décentraliser les services techniques en charge de l'électrification rurale et à transférer aux collectivités territoriales de fortes compétences dans ce domaine.

A l'heure actuelle, cette décentralisation est encore imparfaite. Le fait que les projets soient portés par des acteurs de proximité dotés des moyens appropriés permettrait pourtant de :

- **déployer plus efficacement cette méthode spécifique à l'ERD**, en donnant des garanties supérieures en termes de connaissance de la demande, d'appropriation collective et de montée en compétences des exploitants locaux (cf. les préconisations émises au chapitre 4.1.) ;
- **renforcer la création d'emplois** par l'intégration de l'électrification dans la logique d'aménagement des territoires.

L'ERD apparaît ainsi comme un ensemble de solutions développées pour répondre à la demande des communautés rurales non desservies ou mal servies par les réseaux nationaux, dans un souci d'apporter un service électrique le plus large possible au plus grand nombre de personnes possible. De ce fait, l'ERD se définit aussi par référence au réseau national, dont elle est devenue un complément indispensable. En quelque sorte, systèmes centralisés et systèmes décentralisés sont les deux faces d'une même pièce. ●

1. L'hypothèse généralement vérifiée est que le potentiel des ENR est supérieur à la demande.

.....

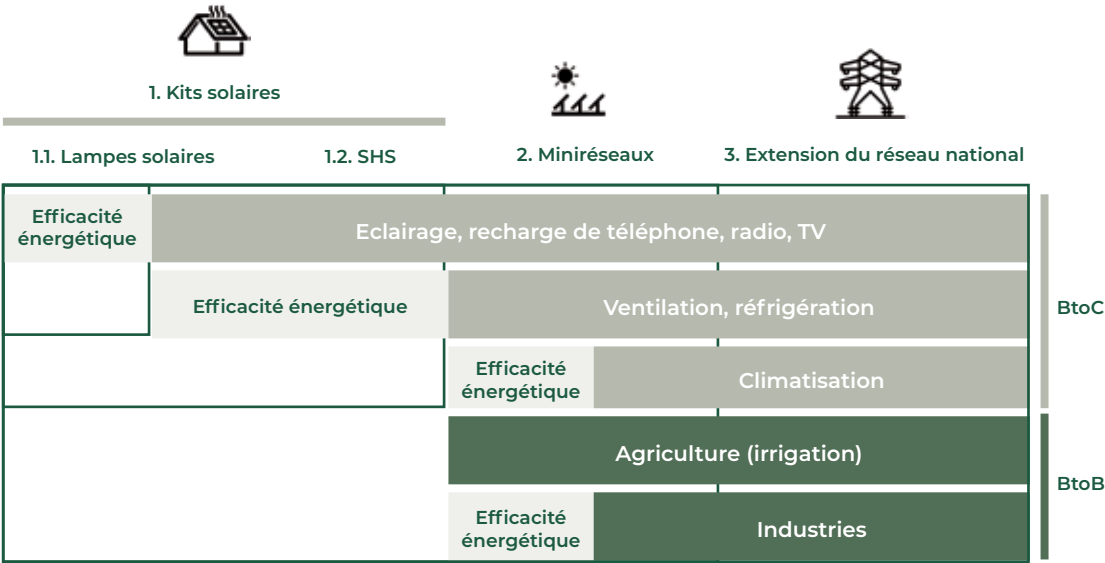
« La plupart des études planifiant l'électrification de la Guinée accordent la priorité à une électrification par le réseau centralisé, comme le font le Programme national d'amélioration de l'accès à l'électricité en Guinée et son Prospectus d'investissement élaborés en 2015.

A mon avis, les miniréseaux et solutions individuelles devraient être priorités afin de servir équitablement la population rurale en attendant l'arrivée du réseau central. Dans ce cas, les miniréseaux doivent simplement intégrer des spécificités techniques compatibles avec le réseau public en vue de leur raccordement futur. Par ailleurs, il faut aussi prévoir des mécanismes de compensation afin d'assurer à l'opérateur du miniréseau de récupérer entièrement son investissement. »

Mamadou Saidou Diallo, ingénieur électro-énergéticien de formation, travaille depuis quinze ans dans le domaine du développement de l'électrification rurale en Guinée ; il est directeur général adjoint de l'Agence guinéenne d'électrification rurale (AGER). Retrouvez l'intégralité de l'interview sur la page web de l'ouvrage : <http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

.....

Modèles d'électrification et usages associés



Source : AIE, « Energy Access Outlook 2017, From Poverty to Prosperity » (Paris, 2017).

2.1.2.

Le recours aux solutions décentralisées par énergies renouvelables est la seule alternative crédible à l'extension de réseau pour électrifier les zones rurales subsahariennes.

Accéder à un service électrique est devenu un enjeu politique national et local majeur, car les communautés rurales n'acceptent plus l'absence de l'électricité et réclament l'égalité de traitement entre villes et campagnes. Elles souhaitent légitimement pouvoir améliorer leurs conditions de vie, s'informer et communiquer facilement et développer des activités pour accroître leurs revenus.

Pour répondre à cette demande sociale, l'extension des réseaux urbains n'est pas une option de court/moyen terme. Les investissements requis (cf. encadré) sont au-delà des capacités financières des sociétés nationales d'électricité, qui sont souvent déjà exsangues (cf. chapitre 1.1.2.). Quant aux pouvoirs publics de la région, pour la plupart d'entre eux, ils ne disposent pas du système fiscal permettant de financer ce service de

base, qui nécessite de lourdes dépenses matérielles et organisationnelles (cf. chapitre 2.3.).

L'extension des réseaux est une option trop coûteuse pour être rapidement généralisée.

Apporter l'électricité en zone rurale se heurte à plusieurs difficultés qui rendent l'extension de réseau très difficile à amortir, limitent la réalisation des plans d'électrification rurale d'envergure et expliquent in fine les faibles taux d'accès à l'électricité en milieu rural :

- **la dispersion importante des localités sur un territoire** : les longues distances accroissent le coût du transport des lignes moyenne tension de 30 000 €/km ;
- **la faible densité de l'habitat au sein d'une localité** : tirer une ligne basse tension suppose un investissement de l'ordre de 15 000 €/km ;

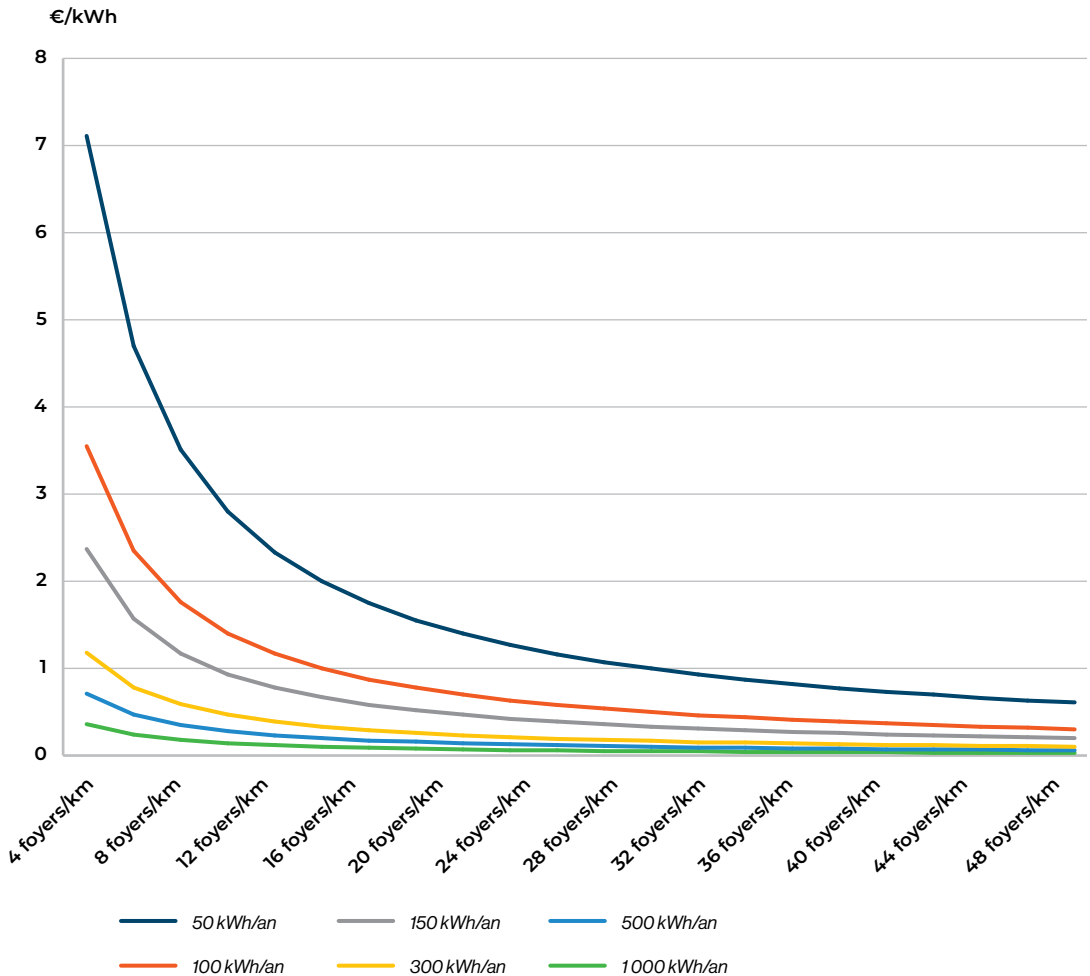


Montant d'investissement requis pour électrifier l'Afrique subsaharienne rurale

Selon l'IEA, pour assurer un accès à l'énergie universel en Afrique subsaharienne (toutes zones confondues, urbaines et rurales) d'ici 2030, 370 milliards de dollars d'investissements additionnels seraient nécessaires sur la période 2017-2030, soit environ 26 milliards de dollars supplémentaires par an.

Source : AIE, « Energy Access Outlook 2017, From Poverty to Prosperity » (Paris, 2017).

Coût du transport d'électricité en fonction du nombre de foyers raccordés par kilomètre et de leur consommation annuelle



Source : Christian de Gromard, référent énergie, AFD.

- **les faibles consommations électriques** des abonnés ruraux, de l'ordre de 80 à 100 kWh/an et par foyer, en lien avec la faiblesse de leurs revenus ;
- **les incertitudes sur une évolution favorable des consommations d'électricité** : les activités sont globalement stables sur les territoires ruraux en raison de leur faible attractivité.

Il faut noter que la dynamique démographique observée en Afrique subsaharienne pourrait avoir un impact sur certains de ces facteurs et modifier la donne pour l'analyse comparative entre extension de réseau et mise en place de solutions décentralisées.

Du côté de la société d'électricité, le surinvestissement par localité et par abonné rural limite le nombre de zones électrifiées.

L'extension de réseau vers une zone rurale suppose l'investissement dans des équipements supplémentaires pour augmenter les capacités de production, assurer le transport de l'électricité et le raccordement des usagers. Il faut également anticiper un rendement entamé par les pertes techniques (dans les transformateurs et les câbles) et les pertes commerciales (les impayés et branchements pirates peuvent atteindre jusqu'à 30 %¹). Ces deux types de pertes, bien connus des sociétés nationales d'électricité (cf. chapitre 1.2), affectent encore davantage les installations rurales que les urbaines. La présence d'activités économiques fortement consommatrices d'électricité n'est pas

systématique dans les localités rurales, loin s'en faut. Le développement d'activités lié à l'arrivée de l'électricité requiert donc, pour créer une dynamique locale favorable, des actions soutenues de sensibilisation, d'incitation et d'accompagnement... ce qui a bien évidemment un coût. Par ailleurs, ces actions débordent le cadre naturel d'intervention des sociétés nationales d'électricité, qui ne recherchent pas une approche multisectorielle de l'électrification ni n'impliquent les collectivités locales, ou les services administratifs décentralisés de ministères.

Du côté des abonnés, coûts de raccordement et tarifs sociaux pénalisent directement ou indirectement l'accès au service du plus grand nombre.

À la charge de l'utilisateur, les coûts de raccordement sont inaccessibles aux plus démunis, qui habitent le plus souvent en périphérie des localités. C'est un des obstacles majeurs à l'augmentation du taux de desserte par réseau national. Les données disponibles indiquent que, dès que la distance entre le réseau et le bâtiment à électrifier dépasse 200 mètres (ce qui est fréquent dans les périphéries des villes africaines), les conditions financières de raccordement sont rédhibitoires pour la majorité des habitants.

En parallèle, ceux qui ont la capacité de se raccorder au réseau, quelle que soit leur localisation, peuvent bénéficier de tarifs sociaux. Favorables aux petits consommateurs, ces tarifs dépassent rarement les 100 FCFA/kWh (0,15 cts €). Un état de fait qui impacte l'équilibre financier de la société d'électricité et ne l'incite pas à multiplier les extensions de réseau. Paradoxalement, l'existence de ces tarifs sociaux pénalise ainsi indirectement l'accès à l'électricité des populations rurales.



L'exemple du Ghana : la règle des 20 km

Au Ghana, les « agences » (compagnies publiques) de distribution d'électricité se concentrent principalement sur l'amélioration de l'accès à l'électricité dans les zones urbaines et périurbaines déjà couvertes par le réseau, ainsi que dans les zones rurales situées à une distance raisonnable (inférieure à 20 km) du réseau existant.

Source : Francis Kemausuor, Edwin Adkins, Isaac Adu-Poku, Abeeku Brew-Hammond et Vijay Modi. « Electrification planning using Network Planner tool: The case of Ghana », *Energy for Sustainable Development*, no 19 (2014).

1. Christine Heuraux, « L'électricité en Afrique ou le continent des paradoxes » (Paris : Institut français des relations internationales, 2011).



Taux de desserte vs. taux de connexion

Le **taux de desserte** indique le ratio des populations des villages connectés sur la population totale de la zone (ou le nombre de villages électrifiés sur le nombre total de villages).

Il ne faut pas le confondre avec le **taux de connexion** (ratio de la population effectivement connectée sur la population totale). Le taux de desserte caractérise l'étendue de la couverture du service, alors que le taux de connexion indique l'étendue effective du service.

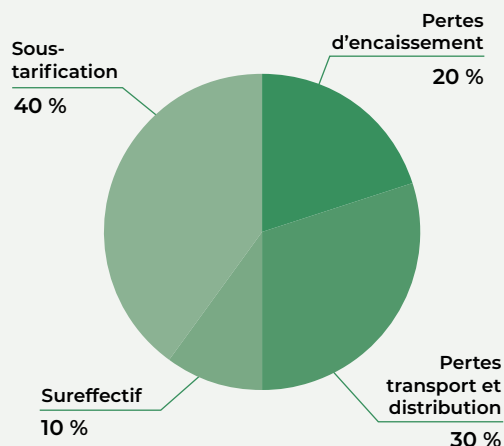
Exemple : 100 villages, 50 foyers/village, 10 personnes/foyer, soit un total de 50 000 habitants.

Si 30 villages sont électrifiés, alors le taux de desserte est de 30 %.

Si le taux moyen de connexion par village est de 20 % (10 foyers raccordés), le taux de connexion sur la zone est de $30 \% \times 20 \% = 6 \%$ (300 foyers ou 3 000 personnes).



Composition des coûts « cachés » en Afrique subsaharienne (hors Afrique du Sud)



La sous-tarification est l'élément le plus important des déficits quasi budgétaires des services publics de l'Afrique subsaharienne, suivie par les pertes en matière de transmission et de distribution.

Source : Banque mondiale, « Africa's Pulse : une analyse des enjeux façonnant l'avenir économique de l'Afrique » (Washington, D.C, 2018).



L'Afrique, terrain très dynamique pour les solutions d'électrification décentralisées par énergie renouvelable, notamment solaire.

Sur le continent, la population touchée par les solutions décentralisées est passée de 2 millions en 2011 à 53 millions en 2016. Ce sont essentiellement les lampes solaires (et notamment celles diffusées massivement en Afrique de l'Est) qui tirent cette croissance : en 2016, elles équiperont près de 50 millions de personnes, tandis que 4 millions disposent d'un Solar Home System et que plus d'1 million sont alimentées par miniréseau solaire.

La capacité cumulée des solutions décentralisées est passée de 231 MW à près de 1,2 GW entre 2008 et 2017, dont la technologie solaire représente plus des deux tiers (820 MW). La capacité des miniréseaux hydrauliques est passée de 124 MW en 2008 à 162 MW en 2017, mais elle pèse de moins en moins lourd dans le mix énergétique : elle représente moins de 15 % de la capacité totale des solutions décentralisées par énergie renouvelable en 2017, contre 53 % en 2008.

Source : IRENA, « Off-Grid renewable energy solutions, Global and Regional Status and Trends » (Abu Dhabi, 2018)

Pour électrifier les communautés rurales, l'extension du réseau national est donc, en pratique, envisageable dans un nombre limité de situations ; l'essentiel de la réponse à la demande d'électrification de ces communautés est ailleurs, dans le déploiement des solutions décentralisées.

Les solutions décentralisées par énergies renouvelables permettent d'envisager une réponse adaptée à la demande rurale.

Dans l'impossibilité de réaliser l'électrification rurale par extension du réseau national (pour des raisons économiques), les sociétés d'électricité ont tenté de décentraliser leur production : prenant en charge les investissements et une partie des coûts d'exploitation, elles ont électrifié par miniréseau diesel les centres urbains secondaires trop éloignés du réseau pour lui être reliés.

In fine, ces initiatives n'ont pas été généralisées à des communes de moindre importance, compte tenu du coût (notamment d'approvisionnement en carburant) et des contraintes d'exploitation (cf. chapitre 3.5.).

C'est l'apparition de solutions décentralisées par énergies renouvelables qui a permis :

- d'envisager une électrification globale des pays d'Afrique subsaharienne et de tester cette hypothèse dès les années 1970 ;
- puis, quarante ans après, lorsque ces solutions décentralisées sont devenues compétitives, de sélectionner l'option technique la plus pertinente en fonction du contexte local.

Les pays bénéficiant d'importants gisements d'énergies renouvelables (cf. chapitre 1.1.2.) sont autant de terrains favorables à la mise en œuvre de solutions solaires (le plus souvent) ou hydrauliques (quand le contexte s'y prête), qui évitent le

recours aux groupes thermiques, incompatible avec la lutte contre le changement climatique¹.

La diffusion de ces solutions décentralisées par énergie renouvelable est un succès de la préélectrification, plus que de l'électrification.

Entre 2011 et 2016, le nombre d'Africains ayant accès à l'électricité par solutions décentralisées de source renouvelable a été multiplié par vingt-cinq ; les capacités de production ont quintuplé depuis 2008, grâce notamment au déploiement de la technologie solaire (cf. encadré).

Cette progression repose sur la diffusion rapide des solutions individuelles (et non des solutions collectives de type miniréseau), favorisée par la baisse très significative des coûts de la technologie photovoltaïque (cf. chapitre 2.3.1.). **Elle est portée essentiellement par la diffusion massive de lampes solaires portables**, solution la plus

accessible : une lampe coûte environ 10 €, contre 200 € à 500 € pour un système solaire individuel.

Or, la diffusion de lampes solaires ne permettra pas d'atteindre l'objectif d'universalité des usages que vise l'ERD. C'est donc moins l'électrification que la « préélectrification » qui a progressé rapidement.

Pour réaliser une électrification couvrant davantage d'usages, le miniréseau solaire apparaît comme la solution la plus intéressante en relais de l'extension de réseau (cf. encadré page suivante) mais le financement de ce type d'installation n'est pas évident (cf. chapitre 2.3.2.). Par ailleurs, la pérennité d'un miniréseau suppose la prise en compte de nombreux facteurs (cf. chapitres 3.5.3).

1. Le recours aux groupes électrogènes doit être strictement réservé à l'hybridation des solutions ENR, pour limiter le recours aux batteries (cf. chapitre 3.1.).



Lampe solaire portable.



Le miniréseau solaire comme solution intermédiaire utile

Il semble bien plus stratégique et avantageux de commencer par étendre le réseau vers les zones à haut potentiel d'électrification et de développement d'activités productives, tout en maintenant au départ la fourniture d'alternatives à plus petite échelle dans d'autres zones.

Les miniréseaux utilisant l'énergie solaire ont également bénéficié des progrès rapides et considérables des technologies d'énergie solaire. Par conséquent, ils constituent une solution intermédiaire potentiellement très intéressante pour renforcer la disponibilité de l'électricité dans les zones où l'extension du réseau est onéreuse ou ne peut être menée à bien dans un avenir proche.

Cependant, il n'existe jusqu'à présent que peu d'exemples d'investissements consacrés à la mise en place de miniréseaux en Afrique subsaharienne. L'accessibilité financière peut rester un défi pour l'expansion des miniréseaux, qui nécessitent généralement un « acheteur de référence », comme un utilisateur commercial ou une petite entreprise industrielle, en plus des clients résidentiels pour être financièrement viables. Un grand défi pour susciter les investissements du secteur privé dans les miniréseaux est la confiance à l'égard de la tarification et des obligations d'achat des clients, ainsi que du sort des actifs des miniréseaux lorsque le réseau commence à pénétrer dans son territoire de desserte. Il pourrait être très utile d'effectuer de nouveaux investissements dans un cadre expérimental pour approfondir les connaissances relatives à l'économie et à la gouvernance des miniréseaux en Afrique subsaharienne.

Source : Banque mondiale, « Africa's Pulse : une analyse des enjeux façonnant l'avenir économique de l'Afrique » (Washington, D.C., 2018).

Plusieurs critères plaident en faveur de l'électrification hors réseau par énergies renouvelables malgré un tarif élevé pour l'utilisateur

Le prix payé par l'utilisateur d'une solution décentralisée est aujourd'hui supérieur à celui payé par un usager urbain, car il reflète fidèlement l'ensemble des coûts induits par la fourniture du bien ou du service électrique. Ainsi, pour un miniréseau local, qui se trouve de facto hors périmètre de la société d'électricité et du système de péréquation nationale, la grille tarifaire est spécifique et n'intègre pas les subventions dont bénéficie l'utilisateur urbain raccordé au réseau national.

Néanmoins, les solutions décentralisées par énergie renouvelable présentent plusieurs avantages comparatifs par rapport à l'extension de réseau :

- **optimisation de l'investissement :** pour un budget donné, on peut électrifier un certain nombre de localités et d'abonnés et ajuster le service en fonction des capacités contributives réelles des usagers potentiels ;
- **offre ajustée à la demande :** la puissance et l'énergie disponibles sont définies en fonction des besoins des différents usages (domestiques, productifs, communautaires) dans

chaque localité et de leur évolution probable ;

- **variété des solutions** : de la lampe portable au miniréseau local, la palette est large (cf. partie 3) et permet d'ajuster le coût de l'accès et de l'usage de l'électricité à la capacité financière de chaque usager ;
- **rapidité d'intervention** : même dans le cas d'un miniréseau, les composants d'une unité de production décentralisée sont modulaires et simples à installer ;
- **maîtrise de l'énergie** : la solution technique intègre des récepteurs performants (LED, TV très basse consommation, réfrigérateur super isolé...).

Entre extension de réseau et solution décentralisée, l'arbitrage se fait par les coûts, ce qui place l'usage de l'électricité au centre de l'analyse.

Si on fait abstraction des considérations politiques et des contraintes de financement qui peuvent venir paramétrer la décision, le choix technique rationnel entre une solution conventionnelle d'extension de réseau et des solutions décentralisées faisant appel aux gisements locaux d'énergie doit procéder d'une analyse comparative des coûts d'installation, de distribution et d'exploitation (cf. encadré).

Ces coûts dépendent notamment de :

- **la distance** entre la zone à électrifier et le réseau ;
- **l'énergie électrique** que la population de chacune des localités sera amenée à consommer.

Ce choix technique rationnel ne peut reposer uniquement sur une modélisation abstraite et bureaucratique. Il nécessite une approche qualitative fine, une observation patiente du terrain qui permet de déterminer la valeur des différents usages de l'électricité, qui doit guider la démarche : elle seule permet de déterminer les applications prioritaires



Choisir une option technique : l'approche par les coûts

De manière générale, le choix de la technologie de l'électricité dans le contexte de l'électrification rurale est influencé par divers acteurs et facteurs – les politiques en vigueur et les agences gouvernementales, les distributeurs, les sociétés de services, les institutions de financement et les caractéristiques socio-économiques des ménages.

Bien que les options autonomes et celles connectées au réseau présentent chacune des avantages et des inconvénients, **le principe de base consiste à adopter, dans la mesure du possible, les options technologiques les moins coûteuses et les moins exigeantes en matière de maintenance.** La faisabilité technique peut dépendre de plusieurs facteurs tels que les caractéristiques physiques du terrain, la distance par rapport au réseau existant, la nature de la demande locale d'électricité et la disponibilité des ressources sur le site.

Source : Francis Kemausuor, Edwin Adkins, Isaac Adu-Poku, Abeeke Brew-Hammond et Vijay Modi. « Electrification planning using Network Planner tool: The case of Ghana », *Energy for Sustainable Development*, no 19 (2014).



Le concept de préélectrification et l'initiative Lighting Africa

Au-delà des démarches particulières d'analyse et d'optimisation de la demande mises en œuvre dans le cadre de projets spécifiques, notamment solaires, l'AFME (aujourd'hui ADEME) a lancé en 1985 le concept de préélectrification, proposant une autre façon d'électrifier des zones rurales que celle conventionnellement mise en œuvre par extension des réseaux urbains.

Tels sont les principes à la base que ce concept s'attache à combiner :

- l'efficacité énergétique des équipements d'usage de l'électricité, avec un accent particulier mis sur l'éclairage (le principal poste de consommation dans de nombreuses zones rurales) et le développement de lampes portables rechargeables performantes ;
- deux modes de distribution de l'électricité : « linéique » (avec microréseau local) et « voltaïque » (avec transport d'accumulateurs ou kits solaires individualisés) ;
- différents types de sources de production de petites puissances, sélectionnés selon les sites en privilégiant les énergies renouvelables (solaire et petite hydro en particulier).

Le concept de préélectrification a donné lieu à deux importants programmes d'ERD au Maroc. Il a été repris sous d'autres appellations, notamment celles de SSD, sociétés de services décentralisées promues par EDF et l'ADEME en Afrique subsaharienne.

L'expression ERD, plus durable, l'a maintenant remplacé.

Le volet « lampes portables performantes » de la préélectrification, qui exploitait les technologies des années 1980, a été repris vingt ans après par la Banque mondiale dans l'initiative Lighting Africa, en utilisant les technologies qui se sont diffusées ces quinze dernières années (LED pour l'éclairage et principalement lithium-ion pour les accus). Ces progrès technologiques, soutenus par cette initiative, ont contribué à sensiblement améliorer la qualité et la souplesse d'utilisation de l'éclairage électrique hors réseau.

Source : <https://www.lightingafrica.org>.

de l'électricité (actuelles et futures) sur un territoire considéré et de s'assurer de la volonté de payer des usagers potentiels (cf. chapitre 2.4.1.).

L'essor de l'électrification hors réseau par énergies renouvelables a ainsi été l'occasion de revisiter les questions relatives aux usages de l'électricité. Là où l'extension du réseau préempte généralement des niveaux de consommation similaires à ceux du milieu urbain (ce que démentent les constats de terrain), l'ERD part des besoins pour définir les solutions, collectives ou individuelles, capables de les satisfaire.

L'approche *bottom-up* que privilégie l'ERD s'est progressivement définie puis consolidée au fil des expériences. C'est cette « histoire » dont les prochains paragraphes font le récit, en mettant l'accent sur les différentes phases et les facteurs d'évolution qui l'ont scandée. ●



© Kellie Jo Brown/Lighting Africa/2012.

Quelques produits testés par l'initiative Lighting Global

2.2.

Les solutions d'électrification hors réseau reposent sur 50 années d'histoire.

Les développements qui suivent proposent plusieurs immersions dans le passé de nature à éclairer le présent.

Tout d'abord, deux détours tant géographiques qu'historiques par la France et les Etats-Unis donnent des clés utiles pour appréhender la logique de fourniture d'électricité par un réseau local. En effet, dans ces deux pays, l'électrification rurale s'est faite de manière fondamentalement décentralisée, par impulsion du niveau local, avec le soutien de l'administration centrale (2.2.1.).

Ensuite, il est utile de faire une incursion chronologique en remontant depuis les années 1970, pour comprendre dans quels contextes successifs et selon quelles logiques s'est construite la pratique de l'ERD dans les pays du Sud (2.2.2.), avant d'entrer dans la période de rupture que le domaine connaît aujourd'hui et à laquelle cet ouvrage consacre des développements détaillés (cf. chapitre 2.3.).



Le Programme Pilote d'Electrification Rurale au Maroc, pionnier de l'ERD.

2.2.1.

Historiquement, l'accès à l'électricité s'est fait par processus décentralisé dans les zones rurales des pays industrialisés.

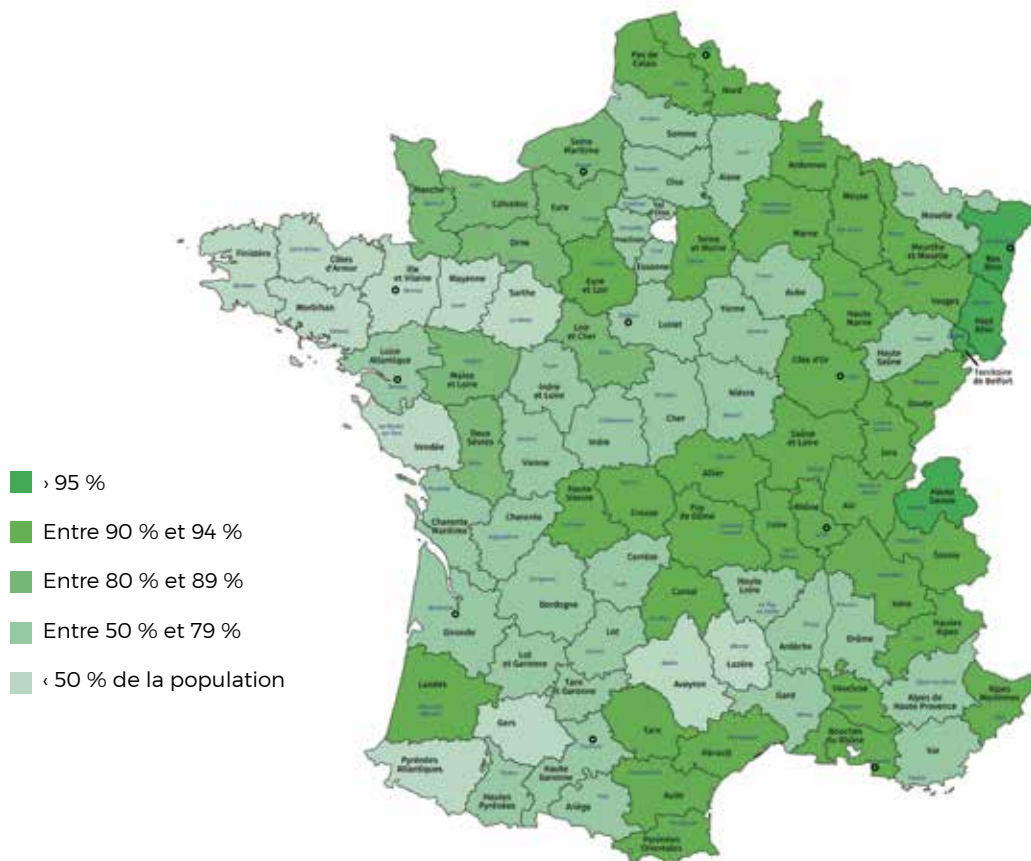
L'analyse comparative avec l'histoire de l'électrification des pays industrialisés donne des repères utiles pour comprendre ce qui se joue dans l'électrification rurale contemporaine en Afrique. Nombre d'Européens de plus de 75 ans sont nés dans des campagnes qui, comme le milieu rural subsaharien actuel, étaient peu ou pas pourvues en infrastructures (routes, canaux, chemins de fer, adductions d'eau, télégraphie, etc.), dans des maisons sans électricité ni eau courante, où les lampes à paraffine et les bougies étaient les principales sources d'éclairage domestique. L'électrification de la France et des États-Unis, tout juste achevée dans les années 1970, a démarré et s'est développée à une époque où ces deux pays étaient beaucoup plus ruraux et agricoles qu'aujourd'hui, à la bascule du ^{xix}e et du ^{xx}e siècle.

Pourquoi évoquer l'électrification rurale française et américaine ? Parce que ces deux cas témoignent du rôle premier que joue l'impulsion locale (collectivités locales ou coopératives rurales) dans l'accès à l'électricité d'un territoire. Ces deux exemples montrent que l'électrification rurale est un processus décentralisé et qu'il y a une logique à penser l'électrification rurale par l'essor des solutions décentralisées en Afrique subsaharienne comme ailleurs.

En France, l'initiative locale a été le déclencheur et le moteur principal du développement de l'électrification.

Jusqu'à la Seconde Guerre mondiale, et comme dans la plupart des pays industrialisés, l'accès à l'électricité s'est d'abord développé de façon décentralisée, sous l'impulsion d'un ou plusieurs acteurs : une collectivité territoriale, une coopérative, un groupe d'usagers, une entreprise d'électrification, une industrie autoproductrice d'électricité... L'interconnexion des réseaux électriques locaux décentralisés n'est intervenue que plus tard et progressivement, en fonction de l'évolution du maillage territorial. L'État y a toutefois toujours joué un rôle indispensable, d'abord en réglementant le secteur, puis en facilitant l'accès aux financements.

Taux d'électrification des campagnes françaises par départements en 1946



Source : Arnaud Berthonnet, « L'électrification rurale, ou le développement de la "fée électricité" au coeur des campagnes françaises dans le premier XX^e siècle », *Histoire & Sociétés Rurales* 19, n° 1 (2003).

L'électrification du territoire français s'est opérée via des concessions communales accordées à des entreprises privées.

L'électrification de la France s'est effectuée dans sa grande majorité avant la nationalisation du secteur électrique, en 1946. Au moment de la création de la société publique Electricité de France (EDF), 90 % des localités du pays (plus de

30 000 communes) étaient déjà électrifiées par des entreprises ou des régies d'électricité dans le cadre de concessions communales (voir carte). C'est ainsi que s'est effectuée, par exemple, l'électrification du département du Lot, peut-être un peu plus pauvre que la moyenne des départements français mais globalement représentatif de la France rurale (voir encadré).



Le département du Lot : un exemple d'électrification rurale décentralisée

L'électrification de ce département rural a connu deux grandes phases avant la nationalisation du secteur de l'électricité en 1946.

PHASE 1 : la rencontre entre la demande des habitants « *décidés à s'éclairer dans les plus brefs délais* », portée par leurs conseils municipaux, et les propositions faites par des entreprises d'électrification, le plus souvent de petite taille.

Après enquête publique et contrôle des services techniques, les communes accordent des concessions exclusives à ces entreprises pour une durée de quarante ans, approuvées par le préfet. Pour plus de 80 % des communes, l'opération d'électrification s'effectue sur la base d'investissements et d'une gestion totalement privés ; certains concessionnaires reçoivent des subventions des communes elles-mêmes. Le rôle de l'Etat est alors de définir des réglementations détaillées destinées aux maîtres d'ouvrage et aux opérateurs privés relatives aux caractéristiques techniques, aux règles de sécurité et aux niveaux maxima de tarifs. Par exemple, dans certaines communes, « *l'éclairage est disponible jusqu'à 22 heures, sauf le samedi, dimanche et jours de foire où il est prolongé un quart d'heure au-delà de l'heure légale des cafés* ». Les litiges entre communes et entreprises sont résolus localement ou au niveau de la préfecture.

PHASE 2 : le rattachement à des syndicats intercommunaux d'électrification ayant pour objet la construction et l'exploitation via un opérateur privé d'un réseau de distribution dans les communes.

C'est la phase d'investissements des collectivités locales et de gestion privée. Ainsi, le Syndicat du nord du Lot finance les montants des travaux grâce à des prêts de la Caisse des dépôts et consignations, à la condition que les communes garantissent le montant des travaux qui leur correspondent. Le syndicat se rembourse à travers la tarification des services électriques (environ 50 % de la tarification lui reviennent et 50 % vont à l'opérateur), et c'est seulement en cas de défaillance que les communes sont chargées de suppléer en levant l'impôt. Certaines petites communes s'engagent ainsi à garantir des montants qui peuvent représenter un risque financier à hauteur de presque 20 % de leur budget. Avant la Seconde Guerre mondiale et pour environ 167 000 habitants, le secteur électrique du Lot compte onze syndicats intercommunaux et un syndicat communal, trois entreprises d'exploitation principales, deux plus petites et neuf exploitants particuliers, ainsi qu'une seule régie municipale. Plus de 95 % des localités et 74 % de la population ont accès au service électrique.

Il faudra attendre les années 50 pour que les dernières communes du Lot soient électrifiées par un syndicat qui, jusqu'à aujourd'hui, reste propriétaire du réseau mais en a confié l'exploitation à l'entreprise nationale EDF, qui « *n'a fait que compléter, moderniser et gérer le système existant, sans aucun doute avec professionnalisme et succès.* »

Source : Michel Matly, « L'électrification du monde commence à Labastide-Murat », *Revue de l'Energie*, no 523 (2001).

L'exemple du département du Lot met en évidence les quatre fondements qui ont permis, avant la nationalisation, d'atteindre en France un meilleur niveau d'électrification rurale que dans la plupart des pays européens à la même époque :

- la volonté des collectivités locales, notamment des communes ;
- le partenariat avec une entreprise d'électricité ;
- un cadre législatif et réglementaire approprié ;
- un accès facilité aux financements.

L'électrification repose d'abord sur le volontarisme des collectivités locales, notamment des communes.

La responsabilité de l'électrification a été déléguée aux communes par la loi dès le début du ^{xx}e siècle, alors même que leurs compétences étaient peu développées, les budgets municipaux souvent dérisoires et leurs populations encore partiellement illettrées.

Une grande majorité des communes ont provoqué l'arrivée de l'électricité et exercé pleinement leur responsabilité de maître d'ouvrage* :

- pour mettre en place cette innovation, elles ont identifié des entreprises d'électricité auxquelles elles ont accordé des concessions de longue durée ;
- elles ont également dû acquérir des compétences en interne pour en assurer le contrôle technique ou le déléguer aux services de l'Etat ;
- par la suite, elles ont eu à choisir leur syndicat intercommunal puis à accepter ou non d'en garantir les emprunts.

La mise en œuvre effective de l'électrification s'appuie sur un partenariat entre collectivité locale et entreprise d'électricité.

La volonté des communes est une condition nécessaire mais non suffisante : elle doit se concrétiser dans un partenariat (concession)

.....

« Cette volonté n'émanait pas d'un fonctionnaire urbain assis dans un bureau électrifié, mais de communautés rurales désireuses de voir leur qualité de vie changer grâce à l'arrivée du service. Et cette volonté a été un des moteurs principaux du développement de l'électricité. »

Michel Matly, « L'électrification du monde commence à Labastide-Murat », Revue de l'Energie, n° 523 (2001).

.....

avec une entreprise d'électricité, pour fournir, mettre en place et exploiter les équipements d'électrification, soit en direct, soit via un syndicat intercommunal.

Peu des communes ont choisi d'assurer elles-mêmes la gestion de leur distribution électrique. S'il y a eu au moins une régie dans le Lot et s'il en existe encore actuellement en France, la plupart des communes et des syndicats ont opté pour une exploitation privée plutôt que communale. Ce sont les sociétés d'électricité, souvent extérieures au territoire, qui démarchent en premier lieu les collectivités (par exemple, avant 1925, la commune de Labastide-Murat a été contactée par une entreprise parisienne pour développer son éclairage public).

Cependant, la mise en place progressive des syndicats intercommunaux d'électrification a ensuite entraîné la création de regroupements locaux d'entreprises. Les entreprises privées se sont prêtées au jeu, notamment des propriétaires de moulins, des petites entreprises ou des particuliers, sans espoir de gains importants, mais avec la



Le cas de Labastide-Murat (Lot, France) : un projet viable malgré un volume très faible de consommation.

« Arrivées sans subvention, les sociétés d'électricité font la preuve qu'une activité d'électrification est rentable jusque dans des situations relativement limites : dans le cas de Labastide-Murat, il a suffi de 150 clients de la localité principale, des consommateurs microscopiques, pour la plupart à 5 kWh par mois. »

Source : Michel Matly, « L'électrification du monde commence à Labastide-Murat », *Revue de l'Energie*, no 523 (2001).

sécurité conférée par la concession. Elles ont investi là où un niveau de demande acceptable rendait l'électrification viable, parfois à des échelles très restreintes (cf. encadré).

Cette expérience prouve qu'il est possible de trouver l'équilibre économique sur des périmètres territoriaux réduits présentant des consommations faibles. Mais cette réussite repose aussi sur le cadre institutionnel et réglementaire propice dont elle a bénéficié : c'est le deuxième enseignement à tirer du cas de l'électrification rurale française.

L'électrification doit être encadrée par des règles appropriées en matière de sécurité, d'environnement et de tarification.

La loi avait délégué aux communes la responsabilité de l'électrification, les communes avaient la volonté de l'exercer et les entreprises privées celle de répondre à leur demande. Mais c'est bien le cadre réglementaire mis en place par la puissance publique qui a permis la concrétisation de cette dynamique.

Pour pallier le manque de compétences initial, les services de l'Etat ont en effet élaboré et communiqué aux communes un panel complet d'outils pour mettre en œuvre les différentes étapes légales d'un projet d'électrification :

- modalités d'étude et d'attribution des concessions d'électrification ;
- cahier des charges techniques (aspects de sécurité, conflits éventuels avec les réseaux téléphoniques) ;
- modèle type de dossier de demande d'autorisation, cahier des charges définissant les modalités de financement et d'exécution du contrôle ;
- modèle type de délégation du contrôle de la commune à l'Etat ;

- cadre de document statistique type à fournir par l'entreprise d'électricité à la municipalité et aux pouvoirs publics ;
- modalités types de révision tarifaire ;
- modèles de délibérations municipales portant décision et de lettres de la commune pour la transmission des dossiers.

Enfin, en France, aucun projet n'a été réalisé sans l'autorisation de l'Etat, amené à se prononcer sur les compétences de l'entreprise ainsi que sur les données techniques et les tarifs, garantissant ainsi une cohérence de l'ensemble à l'échelle nationale. Si le soutien technique de l'Etat a été fort, son appui financier, en revanche, n'a été que ponctuel.

L'électrification décentralisée requiert un accès facilité à certains instruments financiers (garantie bancaire, taux bonifiés, etc.).

Plus de 60 % de l'électrification française s'est effectuée sans aucune aide publique. Initialement (à partir de 1925 et pendant un peu plus d'une dizaine d'années), l'Etat n'avait pas les moyens d'investir dans les projets, ni même d'aider le développement du secteur électrique par des subventions. Les communes ont parfois organisé des collectes ou dégagé un budget, mais l'électrification n'a, le plus souvent, rien coûté à la collectivité.

Cependant, les petites communes, les hameaux et les ménages isolés, qui ne représentaient pas un marché viable, restaient exclus du service électrique. Dans un deuxième temps, pour poursuivre l'électrification, la puissance publique est donc intervenue en encourageant la création de syndicats intercommunaux, qui ont pu lever de la dette grâce à la garantie des communes et à l'aide de l'Etat. Ce dernier intervient parfois par subvention, mais surtout consent des prêts bonifiés, dont le remboursement est assuré par les usagers.

.....

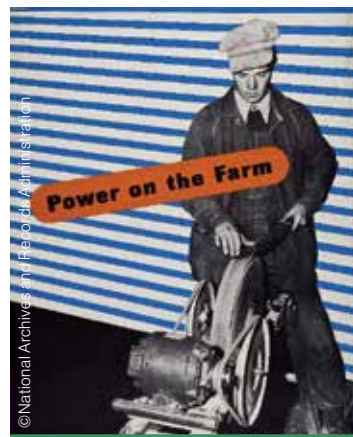
« C'est la constitution par force d'un patrimoine public aux mains des syndicats, parce que l'investissement privé n'ira pas plus loin. Et cela fonctionne : l'interconnexion permet de niveler les coûts, les nouveaux clients suivants et les garanties communales resteront virtuels. Dans sa globalité, le secteur public est gagnant : avec une contribution financière initiale modeste, il va fortement capitaliser. Les entreprises privées quant à elles restent omniprésentes et assurent l'exploitation des réseaux. Elles se livrent une concurrence acharnée pour se tailler de petits empires, et, au moment de leur électrification, les nouvelles communes ont souvent le choix entre plusieurs syndicats et plusieurs exploitants. »

Michel Matly, « L'électrification du monde commence à Labastide-Murat », *Revue de l'Energie*, n° 523 (2001).

.....



Électriciens de la Rural Electrification Administration battissant un réseau dans les années 1930.



Ancienne publicité de la Rural Electrification Administration pour l'électrification de l'agriculture aux Etats-Unis

Aux Etats-Unis, la création de coopératives rurales d'électricité a permis une électrification tardive mais rapide du territoire.

Au milieu des années 30, l'électrification rurale n'a pas encore véritablement commencé aux Etats-Unis. Seulement 13 % des familles rurales disposent de l'électricité fournie par le réseau, alors qu'elles sont déjà 90 % en France, en Allemagne et au Japon, 85 % au Danemark, 65 % en Suède et près de 100 % aux Pays-Bas. A cette époque, les sociétés privées du secteur électrique ne souhaitent pas investir dans l'électrification rurale au prétexte que les perspectives de profits y sont trop faibles. Plus de trente années d'efforts seront nécessaires pour que les fermes américaines rattrapent ce retard.

La Rural Electrification Administration (REA), créée en 1935 pour gérer un fonds d'électrification rurale, s'appuie sur le modèle coopératif.

Dans un premier temps, des fonds sont proposés aux sociétés privées, les seules à disposer du savoir-faire technologique et des techniciens qualifiés. Mais le partenariat envisagé avec ces

sociétés avorte : la REA juge les tarifs qu'elles définissent pour la vente de l'électricité incompatibles avec le pouvoir d'achat des fermiers.

La REA reprend alors le modèle des coopératives agricoles, autogérées par les fermiers et jouissant de la confiance des populations. En acceptant la responsabilité de la construction des réseaux électriques et de leur gestion, et en s'imposant de servir leurs membres à prix coûtant, ces nouvelles coopératives électriques deviennent les partenaires essentiels de l'électrification rurale aux Etats-Unis. Fin 1936, une centaine de coopératives ont déjà signé une convention de prêt avec la REA dans vingt-six Etats.

Invitées à produire, transporter et vendre l'électricité produite aux coopératives (qui en assurent la distribution aux usagers), les entreprises électriques privées font de la résistance. Le gouvernement fédéral crée alors progressivement cinq *power marketing administrations* qui vendent l'électricité produite par des grands barrages aux régies électriques nationales ou municipales et aux coopératives d'électrification rurale à des conditions préférentielles.

Dans le face-à-face qui les oppose au secteur privé, les coopératives rurales d'électricité unissent leurs forces.

Face à cette nouvelle concurrence, les entreprises électriques privées revoient finalement à la baisse leurs tarifs pour les coopératives, mais elles multiplient aussi les recours judiciaires à leur encontre et tentent d'empêcher la création de nouvelles coopératives.

Dans les années 40, les coopératives réagissent d'abord en se regroupant en « super-coopératives », capables de construire et d'exploiter leurs propres unités de production et leurs propres réseaux de transport. Puis, elles créent en 1942 la National Rural Electric Cooperative Association (NRECA), qui apporte à ses

membres un appui dans tous les domaines : service juridique, lobbying, assurance, formation, consultation technique, relations publiques et campagnes de promotion, programmes de recherches, etc. La NRECA est toujours en activité et dispose d'un service d'assistance aux programmes d'électrification rurale des pays en développement.

Les résultats sont éloquentes : en 1946, à peine dix ans après la création de la REA, 50 % des fermes américaines sont électrifiées (leur nombre a quadruplé) et les Etats-Unis ont presque rattrapé leur retard sur les pays européens. L'électrification des zones rurales sera achevée au début des années 70, comme cela a été le cas en France.

Aux Etats-Unis, la NRECA représente aujourd'hui environ 900 coopératives desservant 42 millions d'Américains



**833 coopératives de distribution
et 62 coopératives de production
et de transport alimentent**

**56 %
du territoire
américain.**

Source : NRECA, « America's Electric Cooperatives: 2017 Fact Sheet » (Arlington, 2017).

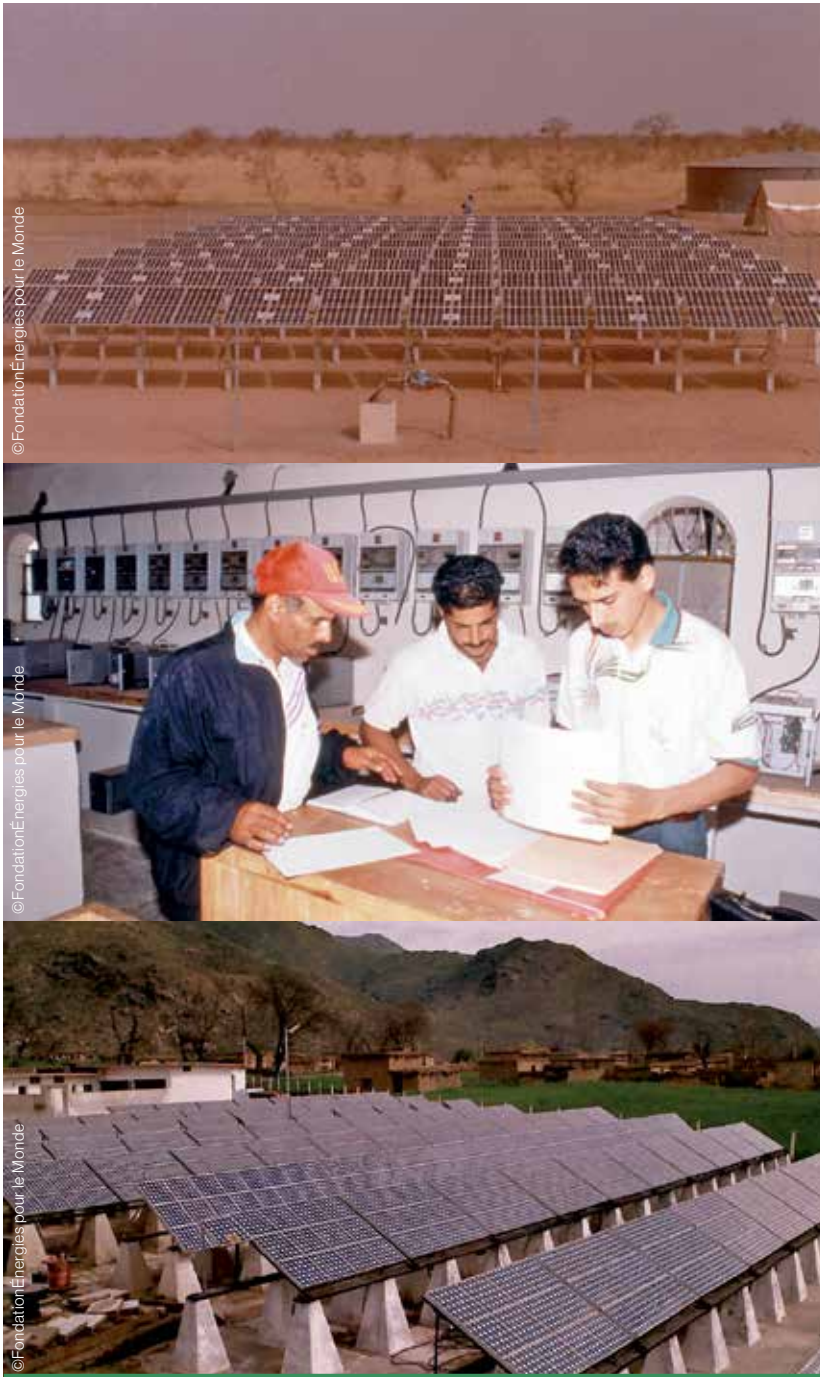
Aujourd'hui, on assiste au retour de la production au plus près de l'utilisateur, inspirée de ces initiatives originelles d'électrification.

Héritage de l'électrification décentralisée, on re-cense au début des années 2000 environ 1500 producteurs privés en France. Ce chiffre a été largement dépassé depuis, avec notamment la multiplication des installations photovoltaïques privées intégrées aux bâtiments injectant leur production sur le réseau. Les syndicats intercommunaux ont gardé la compétence d'autorité organisatrice de la distribution, et des entreprises locales de distribution desservent actuellement 5 % des points de livraison en France, soit environ 3 millions d'habitants dans 2500 communes.

En Europe, à de nouveaux choix de production (énergies renouvelables et surtout cogénération) correspond une nouvelle organisation du secteur. Ces évolutions tendent à battre en brèche des concepts jugés jusqu'ici incontournables (comme les monopoles naturels) et induisent une satellisation des acteurs du secteur électrique. Les évolutions numériques et le développement des compteurs intelligents changent la donne¹ ; ils incitent les collectivités, mais aussi les citoyens, à repenser leur vision de l'électricité, à reprendre progressivement en main leurs systèmes électriques et à tendre vers l'autonomie énergétique locale, en développant des moyens de production décentralisés sur leurs territoires.

Produire son énergie au plus près des besoins apparaît ainsi comme un point de repère constant, une logique qui, parce qu'elle répond sans doute à un besoin fondamental des groupes humains, transcende les années et les géographies. ●

1. Ils permettent de suivre en temps quasi réel la production et les consommations, et d'organiser des circuits courts de l'électricité. La loi autorise aujourd'hui les producteurs d'électricité et les consommateurs reliés à un même poste de transformation BT à créer une personne morale pour « commercialiser » entre eux l'électricité produite par les producteurs sur la base des données fournies par les compteurs intelligents.



Quelques exemples de projets pionnier de l'ERD : PPER au Maroc et au Pakistan

2.2.2.

L'électrification rurale décentralisée par énergie renouvelable bénéficie de plus de quarante ans d'expérimentations.

L'ERD par énergie renouvelable en Afrique subsaharienne n'est pas une invention du ^{XXI}^e siècle. Le principe en est testé avant les indépendances (notamment par hydroélectricité). Il se diffuse dans les années 1970, avant de connaître une phase d'extension dans le courant des années 1980 et 1990, puis, avec les ruptures technologiques et la formulation d'un objectif d'accès universel à l'énergie par la communauté internationale, une phase d'accélération et de diversification des projets.

Les premières expérimentations naissent au lendemain des indépendances avec l'aide de la coopération internationale.

Dans les pays en développement, les premières expérimentations faisant appel aux énergies solaire et éolienne datent des années 1970, dans la foulée du premier choc pétrolier de 1973. Forte de ses coopérations en Afrique et de l'expérience acquise dans les territoires d'outre-mer, riche d'acteurs industriels¹, la France a été l'un des premiers pays à installer des systèmes décentralisés renouvelables en Afrique subsaharienne.

Deux types d'usages sont couverts par ces premières initiatives : les ouvrages communautaires et les applications professionnelles :

- **l'électrification vise surtout des usages collectifs**, souvent inscrits dans des programmes de développement : exhaure de l'eau, électrification



Téléviseurs scolaires au Niger, 1968

Au Niger, dès 1968, la mise en place d'un programme national d'éducation en zone rurale a été l'occasion de concevoir des systèmes intégrés comprenant un téléviseur et son système d'énergie.

Du fait du nombre de sites à équiper et de leur dispersion sur l'ensemble du territoire, les enjeux d'investissement et de fiabilité ont conduit à concevoir des systèmes novateurs, basés sur l'optimisation de la demande énergétique :

- choix de téléviseurs à faible consommation électrique (de l'ordre de 20 W) ;
- alimentation solaire par générateur de 33 Wc, constitué de 3 modules de 11 Wc, une batterie de 80 Ah/12 V et un régulateur de charge ;
- conception modulaire pour un remplacement facile des pièces défectueuses,

En 1977, le prix du système solaire installé sur site avoisinait les 9 000 FF (soit 1 500 € environ). Ce montant, élevé pour un particulier, reste accessible pour un usage collectif, et cette solution a permis la diffusion massive de programmes d'éducation villageoise dans des zones hors réseau.

Source : Fondation Energies pour le Monde.

1. Notamment Sofretes pour le solaire thermodynamique, Radio technique complec et Pompes Guinard pour le photovoltaïque, Aéro watt pour l'éolien.



Electrification par système solaire de l'hôpital de San, au Mali, 1979

L'hôpital de San, dans la région de Ségou au Mali, a été, en 1979, l'un des premiers établissements hospitaliers électrifiés par un générateur solaire photovoltaïque, sous l'impulsion de l'association Mali aqua viva et du père Verspieren.

Au regard de sa consommation électrique d'environ 21 kWh par jour correspondant à celle de l'éclairage, de la ventilation et des appareils médicaux, un générateur de 8,5 kWc, constitué de modules biverre de 10 Wc chacun, associé à un banc de batteries de 500 Ah sous 120 volts et à un convertisseur DC/AC de 4 kVA, permettait d'alimenter l'hôpital en électricité. Une pompe solaire de 800 Wc assurait l'approvisionnement en eau de l'établissement hospitalier, soit 26 m³/jour pour une hauteur manométrique de 27 mètres. Si le coût du kWh était alors relativement élevé, cette installation pilote a permis d'appréhender l'usage de systèmes PV dédiés à l'électrification de petits centres de santé « hors réseau » localisés en zones tropicales.



Générateur solaire de l'hôpital de San (Mali) - 10 kWc.

Aujourd'hui, les systèmes solaires PV alimentent de nombreux dispensaires et petits hôpitaux dans des centres secondaires, pour des coûts d'exploitation limités et une fiabilité de fonctionnement inégale. Les questions de financement de l'équipement et de prise en charge de sa maintenance restent cependant des points sensibles de l'électrification décentralisée dans le secteur de la santé.

Source : Fondation Energies pour le Monde.

de centres de santé ou écoles, irrigation de périmètres maraîchers, abreuvement de troupeaux... Financées grâce à l'aide au développement, ces petites infrastructures électriques innovantes ont également bénéficié de l'appui des réseaux d'assistants techniques pour leur exploitation et leur maintenance ;

- **concomitamment, des industriels se lancent dans des applications professionnelles :** alimentations solaires pour répéteurs de télécommunications développées par Sahel (filiale de Thomson), réseaux de télédiffusion mis en

place par le Bureau Yves Houssin et la Société nationale de télécommunication et télédiffusion (SNTT) au Niger, navigation aérienne (balises) ; autre exemple, l'éolien se développe dans le balisage maritime.

Ces premiers tests ont validé la pertinence de la technologie photovoltaïque (plus adaptée que le solaire thermodynamique), malgré les questions posées par la pérennité des équipements (cf. chapitre 2.4.3.). Les projets de petit éolien mettent quant à eux en exergue la problématique de l'usure

des pièces en mouvement (roulements à billes, paliers), de leur graissage régulier et de leur corrosion. A la charnière des années 1970 et 1980, plusieurs acteurs industriels français se lancent alors dans l'aventure du photovoltaïque "grand public"¹.

Dans les années 1980, les projets changent d'échelle.

A cette époque, confiants dans la technologie, les fabricants de matériels et leurs installateurs sur place, plusieurs bailleurs de fonds permettent un

premier changement d'échelle ; certains projets impliquent fortement le secteur privé et préfigurent les ruptures qui traversent actuellement le domaine de l'ERD.

Certaines initiatives, emblématiques, jettent les bases de l'organisation des programmes actuels d'accès à l'électricité.

En France, l'Agence française de la maîtrise de l'énergie (AFME ; cf. encadré) élabore les premiers concepts d'une électrification décentralisée par des programmes de préélectrification par lampes portables et petits systèmes solaires autonomes.

Elle soutient notamment le Programme pilote d'électrification rurale marocain (cf. encadré), qui vise l'accès à l'électricité de douars isolés par des systèmes solaires individuels et des microcentrales hydrauliques, avec une forte implication des collectivités locales.

La Commission européenne, elle, lance deux programmes importants de développement incluant des équipements solaires (à une époque où l'accès à l'électricité ne figure pas en tant que tel parmi les thématiques de l'aide publique au développement). Le premier, en 1983, vise l'électrification de 850 centres de santé au Zaïre ; le second, déployé entre 1991 et 1997, procède à l'installation de près de 1000 pompes solaires dans les neuf pays du Sahel.

Ces initiatives proposent de nouvelles approches en matière de validation des équipements (tests de performances et de robustesse en laboratoires européens agréés) et d'implication d'acteurs



Créée en 1982, l'Agence française pour la maîtrise de l'énergie (AFME) est un établissement public ayant pour mission de susciter, d'animer, de coordonner, de faciliter ou de réaliser des opérations visant la maîtrise de l'énergie. Elle résulte de la fusion de l'Agence pour les économies d'énergie (AEE), le Commissariat à l'énergie solaire (COMES), le Comité géothermie, la Mission nationale pour la valorisation de la chaleur et le service économie de matières premières du ministère de l'Industrie.

L'AFME a fusionné en 1990 avec l'Agence nationale pour la récupération et l'élimination des déchets (ANRED) et l'Agence pour la qualité de l'air (AQA) pour former l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME).

1. Notamment Photowatt et Leroy-Somer, (par ses filiales France Photon dans la fabrication de cellules et modules, et Solarforce dans celle de systèmes photovoltaïques) ELF, Total Energie et Solelec/Apex comme ensemble de systèmes.



Programme pilote d'électrification rurale au Maroc

Fin 1987, la France et le Maroc conviennent du montage du PPER pour contribuer à répondre à la demande en électricité des zones rurales du Royaume chérifien. Forts des projets déjà menés au Maroc et au delà des frontières, le programme est construit sur 3 piliers :

- Une prise en compte de la demande des futurs usagers et des contraintes budgétaires ;
- Des réponses technologiques adaptées et libres de tout choix technologique préalable ;
- Une préoccupation quant aux volets institutionnels et organisationnels conduisant à l'implication de 4 principales parties : la direction générale des collectivités locales, le ministère de l'énergie marocain, le ministère français des Affaires étrangères assisté de l'Agence Française de Développement et l'Agence française de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie.

La première réalisation (couvrant la période 1993 - 1994 et 30 villages) a été un véritable laboratoire et ses enseignements dans les champs économiques, sociologiques, organisationnels et techniques.

Au niveau technique : La flexibilité des systèmes d'énergie a permis de les adapter à l'évolution de la demande en énergie, à la satisfaction des abonnés. Si les systèmes de régulation des systèmes solaires ont bien fonctionné, la durée de vie limitée des batteries, inférieure à 4 ans, a requis des remplacements complexes à mettre en œuvre compte tenu de l'éloignement des usagers.

Au niveau économique : Au sein des foyers, l'utilisation de systèmes électriques a réduit le budget Energie de l'ordre de 10 à 30 % selon les usages et les systèmes, pour une qualité de service bien supérieure.

Au niveau organisationnel : Les associations d'usagers ont joué un rôle majeur dans l'exécution du programme, permettant de disposer d'un interlocuteur unique dans chaque village et de faciliter les opérations de remplacement de composants. Elles ont aussi été des vecteurs de développement local. En revanche, principal handicap du programme, aucun exploitant n'a été contracté dans la durée, assurant le lien entre les fournisseurs et les usagers, et assurant le recouvrement de manière pérenne. Seulement 8 des 18 associations d'usagers ont pu finalement atteindre une autonomie financière, 5 ans après leur création.

Au niveau sociologique : Alors que le programme visait une dynamique collective, avec des centrales de recharge de batteries auprès desquelles les usagers venaient déposer leur batterie, les contraintes liées à leur transport les en ont rapidement dissuadés. Les centrales de recharge ont été démontées pour créer autant de kits solaires que de modules.

Ainsi, le PPER a contribué à élaborer les contours du Programme d'Electrification globale (PERG) du pays qui a permis, par extension de réseau complétée par une électrification décentralisée photovoltaïque, d'électrifier 35 000 villages soit environ 1,9 million de foyers.

Source : Fondation Energies pour le Monde



Programme régional solaire au Sahel

Contexte : mieux répondre à la demande en eau

En 1988, les chefs d'Etat des pays membres du Comité inter-Etats contre la sécheresse au Sahel (CILSS) lancent, avec l'appui de l'Union européenne, le Programme régional solaire (PRS) après que leurs Etats aient subi la sécheresse de la décennie 70 et des débuts des années 80. Parallèlement, les localités grandissent sous l'effet de la croissance démographique et les pompes à main se révèlent insuffisantes pour répondre à la demande en eau.

Objectif : lutter contre la désertification grâce au pompage de l'eau par :

- l'amélioration de l'accessibilité de l'eau en quantité et en qualité ;
- l'amélioration des conditions économiques des villageois par le développement du maraîchage, créant des ressources complémentaires ;
- la réduction du temps passé par les femmes et les enfants dans l'approvisionnement en eau.

Réalisations : de 1995 à 2000, 626 systèmes de pompage solaire ont été installés dans les neuf pays de la bande sahélienne, pour une puissance installée de 1300 kWc ; de plus, 644 générateurs solaires ont équipé des bâtiments communautaires (avec des postes de recharge de batteries, des réfrigérateurs et des éclairages collectifs).

Plusieurs enseignements ont été tirés de cet ambitieux programme :

- le photovoltaïque est une technologie appropriée pour une large diffusion au Sahel ;
- il se révèle être une solution pertinente pour l'approvisionnement en eau potable dès que l'adéquation entre taille du village et dimensionnement de la pompe solaire est optimisée ;
- l'usage des pompes solaires pour du maraîchage requiert une modalité d'intervention adaptée aux acteurs du maraîchage, exploitants individuels ou groupements de producteurs privés ;
- l'utilisation du photovoltaïque pour des usages communautaires est pertinente si toutefois des mécanismes pérennes de paiement du service sont mis en place, ce qui s'avère difficile ;
- le parti pris de la qualité des composants techniques et du service est payant – les taux de pannes sont faibles et le service est de qualité ;
- l'implication des communautés rurales dans le choix des configurations de pompes s'avère capitale pour l'appropriation des systèmes et le paiement de l'eau.

Le PRS a été le programme d'envergure régionale qui a véritablement lancé le solaire photovoltaïque en Afrique sahélienne. Aujourd'hui, des milliers de pompes solaires y sont installées pour l'approvisionnement en eau potable, l'irrigation de cultures ou l'abreuvement de bétails.

Source : Fondation Energies pour le Monde.

locaux (pour la fabrication de réfrigérateurs à très basse consommation par exemple, le paiement du service et un SAV garanti sur une durée de cinq ans). Ces procédures et ces mécanismes participent à la maturation du secteur.

Des projets d'expérimentation en éolien et micro-hydraulique sont également menés au Sénégal et au Maroc, de plus petite envergure, et sans mise en place de mécanismes de maintenance.

Parallèlement, principalement en Asie, les premiers miniréseaux alimentés par générateurs solaires voient le jour, grâce à des financements français, européens ou des Nations unies (UNDP), dans le cadre de partenariats avec les directions générales de l'énergie ou les sociétés nationales d'électricité. Parfois en concurrence avec l'extension de réseau, et affichant un coût prohibitif (30 €/Wc installés), ce type de centrales solaires n'a pas été répliqué à grande échelle.

D'autres initiatives, impliquant de manière plus forte le secteur privé, voient le jour au cours des années 2000.

Ces projets préfigurent les deux grands modes organisationnels de l'accès à l'électricité par énergie renouvelable, principalement solaire, que nous

connaissons aujourd'hui : la vente directe de kits solaires et la mise en concession de territoires.

Ainsi, au Kenya, avec le soutien de la Banque mondiale et à la faveur de la mise sur le marché de modules en silicium amorphe (de rendement et de coût plus bas que le silicium cristallin), de petits systèmes solaires familiaux très bon marché sont commercialisés par des revendeurs locaux pour accompagner la mise en place d'un programme national de télédiffusion desservant les milieux ruraux.

Au Mali et en Afrique du Sud, EDF et Nuon (société d'électricité hollandaise aujourd'hui fusionnée avec Vattenfall) se lancent dans de vastes programmes d'électrification régionale dans le cadre de concessions négociées avec les Etats. En échange du paiement d'une redevance collectée auprès des clients, elles installent puis exploitent plusieurs dizaines de milliers de systèmes solaires individuels. Ces programmes font suite à la mise en place des agences d'électrification rurale, qui apparaissent à la fin des années 1990.

Au bilan, ces projets permettent de pointer les atouts mais aussi les limites de l'électrification par systèmes autonomes alimentés par énergie solaire.

Les problématiques identifiées à l'issue de ces programmes d'envergure et d'applications diverses sont bien connues et, pour la plupart, toujours d'actualité.

Au niveau des équipements :

- **les modules ont fait preuve, dès les premières fabrications, d'une excellente fiabilité¹.** La plupart sont toujours fonctionnels aujourd'hui ;
- **les équipements électroniques de la chaîne technique accusent une certaine faiblesse**



Centrale solaire de Kankoy (Pakistan) - 70 kWc.

1. Comme le montrent les exemples de BPX 47, de France Photon, ou de Sahel, filiale de Thomson.



Les quatre étapes-clés de l'histoire de l'ERD

Avant 1985

- Premières expérimentations d'électrification collective financées par la coopération internationale
- Applications professionnelles développées par les industriels.

1985-2001

- Développement des solutions photovoltaïques autonomes et des premiers miniréseaux par générateurs solaires
- Changement d'échelle avec le lancement de programmes d'électrification rurale nationaux
- Création des premières agences d'électrification rurale

2001-2010

Implication plus forte du secteur privé en tant qu'opérateur

Depuis 2010 > Cf. chapitre 2.3.1.

- Révolution des « 3D » : Digitalisation, Décarbonation*, Décentralisation
- Diffusion massive des systèmes photovoltaïques individuels
- Développement rapide des solutions Pay as you go

Source : Fondation Energies pour le Monde.

(régulateurs, onduleurs, récepteurs) compte tenu d'une fabrication en faible quantité, d'une inadaptation aux conditions d'usage sur le terrain (contraintes environnementales fortes, usagers inexperimentés), d'un service après-vente déficient ;

- **les batteries sont le talon d'Achille des systèmes** : de durée de vie limitée (deux à dix ans), elles requièrent une attention particulière et le strict respect des conditions d'utilisation. Tout usage excessif leur est fatal.

Au niveau organisationnel :

- **les projets de petite taille souffrent d'un manque de viabilité** : le coût de mise en place des mécanismes nécessaires à la pérennité du service requiert une dimension minimale de projet ;
- **l'appropriation des dispositifs et de leur utilisation par les usagers est primordiale pour la pérennité du service** : la compréhension de l'énergie disponible, en quantité finie, requiert une sensibilisation, voire une formation adéquate ;
- **le rôle de la maîtrise d'ouvrage est capital** : en dépendent l'acceptation du caractère innovant du dispositif par les parties prenantes locales, la bonne estimation des consommations électriques et in fine le paiement du service de l'électricité. En pratique, c'est la qualité du monteur de projet (qu'il agisse dans le cadre d'une maîtrise d'ouvrage déléguée ou d'une maîtrise d'œuvre) qui fait le succès d'un projet ;
- **il est indispensable de mettre en place un service de maintenance, doublé d'une chaîne d'approvisionnement**, dont le coût récurrent doit être couvert par la vente de l'électricité, malgré la difficulté que cela peut représenter ;
- **il est nécessaire d'élaborer, de faire accepter et de mettre en place un mécanisme de paiement du service de l'électricité**, même si la gratuité de l'utilisation des gisements a été mise en valeur ; « *le soleil n'envoie pas de facture* » est une antienne trop souvent entendue.

Ce bilan a conduit à améliorer la fiabilité et la maintenance des équipements.

Certains maîtres d'ouvrage ont tenté de mettre en place des structures institutionnelles spécialisées dans la maintenance des équipements, comme la cellule technique de la Direction nationale de l'hydraulique et de l'énergie du Mali, pour l'entretien du parc de pompes solaires.

Les constructeurs ont amélioré la fiabilité des équipements. C'est notamment le cas des pompes, qui ont bénéficié des progrès de l'électronique, permettant l'utilisation de moteurs immergés¹. En ce qui concerne les équipements de régulation et de conversion d'énergie, l'utilisation des semi-conducteurs ou de microprocesseurs a permis d'améliorer la fiabilité des systèmes.

Cependant, la rencontre entre des équipements sophistiqués et des utilisateurs sans connaissances particulières sur le sujet, souvent illettrés, a été la source de beaucoup de déficiences techniques, la notion d'énergie disponible quotidienne étant difficile à appréhender.

La capitalisation sur ces expériences a aussi contribué à faire de l'accès à l'électricité une priorité de l'aide au développement.

Suite à ces retours d'expérience et grâce à la prise de conscience qu'ils suscitent, sont lancées les premières initiatives politiques en faveur de l'électrification des pays du Sud, et en particulier celle organisée par le G8 à Gênes en juillet 2001, puis le Sommet pour un développement durable à Johannesburg, où l'accès à l'énergie est enfin considéré comme composante indispensable à l'atteinte des objectifs du millénaire pour le développement, puis identifiée comme priorité des grands bailleurs de fonds internationaux (cf. chapitre 1.1.1.). ●

1. Solutions développées par le danois Grundfos puis par Total Energie.

2.3.

L'électrification rurale, en pleine mutation, manque toujours de financements adaptés aux enjeux.

L'ERD vit actuellement une mutation à la fois prometteuse et risquée. De nouvelles solutions techniques, rendues possibles par une conjonction d'innovations ou d'avancées techniques favorables, permettent d'imaginer un changement d'échelle, tout en donnant naissance à de nouvelles visions de l'accès à l'électricité hors réseau, plutôt marchandes, souvent à rebours de celles de ses pionniers (2.3.1.).

Quant aux moyens financiers disponibles, certes, la prise de conscience d'une urgence climatique s'accompagne d'une mobilisation plus large des acteurs et des financements. Force est néanmoins de constater que ces derniers ne couvrent pas encore l'ensemble des besoins, dans une situation où les capitaux extérieurs restent nécessaires pour pallier l'incapacité des Etats à financer les services de base par les recettes fiscales (2.3.2.).



Le monde de l'énergie est entré dans une ère de profonde mutation marquée par la révolution des «3D» : décarbonation, décentralisation et digitalisation.

Certains parlent de la révolution « des 3 D » : la décarbonation amorcée à la suite du protocole de Kyoto et amplifiée avec l'Accord de Paris ; la décentralisation entraînée par la baisse des prix des énergies renouvelables et la digitalisation, qui se développe avec la diffusion de compteurs « intelligents » ; et l'avènement de consommateurs/producteurs. Ce mouvement, déjà largement en marche dans les pays de l'OCDE, touche maintenant les pays du Sud, en particulier africains.

Source : Christian de Gromard et Stéphane His. « Évolutions, révolutions et inerties dans l'énergie », *Afrique Contemporaine* 1-2, no 261-262 (2017).

2.3.1.

Depuis dix ans, de multiples évolutions viennent élargir le champ des possibles pour l'électrification rurale décentralisée.

Dans les pays du Sud, l'ERD a longtemps été l'apanage d'industriels pionniers et de quelques ONG, dans le cadre d'initiatives soutenues financièrement par la communauté internationale (cf. chapitre 2.2.2.).

Mais dans la dernière décennie, une conjonction de phénomènes a contribué à un intérêt renouvelé des acteurs du secteur électrique en Afrique, y compris celui des grands bailleurs de fonds internationaux, déçus par les résultats des aides apportées aux sociétés nationales pour développer l'accès à l'électricité par extension de réseau. Trois sources de rupture, convergentes, interdépendantes et simultanées, ont impulsé une dynamique nouvelle pour l'électrification rurale dans les pays du Sud, ouvrant une voie prometteuse pour changer d'échelle :

- **la prise de conscience globale de l'urgence de la lutte contre le changement climatique**, qui favorise les énergies renouvelables et les politiques de maîtrise des consommations ;
- **le changement de paradigme technologique reposant sur quatre piliers :**
 - la révolution numérique,
 - la baisse du coût des équipements PV,
 - la diffusion des récepteurs basse consommation,
 - les progrès faits en matière de stockage.

Ces deux phénomènes, en créant de nouvelles opportunités d'affaires, donnent naissance à un troisième :

- **la révolution de la distribution**, qui se traduit par l'arrivée de multiples acteurs privés

proposant des offres de services énergétiques suivant des schémas commerciaux originaux, sur un marché qui leur est d'autant plus favorable qu'il est peu régulé.

C'est ainsi toute la chaîne de valeur de l'accès à l'électricité qui se trouve modifiée : production et stockage, distribution et pilotage, usage... Les développements qui suivent présentent de manière synthétique les différentes dimensions de cette mutation profonde que traverse le domaine, et qui se poursuit, sans qu'il soit possible d'en restituer pleinement les effets à l'heure où cet ouvrage est écrit.

L'urgence de la lutte contre le changement climatique accélère la mise en œuvre des politiques de décarbonation.

L'alerte environnementale lancée dans les années 1960 et 1970 avait été entendue des pionniers de l'accès à l'électricité, qui ont développé des solutions décentralisées s'appuyant sur les énergies renouvelables. Aujourd'hui, leur cercle s'est élargi. Bien que les rapports successifs du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) démontrent globalement une incapacité des acteurs économiques et des pouvoirs publics à prendre des mesures à la hauteur des enjeux, il est indéniable que la révolution énergétique est en marche, grâce à une menace qui se matérialise (cf. graphe).



Des innovations « made in Africa » pour développer l'accès à l'électricité pour tous

Pour développer l'accès à l'électricité pour tous sur le continent, de nombreuses initiatives africaines voient le jour et tentent de relever le défi.

Black Star Energy, société ghanéenne de solutions de production électrique hors réseau, exploite déjà une quinzaine de miniréseaux. Elle a d'ailleurs été récompensée par le prix EDF Pulse Africa 2018. La start-up Jacigreen, fondée par la Nigérienne Mariama Mamane, a développé une solution à double bénéfice, qui dépollue le fleuve Niger, tout en produisant engrais et électricité. Les jacinthes d'eau, nuisibles pour la biodiversité, sont utilisées pour produire du biogaz, pouvant être transformé ensuite en énergie électrique.

Par ailleurs, afin de stimuler cette dynamique, des centres d'accompagnement à l'entrepreneuriat et à l'innovation dans le domaine de l'énergie fleurissent également sur le continent.

L'association Energy Generation, créée par la Franco-Congolaise Astria Fataki et basée à Lomé, accompagne depuis 2016 des porteurs de projets afin de les soutenir dans le développement de solutions énergétiques innovantes, abordables et diffusables à grande échelle. Des « promotions » d'étudiants entrepreneurs, venus du Cameroun, de Madagascar, d'Éthiopie et d'autres pays du continent, ont émergé des solutions telles que HydroPower, un groupe électrogène fonctionnant à l'hydrogène, ou Hand Crank Power, un générateur à manivelle rechargeable sans électricité.

Sources :

Rémy Nsabimana, « Jacigreen : la dépollueuse du fleuve Niger », *BBC News Afrique* (en ligne), 2017.

« 4 projets innovants récompensés par le Prix EDF Pulse Africa 2018 », *Le Monde de l'Énergie*, 2018, <https://www.lemondedelenergie.com/innovations-prix-edf-pulse-africa-2018/2018/12/27/>.

« Energy Generation », <https://www.energy-generation.org/>.



Dix-sept des dix-huit années les plus chaudes jamais enregistrées appartiennent au XXI^e siècle

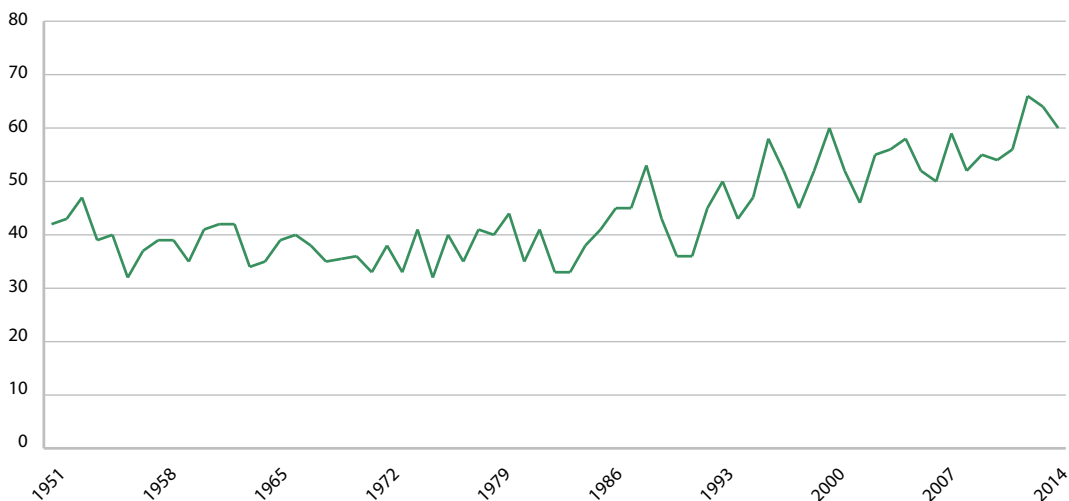
2016 est l'année la plus chaude jamais observée depuis les premiers relevés établis en 1880. La température à la surface des terres a été de 1,43 °C supérieure à la moyenne du xx^e siècle, tandis que la température à la surface des océans a été de 0,75 °C supérieure.

Suivent, ex æquo, les années 2015 et 2017 (14,8 °C en moyenne). L'année 2018 a été la quatrième année la plus chaude, avec une température moyenne du globe de 14,7 °C.

Source : NOAA, « Annual checkup for the planet » (Washington, D.C, 2017).

Nombre de jours de chaleur extrême au niveau mondial

jours au-dessus
du 90^e percentile



Source : NOAA, « State of the Climate Report » (Washington, D.C, 2018).

Electrification rurale décentralisée et efficacité énergétique sont liées.

Née du premier choc pétrolier, longtemps considérée comme incompatible avec la croissance,

l'efficacité énergétique est entrée dans les mœurs dans les pays industrialisés. Elle est stricto sensu le rapport entre la quantité d'énergie récupérée et l'énergie consommée (valeur comprise entre 0 et



Efficacité énergétique

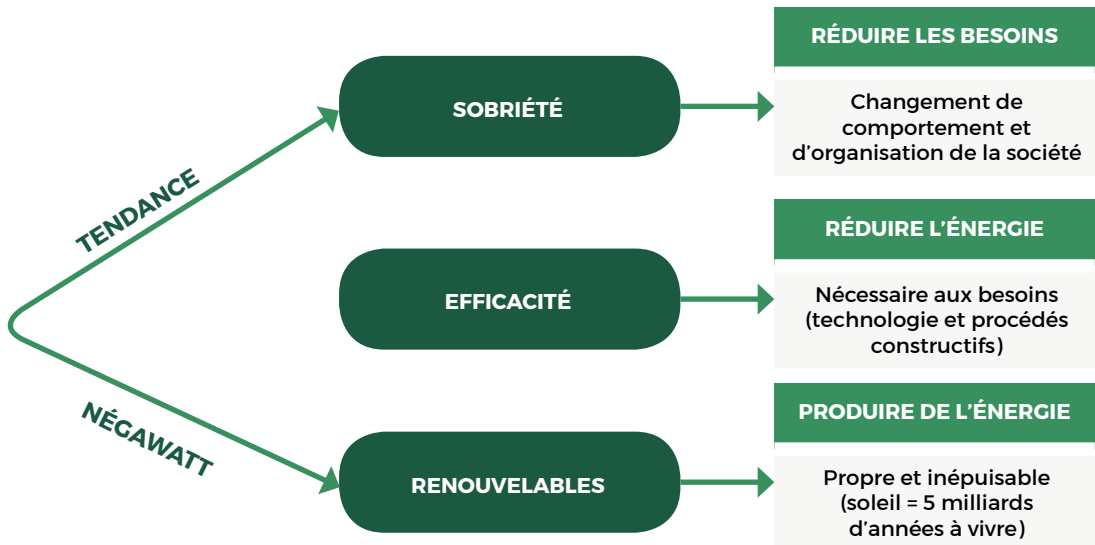
L'efficacité énergétique résulte de l'application combinée de plusieurs principes :

- optimisation des consommations (recherche de la moindre intensité énergétique à service égal) ;
- usage rationnel de l'énergie (grâce à des processus et outils plus efficaces) ;
- recherche d'économies d'énergie (réduction des gaspillages et des consommations inutiles).

Les bénéfices attendus sont multiples :

- réduire l'empreinte écologique (en diminuant l'empreinte énergétique et parfois l'empreinte carbone) ;
- augmenter la sécurité énergétique, en favorisant l'adaptation au changement climatique et la lutte contre les émissions de gaz à effet de serre.

Maîtrise de la demande énergétique



Source : « Association négaWatt. La démarche négaWatt ». <https://negawatt.org/La-demarche-negaWatt>

100 %). Mais le champ de signification de cette expression s'est élargi pour devenir un principe fondamental de la transition énergétique : l'efficacité énergétique vise à réduire les coûts (directs et indirects) écologiques, économiques et sociaux induits par la production, le transport et la consommation d'énergie (cf. encadré).

L'accélération de la mise en œuvre de politiques de décarbonation est favorable au développement de l'ERD, qui ne peut s'affranchir de mesures d'efficacité énergétique, décisives pour la performance environnementale, ni de la qualité de service du système installé. L'usage rationnel de l'électricité est une thématique essentielle des campagnes de sensibilisation qui accompagnent le déploiement d'un projet d'ERD (cf. chapitre 2.4.2.).

Par ailleurs, énergies renouvelables et efficacité énergétique sont « économiquement » liées : bien que les prix du PV aient drastiquement baissé, le Wh produit par les petites centrales PV coûte cher et la production journalière est limitée ; moins les récepteurs consomment d'énergie, plus les abonnés peuvent être nombreux. Pour ces raisons, le développement du PV a toujours été accompagné de la recherche de solutions « basse consommation » pour les usages de l'électricité (d'abord tubes fluorescents puis ampoules LED et appareils à courant continu).

A noter que certains analystes, comme Jeremy Rifkin, vont encore plus loin, faisant de la généralisation des solutions décentralisées l'unique chance de réussir la transition écologique nécessaire¹.

Cela induit-il pour autant plus de financement disponible pour les projets d'accès à l'électricité ?

Les ambitions de lutte contre le changement climatique ont été concrétisées par l'accord de Paris adopté par les 195 délégations en décembre 2015. Jointes aux injonctions en faveur du

désenclavement de l'Afrique et de son développement agricole, elles renouvellent l'intérêt porté par les bailleurs de fonds internationaux à la question de l'électrification rurale de l'Afrique subsaharienne et à la généralisation de l'utilisation des énergies renouvelables.

Jusqu'en 2015, la très grande majorité des financements de l'accès à l'électricité étaient orientés vers l'extension des réseaux de distribution électrique. Désormais, la part des projets d'ERD par énergie renouvelable (en cours ou en montage) augmente dans les financements (cf. chapitre 2.3.2.), malgré les contraintes opérationnelles qui restent en partie inchangées (cf. chapitre 2.4.).

Les stratégies des bailleurs de fonds sont multiples, allant de la subvention au prêt concessionnel ou privé, jusqu'à la couverture de risques (cf. chapitre 2.3.2.).

Le changement de paradigme technologique rend possible une accélération de l'électrification rurale par énergie solaire.

Plusieurs avancées technologiques, déjà généralisées ou encore en cours d'expérimentation, concourent à révolutionner la conception des solutions d'électrification décentralisées par énergies renouvelables :

- la révolution numérique ;
- la baisse du coût des équipements photovoltaïques ;

1. Jeremy Rifkin appelle de ses vœux une troisième révolution industrielle notamment fondée sur une production d'électricité décentralisée et une énergie circulant dans un réseau dit « intelligent », à l'instar de l'information sur Internet. Le second pilier de cette troisième révolution industrielle consiste à transformer chaque bâtiment en minicentrale intelligente capable d'injecter dans le réseau son excédent de production et de prélever de l'énergie additionnelle dans le réseau quand son système autonome n'en produit pas suffisamment.

Pour aller plus loin : Jeremy Rifkin, *La troisième révolution industrielle. Comment le pouvoir latéral va transformer* (Paris : Les Liens qui Libèrent, 2012).



Les limites de l'automatisation en ERD

En Guyane, un programme d'électrification rurale décentralisée a été lancé il y a plus de dix ans pour l'alimentation en électricité de quatre villages sur le Haut-Maroni, dont le célèbre village d'Antécum-Pata. La maîtrise d'ouvrage est assurée par la Communauté de communes de l'Ouest guyanais, les centrales devant être prises en exploitation par EDF SEI.

Il s'agit de construire des centrales hybrides (PV et diesel) et des miniréseaux électriques pour alimenter de manière autonome des villages en électricité sans contrainte financière. Le pilotage est assuré par EDF SEI depuis le centre de contrôle de Cayenne, grâce à un *monitoring* développé spécialement pour transférer l'ensemble des données mesurées sur site ainsi que les états de fonctionnement de l'ensemble des composants de la centrale (champ PV, batteries, contrôleurs de charge, onduleurs, groupe électrogène, réserve de fioul, circuit fioul enterré...) via une liaison satellite mise en place sur chaque site totalement isolé.

La complexité de ce pilotage dans un milieu très hostile pour le matériel, isolé de tout, en forêt équatoriale (forte humidité, animaux nuisibles...), a entraîné fin 2018 un retard considérable, de plus de trois ans, pour ce programme d'électrification très attendu par les populations et ses organisations représentatives, les communes et les ONG impliquées dans ce projet. Le caractère isolé de tous ces sites – sans route d'accès, une heure de vol pour rejoindre Maripasoula puis trois à cinq heures de pirogue pour rejoindre ces villages –, le stress climatique imposé à l'ensemble du matériel, la volonté de piloter à distance sans relai humain sur place ont considérablement freiné la mise en service de ces centrales puis rendu très complexe leur exploitation.

Sur le principe, ces centrales hybrides correspondent à un savoir-faire acquis de longue date. C'est la complexité du système de pilotage à distance et de l'automatisme entre le circuit fioul, le groupe électrogène et la centrale PV qui fragilise la gestion de ces centrales, faite « à l'aveugle », au détriment donc du service rendu aux populations.

Or sur de tels territoires, et comme cela a été largement développé en Afrique depuis des dizaines d'années, **il est indispensable de travailler avec des systèmes simples (et donc robustes) qui délivrent le service attendu et, surtout, de s'appuyer sur les populations locales afin de disposer de ressources et de compétences bien plus efficaces pour le pilotage des centrales au quotidien.** Il ne s'agit pas de se substituer à l'exploitant mais de l'accompagner, l'assister par une présence relai sur site pour des systèmes plus fiables et un fonctionnement en bonne intelligence avec les habitants consommateurs.

- les progrès faits en matière de stockage ;
- la diffusion des récepteurs basse consommation.

Cette conjonction place l'utilisation de l'énergie solaire au cœur du développement de l'ERD, dont elle vient également renforcer la viabilité économique. Dans la très grande majorité des sites, le photovoltaïque devient la solution d'accès à l'électricité la moins chère si l'on considère le coût global actualisé sur vingt ans ; certains experts prédisent sa très large généralisation dans les prochaines décennies. Selon l'AIE, la puissance totale solaire installée représentera 16 % en 2030, contre 2 % en 2016¹ (tous types de solutions confondus, centralisées ou décentralisées).

La révolution numérique simplifie le suivi des consommations et le paiement de l'électricité.

L'équipement rapide des zones rurales en téléphonie mobile (cf. chapitre 1.3.2.), associé aux applicatifs de transaction (*mobile money*), permet de généraliser des modalités de paiement de l'électricité plus conviviales et mieux adaptées au contexte africain, quel que soit le schéma de production. Inspiré par le système de carte prépayée, massivement utilisé pour l'achat de crédits téléphoniques sur le continent, le prépaiement ou *pay-as-you-go* (PAYG) de l'électricité devient possible, même pour de faibles sommes.

En milieu rural, le rythme de l'économie est journalier, ou saisonnier pour les agriculteurs aptes à vendre leur production dès la fin des récoltes. Hormis pour les fonctionnaires percevant un traitement fixe en fin de mois, les revenus futurs peuvent difficilement être anticipés ; seul le disponible est certain.

Aussi, le mécanisme de facturation mensuelle basée sur la consommation réelle est-il peu adapté. L'utilisateur qui ne dispose pas de la trésorerie suffisante risque la coupure du service en cas d'impayé. Du côté de l'opérateur, la

collecte des paiements est coûteuse, notamment si elle comporte de nombreuses opérations de recouvrement.

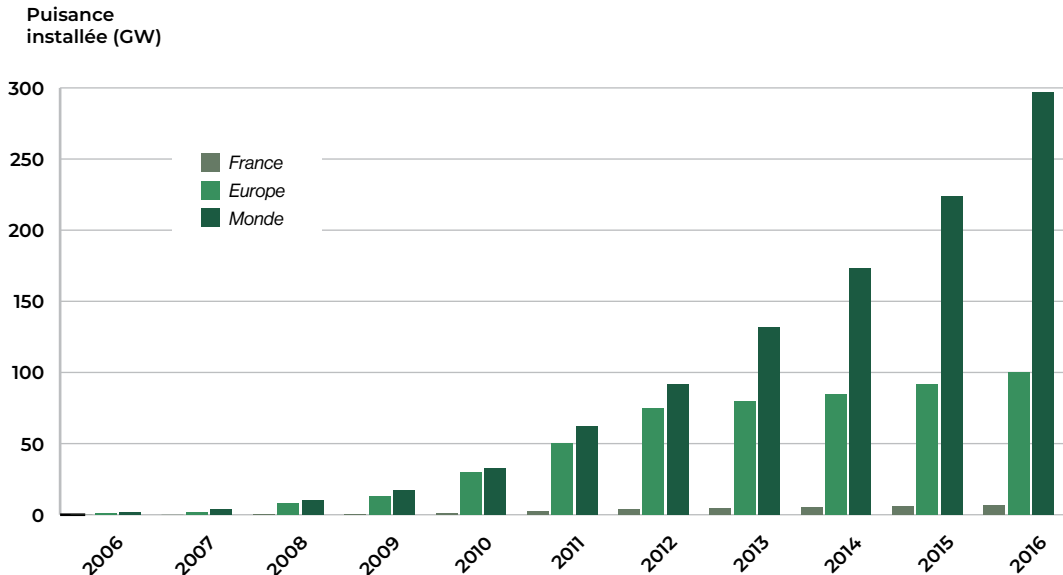
Avec le prépaiement, c'est-à-dire l'achat d'un crédit d'électricité (un volume de kWh, une durée d'utilisation), chaque client paye sa consommation d'électricité à venir à la mesure de sa capacité financière. Ce système assure à l'exploitant un paiement de l'électricité consommée et limite les frais de recouvrement (en revanche, le volume d'énergie consommée dépend des revenus des usagers).

Cette innovation applicable aux systèmes solaires individuels (cf. chapitre 3.2.2. sur le PAYG), mais aussi aux services délivrés par les kiosques énergie (cf. chapitre 3.4.1.) ou par les miniréseaux locaux (cf. chapitre 3.5.), permet de dématérialiser une grande partie du processus de vente et de gestion : les codes de recharge peuvent être envoyés par SMS aux usagers et l'utilisation peut être contrôlée à distance (dépassement des seuils de puissance ou d'énergie, branchement d'appareils non autorisés).

Le pilotage à distance réduit les besoins en ressources humaines et allège d'autant les coûts d'investissement. Néanmoins, ces solutions induisent des dépenses additionnelles pour l'opérateur, qui ne doivent pas être sous-estimées au moment de l'élaboration d'un *business plan*^{*} : par exemple, les coûts d'exploitation spécifiques (abonnement, achats de codes) ou les dépenses liées à la fragilité technologique des compteurs intelligents et à la gestion informatique (complexe en milieu rural enclavé).

1. Agence Internationale de l'Énergie, « Energy Access Outlook 2017, From Poverty to Prosperity » (Paris, 2017).

Evolution de la puissance photovoltaïque installée



Source : RTE.

La baisse du coût des composants photovoltaïques autorise une large démocratisation des solutions solaires décentralisées.

Porté par la lutte contre le changement climatique, le développement des énergies renouvelables s'est accéléré à partir de 2002 grâce à la mise en place en Europe, aux Etats-Unis et au Japon de politiques incitatives visant à permettre à chacun de devenir producteur, autoconsommateur et vendeur d'électricité.

Ce développement s'est accompagné de deux conséquences techniques dont la conjonction fait baisser le coût d'une infrastructure solaire et rend l'ERD par énergie solaire très compétitive :

- la baisse continue du coût unitaire des modules ;
- l'augmentation progressive de leur rendement.

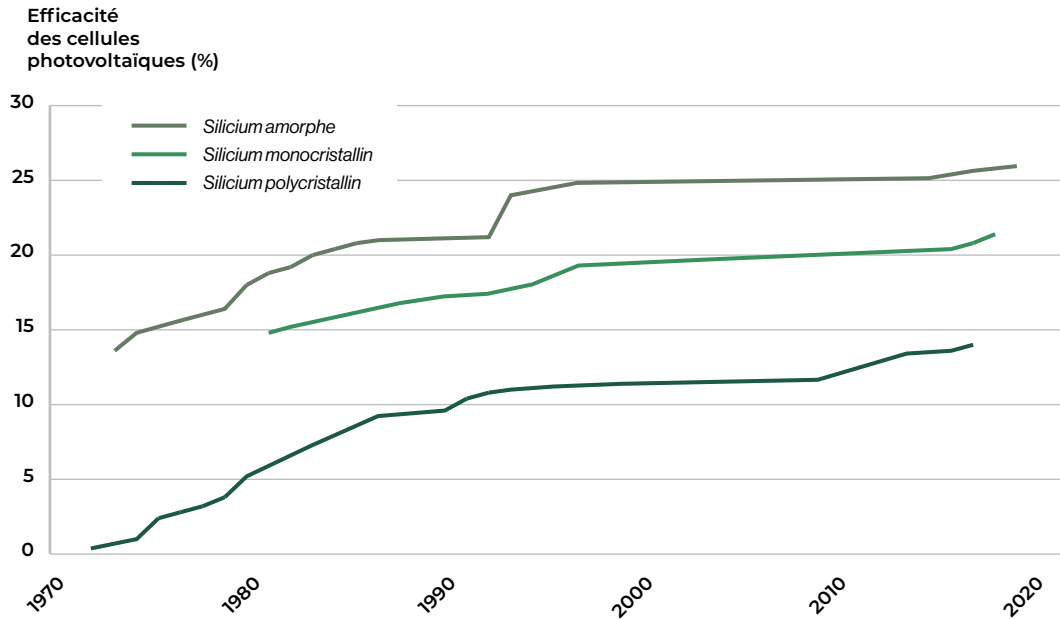
Le transfert des fabrications vers l'Asie (principalement la Chine) et l'augmentation de la demande ont favorisé une baisse très significative du prix des modules, véritables cœurs des systèmes photovoltaïques (cf. chapitre 3.1.2.). Selon l'IRENA, depuis 2009, le prix des modules PV a baissé de 80 %, tandis que le coût de l'énergie solaire PV a baissé de 73 % entre 2010 et 2017¹.

Le prix « sortie d'usine » d'un module photovoltaïque* était de 20 €/watt-crête en 1993, il est de 0,30 €/Wc en 2018, soit une baisse de près de 100 % en euros constants, et cette tendance va se poursuivre². Le budget d'investissement dans une

1. Agence internationale pour les énergies renouvelables, « Off grid renewable energy solutions to expand electricity access : An opportunity not to be missed » (Abu Dhabi, 2019).

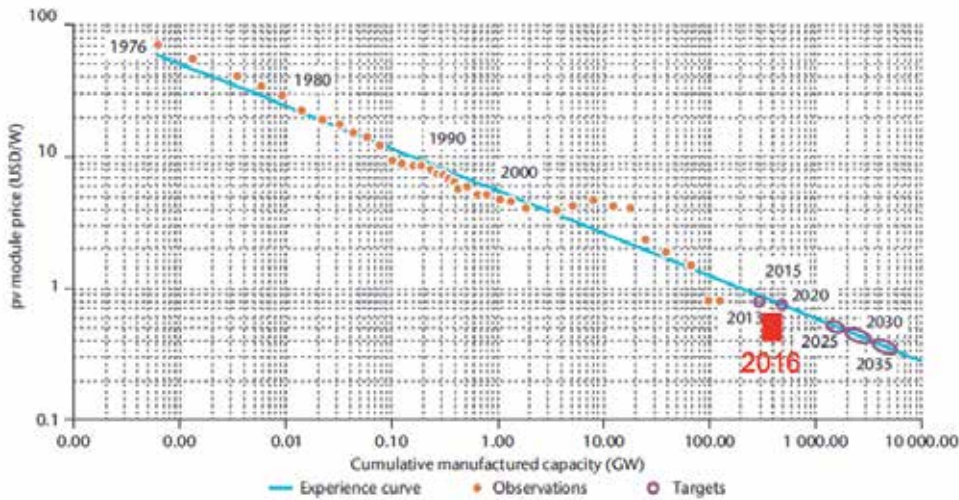
2. Daniel Lincot, « Où en est la conversion photovoltaïque de l'énergie solaire ? », *Photoniques*, no 93 (2018).

Evolution des rendements des cellules photovoltaïques selon les technologies



Source : « NREL, Transforming Energy », <https://www.nrel.gov/>.

Courbe d'expérience des prix des modules photovoltaïques



Source : AIE, « Energy Access Outlook 2017, From Poverty to Prosperity » (Paris, 2017).

infrastructure solaire a donc, pour un même volume de Wc requis, fondu depuis les années 1990. Cette baisse se double de l'amélioration régulière des performances de ces mêmes modules. Le rendement de conversion photovoltaïque est passé de moins de 14 % dans les années 1980 à 20 % aujourd'hui, et il atteindra demain sans doute 30 %¹. L'amélioration du rendement diminue la surface de capteurs requise pour délivrer la même quantité d'énergie. Cela fait mécaniquement baisser les

coûts d'une infrastructure (ou, pour un même budget, permet d'en augmenter la capacité).

Au-delà des seuls modules, l'augmentation du nombre d'installations a permis, par économie d'échelle, de réduire significativement le prix des autres éléments d'un système solaire (composants, charpentes de fixation, régulateurs et convertisseurs

1. Source : « Institut photovoltaïque d'Île-de-France », <https://www.jpvf.fr/>.



Quelle est la différence entre systèmes PV connectés au réseau et systèmes PV autonomes décentralisés ?

Les systèmes PV connectés au réseau fonctionnent en générateurs de courant, ils injectent au fil du soleil l'électricité produite, sans stockage. Si le réseau est stable et présent, près de 100 % de l'électricité solaire peut être valorisée, avec des systèmes simples et robustes.

Ces centrales PV raccordées au réseau, dont les puissances unitaires atteignent aujourd'hui plusieurs dizaines de MWc, bénéficient d'un effet d'échelle et de très bonnes performances permettant d'optimiser les dépenses d'investissement (CAPEX*) et d'exploitation (OPEX*). En Afrique subsaharienne, les centrales PV raccordées au réseau au-delà du MWc se déploient pour des coûts unitaires de 1 à 1,50 €/Wc, atteignant des coûts de production d'électricité actualisés sur vingt à trente ans de 0,5 à 0,1 c€/kWh.

Les systèmes PV autonomes (cf. chapitre 3.1.) sont de conception plus complexe et plus onéreuse, ce qui est en grande partie dû aux batteries et équipements associés (chargeurs, protections électriques spécifiques). De plus, les rendements sont moins bons : pertes significatives dans les batteries, valorisation irrégulière du productible solaire.

Il en résulte des coûts d'installation de 3 à 5 €/Wc, et des coûts du kWh restitué sur une analyse économique à vingt ans (incluant de fait plusieurs renouvellements onéreux) proches de 1 €/kWh.

Ces deux applications de l'énergie photovoltaïque sont finalement très éloignées : elles n'ont de point commun que le champ de capteurs photovoltaïques. Il est important de ne pas confondre les modes de fonctionnement et les aspects économiques.

Source : Fondation Energies pour le Monde.

d'énergie). **Le prix global d'une infrastructure photovoltaïque d'électrification rurale incluant production, régulation et stockage pour une puissance de l'ordre de 30 kWc installée sur site a été divisé par plus de trois depuis le milieu des années 80** : il est d'environ de 8 €/Wc en 2018, alors qu'il avoisinait les 30 € en 1985¹.

Il faut cependant souligner que le coût d'une infrastructure d'ERD est significativement supérieur à celui d'une centrale solaire connectée au réseau. La différence du prix du Wc installé entre systèmes centralisés et décentralisés est significative :

- 1 à 2 euros par Wc pour les systèmes PV connectés au réseau (de puissance d'environ 1 MW) ;
- 3 à 5 euros /Wc pour les systèmes décentralisés (de puissance inférieure à 100 kWc).

Elle s'explique notamment par l'effet de taille et les conditions d'acheminement et d'installation,

ainsi que par l'absence de batteries de stockage dans le premier cas.

Une révolution des technologies de stockage se profile à l'horizon.

Absolument nécessaire quand on fait appel aux énergies renouvelables, par essence intermittentes et variables, le stockage d'électricité reste le maillon faible des systèmes décentralisés (cf. chapitre 3.1.2.). Cependant, les efforts de recherche engagés pour répondre aux besoins de la mobilité verte et de la décarbonation du secteur électrique ouvrent d'intéressantes perspectives.

La technologie de stockage dite « au plomb », qui équipe la très grande majorité des systèmes

1. Source : Fondation Energies pour le Monde.



Technologies de stockage Les batteries d'une minicentrale solaire de Madagascar



2008 vs. 2018 : comparatif technique de deux installations

Comparons les architectures techniques d'un système photovoltaïque autonome conçu et installé en 2008 et d'un système conçu et installé en 2018, les deux devant répondre à la même demande en électricité d'environ 15 kWh/jour.

2008		2018
• 36 modules photovoltaïques de 130 Wc • Rendement moyen de 12 %, soit une surface photovoltaïque d'environ 40 m²	MODULES	• 15 modules photovoltaïques de 320 kWc • Rendement moyen de 17 %, soit une surface de 28 m² • Un coût 5 fois inférieur
• Plusieurs régulateurs PMW en parallèle	RÉGULATEUR	• Un régulateur unique MPPT à haut rendement, plus performant et moins onéreux
• Un onduleur simple	ONDULEUR	• Un convertisseur bidirectionnel intelligent pouvant recevoir une source d'hybridation (réseau groupe électrogène) • Gain en performance et en évolutivité pour un coût équivalent
	SUIVI	• Un dispositif de télé-monitoring GPRS pour le suivi à distance pour un coût additionnel dérisoire
• Batterie au plomb du type OpZs	PARC BATTERIES	• Batteries légèrement plus performantes pour un coût faiblement supérieur

Au bilan : l'ensemble de l'écosystème technologique entourant un dispositif d'électrification autonome photovoltaïque a fortement évolué... sauf le dispositif de stockage.

Source : Fondation Energies pour le Monde.

photovoltaïques actuellement en service en zone rurale, présente plusieurs inconvénients, qui motivent la recherche de solutions de stockage alternatives de la part des développeurs de projets d'électrification décentralisée.

D'une part, cette technologie a atteint sa maturité. Dépendant donc des cours du plomb plutôt que de gains industriels, le prix des batteries au plomb baisse légèrement tandis que le coût des autres équipements a, lui, fortement chuté. Les dépenses de stockage pèsent donc de plus en plus dans le budget des projets : **alors qu'en 2005 le coût de la batterie d'un système PV autonome représentait environ 10 % de l'investissement global, il atteint aujourd'hui 30 à 40 %.**

D'autre part, la durée de vie limitée des batteries au plomb, de deux à dix ans dans le contexte climatique particulier de l'Afrique rurale, induit un renouvellement fréquent de matériel. C'est une contrainte économique dont se passeraient volontiers les concepteurs de systèmes et les usagers (comment financer ce renouvellement ?), et qui fait donc obstacle à la pérennité des installations. Elle pose enfin le problème du recyclage des équipements en fin de vie (cf. chapitre 2.4.3.). La recherche, lancée à la fin des années 1990, a permis de tester une dizaine de technologies de stockage d'électricité stationnaire autres que le plomb. De nouveaux couples électrolytiques, lithium-ion ou nickel-métal hydrure par exemple, peuvent répondre aux besoins de l'électrification décentralisée :

• **les industriels européens ont déjà pris le virage** : l'essentiel des gammes de produits proposés par les fabricants de systèmes PV (régulateurs, chargeurs, convertisseurs bidirectionnels) est compatible avec ces différents types de batteries ; les leaders de l'énergie testent des solutions containerisées équipées de batteries de nouvelle génération pour alimenter des

miniréseaux solaires hybrides (cf. chapitre 3.5.1.) ;

- **les petits systèmes d'électrification rurale décentralisée ont déjà adopté ces nouvelles technologies** : on trouve notamment des batteries au lithium-ion ou nickel-métal hydrure dans une grande partie des systèmes individuels solaires en PAYG (cf. chapitre 3.2.2.) et dans les lampadaires solaires (cf. chapitre 3.3.3.) ;
- **les baisses de prix annoncées laissent présager une évolution rapide des systèmes plus importants.**

La révolution de l'efficacité énergétique se poursuit, avec des récepteurs toujours plus performants et plus accessibles aux populations du Sud.

Au Nord, la chasse au gaspillage énergétique a conduit la recherche et l'industrie à réaliser des gains de performance très significatifs pour la plupart des récepteurs électriques courants : éclairage, électroménager, multimédia. En dix ans, l'éclairage électrique moderne est passé de l'ampoule à incandescence à la LED, après un détour par les équipements fluorescents.

Aujourd'hui, **les consommations des appareils électriques domestiques sont, dans l'ensemble, de 30 % inférieures à ce qu'elles étaient il y a vingt ans¹.** En conséquence, alors qu'il fallait 400 Wh chaque jour pour éclairer correctement un foyer en 2005, on obtient aujourd'hui le même service pour 40 Wh, avec un éclairage plus homogène et plus durable.

Le développement de ces récepteurs à haute efficacité énergétique favorise l'accès à l'électricité des populations économiquement vulnérables au Sud : la réduction de la consommation des équipements allège le budget énergétique des ménages. Ces gains d'efficacité énergétique se

1. Fondation Energies pour le Monde.



Les risques d'approvisionnement de certains composants des batteries

Les éléments présentés dans cet encart sont principalement issus d'une note récente du Comité des métaux stratégiques¹.

La demande mondiale de batteries est en forte croissance, portée par le développement rapide de la production d'électricité par énergies renouvelables et, surtout, celui de la mobilité électrique. Des estimations donnent les ventes annuelles de batteries multipliées par 25 d'ici 2030, et 40 à 50 d'ici 2040², sans prendre en compte le boom des objets connectés et autres produits high-tech.

Ces prévisions interrogent sur les risques liés à l'approvisionnement à moyen-long terme des matières premières qui représentent 50 à 70 % du coût des batteries. La croissance du marché va notamment fortement impacter la demande en cobalt et lithium, utilisés dans les types de batteries qui remplacent progressivement les batteries au plomb³.

Le **cobalt**, présent dans la plupart des technologies de batteries, est identifié comme la substance la plus critique compte tenu de la concentration de la production minière en République démocratique du Congo (RDC), région de plus en plus délaissée par les sociétés minières occidentales en raison notamment de contraintes éthiques.

Le **lithium** pourrait être soumis à des tensions, notamment si les habitudes de consommation n'évoluent pas vers un modèle plus sobre. En Europe, aujourd'hui, seulement 5 % des batteries au lithium sont recyclées⁴. Des recherches sont en cours pour sa substitution par le sodium, moins performant mais beaucoup plus disponible.

Par ailleurs, le **lanthane**, terre rare utilisée dans les batteries nickel métal hybride (NiMH), est classé par le Bureau de recherches géologiques et minières à risques forts sur les approvisionnements.

Sources :

1. Comité des réseaux stratégiques. « Métaux de la transition énergétique » (2017).
2. Bloomberg New Energy Finance, « New Energy Outlook 2017 » (Washington, D.C, 2017).
3. « Epuisement des ressources naturelles », Encyclo-ecolo, https://www.encyclo-ecolo.com/Epuisement_des_ressources_naturelles#La_disparition_du_plomb.
4. Clément Fournier, « Les batteries de voitures électriques : notre prochaine catastrophe environnementale ? » e-RSE, 2017, <https://e-rse.net/batteries-voitures-electriques-impact-environnement-27293/>.

constatent sur de nombreux autres récepteurs électriques courants (téléviseur, équipement informatique, production de froid), qui deviennent également accessibles aux populations rurales disposant d'électricité par système décentralisé. Cette accessibilité a un effet « rebond » (cf. encadré) qui peut annuler l'effet d'économie : avec une démultiplication du nombre d'appareils électriques présents dans les familles, la facture énergétique globale reste à peu près stable.

Pour conclure, cette révolution technologique en cours qui s'appuie sur le photovoltaïque (reléguant au moins temporairement à l'arrière-plan d'autres options, comme le petit éolien) a des retombées rapides en Afrique. Mais elle laisse une question en suspens : **comment faire en sorte que ces retombées soient bien associées à un transfert de compétences et de technologies ? Car ce transfert est seul garant de la pérennité des ouvrages et donc d'un possible impact de l'arrivée de l'électricité sur un territoire**, objectif ultime vers lequel tend tout projet d'accès à l'électricité. C'est une question essentielle, à laquelle l'ouvrage tente des réponses concrètes, d'abord en mettant en exergue les bonnes pratiques pour les porteurs de projets (cf. chapitres 2.4.1. à 2.4.4.), ensuite en émettant des préconisations pour les différents acteurs sectoriels (cf. partie 4).



L'ADEME et le ministère de la Transition écologique et solidaire accompagnent l'innovation

En 2017, par exemple, le ministère de la Transition écologique et solidaire et l'ADEME ont lancé un appel à projets sur les « *solutions innovantes d'accès à l'énergie renouvelable pour les populations hors réseau* ». L'objectif était de soutenir l'émergence et le lancement de projets d'accès à l'énergie portés par des entreprises, ONG et/ou collectivités françaises en coopération avec des acteurs locaux. Neuf projets innovants ont été retenus sur les 94 dossiers présentés. Ils sont mis en œuvre en Afrique (Bénin, Burkina Faso, Cap-Vert, Madagascar, Mauritanie, Ouganda et Togo) et ont été récompensés pour leur caractère innovant technologique (production d'énergie, stockage, technologies d'usage de l'énergie) et/ou organisationnel (mécanismes de financement, de paiement, modèles d'affaires, modes de gouvernance, etc.).

Pour en savoir plus sur les projets soutenus :
Bubacar Diallo et al., « Solutions innovantes pour l'accès à l'énergie hors réseaux » (Angers : ADEME, 2018), <https://www.ademe.fr/solutions-innovantes-laccas-a-lenergie-hors-reseaux>.

Profitant de l'ouverture d'un véritable marché, le secteur privé est proactif, apportant de nouvelles solutions.

L'évolution favorable du photovoltaïque, ainsi que les perspectives d'engagement de plusieurs dizaines de milliards d'euros en faveur de l'accès à l'électricité en Afrique (cf. chapitre 2.3.2.) créent un marché que le secteur privé scrute avec un intérêt grandissant. Certains acteurs reviennent après une période de retrait, d'autres arrivent.

Quand bien même les modèles d'affaires ne sont pas encore stabilisés, de nouveaux acteurs apparaissent dans les pays industrialisés, émergents et en Afrique (promoteurs, bureaux d'études, fabricants, assembleurs, opérateurs...), les programmes financés par les agences de coopération et les banques de développement servant de tremplin à leur développement¹.

L'arrivée des acteurs privés, capables de lever eux-mêmes des fonds auprès d'investisseurs privés, se double d'une grande variété de propositions de valeur, essentiellement axées sur les systèmes solaires individuels et notamment testées sur le territoire subsaharien ; un foisonnement qui concourt à faire de la région un « laboratoire » de l'ERD (cf. partie 3).

Si les acteurs français, initialement très présents sur le secteur de l'accès à l'électricité, l'ont délaissé au cours des années 2000 compte tenu de l'étroitesse du marché d'alors, des nouveaux, présents ou non sur le marché national français des énergies renouvelables, se lancent sur ce secteur.

Pour conclure, les ruptures technologiques que connaît depuis dix ans l'industrie photovoltaïque, favorisée par la nécessité d'une révolution énergétique verte, créent un véritable marché qui se matérialise aujourd'hui par la multiplicité des offres de service. Pour autant, cet essor est-il synonyme d'accès universel à l'horizon 2030 ? S'accompagne-t-il de financements adaptés, disponibles et suffisants ? Dans un domaine où les investissements matériels et immatériels sont significatifs et déterminants, c'est évidemment une problématique décisive. ●

.....

« Sans une population éduquée capable de tirer profit de l'accès à l'énergie, l'efficacité économique de son utilisation promet d'être très décevante. « L'effet rebond » est ce phénomène par lequel, souvent, les populations dilapident les gains économiques induits par l'accroissement de l'efficacité énergétique en augmentant leur consommation d'énergie. »

Gaël Giraud, « Les défis énergétiques pour un développement durable : comment éviter l'effondrement ? », *Revue d'économie du développement* 23, n° 3 (2015).

.....

1. Selon Aaron Leopold, de l'association des développeurs de miniréseaux africains, les investissements d'électrification rurale des entreprises membres de l'African Minigridd Developers Association ont bénéficié de 14 % de soutien public, 86 % venant du privé.

2.3.2.

Nerf de la guerre, le financement reste problématique pour la plupart des projets d'électrification rurale.

Si les avancées technologiques permettent de lever la plupart des obstacles à une généralisation des solutions décentralisées, la question du financement des opérations reste épineuse. Elle est pourtant déterminante pour réussir l'accès universel à l'électricité sur le continent africain.

L'électrification rurale présente un profil de risque peu attractif pour les investisseurs.

Quoique l'accès à l'électrification décentralisée par énergies renouvelables soit l'option la plus pertinente et la moins onéreuse dans un nombre croissant de cas en Afrique subsaharienne rurale (notamment par rapport à l'extension du réseau national ; cf. chapitre 2.1.2.), il n'en reste pas moins qu'elle est entachée des mêmes contraintes que l'électrification conventionnelle :

- **elle est très capitalistique** alors qu'elle s'adresse à des usagers financièrement très contraints ;
- **sa mise en œuvre comporte des risques élevés** compte tenu des contextes nationaux et locaux alors que le retour sur investissement est souvent long.

Le besoin en capital d'une solution d'ERD, quelle qu'elle soit, varie selon qu'on utilise ou non les énergies renouvelables (cf. tableau) :

- les solutions décentralisées par énergies renouvelables se caractérisent par un coût d'investissement initial, ou CAPEX, élevé et un coût d'exploitation, ou OPEX, relativement faible

(pas de carburant, des charges de personnel limitées) ;

- les solutions conventionnelles (thermiques) se caractérisent à l'inverse par un CAPEX limité et un OPEX (carburant notamment, payé comptant par l'exploitant) élevé et aléatoire. Cette incertitude pèse sur la viabilité : les usagers peuvent



OPEX/CAPEX

CAPEX ou dépenses d'investissement

(capital expenditure) : désigne les coûts de développement et fourniture des pièces non consommables pour un produit, une entreprise, un système. Dans le cas d'un système électrique : réalisation des études préalables, acquisition des composants du système, assistance technique à l'installation, etc.

OPEX ou dépenses d'exploitation

(operational expenditure) : désigne les charges courantes pour exploiter un produit, une entreprise ou un système. Dans le cas d'un système électrique : dépenses de personnel exploitant, frais de maintenance, intrants de fonctionnement (combustible, par exemple), pièces de rechange, déplacements, frais de communication...

Minicentrale 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 kWc
Coûts d'investissement (hors réseau)	5 000 €	30 000 € à 60 000 €
Coûts d'exploitation (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.		

Source : Fondation Energies pour le Monde.

peiner à s'acquitter de leur contribution dans le cas où le prix du carburant augmente plus vite que leurs revenus (cf. l'histoire des miniréseaux diesels en chapitre 3.2.5.) ;

- la baisse du prix des composants PV a rendu les solutions décentralisées par énergie solaire économiquement avantageuses sur le long terme.

Le temps de retour sur investissement (*return on investment*, ROI) est intimement lié aux produits (consommations payées par les usagers). Il sera d'autant plus long que leurs capacités de paiement et leurs consommations électriques seront faibles (cf. encadré) et aléatoires. C'est ainsi que s'explique la durée des concessions accordées aux opérateurs d'électricité, généralement longue (vingt à trente ans).



Chiffres-clé

Aujourd'hui, le prix payé mensuellement par un usager de miniréseau en Afrique subsaharienne se situe dans une fourchette de 5 à 10 euros, pour une consommation de 500 Wh par jour et un tarif de 200 FCFA par kWh, soit 0,30 centimes d'euro (taux de change appliqué au 15 septembre 2019).

Source : Fondation Energies pour le Monde, études Noria.

L'ERD est très dépendante des financements internationaux, qui restent largement insuffisants

L'électrification rurale, comme de nombreux services de base, souffre du manque de ressources fiscales (cf. encadré), dans un contexte où les Etats sont confrontés à d'immenses besoins sociaux alors même que leurs économies reposent encore largement sur le secteur informel^{*1}.

La situation des sociétés nationales d'électricité, souvent lourdement déficitaires, ralentit l'électrification périurbaine et ne permet pas de réaliser l'électrification rurale par extension du réseau national. Dès lors, comme beaucoup d'infrastructures de service public dans les pays en développement, **l'accès à l'électricité en milieu rural fait appel de manière significative à des sources internationales de financement.**

Jusqu'à présent, ces bailleurs internationaux ont permis de lancer :

- **essentiellement, des projets d'extension du réseau** dans les zones les plus favorables (cf. chapitre 1.2.1.) ;
- **ponctuellement, des projets d'ERD** (cf. chapitre 2.2.2.), notamment selon les deux modes principaux actuels de service : le PAYG et le miniréseau.

Mais cette contribution est largement en deçà des besoins de financement. Seulement 5 milliards USD par an ont été alloués aux projets d'électrification en Afrique subsaharienne au cours de la décennie actuelle, selon l'AIE, ce qui ne couvre que **10 % des besoins**. Et peut-être même moins, dans un contexte où la population subsaharienne va doubler d'ici 2050.

L'AIE prévoit la mobilisation de 52 milliards USD d'investissements nécessaires pour permettre un accès à l'électricité pour tous d'ici 2030² (cf. chapitre 1.1.1.). On peut néanmoins se demander quelle est la capacité d'absorption de ce montant.

On constate aujourd'hui en effet que les financements sont souvent disponibles via les coopérations institutionnelles, mais que ces apports ne sont pas tous utilisés : les projets concrets et recevables aux conditions des bailleurs de fonds ont du mal à émerger (taille insuffisante ou niveau de risque trop élevé).

Or, un appui financier à l'électrification du monde rural est quoi qu'il en soit justifié au regard des bénéfices sociaux et économiques de l'accès à l'électricité (cf. chapitre 1.1.1.).

Le défi est donc de trouver des solutions de financement permettant une électrification de base, à moindre coût, durable, et de maximiser les ressources publiques et privées mobilisables à tous les niveaux pour développer à grande échelle des projets d'accès à l'électricité décentralisée faisant appel aux sources renouvelables d'énergie.

Il existe deux grandes approches de l'accès à l'électricité hors réseau par énergies renouvelables, induisant deux logiques de financement.

Pour la mise en œuvre des projets, deux logiques complémentaires cohabitent à l'heure où cet ouvrage est écrit :

- **une approche libérale** : cette approche récente est fondée sur un échange marchand entre un acteur privé et un client pour l'acquisition d'un bien ou d'un service électrique, contre un paiement cash ou à tempérament (crédit et paiement en plusieurs fois). Elle est particulièrement adaptée au développement de l'accès individuel à l'électricité pour des usages domestiques (lampe portable, système solaire individuel ;

1. Voir notamment le rapport du Fonds monétaire international, « Perspectives économiques régionales en Afrique subsaharienne : Faire redémarrer la croissance » (Washington, D.C., 2017).

2. Agence Internationale de l'Énergie. « Energy Access Outlook 2017, From Poverty to Prosperity », Paris : Agence Internationale de l'Énergie, 2017.



La problématique des ressources fiscales et du financement des services publics.

L'amélioration de la mobilisation des ressources fiscales constitue un enjeu de développement majeur pour les Etats d'Afrique subsaharienne. Les recettes fiscales sont en effet primordiales pour les Etats, car elles leur apportent les ressources nécessaires à l'investissement dans le développement, la fourniture de services publics ou la réduction de la pauvreté.

Cette mobilisation est en constante progression grâce à une croissance économique et une amélioration des capacités à taxer; elle représente 19,1 % du PIB du continent en 2017, mais cette moyenne demeure inférieure à celle d'autres régions du monde (Amérique latine : 23 % ; OCDE : 34 %).

Cette différence s'explique par plusieurs facteurs :

- **le rapport à l'impôt des contribuables africains**, empreint des héritages coloniaux et toujours perçu négativement, pénalise l'administration fiscale pour procéder au recouvrement des contributions ;
- **l'inadéquation des ressources des administrations fiscales** (humaines, techniques) ;
- **les « cadeaux fiscaux »** consentis à certains opérateurs économiques ;
- **la corruption**.

Des réformes fiscales, favorables notamment au développement du secteur privé, à l'intégration d'importantes entités informelles et au renforcement des capacités des administrations fiscales, sont appelées par les professionnels du secteur. Certains pays ont déjà commencé à mettre en place de nouveaux systèmes. Au Ghana, le fonctionnement de la collecte des impôts est en passe d'être transformé, afin d'intégrer les sociétés du secteur informel ; le Rwanda a également développé une politique volontariste en la matière.

Sources :

OCDE, « Statistiques des recettes publiques en Afrique » (Paris, 2017).

Salif Yonab, « Le recouvrement des recettes publiques dans les États Africains : un état des lieux préoccupant », *Revue française d'administration publique* 144, n° 4 (2012).

Foly Ananou, « Et si la fiscalité africaine était déséquilibrée », *Le Point* (en ligne), 2018, https://www.lepoint.fr/economie/et-si-la-fiscalite-africaine-etait-desequilibre-27-02-2018-2198250_28.php.

Sylvain Vidzraku, « Ghana : un nouveau système de collecte des impôts intégrant les sociétés du secteur informel », *La Tribune* (en ligne), 2018, <https://afrique.latribune.fr/afrique-de-l-ouest/ghana/2018-03-11/ghana-un-nouveau-systeme-de-collecte-des-impots-integrant-les-societes-du-secteur-informel-771411.html>.

Sabine Cessou, « Le poids du secteur informel », *Le Monde diplomatique* (en ligne), 2015, <https://www.monde-diplomatique.fr/mav/143/CESSOU/53893>.

Nergis Gülasan et Gail Hurley, « Financer le développement avec des ressources nationales », ID4D, 2015, <https://ideas4development.org/financer-le-developpement-par-une-meilleure-mobilisation-des-ressources-nationales/>.

cf. chapitre 3.2.), en complément des solutions collectives (cf. chapitres 3.4. et sq.) ;

- **une approche interventionniste*** : cette approche historique est fondée sur la coordination institutionnelle et l'implication de la société civile pour la mise en œuvre d'une solution collective d'électrification selon une logique de gestion de projet.

Complexe dans sa mise en œuvre, cette dernière favorise la prise en compte de l'ensemble des usages de l'électricité et l'inclusion la plus large possible des populations locales (notamment via l'installation d'un miniréseau ; cf. chapitre 3.5.). Elle peut aussi se concentrer sur un usage collectif (pompage solaire, éclairage public, électrification des ouvrages publics... cf. chapitre 3.4.).

Détaillées plus loin dans leurs implications organisationnelles (cf. chapitre 2.4.1.), les deux approches sont corrélées à des circuits de financement différents. Deux types de solution, emblématiques de ces deux circuits, dominant aujourd'hui le paysage de l'accès à l'électricité hors réseau :

- **le pay as you go ou PAYG** (approche libérale) : distribution d'un bien d'équipement durable par des opérateurs privés en intégrant des facilités de financement (location-vente) ;
- **le miniréseau** (approche interventionniste) : distribution d'un service durable à des usagers par des opérateurs publics ou privés intervenant dans le cadre d'une délégation d'un service public marchand ou d'un partenariat public-privé.

Si le développement de ces modèles dominants requiert dans les deux cas des financements, leurs logiques de levée de fonds diffèrent.

Après avoir scruté le cas particulier du PAYG, le reste du chapitre se concentre délibérément sur l'approche interventionniste, et cela pour deux raisons :

- **l'approche interventionniste bénéficie d'un retour d'expérience plus nourri** que l'approche libérale, dont l'essor est encore récent (cf. chapitre 2.2.2.) ;

- **mais surtout, c'est cette approche qui souffre aujourd'hui d'un manque de financements adaptés, alors même qu'elle est nécessaire à la réalisation de l'objectif d'accès universel à l'électricité.**

Là où l'approche libérale, par définition, vise à développer une activité commerciale et trouve soit des clients pour payer cash (vente directe de systèmes), soit des investisseurs intéressés par sa rentabilité (PAYG), l'approche interventionniste vise à développer un service de base rarement rentable. Les contraintes liées à la mise en place, notamment l'ingénierie sociale*, puis l'exploitation de ce service pèsent sur le modèle économique, qui requiert des subventions et une continuité des investissements dans le temps.

Quoique les deux approches relèvent de logiques de distribution et de financement différentes, elles ne sont pas incompatibles et sont même complémentaires pour la réalisation de l'objectif d'accès à l'électricité pour tous. Elles peuvent ainsi cohabiter de manière efficace au sein d'un même espace ; certains projets de miniréseau prévoient par exemple d'équiper en lampes solaires portables ou en kits individuels les ménages isolés pour lesquels le raccordement pas envisageable.

Dans un souci d'équité, cette complémentarité devrait même être systématiquement recherchée par les monteurs de projets de miniréseaux, qui peuvent, en phase de mise en œuvre, réaliser directement ou accompagner les initiatives permettant l'équipement en systèmes individuels des populations non raccordées.

Le pay as you go se finance comme tout service purement marchand.

Cette modalité requiert des financements pour ses différentes phases : lancement de l'activité, montée en puissance puis enfin changement d'échelle.

Reposant sur la distribution d'un équipement individuel électrique par un opérateur privé en *business-to-customer* dans le cadre d'une location-vente (cf. chapitre 3.2.2.), elle vise principalement une clientèle périurbaine ou rurale plutôt aisée, concentrée dans un périmètre délimité, disposant de revenus stables et de moyens de paiement sécurisés.

Les risques étant circonscrits, les opérateurs du PAYG ont pu compter sur des investisseurs pour :

- assurer le préfinancement des équipements et des équipes commerciales nécessaires au lancement de l'activité ;
- puis financer la croissance et élargir progressivement leur marché.

Les montants injectés dans les sociétés du PAYG ont ainsi décuplé entre 2013 et 2016 (cf. encadré). Ils font majoritairement appel à des sources privées de financement, donc le détail et l'affectation des montants reçus sont difficilement identifiables.

Pour autant, l'histoire, même courte, des leaders du PAYG, montre leur capacité à susciter l'intérêt d'un large panel d'acteurs.

Ils parviennent d'abord à mobiliser toute la gamme des **mécanismes de financement privé** au fil des différentes phases de leur développement :

- **la phase de création ou de préancement**, qui inclut la recherche et développement en équipements, logiciels et moyens de communication adaptés aux systèmes solaires individuels mais aussi les analyses préalables et la construction du *business plan*, a retenu l'attention des fondations d'entreprises, comme la Shell Foundation (4 millions de dollars pour M-Kopa, par exemple¹) ;
- **la phase d'amorçage** fait plutôt appel à des fonds d'investissements sociaux d'entreprises comme ceux de Schneider Electric (Electric Energy Access) ou d'Engie (Rassembleurs d'énergies), qui ont tous deux des engagements dans plusieurs



Les investisseurs s'enthousiasment pour le PAYG

Le PAYG a attiré 85 % des investissements dans l'off-grid solaire entre 2012 et 2017, pour un montant de 773 millions de dollars, dont 67 % sont allés à seulement quatre sociétés.

Source : Banque mondiale, « Off grid solar market trends report », 2018.

Plus de 210 milliards de dollars en dette et en capital investissement ont été accordés au secteur marchand de l'off-grid solaire PAYG en 2016, contre 20 millions en 2013. A quelques rares exceptions, l'immense majorité de ces investissements ont été réalisés en Afrique de l'Est.

Source : Bloomberg New Energy Finance, « New Energy Outlook 2017 » (Washington, D.C., 2017).

start-up¹ : leurs interventions sur le moyen/long terme se concrétisent par des entrées minoritaires au capital, de la dette, et ponctuellement des dons pour des montants de plusieurs centaines de milliers de dollars ;

- **enfin, la phase ultérieure de passage à l'échelle** fait plutôt appel à des fonds d'investissement indépendants capables d'accompagner toutes les étapes de la croissance, par des entrées au capital et de la dette à taux bonifié.

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

Le leader mondial M-Kopa a ainsi su faire appel aux fonds américains Gray Ghost Ventures et Acumen, entre autres. En décembre 2018, le groupe japonais Sumitomo Corporation a acquis une participation minoritaire dans le capital de la start-up est-africaine².

Son plus proche challenger, BBOX, a obtenu début 2019 un financement de 31 millions de dollars auprès du gestionnaire de fonds Africa Infrastructure Investment Managers³ ; il a également levé 6 millions d'euros via une opération de financement participatif (cf. chapitre 2.3.2.).

D'autre part, les opérateurs du PAYG ont bénéficié des engagements des **agences de développement**, notamment anglo-saxonnes (DFID, DEG, USAID, Banque asiatique de développement). Ces agences ont financé les programmes d'assistance technique, leurs subventions pouvant atteindre plusieurs millions de dollars, majoritairement fondées sur une préférence nationale. Ainsi, l'on peut noter le soutien de la DEG à Mobisol, entreprise allemande, celui d'USAID à PEG Ghana, créée par deux Américains, ou encore les subventions de la DFID à M-Kopa, dont l'un des fondateurs est britannique⁴.

Le dynamisme du PAYG témoigne de l'attractivité de ce modèle. Principalement déployé en Afrique de l'Est, il essaime depuis peu en Afrique de l'Ouest, grâce à des start-up africaines et françaises ainsi que des d'initiatives d'envergure menées par Orange⁵, Engie⁶ et EDF⁷.

Cela dit, il est encore trop tôt pour confirmer la rentabilité du PAYG sur le long terme ; le passage à l'échelle de cette solution pose de nombreux défis (cf. chapitre 3.2.2.). Certains investisseurs s'inquiètent même d'une décorrélation entre l'engouement que le modèle suscite et la capacité réelle de rentabilité des entreprises (cf. encadré). En mai 2019, un des pionniers du PAYG, Mobisol, a fait publiquement part de ses difficultés en 2019⁸.

En approche interventionniste, le financement des projets relève d'une mécanique complexe qui peine à trouver sa maturité.

Plus complexe que l'approche libérale car intégrant un volet étoffé d'ingénierie sociale, l'approche interventionniste est susceptible de répondre à la palette complète des usages sociaux, domestiques et économiques, dans une dynamique visant un service public de l'électricité. Cette efficacité a une contrepartie : les schémas sont gourmands en dons et en aides.

La répartition des dépenses de CAPEX est marquée par le poids significatif des dépenses d'études, d'assistance et de renforcement de capacités.

Partons de l'exemple des miniréseaux par énergies renouvelables. L'information disponible sur le financement de ce schéma d'électrification – dont l'histoire est plus ancienne que le PAYG et la mise en œuvre repose sur des projets dont les résultats sont plus souvent publics – est logiquement plus abondante que pour le PAYG.

1. Promotion et Participation pour la Coopération économique, « Financer les start-up pour construire les économies de demain en Afrique », Revue secteur privé et développement, n° 29 (2018).

2. Chamberline Moko, « La firme kenyane M-Kopa lève des fonds auprès du japonais Sumitomo Corporation », Agence Ecofin, 2019, <https://www.agenceecofin.com/solaire/0801-63041-la-firme-kenyane-m-kopa-leve-des-fonds-aupres-du-japonais-sumitomo-corporation>.

3. « BBOX lands USD 31 million deal with AIIM », BBOX, 2019, <https://www.bbox.co.uk/bbox-lands-usd-31-million-deal-africa-infrastructure-investment-managers/>.

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

5. Depuis 2017 au Sénégal, au Mali, au Burkina Faso et au Cameroun.

6. Après avoir racheté la société Fenix.

7. A partir de 2016 en Côte d'Ivoire puis au Ghana.

8. Avant d'être racheté par Engie début septembre 2019.



Un enthousiasme immodéré ?

Il y a peut-être trop d'engouement pour ce secteur qui n'a pas encore résolu l'enjeu majeur de définition du modèle d'entreprise et peut avoir du mal à faire face aux attentes de forte croissance et aux incitations mal alignées de nombreux investisseurs en capital-risque. Aimerions-nous voir un capital bien aligné, bien déployé dans le secteur ? Absolument. Pensons-nous qu'il existe des entreprises de choix focalisées sur la rentabilité et l'efficacité du capital qui méritent ce capital ? Certainement. Néanmoins, de manière générale, nous craignons de nous diriger vers un *hype cycle*¹ dont la trajectoire ne nous plaît pas beaucoup.

Source : Diane Isenberg, Greg Neichin et Mary Roach, « An Impact Investor Urges Caution on the 'Energy Access Hype Cycle' », Next Billion Blog, 2017, <https://nextbillion.net/an-impact-investor-urges-caution-on-the-energy-access-hype-cycle/>.

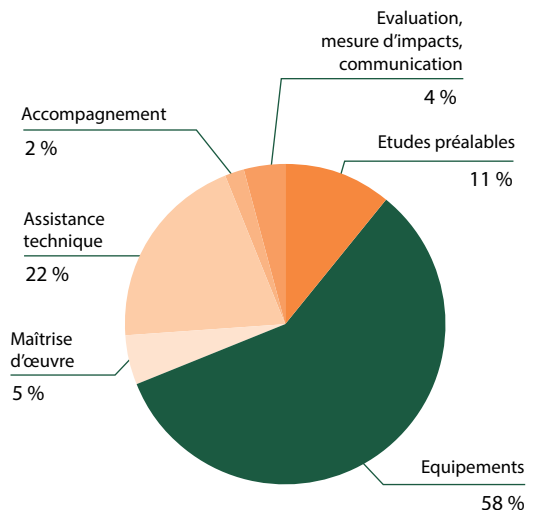
1. lancement de la technologie (prototypes, tests),
2. hype (engouement exagéré des médias et des financiers, création de multiples startups pour développer et commercialiser) ;
3. anti-hype (éclatement de la bulle, parfois associé à un krach boursier)
4. création de produits deuxième génération avec développement progressif et solide du marché (fondé sur une appréciation réaliste de l'étendue et de la valeur des applications concrètes de la technologie) ;
5. plateau de productivité (technologie rodée permettant le développement de produits de troisième génération).

Quel que soit le mécanisme d'exploitation (délégation de gestion de service public, partenariat public-privé), le maître d'ouvrage cherche à mobiliser des fonds pour couvrir l'investissement et pallier le manque de financements locaux.

Les besoins en financement pour la réalisation des différentes phases d'un projet de miniréseau (cf. schéma) sont d'autant plus importants que le programme a de l'envergure – ce qui est souhaitable, notamment une amplitude régionale, afin de créer un effet d'échelle et de favoriser une dynamique d'aménagement du territoire (cf. les préconisations en ce sens dans la partie 4 de l'ouvrage).

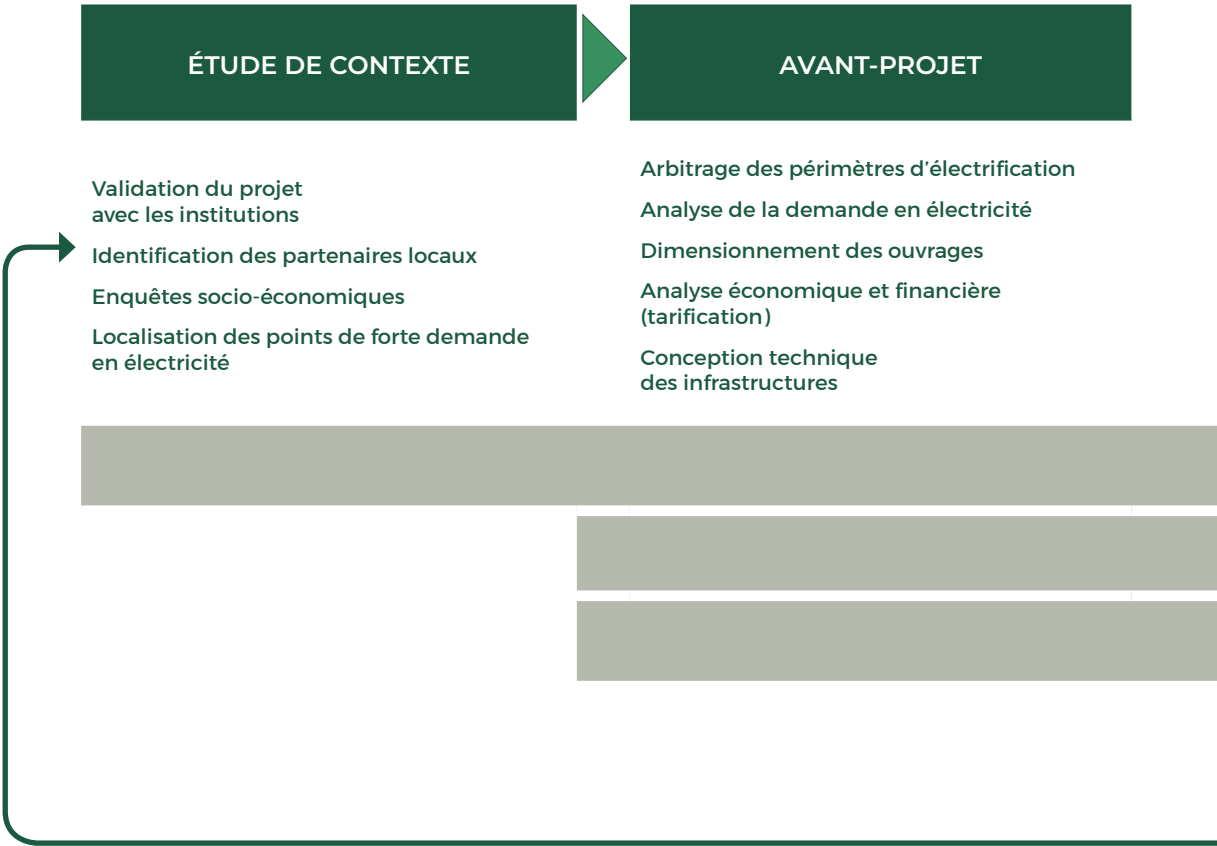
A titre d'exemple, pour un programme régional d'électrification d'une centaine de localités rurales de 3000 à 5000 habitants chacune, l'investissement est de l'ordre de 150 millions d'euros et se répartit de la manière suivante¹ :

Plus de la moitié des investissements concernent les équipements

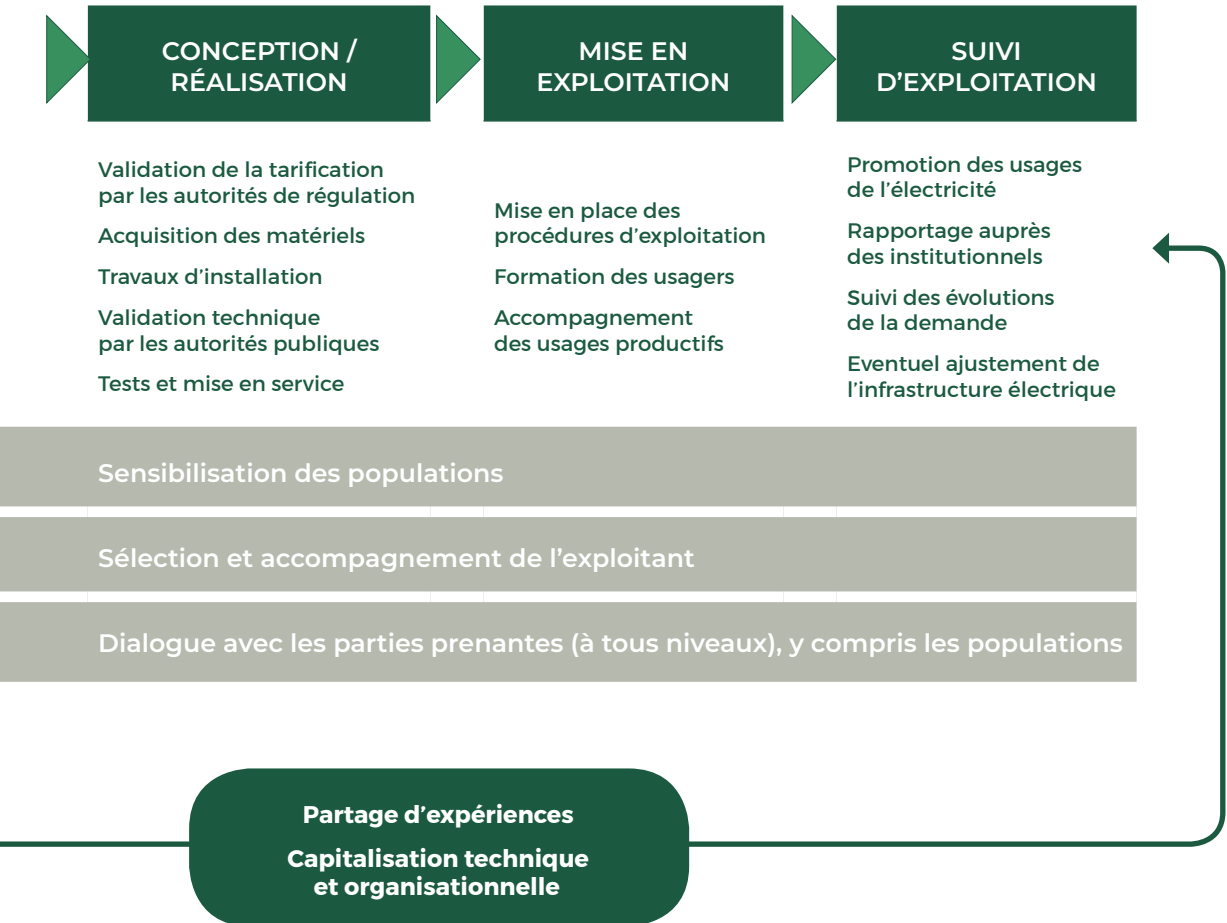


Source : Fondation Energies pour le Monde.

Les étapes d'un projet d'ERD



Source : Fondation Energies pour le Monde.



Les équipements matériels de production (*hardware*) représentent un peu plus de 50 % du budget, ce qui signifie que **près de la moitié des coûts sont liés à des activités d'analyse, d'assistance et de renforcement des capacités**².

Ce constat n'est pas valable que pour le miniréseau. Essentielles pour la réussite d'un programme en approche interventionniste, quelle que soit son envergure, ces prestations intellectuelles (*software*) ne doivent en aucun cas être sous-estimées :

- **les études préalables** sont nécessaires à l'élaboration de l'avant-projet sommaire puis de l'avant-projet détaillé, qui permettent de dimensionner le miniréseau.

Elles sont coûteuses car le terrain d'étude rural est difficile d'approche : les déplacements sont longs et parfois hasardeux, les sources d'information, peu nombreuses et peu fiables, doivent être recoupées, et les parties prenantes sont nombreuses ;

- **l'assistance technique auprès de la maîtrise d'ouvrage** est indispensable, compte tenu du caractère innovant du secteur et de la diversité de l'écosystème de parties prenantes qu'elle doit rassembler (cf. chapitre 2.4.1.) ;

- **la présence d'un maître d'œuvre*** est nécessaire, compte tenu des aspects techniques des infrastructures électriques ;

- **les mesures d'accompagnement**, et notamment les actions de sensibilisation et de formation déployées auprès des usagers et de l'exploitant, sont essentielles, compte tenu du public ciblé et de l'importance de la qualité de l'exploitation des infrastructures installées (cf. chapitres 2.4.2. et 3.5.3.).

Lorsqu'il est pris en charge par les promoteurs de projets sans subvention, le coût de ces différentes interventions est répercuté sur la tarification,

limitant les capacités d'accès à l'électricité et pénalisant la pertinence du projet.

C'est un point essentiel d'amélioration des dispositifs de financement, qui couvrent trop imparfaitement les dépenses autres que celles d'équipement (cf. les préconisations adressées aux bailleurs de fonds en partie 4).

Il est nécessaire de promouvoir une logique de financement mixte pour répondre au caractère mixte des projets.

En approche interventionniste, l'ERD n'est, au final, ni purement marchande ni purement sociale. Elle cherche son équilibre économique. Cette recherche se traduit par la complexité des montages financiers.

Sources et mécanismes de financement suivent le rythme du changement d'échelle de l'électrification rurale, de l'évolution des techniques mises en œuvre et de l'appréciation des risques. Une large palette d'acteurs très divers (donateurs individuels, ONG, collectivités, philanthropes, bailleurs de fonds internationaux) a permis la réalisation des premières initiatives d'ERD, grâce à des dons et/ou des prêts aux conditions avantageuses.

Le schéma de financement le plus pertinent consiste à associer prêts et subventions.

Ce mix permet d'alléger au maximum le coût d'investissement pour le promoteur et d'ajuster le tarif payé par l'usager. Les acteurs recourent notamment aux prêts dits « concessionnels », qui sont adaptés aux projets à externalités sociales et économiques élevées, comme les projets d'ERD :

1. Source : Fondation Energies pour le Monde.

2. A noter qu'un programme régional comprenant plusieurs miniréseaux nécessite plus d'assistance à maîtrise d'ouvrage que des projets plus localisés.

- les prêts sont « concessionnels » car accordés à un taux très avantageux pour l'emprunteur ;
- ils peuvent être « souverains » (accordé à un Etat ou ses émanations) ou « non souverains » (cf. présentation plus détaillée infra).

Reste que l'ERD n'est pas sans poser des problèmes d'organisation interne aux organismes de financement et aux Etats :

- **sa nature hybride, entre développement rural et électrification, leur est peu familière** et se prête mal au partage habituel des compétences et à l'échange d'informations entre les services de ces organismes ;
- **chaque projet relève d'une conception « sur mesure »** et nécessite de collecter un grand nombre de données, pas toujours disponibles, sur le terrain ;
- **chaque projet demande un temps significatif** pour couvrir des coûts d'études et de préparation qui sont proportionnellement plus élevés que pour l'électrification urbaine et industrielle ;
- **les aspects financiers sont relativement complexes**, même pour les projets modestes, notamment parce qu'une part importante de l'investissement est amortie sur le long terme, ce qui augmente les risques et les rend plus difficilement appréciables (alors même que certaines données d'expérience, utiles, sont gardées confidentielles par les opérateurs privés).

Malgré ces difficultés, plusieurs outils de financement propres aux projets d'intérêt général sont aujourd'hui mobilisables par les acteurs privés ou publics en soutien d'un programme d'ERD en logique interventionniste.

Les financements accessibles aux acteurs publics.

Les dons et subventions ont répondu aux multiples demandes émanant du terrain, notamment des ONG, des associations locales, des collectivités ou des Etats pour satisfaire aux besoins en financement d'usages sociaux. Le résultat est mitigé :

- ces mécanismes ont permis aux pionniers de l'ERD d'expérimenter les premières installations faisant appel aux énergies renouvelables, d'en justifier la pertinence et de les améliorer ;
- associés à des actions de suivi, ils répondent à des besoins sociaux spécifiques des populations rurales : amélioration de la santé grâce à la conservation de vaccins, approvisionnement en eau grâce au pompage solaire, etc. ;
- l'expérience montre que ces aides prenant en charge la totalité de certains investissements sont sources de vulnérabilité : si les charges de maintenance à long terme ne sont pas correctement prises en compte par la collectivité, le système est souvent délaissé à la première panne ou au moment du renouvellement du composant le plus fragile ;
- même s'ils font partie de la solution, ces mécanismes, seuls, sont impuissants à faire face à l'urgence et à l'envergure de la demande.

La mobilisation d'autres financements a donc été nécessaire pour démultiplier les capacités d'intervention des Etats ou des collectivités publiques et pour mener des programmes de grande échelle sans pour autant sacrifier à l'objectif d'intérêt général.

Les prêts concessionnels souverains bénéficient aux Etats et leurs émanations (ministères, sociétés nationales). Ces entités sont en mesure de mobiliser des fonds auprès de banques de développement multilatérales (Banque mondiale, Banque africaine de développement, par



Aide à la demande et aide à l'offre

La mécanique de subventions, longtemps sollicitée pour répondre aux besoins exprimés sur le terrain, s'inscrit actuellement dans une dynamique nouvelle et contestable : de nombreux pays industrialisés utilisent cet outil financier pour accompagner l'offre de leurs industriels nationaux.

Les équipements sont parfois livrés gracieusement pour démontrer la qualité du matériel, souvent sans que les conditions nécessaires à leur appropriation soient vérifiées. Dès lors, cette modalité de financement, qui paraît a priori adaptée au regard de la situation financière des pays bénéficiaires, présente en réalité de sérieuses limites :

- la responsabilisation des parties prenantes locales, et en particulier de la maîtrise d'ouvrage et des usagers finaux, est faible puisqu'ils n'ont pas participé financièrement à l'acquisition des équipements ;
- le mécanisme de paiement du service de l'électricité est perçu comme incohérent (puisque les équipements sont gratuits), laissant présager de grandes difficultés lors du renouvellement de composants, en premier lieu celui de la batterie après deux à dix ans de fonctionnement ou en cas de défaillance d'un équipement.

Source : Fondation Energies pour le Monde.

exemple) ou bilatérales (AFD, KFW...) :

- proposant un taux d'intérêt bas, voire très bas, les prêts concessionnels ont en général des maturités longues, supérieures à vingt ans, assorties d'années de grâce (franchise totale) ;
- la différence de conditions d'emprunt entre un prêt concessionnel et un prêt commercial est alors appelée « l'élément don ».

L'emprunteur doit réunir deux conditions pour se voir accorder ce type de prêt, liées aux risques inhérents aux pays en développement (cf. infra) :

- être rodé à ce type d'outils financiers et capable d'en maîtriser la gestion ;
- obtenir une garantie d'Etat, dite souveraine (« un Etat ne peut faire défaut »).

En pratique, dans le secteur électrique des pays du Sud, seules les sociétés d'électricité peuvent obtenir une garantie souveraine, par le ministère des Finances. Situées en dehors du secteur conventionnel de l'électricité, insuffisamment structurées et inexpérimentées en gestion financière, les agences de l'électrification rurale ne sont pas considérées comme présentant les mêmes conditions de fiabilité et de solvabilité que les sociétés nationales.

Il faut également avoir à l'esprit que les règles relatives à l'endettement des pays peuvent faire obstacle à la mise en place de ces mécanismes de prêts souverains.

Concernant le prêteur, il est important de souligner deux choses :

- les pays membres de l'OCDE sont contraints de respecter des conditions strictes, dites du consensus, dans l'octroi de leurs prêts concessionnels, pour justifier du taux très favorable accordé (cf. encadré). Ce n'est pas le cas des pays non membres de l'OCDE, devenus des acteurs incontournables de l'aide au développement, libres de leurs conditions d'octroi (Chine, Inde) ;
- les prêts concessionnels souverains sont

assortis de conditions de préférence nationale. A titre d'exemple, les prêts concessionnels du Trésor français prévoient l'achat en France de biens et services pour au moins 70 % du montant total du prêt.

Les financements publics accessibles au secteur privé

Différents types d'acteurs financiers sont susceptibles de soutenir les projets d'ERD en logique interventionniste portés par des acteurs privés. Souvent trop peu attractifs ou trop risqués pour les marchés financiers classiques, ces projets sont notamment soutenus par des bailleurs de fonds publics.

Les agences publiques de développement, qui ont soutenu traditionnellement les Etats (prêts, dons) et les associations (dons), ont diversifié leurs partenariats. Elles ont élaboré de nouveaux schémas innovants qui permettent de soutenir un nouveau type d'acteurs sur la base d'un double constat :

- au Sud, les Etats ont montré leurs limites en matière d'élaboration, de montage, d'exploitation et de gestion de projets d'infrastructure publique, et notamment en matière d'électrification rurale ;
- à la faveur du désengagement des bailleurs publics dans les années 80, le secteur privé a pris le relais, parfois avec succès (comme Bouygues en Côte d'Ivoire), grâce à la compétence de ses équipes et à sa flexibilité.



Conditions de consensus OCDE : l'exception de l'intérêt général

A partir de 1976, certains pays de l'OCDE ont entamé des discussions afin de coordonner leurs politiques en matière de crédits à l'exportation. Dans le prolongement de ce « consensus », l'Arrangement sur les crédits à l'exportation bénéficiant d'un soutien public a été élaboré, avant d'entrer en application en avril 1978.

Convention non contraignante, ce *gentlemen's agreement* a pour objectif d'encadrer l'intervention publique et d'assurer la transparence afin de maintenir des règles du jeu uniformes et des conditions de concurrence loyale. La concurrence entre exportateurs doit ainsi être fondée sur la qualité et le prix des biens et services exportés, plutôt que sur les conditions financières les plus favorables que peuvent offrir les membres. L'accord détermine les conditions et modalités des crédits à l'exportation (taux d'intérêt, durée de crédit, primes de risques). Dix participants sont liés par cet accord : l'Australie, le Canada, l'Union européenne (et ses Etats membres), le Japon, la Corée du Sud, la Nouvelle-Zélande, la Norvège, la Suisse, la Turquie et les Etats-Unis. Bien que ne constituant pas un acte de l'OCDE, cet arrangement volontaire est toujours en vigueur aujourd'hui.

Source : OCDE , « Arrangement sur les crédits à l'exportation bénéficiant d'un soutien public » (Paris, 2018).

Les banques de développement, notamment la Banque mondiale, ont ainsi élargi les critères d'éligibilité de leurs prêts et dons aux acteurs capables de créer un effet de levier sur les financements publics. Elles acceptent ainsi de financer un opérateur privé :

- s'il s'engage à **multiplier et à exploiter les infrastructures** installées ;
- à travers les instruments financiers classiques : **prêts concessionnels non souverains mais aussi, de plus en plus fréquemment, dons** (cf. encadré).

Cette évolution récente, qui permet de concevoir de nouvelles modalités de financement de projets d'infrastructures publiques en général, bénéficie à l'ERD par énergies renouvelables (principalement solaire, hydraulique ou hybride).

Avec ce soutien additionnel, les opérateurs privés sont plus à même de concevoir des montages financiers équilibrés qui leur permettent à la fois :

- **de délivrer des services électriques** adaptés au milieu rural ;
- **et de renforcer la viabilité économique** de leurs activités.

La rentabilité d'un système électrique étant faible (capacité contributive des usagers très limitée), et le retour sur investissement long (durée des concessions de vingt ans), l'analyse du financement et le montage financier des projets sont déterminants et les ressources utilisées doivent être adaptées à ce type d'opérations (crédits long terme, éléments dons).

Pour dégager une rentabilité, plusieurs conditions doivent être réunies :

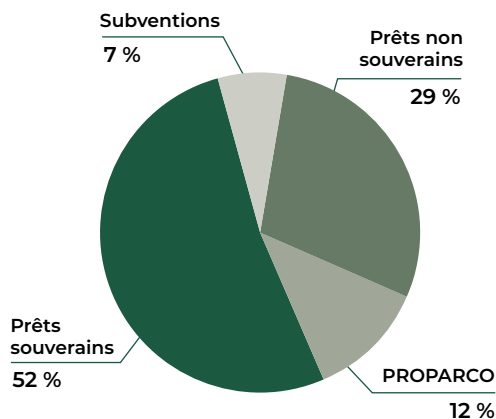
- **la taille des unités de production** doit être déterminée en considérant la capacité des abonnés, c'est-à-dire leur capacité contributive objective mais aussi leur volonté de payer leurs consommations selon la tarification convenue ;



Les acteurs privés représentent environ 20 % des engagements 2012-2017 de l'Agence française de développement,

qui a annoncé que cette part était amenée à croître.

Répartition par outils financiers des engagements du groupe AFD sur l'énergie en Afrique sur la période 2012-2015 (total : 3,5 Md €)



Source : AFD, « Accélérer la transition énergétique en Afrique » (Paris, 2016), 3.



Exemple de don ayant bénéficié à un opérateur privé : la Facilité d'énergie propre hors réseau (Off-Grid Clean Energy Facility, OCEF) au Bénin

La Facilité d'énergie propre hors réseau (OCEF), mise en place dans le cadre d'un accord de don signé en 2015 entre les gouvernements des Etats-Unis et du Bénin, est un **mécanisme d'appui financier par appel à concurrence destiné aux promoteurs de projets d'électrification hors réseau**.

L'OCEF vise à accroître l'accès à l'électricité pour la majorité de la population actuellement non desservie dans les zones rurales et périurbaines, en réduisant les coûts initiaux de raccordement et les obstacles à l'investissement dans le secteur de l'énergie électrique. Elle recherche un effet multiplicateur grâce à des partenariats avec des entreprises privées, des ONG, des communautés et autres structures qui proposent des solutions (commerciallement) viables hors réseau et des alternatives énergétiques propres adaptées à la réalité du Bénin.

La contribution financière fournie par l'OCEF est un co-investissement qui sert à augmenter la rentabilité de l'activité à un niveau acceptable pour l'investisseur et pour l'OCEF. Chaque demande soumise est jugée sur son plan d'affaires et son plan financier. Le soumissionnaire doit apporter une contribution minimum de 25 % des investissements totaux du projet. Cette contribution peut être constituée de fonds propres, de contributions financières d'un partenaire ou d'un autre bailleur de fonds, d'un crédit bancaire et/ou d'une valorisation d'apport en nature. Il est recommandé que les entités commerciales ciblent une contribution propre d'au moins 50 %.

L'enveloppe disponible pour le dernier appel à projets, datant de novembre 2018, était de 20 millions de dollars US.

- **la tarification du service** doit inclure les charges récurrentes de gestion et de maintenance, le renouvellement des équipements à durée de vie moyenne (les batteries, régulateurs et groupe électrogène) ainsi que l'amortissement des équipements et du réseau, le coût des couvertures de risques et assurances, le coût des remboursements d'emprunts, du capital et la marge ;
- **le phasage des opérations** doit idéalement s'inscrire dans une programmation et viser à terme une couverture géographique permettant

d'atteindre un nombre suffisant d'utilisateurs allant, selon les leçons de l'expérience, de 10 000 à 30 000 raccordements ;

- **l'exploitation** doit être assurée par un ou plusieurs opérateurs dotés d'une autonomie de gestion adaptée au caractère rural des projets (enclavement, satellisation des unités de production, etc.).

Cependant, peu d'acteurs locaux sont capables aujourd'hui de cette autonomie : très rares sont ceux qui ont l'expérience de terrain requise

(exploitation de plusieurs systèmes ruraux en parallèle). Ce qui amène certains opérateurs à tenter des solutions sans intervention humaine et déplaçables en cas d'extension du réseau interconnecté ou d'échec dans une localité (solutions containerisées).

Ces conditions étant connues, c'est à partir d'un plan d'affaires, ou *business plan*, qu'un dossier de financement pourra être élaboré et soumis aux différents partenaires financiers pressentis pour le projet.



© Fondation Énergies pour le Monde

L'équipe exploitante et comptable, élément clé de la gestion des installations.

Le plan d'affaires, document de référence pour la décision de financement.

Il inclut une analyse précise des événements qui peuvent survenir pendant la durée du remboursement (calée sur celle des infrastructures et prévue généralement sur quinze à trente ans), et une étude de sensibilité qui montre sa robustesse (cf. encadré).

Fondé sur les résultats des études réalisées en amont du projet pour collecter des informations détaillées et quantifiées sur tous les aspects de ce dernier, le plan d'affaires permet :

- de mettre en cohérence tous les éléments constitutifs d'un projet ;
- d'identifier les facteurs de risque et les mesures adaptées de maîtrise ;
- de déterminer les indicateurs à suivre pour évaluer la performance après la mise en œuvre du projet.

En électrification rurale, et plus particulièrement dans sa modalité décentralisée, élaborer un plan d'affaires équilibré, voire dégageant un autofinancement après paiement de toutes les charges et couverture des risques inhérents à ce secteur, est un exercice indispensable, mais particulièrement difficile.



L'étude de sensibilité : tester la robustesse du *business plan*

L'analyse financière est incontournable ; son insuffisance est souvent la cause de l'échec des projets. Elle est traduite dans un outil, le plan d'affaires (ou *business plan*), et ses différentes composantes, telles que les études de sensibilité et l'analyse de risques.

Une fois que le plan d'affaires est établi en tenant compte des objectifs des différents protagonistes, il doit être soumis à une série de tests ou « étude de sensibilité », portant sur certains facteurs difficilement prévisibles, comme le nombre d'utilisateurs, le tarif acceptable, la durée de la montée en puissance du projet, la durée de vie des principaux composants.

L'étude de sensibilité permet de définir les éventuels palliatifs pour conforter la pérennité du projet et sa rentabilité ainsi que d'affiner les indicateurs de suivi de performance (risques/opportunités à surveiller).

Les risques pesant sur la viabilité économique des projets d'accès à l'électricité en milieu rural.

Plusieurs facteurs ont un rôle prépondérant dans la constitution d'un plan d'affaires, et les études de sensibilité montrent, comme l'indiquent les schémas suivants, combien leurs variations sur les produits comme sur les charges peuvent en affecter les résultats.

Sur les produits :

- **l'atteinte du taux de desserte** escompté, au fur et à mesure des années, aura un impact décisif sur la participation des abonnés à l'investissement des interfaces et sur la quantité d'électricité vendue ;
- **le paiement effectif de la quantité d'électricité vendue** ou, en cas de prépaiement, la propension à payer la quantité d'électricité escomptée, aura un impact sur le volume des produits collectés ;

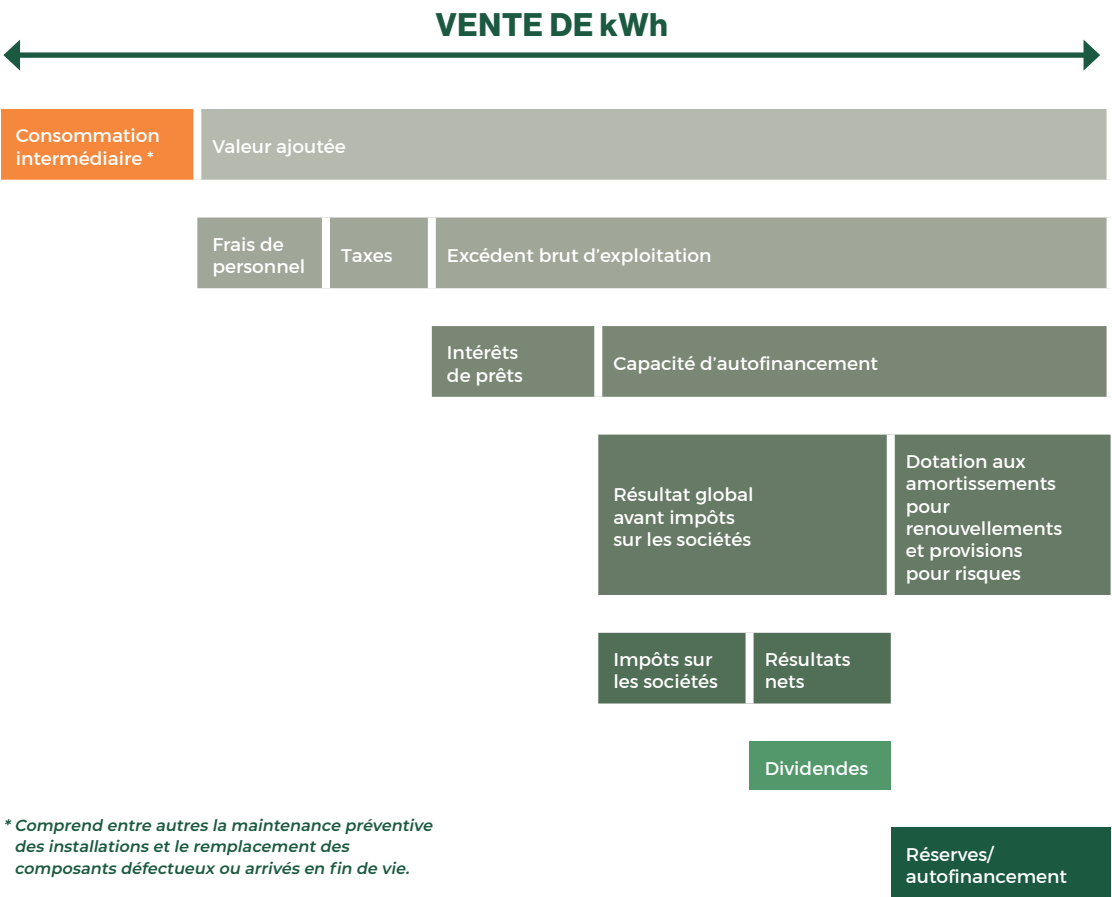
- **le bon fonctionnement des équipements**, dont il est prouvé qu'une panne affecte significativement la confiance des abonnés dans la fiabilité du système.

Sur les charges :

- **le respect des coûts d'exploitation**, et en particulier de celui des déplacements (par exemple : coût de réparation des véhicules) ;
- **la tenue des performances des batteries** telles qu'escomptées : ces équipements représentent approximativement la moitié du montant d'investissement du poste production.

C'est donc dans la maîtrise de ces facteurs, intimement liée à la connaissance du contexte local, de son histoire, de l'économie locale et des rapports humains, qu'un plan d'affaires réaliste peut s'élaborer.

Structure des coûts d'exploitation d'un système électrique



Source : Fondation Energies pour le Monde.

Les projets d'ERD présentent souvent des niveaux de risque susceptibles de faire renoncer nombre d'investisseurs et d'opérateurs. Les principaux risques sont les suivants :

• **les risques commerciaux** : surestimation du marché en volume ou en vitesse de croissance, surestimation de la capacité contributive ou de la volonté de payer des usagers équipés, sous-estimation des coûts d'exploitation ;

• **les risques politiques** : non-respect, rupture ou application tendancieuse du contrat de concession (fait du prince), mobilisation insuffisante des ressources financières aux différents niveaux territoriaux (Etats, provinces, municipalités), non-paiement des usagers publics (écoles, centres de santé, etc.), évolution réglementaire défavorable sur les transferts de fonds à l'extérieur du pays ou la convertibilité des devises locales,

risques de guerre et troubles civils ;

- **les risques techniques** : rythme d'installation non respecté, erreur d'appréciation des probabilités de défaillance technique sur le parc d'équipements, mauvaise utilisation des équipements par les usagers, vol ou vandalisme, détérioration des matériels liée à un événement naturel ou accidentel (incendie) ;
- **les risques socio-économiques et culturels** : contestation ou remise en cause des modalités proposées par les usagers, crise économique régionale affectant gravement les capacités de paiement et/ou induisant des départs en nombre.

L'opérateur peut recourir à quelques mécanismes de transfert ou de couverture de certains de ces risques. Cependant, assurances et garanties induisent des charges d'exploitation qui pénalisent la rentabilité de l'activité.

Ces facteurs de complexité, de renchérissement et de vulnérabilité des projets sont indissociables du contexte dans lequel l'ERD s'insère. Les bailleurs en prennent acte, pour permettre la réalisation des bénéfices sociaux et environnementaux liés à l'électrification d'un territoire.

Le tableau infra dresse un inventaire non exhaustif des bailleurs et agences de développement impliqués dans des projets d'accès à l'électricité en milieu rural, ainsi que leurs modalités d'intervention :

Peut-on financer le changement d'échelle qui est nécessaire ?

Comme évoqué en introduction de cet ouvrage et rappelé au début de ce chapitre, le développement de l'Afrique subsaharienne passe par son développement rural inclusif, et donc par une action ambitieuse d'électrification des territoires ruraux, bien plus ambitieuse que l'action actuelle.

Les mécanismes traditionnels de financement ont atteint leurs limites.

Les interventions des bailleurs de fonds telles que décrites précédemment ne permettent pas de réaliser le changement d'échelle susceptible de satisfaire aux objectifs fixés dans le cadre des ODD ou de l'initiative SE4ALL des Nations unies. Entre 2000 et 2015, la Banque mondiale a financé des programmes de grande envergure (Sénégal, Mali) qui n'ont pu être réalisés dans leur intégralité au rythme prévu, montrant ainsi les limites de ce type de stratégie.

En parallèle, les programmes de plus petite envergure (300 000 à 1 million d'euros selon la taille des localités et la morphologie sociospatiale du territoire) souffrent d'un manque de financement. Et cela pour plusieurs raisons (dont la plupart ont déjà été évoquées mais qu'il est sans doute utile de rassembler ici) :

- les projets d'accès à l'électricité en mode décentralisé d'une localité sont de taille réduite, au regard des montants que les agences de développement ont l'habitude de manier. Ils engendrent donc pour elles des coûts fixes proportionnellement lourds ;

.....

L'enjeu principal des acteurs financiers est d'évaluer le niveau de risque de leurs investissements au vu des aléas géopolitiques encore très importants dans de nombreuses régions. Par ailleurs, les possibilités de réduire leur risque en diversifiant leurs actifs sont aujourd'hui limitées par le nombre restreint de projets.

Institut Choiseul, « Afrique, les acteurs clés de l'énergie » (Paris, 2017).

.....

A qui s’adresser pour financer un projet d’ERD ?
Les bailleurs et leurs offres financières mobilisables sur l’électrification

Type de bailleurs	Multilatéraux Bilatéraux	Instruments financiers proposés
« Donneurs »	PNUD, UE... GIZ, DFID, USAID	Subventions
Institutions financières internationales (IFI, banques de dével- oppement)	Banque Mondiale, BAD, BEI... AFD, KFW, JICA...	Prêts souverains/ non souverains concessionnels Prêts propres du marché Subventions d'appui (études, assistance technique, pilotes...)
Banques filiales des IFI (DFI, <i>dev. financial instit.</i>)	SFI... Proparco, DEG, FMO...	Prêts aux conditions du marché Participations (<i>equities</i>)
Banques ou fonds privés d'investissement	Internationales Locales	Prêts aux conditions du marché Participations (<i>equities</i>)

Source : Fondation Énergies pour le Monde



Le soutien de l'Agence française de développement à l'électrification rurale

L'ERD devient significative en montants d'octrois à partir de 2013, avec en moyenne 35 M€/an financés sur l'ERD depuis six ans.

- En moyenne chaque année 8 ou 9 projets par an sont engagés depuis 2013, avec une progression sensible de l'ERD (5 à 6 projets en moyenne par an).
- « Electrification en Réseau » (ER) et ERD confondus, les octrois de l'AFD sont en moyenne de 180 M€/an sur 2016-2018, dont 70% en Afrique subsaharienne.
- Entre 2016 et 2018, les moyennes d'octrois sur l'ER sont de l'ordre de 40 M€/projet, alors que pour les projets d'ERD, elles sont de 6 à 7 M€.
- Majoritairement sur extension de réseau et raccordements, surtout avec des sociétés nationales d'électricité
- Principalement sous forme de prêts souverains rétrocédés avec, sur certains projets, une subvention d'appui de l'Union européenne.

Priorités d'intervention dans l'ERD :

- Zones cibles : Afrique subsaharienne, quelques pays d'Asie
- Accent mis sur le hors réseau articulé avec le réseau interconnecté et la construction de politiques publiques
- Programmes d'équipements PV individuels en pay-as-you-go
- Transformation/déploiement des miniréseaux (PV notamment)
- Programme multimodaux d'électrification, avec assistance institutionnelle et technique et appui « politique publique » (programmations opérationnelles, études tarifaires, cadres réglementaires, etc.)

Les instruments disponibles :

Combinaison des outils financiers selon la demande : prêts directs (souverains, non souverains, privés), lignes dédiées, subventions d'assistance technique ou en soutien à l'innovation, etc.

Source : Christian de Gromard, « Structuration des investissements et outils de financement de l'accès à l'énergie » (Conférence, 22 mai 2018).

- leurs coûts de transaction, c'est-à-dire d'instruction puis de suivi des dossiers, ne permettent pas aux bailleurs de s'engager dans de tels projets à des conditions qu'ils jugent favorables ;
- la standardisation des projets, nécessaire pour pouvoir les agréger au sein d'un seul programme au montant compatible avec les critères des bailleurs, s'avère à ce jour impossible au regard de la diversité des contextes et du manque d'harmonisation des critères au niveau des financeurs ;
- le contexte des pays d'Afrique subsaharienne, marqué par des crises récurrentes, est porteur de risques importants qu'aucun mécanisme de garantie ne permet encore de couvrir¹.

Dans cette situation, entre des Etats aux ressources limitées, des agences de développement frileuses et des opérateurs privés liés par des critères de rentabilité, la majorité des populations rurales subsahariennes ne peut espérer disposer d'un service d'électrification dans un avenir proche.

Pour des raisons d'appropriation pérenne et de logique de gestion, le financement de l'ERD devrait idéalement prioriser la mobilisation de ressources nationales, avant de recourir aux fonds internationaux, devenus auxiliaires. Mais cette perspective semble peu réaliste :

- malgré l'existence de certains mécanismes de taxation sur les consommations, les ressources propres restent très limitées dans les pays concernés (cf. encadrés) ;
- **les banques commerciales des pays d'intervention** ont été interpellées. Mais, encore peu expérimentées dans un domaine innovant et complexe, elles ne sont pas aujourd'hui à même de proposer des solutions adéquates ; elles sont sans doute pourtant les mieux placées pour appréhender les contextes et les risques locaux.

Adossées à des partenaires internationaux, elles

auraient pourtant, par leur proximité avec les acteurs locaux et leur connaissance du contexte, un rôle privilégié à jouer dans la banalisation de l'accès à l'électricité en milieu rural².

Alors, qui d'autre pour financer des programmes d'ERD ayant l'envergure nécessaire ?

Au même titre que les dons et subventions ont anticipé l'intervention des organismes financiers de l'aide au développement, de nouvelles formes de financement et/ou de nouveaux acteurs émergent à leur tour. Les spécificités et les externalités positives de l'ERD favorisent de nouvelles formes de financement. Sans contribuer à la totalité d'un investissement, elles viennent y participer, selon leur taille et leurs caractéristiques, de façon significative.

La coopération décentralisée fait particulièrement sens pour la mise en œuvre de projets d'ERD : l'impulsion de la collectivité du Sud est accompagnée par les moyens de la collectivité du Nord. Les politiques internationales des grandes collectivités françaises (régions notamment) sont également des tremplins pour l'accompagnement des entreprises locales du secteur énergétique à l'export. Les initiatives lancées en 2019 par les régions Nouvelle-Aquitaine et Hauts-de-France en sont deux exemples.

1. Nergis Gülasan et Gail Hurley, « Financer le développement avec des ressources nationales », ID4D, 2015, <https://ideas4development.org/financer-le-developpement-par-une-meilleure-mobilisation-des-ressources-nationales/>.

2. C'est le sens du projet de la Banque Attijari cité par Lionel Zinsou en avant-propos de cet ouvrage et dont les résultats apporteront sans doute des éléments de capitalisation intéressants



Parole de professionnel Olivier Oriol

Quels sont les obstacles que vous rencontrez pour pénétrer le vaste marché africain de l'électrification rurale, actuellement en pleine mutation ?

« Le manque d'uniformisation de l'électrification rurale est l'une des plus grosses difficultés aujourd'hui. Le fait que chaque pays ou chaque bailleur de fonds impose ses propres spécifications techniques sur chaque projet ne nous donne pas de visibilité pour développer des produits répondant à un besoin homogène. De plus, certains financements ne nous donnent pas la possibilité de participer à des projets, ce qui limite notre champ d'action. »

Olivier Oriol, spécialiste des pays en développement depuis dix ans, travaille actuellement sur les thématiques de l'accès à l'énergie en milieu rural en Afrique ; il est responsable Afrique chez Michaud Export.

Retrouvez l'interview intégrale sur la page web de l'ouvrage : <http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

Difficile cependant de lire l'avenir de la coopération décentralisée à la française en matière d'ERD. Ce mécanisme en est encore à ses prémises (exemple : dispositif FICOL supervisé par l'AFD, dont les premiers projets démarrent à l'heure où l'ouvrage est écrit).

Les financements environnementaux constituent un potentiel relais des financements dédiés à l'accès à l'électricité. Le faible impact des infrastructures d'ERD sur l'environnement grâce à la promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique favorise une intervention des organismes impliqués dans la réduction des émissions de gaz à effet de serre. A titre d'exemple, le Fonds pour l'environnement mondial (FEM) et le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM) peuvent accorder des subventions en complément d'autres sources financières (cf. encadré). Ces fonds ne sont pas spécifiquement dédiés à l'accès à l'électricité.

Les fonds d'impact (*impact investment funds*) s'intéressent de plus en plus près aux initiatives d'accès à l'énergie, au-delà de celles qui relèvent d'une approche libérale. Les externalités positives sociales, économiques et environnementales liées aux projets d'électrification rurale hors réseau favorisent l'intervention d'une nouvelle génération d'investisseurs. A l'inverse des bailleurs conventionnels, les investisseurs d'impact soutiennent les projets au-delà du simple financement, en vue de leur aboutissement, jusqu'à la vérification des impacts.

Il n'en reste pas moins que les projets d'électrification décentralisée, pour lesquels les études d'impact sont rares, se plient difficilement à une évaluation quantitative (cf. encadré), ce qui risque de limiter la capacité d'intervention de ces investisseurs.



Le soutien du Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM)

Le mandat du FFEM lui confère un double objectif de préservation de l'environnement et de développement durable. Sa mission est de financer des projets répondant aux enjeux environnementaux mondiaux dans les pays en développement, ainsi que de tester des solutions et capitaliser leurs enseignements afin de contribuer à leur diffusion.

Volume de financement (2017) :

2527 k€ alloués à la transition énergétique (soit environ 20 % des engagements annuels), dont :

- 500 k€ pour un projet de lampadaires solaires connectés au Sénégal ;
- 400 k€ pour un projet de centrales photovoltaïques en autoconsommation en secteur industriel ;
- 390 k€ pour l'industrialisation durable de la fabrication de lampes solaires (Bénin, Burkina Faso, Mali, Sénégal) ;
- 574 k€ pour réduire les impacts environnementaux des filières de distillation d'huile essentielle d'ylang-ylang ;
- des usages économiques liés à l'accès à l'électricité en milieu rural au Vanuatu et en Indonésie.

Orientations stratégiques :

- la nouvelle stratégie 2019-2022 a établi les nouvelles priorités du Fonds.

Une des cinq nouvelles thématiques, transition énergétique et villes résilientes, cible en particulier trois nouveaux défis : l'adaptation des villes au changement climatique et risques naturels, la sobriété en carbone et l'efficacité énergétique, les nouvelles technologies pour la gestion des systèmes énergétiques ;

- une attention particulière est portée aux outils d'innovation : technologiques, numériques, solutions fondées sur la nature, l'innovation frugale, l'approche One Health.

Priorité d'intervention :

- zones cibles : Afrique (77 % des projets octroyés en 2017), Moyen-Orient, Amérique latine, Asie centrale, Asie du Sud-Ouest ;
- priorité donnée aux projets permettant un « accès durable et abordable à l'énergie pour tous et qui favorisent les énergies renouvelables dans la production énergétique » ;
- soutien aux projets qui s'inscrivent dans un cadre stratégique local, adaptés aux contextes locaux.

Les instruments disponibles :

- le FFEM contribue aux projets par des subventions ou contributions en nature. Les taux de cofinancement maximum sont de 30 % (50 % pour les projets très innovants) pour des montants

situés entre 0,5 et 2 millions d'euros :

- appels à projets,
- programme de petites initiatives (PPI) : structuration de nouveaux acteurs de la société civile du Sud (depuis 2006, 200 projets soutenus) ;
- soutien au secteur privé :
- Facilité d'innovation pour le secteur privé (FISP) : contribution par l'intermédiaire de dons ou d'avances remboursables.

Sources : FFEM, « Stratégie 2019-2022 » (Paris : Fonds français pour l'environnement mondial, 2019).

FFEM, « Rapport annuel 2017 » (Paris : Fonds français pour l'environnement mondial, 2018).

Par ailleurs, le ROI attendu par ces derniers n'est pas nécessairement aligné sur le temps long qui est nécessaire pour mesurer les effets de l'arrivée de l'électricité sur le développement local en milieu rural.

Les entreprises sont également sensibles à ces externalités positives. Elles sont la clé de participations diverses issues de mécénats ou de fondations que les entreprises créent dans le cadre de leur politique de RSE (responsabilité sociétale des entreprises) ou d'« engagement sociétal ». Une des pistes consiste notamment à développer des interventions conjointes avec les ONG pour développer les usages productifs dans les communautés accueillant leurs opérations et renforcer les chaînes de valeur liées à leurs activités grâce à l'électrification. Les secteurs de l'agroalimentaire, de l'industrie pharmaceutique, des réseaux et de la réalisation d'infrastructures sont directement concernés. Le secteur financier, et notamment les assureurs et réassureurs, qui font face à des risques financiers majeurs en cas d'insuffisance de la lutte contre les changements climatiques, ont également intérêt à soutenir la massification de l'électrification par énergies renouvelables dans les pays émergents et en développement.

Les diasporas s'inscrivent souvent dans une dynamique de développement local et pallient les déficiences de l'Etat, en finançant l'accès à l'eau, à l'éducation ou à la santé. A ce titre, l'ERD est en mesure d'impliquer les ressortissants des localités à électrifier installés hors du pays.

Leurs membres peuvent contribuer, en numéraire, mais aussi en assistance, au montage des dossiers pour faciliter une électrification locale. Au cours de l'année 2017, la contribution de la diaspora africaine a représenté 65 milliards de dollars (58 Mds €), soit plus du double de l'aide publique au développement, qui s'élevait à 29 milliards de dollars (26 Mds €)¹. Les deux tiers de ces fonds sont utilisés comme filet de sécurité sociale et contribuent à pallier les besoins quotidiens de financement. Dans certains pays, tels la Gambie et les Comores, la contribution de la diaspora peut s'élever à hauteur de 20 % du PIB national².

1. African Institute for Remittances, « Progress report on the African Institute for Remittances » (Nairobi, 2018),

2. Banque mondiale, « Migration and Remittances: Recent Developments and Outlook - Transit Migration » (Washington, D.C, 2018), 24.

Enfin, le financement participatif ne peut être totalement écarté du panorama des nouvelles formes de financement. Il semble possible même pour des projets d'envergure, bien au-delà du spectre habituel des opérations de *crowdfunding*, qui permettent à des associations de faire appel à la générosité du public pour des montants modestes. L'opérateur BBOXX a ainsi récemment levé 6 millions d'euros³ dans le cadre d'une opération de *crowdfunding*. Dans ce cas spécifique, le dispositif mis en place ressemble à une tournée d'investisseurs classique ; par ailleurs, on peut s'interroger sur la compatibilité de la rémunération servie aux prêteurs (jusqu'à 11 %) avec le statut d'entreprise sociale affiché par cet acteur du PAYG.

Ce panorama succinct du financement de l'accès à l'électricité par solutions renouvelables et décentralisées montre qu'il reste plusieurs obstacles à surmonter pour réussir un réel changement d'échelle.

Depuis les années 90, de multiples travaux ciblés sur des approches innovantes de financement ont déjà été entrepris (principalement à l'initiative de l'Union européenne et de la Banque mondiale), sans résultats tangibles rapides.

Si les évolutions technologiques ont fourni un terrain favorable, l'urgence politique favorisera peut-être la levée des derniers verrous du financement d'une électrification de l'Afrique rurale qui soit réellement inclusive et pensée pour une communauté et non pour des individus.



Peut-on évaluer les impacts de l'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 *picosolutions*, 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 beaucoup de précautions.

Beaucoup d'externalités sont indirectes, intangibles et à long terme. Citons-en certaines indirectes, identifiées lors de diverses enquêtes 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, un gain d'une heure supplémentaire de devoirs scolaires par jour, enfin l'amélioration de la socialisation et du bien-être général.

Source : Pierre Jacquemot et Marie-Noëlle Reboulet, « Options technologiques et modèles d'organisation de l'électrification rurale en Afrique », *Afrique Contemporaine* 1-2, n° 261-262 (2017) : 179.

3. « BBOXX receives largest crowd-funded debt raise », BBOXX, 2019, <https://www.bboxx.co.uk/bboxx-receives-largest-crowd-funded-debt-raise-history-solar-africa/>.



Parole de professionnel Guilhem Dupuy

Selon vous, est-il possible de développer des projets d'électrification rurale économiquement viables sans renoncer à l'impact social ?

Il doit y avoir un vrai débat philosophique. Nulle part l'électrification des plus pauvres ne s'est faite par la seule contribution des populations locales. Il faut qu'il y ait des programmes subventionnés. La rentabilité de court terme n'est pas le bon angle d'analyse pour l'électrification rurale.

L'impact social des opérations réalisées par la plupart des entreprises privées, consistant à distribuer des SSI, est insuffisant. Certains entrepreneurs du solaire ayant des activités rentables en zone urbaine/périurbaine utilisent une partie de leurs bénéfices pour financer des opérations en milieu rural, à titre social, sans dégager de marge, voire en y perdant un peu.

A votre avis, les ONG peuvent-elles aider le secteur privé à trouver le point d'équilibre ?

La communauté des impact investors se pose la question des usages productifs depuis plusieurs années car la distribution des systèmes doit permettre l'amélioration des revenus des populations, la création d'emplois. Mais le sujet est complexe : il faut proposer des systèmes plus gros (donc plus chers à l'investissement), interagir avec les professions, expliquer les atouts du solaire, proposer les équipements d'usage (pompage, moulins, etc.), apporter un SAV de qualité pour une réparation rapide sur l'ensemble du système, garder une forte relation au client...

Dès lors, le retour d'expérience des ONG sur l'ingénierie sociale est essentiel, notamment pour former des utilisateurs à la transformation des productions agricoles ou structurer une filière avec une composante énergétique, même si certaines chaînes de valeur sont complexes (biomasse). Il faut donc construire des modèles d'action coordonnée entre entreprises et ONG sur les usages productifs. Les entreprises y ont un intérêt économique.

Guilhem DUPUY, 34 ans, ancien élève de l'Ecole Normale Supérieure, diplômé en économie, statistiques et sociologie, occupe les fonctions de directeur d'investissement chez Gaia Impact Fund. Il a travaillé pour Ecofi et au Crédit Coopératif, où il a contribué à la structuration du secteur de la finance d'impact.

Retrouvez l'interview intégrale sur la page web de l'ouvrage : <http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>



Parole de professionnel Rodolphe Rosier

Pensez-vous que la diaspora peut être une cible commerciale importante pour le déploiement de vos systèmes ?

« Oui, il existe de fortes attentes des personnes issues de la diaspora et vivant en France pour aider les membres de leur famille restés au pays, en Afrique. Nous avons lancé mi-juillet une première offre autour de 10 € par mois sur une durée de trois ans. Elle visait à pallier un manque sur le marché et elle a connu un bon démarrage. Néanmoins, notre axe principal de développement reste la commercialisation de nos SHS directement en Afrique de l'Ouest, où nos partenaires nous font bénéficier de leur implantation et de leurs réseaux. »

Rodolphe Rosier, ingénieur et docteur en management de formation, a travaillé dans le secteur de l'énergie pendant quinze ans ; il a fondé la start-up OniriQ en décembre 2016 avec Mohamed Sarr et Michael Hernandez.

Retrouvez l'interview intégrale sur la page web de l'ouvrage : <http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

En conclusion, l'ensemble des ruptures qui traversent le secteur de l'ERD élargissent la palette d'outils techniques propices au changement d'échelle. Par ailleurs, la tendance générale permet d'être optimiste quant à la capacité à financer ce changement d'échelle, même si les financeurs doivent rapidement trouver des solutions plus adaptées aux projets de taille intermédiaire.

Cela ne doit néanmoins pas faire oublier certaines contraintes opérationnelles, qui sont structurelles de l'ERD et doivent être prises en compte, quels que soient les projets. ●

.....

« Si l'argent et le financement ne sont pas disponibles, il nous sera très difficile de tirer parti des multiples avantages offerts par les miniréseaux. La réalisation de l'ODD 7 – l'accès universel à l'électricité d'ici 2030 – dépend principalement de la capacité à débloquer des flux de capitaux à des échelles plus importantes dans ce secteur. Nous ne pourrons pas y arriver sans résoudre le défi posé par la finance. »

Alexia Kelly, experte en finance climatique et coprésidente du groupe de travail Finance du partenariat mondial pour les stratégies de développement à faibles émissions (LEDS GP)¹.

1. Citée par Charlie Zajicek, « How solar mini-grids can bring cheap, green electricity to rural Africa », Overseas Development Institute, 2019, <https://www.odi.org/blogs/10730-how-solar-mini-grids-can-bring-cheap-green-electricity-rural-africa>.

.....

2.4.

Les facteurs-clés de succès d'un projet d'électrification rurale décentralisée demeurent inchangés.

Au-delà des évolutions techniques et des incertitudes qui viennent d'être évoquées, l'objectif fondamental de l'ERD reste de fournir un service électrique durable et accessible au plus grand nombre. C'est le cap. Mais sur un plan plus opérationnel, quels sont les points de repère méthodologiques utiles pour les praticiens ? L'Afrique subsaharienne est un ensemble de 49 pays extrêmement différents par leur histoire, leur culture, leur géographie, mais aussi par leurs structures institutionnelles et administratives. Pourtant, les expériences qui y sont menées depuis près de cinquante ans permettent de circonscrire des points communs déterminants pour réussir la mise en œuvre d'un projet d'ERD.

Toutes se rejoignent dans un même constat : le facteur humain est décisif. La pérennité du service est très dépendante de son acceptation puis de son appropriation par la population et les autorités locales. Or, cette appropriation est la condition sine qua non de l'impact social et économique positif de l'arrivée de l'électricité.

L'expérience recense quatre types de contraintes, qui transcendent les géographies et les évolutions techniques, et donc quatre champs déterminants de compétences pour les porteurs de projets d'ERD (à tout le moins ceux qui veulent servir l'accès à l'électricité à long terme, et non seulement exploiter une opportunité de marché à court terme) :

- parce que la mise en œuvre de projets d'ERD se caractérise d'abord par des schémas d'acteurs plus ou moins complexes suivant le type de schéma d'électrification, la réussite d'un projet dépend aussi de la qualité de l'orchestration des parties prenantes (2.4.1.) ;
- parce que l'accès à l'électricité est loin d'être seulement une question technologique, les retours d'expérience conduisent ensuite à privilégier une approche sociologique patiente et la mise en place de budgets spécifiques pour pouvoir assurer l'ensemble des activités de sensibilisation, d'accompagnement de médiation nécessaires avant, pendant et après la mise en place du service (2.4.2.) ;
- parce que le secteur fait face à plusieurs problématiques persistantes de qualité des produits et de capacité d'entretien et de maintenance des installations, le projet doit anticiper, dès sa conception, les facteurs de déshérence des équipements après installation (2.4.3.) ;
- parce que, quelle que soit la solution, l'électricité suppose des investissements de la part de l'opérateur et une contribution de l'utilisateur pour accéder à un service pérenne, la tarification est un élément-clé du modèle économique d'un service électrique (2.4.4.).

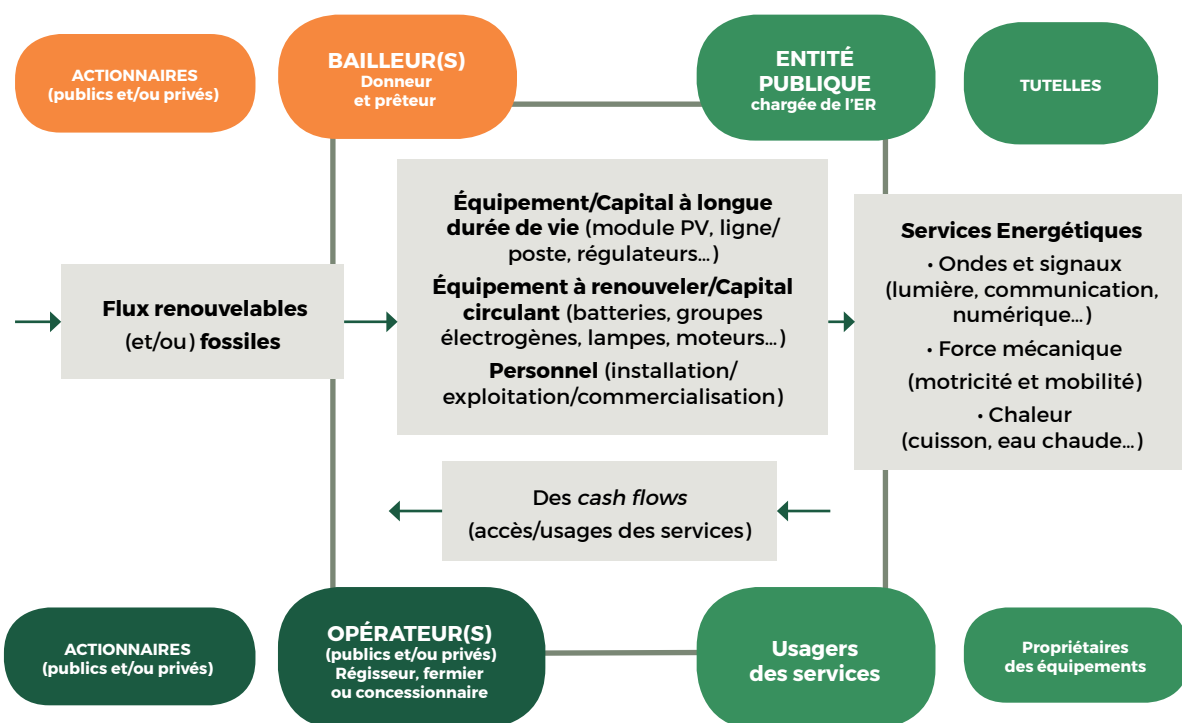
2.4.1.

Construire un écosystème d'acteurs qui devienne in fine autonome n'est pas si simple.

Aujourd'hui, grâce à l'utilisation des énergies renouvelables, les conditions de développement de l'électrification rurale décentralisée sont réunies sur les plans technique et environnemental. Mais ce n'est pas suffisant.

Quel que soit le système installé, il faut également assurer la mise en place d'un écosystème d'acteurs qui fasse durablement fonctionner le service sur le territoire.

Schéma des acteurs de l'électrification rurale : opérateurs, usagers, bailleurs, entités publiques et porteurs de projets



Source : Christian de Gromard.



© Fondation Énergies pour le Monde

Exemple de réunion avec les institutionnels et les acteurs de terrain.



Créer un écosystème autonome grâce au renforcement des capacités des différentes parties prenantes, à tous les niveaux

Le renforcement des capacités est défini, de manière relativement consensuelle dans le domaine du développement international, comme le **processus par lequel les individus, les organisations et la collectivité dans son ensemble libèrent, créent, renforcent, adaptent et préservent, au fil des ans, leurs capacités, c'est-à-dire leur aptitude à gérer leurs affaires avec succès** (OCDE, 2008 ; PNUD, 2009). C'est un processus qui englobe une multitude d'actions et de bénéficiaires, dont l'enjeu est d'avoir un impact sur trois niveaux interdépendants (individuel, organisationnel, environnement global), afin de permettre,

à terme, l'autonomisation complète de l'écosystème local (cf. schéma).

Face au constat d'échec posé par les acteurs de la coopération internationale dans les années 90¹, cette notion est devenue une priorité majeure dans les politiques de développement ; les bailleurs de fonds privilégient une véritable implication et la responsabilisation des acteurs locaux dans la conception et la mise en œuvre des projets, qui doivent aller bien au-delà du simple renforcement de compétences « techniques ».

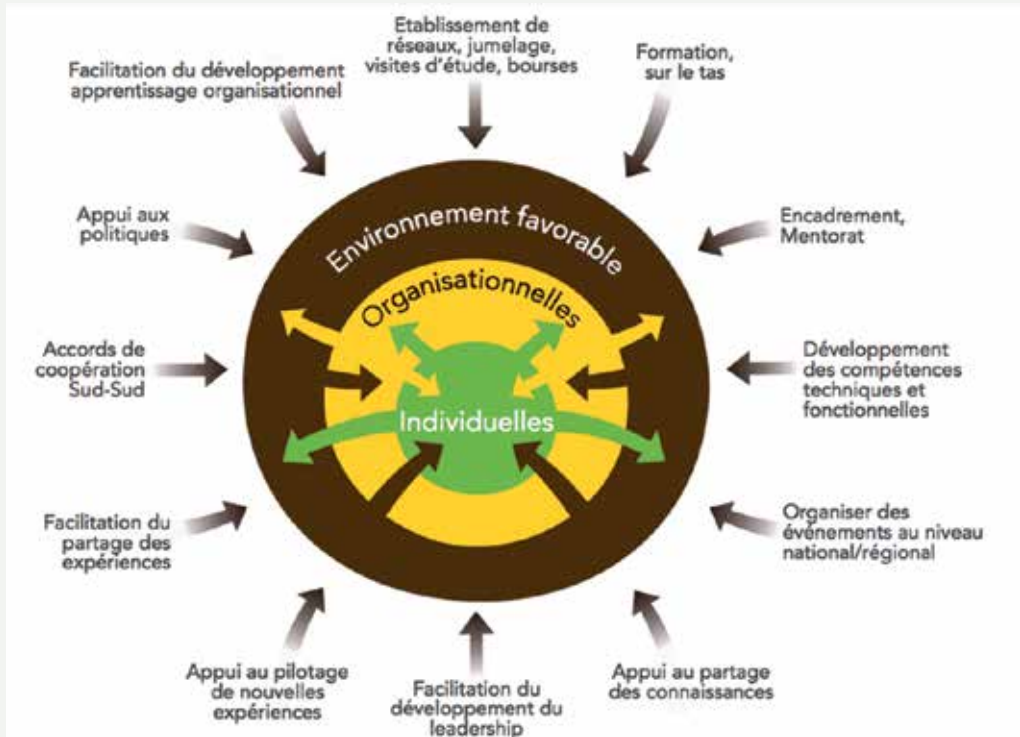
Quelques bonnes pratiques d'intervention :

1. approfondir, en amont du projet, les besoins en renforcement des capacités, avec les différents acteurs locaux ;
2. élaborer, avec les partenaires locaux, une stratégie de renforcement des capacités ;
3. diversifier les approches de renforcement des capacités : formation technique, gestion administrative et financière, mise en réseau des acteurs, appui-conseil ;
4. définir des objectifs spécifiques pour chaque type d'acteurs, à différentes échelles de temps (court, moyen et long termes), avec des indicateurs de suivi précis ;
5. allouer un budget et des ressources spécifiques pour la mise en œuvre, le suivi et l'évaluation de la stratégie.

Le développement de l'électrification décentralisée repose sur une multiplicité de solutions techniques. En Afrique subsaharienne, on retrouve derrière cette diversité les deux approches déjà évoquées (interventionniste, libérale), qui présentent chacune des schémas opérationnels et donc des univers de contraintes spécifiques dépendant de la nature et du nombre d'intérêts en présence.

L'approche interventionniste place la logique de coopération institutionnelle au cœur de la construction de la solution technique.

Avec l'approche interventionniste, qui suppose l'intervention des pouvoirs publics (notamment l'Etat) à plusieurs niveaux, l'électrification rurale



Source : FAO, « Module d'apprentissage. Renforcement des capacités – Principe de base » (Rome, 2010).

1. CDE, 1991; PNUD, 1993; ECDPM, 1992.

décentralisée est perçue comme contributrice au développement économique et social d'un territoire. Cette logique se traduit majoritairement (mais pas uniquement) par l'installation de miniréseaux locaux alimentés par leurs propres moyens de production renouvelable et proposant une tarification inclusive. Le déploiement de ce type de projets suppose de mobiliser et de fédérer un grand

nombre d'intervenants très divers afin de garantir l'amélioration des conditions de vie de la population et la viabilité du service de l'électricité :

- porteurs de projet ;
- usagers ;
- collectivités locales et territoriales les représentant ;
- opérateurs qui exploitent les infrastructures électriques ;

- fournisseurs d'équipements ;
- institutions publiques qui organisent le secteur de l'électricité et le régulent ;
- partenaires financiers.

Le niveau très différent de compréhension et de connaissance de la problématique du secteur électrique et des usages de l'électricité de ces différents acteurs, ainsi que leurs intérêts parfois divergents constituent des contraintes fortes pour développer les projets d'électrification rurale décentralisée.

Les porteurs de projets

Jusqu'à la création des agences d'électrification rurale, les porteurs de projets (ONG, collectivités locales, entreprises) apportaient les initiatives d'ERD dans les territoires. Désormais, si ces organisations peuvent, en dehors des appels d'offres ou des appels à projets, prendre elles-mêmes l'initiative de concevoir et développer un projet d'électrification sur un territoire de leur choix, elles répondent majoritairement à des appels d'offres lancés par ces agences.

Ces agences définissent les périmètres à électrifier et les objectifs de taux d'accès, et sélectionnent les projets sur la base de plusieurs critères :

- nombre d'usagers électrifiés ;
- calendrier de réalisation ;
- grille tarifaire et ses modalités d'indexation ;
- choix technologiques ;
- plan d'affaires ;
- plan de financement.

Initialement, les ministères de l'énergie, au travers de leurs directions de l'énergie, et les ONG spécialisées dans le secteur étaient les deux principaux types de porteurs de projets. Leur attention se fixait principalement sur les usages sociaux de l'électricité. Aujourd'hui, les acteurs privés les ont rejoints, ciblant, quel que soit le modèle,



Taux d'accès

Rapport entre le nombre total d'habitants (ou de foyers) sur un territoire et le nombre d'usagers (ou de foyers raccordés) du service électrique.

les utilisations de plus forte valeur d'usage : télécommunication, éclairage, télédiffusion, activités économiques.

Les usagers et leurs représentants

Destinataires de l'électrification, qui doit répondre au mieux à leurs divers besoins et attentes, c'est de leur comportement que dépendent la viabilité et la pérennité des systèmes d'électrification installés : le volume et la régularité de leurs consommations électriques et de leurs paiements sont les clés de la réussite.

Quelle que soit la catégorie d'usagers de l'électricité ou l'infinité de profils à l'intérieur de chacune d'elles, une attention toute particulière doit être apportée à leur sensibilisation et à leur information sur les utilisations possibles et les risques de l'électricité, et sur la contribution à payer pour disposer du service (cf. chapitre 2.4.2.).

Les ménages constituent la catégorie d'usagers potentiels la plus nombreuse de l'ERD ; elle se caractérise par :

- de faibles consommations (l'ordre de 4,5 à 24 kWh/mois, pour la plupart inférieures à 10 kWh /mois¹) en raison d'un usage limité : un à trois points lumineux et la recharge d'un

1. Par comparaison, la consommation mensuelle moyenne d'un foyer français était de 412 kWh en 2017 (sources : RTE et CRE) soit entre 16 à 80 fois plus.

téléphone mobile, parfois des points lumineux supplémentaires, des appareils audiovisuels et/ou de ventilation et, pour les plus aisés, des réfrigérateurs et/ou des congélateurs ;

- des types d'habitat très divers, allant de la case en torchis et toit de chaume aux maisons en parpaings et toit de tôle ondulée, et présentant chacun des contraintes spécifiques en matière d'installation électrique intérieure et de raccordement à un éventuel miniréseau de distribution ;
- des connaissances et une compréhension en matière d'usages de l'électricité et des appareils électriques souvent très faibles, limitées à leurs représentations lors de déplacements dans les localités électrifiées les plus proches.



© Fondation Énergies pour le Monde

Usage économique de l'électricité au Sénégal (Basse-Casamance) : conservation-vente de produits frais.

Les acteurs économiques souhaitant s'électrifier sont aujourd'hui relativement peu nombreux dans les zones rurales d'Afrique subsaharienne, souvent à cause de la méconnaissance des opportunités associées et/ou du manque de capacité financière pour s'équiper et/ou du défaut d'infrastructures complémentaires (transports, accès à l'eau).

Or, la présence active de ces entrepreneurs est essentielle pour la viabilité économique d'un projet :

- ils constituent un volet important de la demande d'électricité en milieu rural, notamment pour l'exhaure de l'eau et l'irrigation, la transformation et la conservation des produits agricoles ou du bois ;
- au-delà des usages liés à l'activité agricole ou forestière, il faut considérer le potentiel de développement d'activités commerciales et artisanales que l'accès à l'électricité peut favoriser (commerces de proximité, ateliers de réparation, soudeurs, menuisiers, tailleurs, salons de coiffure, garages, etc.).

Pourtant, l'expérience montre que la transition vers l'usage de l'électricité n'est pas évidente : elle requiert sensibilisation mais aussi accompagnement pour exploiter toutes les externalités positives liées à l'arrivée de cette énergie.

Les représentants des usagers jouent un rôle essentiel, dans la mesure où la réussite des projets est aussi fondée sur la bonne compréhension des avantages et des limites du service et sur l'adhésion collective. L'implication des structures collectives ou des élus est indispensable, et le porteur de projet doit les fédérer et s'appuyer sur eux :

- les édiles et les chefferies traditionnelles sont l'un des vecteurs de transmission d'une information commune et partagée, d'une acceptation d'une électrification différente ;
- les ONG locales (ayant déjà contribué à l'appropriation d'innovations, dans les domaines

de la santé, de l'éducation, par exemple) savent faire passer les messages utiles sur les évolutions qu'introduit l'électricité, pour éviter les tensions et favoriser le décollage du nombre d'abonnés et des consommations.

Les collectivités territoriales, qui peuvent aussi être usagers du service dans le cas de l'électrification des ouvrages publics, jouent un rôle à géométrie variable, mais toujours très important :

- elles sont les plus à même d'apprécier, souvent après sensibilisation, les impacts socio-économiques de la disponibilité d'électricité et sa contribution à l'aménagement du territoire et à leur développement économique ;
- en fonction des compétences qui leur ont été effectivement transférées en matière d'électrification, leur engagement peut couvrir le portage de projets jusqu'à leur maîtrise d'ouvrage complète, avec des entreprises d'électrification ou en créant des coopératives ou des régies d'électricité.

Si l'implication de ces acteurs (usagers domestiques et économiques, élus et édiles, ONG locales, collectivités territoriales) permet d'apprécier les demandes en électricité à court et moyen termes, elle ne peut se manifester sans l'aval préalable des institutions nationales en charge du secteur électrique.

Les institutions publiques nationales

Plusieurs structures publiques interviennent dans les choix politiques et stratégiques, l'organisation, ainsi que la régulation du domaine de l'ERD. Si les schémas institutionnels varient d'un pays à l'autre, ils comprennent généralement :

- des instances politiques ;
- une autorité de régulation ; et
- des structures techniques et financières.

Selon les transferts de compétences issus des processus de décentralisation, ces instances

et structures sont complétées ou relayées par d'autres instances et institutions au niveau des collectivités territoriales.

Le ministère en charge de l'énergie, autorité de tutelle du secteur de l'électricité, définit la politique nationale d'électrification, y compris rurale décentralisée, ainsi que les réglementations et standards techniques. Selon les pays, il valide les programmes nationaux d'ERD, et délivre les autorisations ou concessions d'électrification rurale. Il s'assure si besoin auprès de la société d'électricité de l'absence de plans d'extension de réseau sur la zone à échéance de cinq à dix ans.

Le ministère des Finances et du Budget valide la politique de financement et la politique fiscale en matière d'électrification, budgétise les financements publics alloués à l'électrification rurale décentralisée, recherche des financements auprès des bailleurs de fonds internationaux. Il peut aussi mettre en place des parafiscalités pour contribuer au financement des structures techniques et des projets. Des taxes sur les factures d'électricité sont par exemple instaurées au Sénégal, à Madagascar ou au Burkina Faso. Dans ce dernier pays, le Fonds de développement de l'électrification rurale (FDE) en faveur des localités rurales est alimenté par une taxe de 2 FCFA sur chaque kWh vendu par la société nationale d'électricité¹. Ces taxes viennent abonder, encore de façon très minoritaire, les fonds d'électrification rurale.

Afin de favoriser la coordination interministérielle et le développement des usages sociaux de l'électricité, certains pays ont mis en place un comité élargi de supervision de l'électrification rurale, composé de représentants des ministères en charge de l'énergie, des finances et du budget, et

1. Pierre Jacquemot et Marie-Noëlle Reboulet, « Options technologiques et modèles d'organisation de l'électrification rurale en Afrique », *Afrique Contemporaine* 1-2, n° 261-262 (2017) : 175-176.

d'autres ministères tels que santé, éducation, agriculture ou industrie. Eclairage public, électrification des bâtiments administratifs, des établissements de formation, des salles communautaires, des centres de santé... L'accès à l'électricité est un facteur indispensable d'amélioration des services rendus à la population.

L'autorité de régulation du secteur de l'électricité a pour principale mission de valider les procédures de sélection concurrentielle des entreprises d'électrification, les contrats correspondants, et les tarifs de vente aux usagers pratiqués par les entreprises de fourniture de services électriques et leurs modalités d'indexation. En cas d'interconnexion d'un miniréseau d'électrification rurale décentralisée à un autre réseau, l'autorité de régulation est chargée de valider le tarif d'achat-vente d'électricité en gros à la société exploitant ce réseau.

Les structures techniques et financières varient selon les pays. Elles peuvent se réduire à une direction ou un service chargé de l'électrification rurale au sein du ministère en charge de l'énergie, ou à une agence d'électrification rurale, établissement public généralement sous tutelle du ministère de l'Energie, complétée dans certains cas par un fonds pour l'électrification rurale.

L'agence d'électrification rurale a pour missions de :

- promouvoir et informer ;
- développer les offres de services et les capacités locales ;
- assister au montage et à la mise en œuvre des programmes et projets ;
- contribuer à mobiliser les financements et les administrer ;
- suivre et contrôler le bon déroulement des activités d'électrification rurale dans le pays.

Le fonds pour l'électrification rurale, lorsqu'il existe, a pour mission de mettre en œuvre les

conventions de financement établies pour chaque programme ou projet. Il peut être géré par une institution fiduciaire sous convention avec l'agence d'électrification rurale.

L'ensemble de ces structures, généralement basées dans la capitale du pays, sont rarement relayées dans les régions par des services déconcentrés, ce qui limite les moyens d'intervention sur le terrain, pénalise la mise en œuvre effective de la politique nationale et le respect des réglementations, des procédures et des engagements des protagonistes au niveau local. Sur le sujet, voir les préconisations émises en partie 4.

Les professionnels du secteur électrique

Si la présence des acteurs précités est nécessaire lors de l'élaboration et du suivi-contrôle de la mise en œuvre et de l'exploitation d'un programme d'ERD, ce sont les professionnels du secteur qui concrétisent l'installation du système.

Sous la supervision du maître d'ouvrage* (commanditaire du projet, qui remet l'équipement à l'exploitant après mise en service industrielle), la réalisation d'une opération d'accès à l'électricité d'envergure requiert au moins quatre types d'interventions techniques :

- **un bureau d'étude** chargé de la maîtrise d'œuvre et doté d'une composante locale majoritaire (y compris sous-traitants) conçoit l'infrastructure électrique, de la production au raccordement usager, sans oublier les systèmes de branchement, de comptage et de prépaiement. Il assure également l'assistance technique, la formation des parties prenantes locales (exploitant, abonnés, édiles), la réception des travaux, ainsi que, la plupart du temps, l'accompagnement de l'exploitant pendant la période d'apprentissage nécessaire ;



Parole de professionnel Mamadou Saidou Diallo

Comment l'Agence guinéenne d'électrification rurale (AGER) accompagne-t-elle les opérateurs de miniréseaux dans la mise en œuvre de leurs projets ?

« Nous les encadrons dans le montage de leur dossier de demande de financement et de concession, notamment en mettant à leur disposition des outils : canevas d'étude de faisabilité et de plan d'affaires, modèles de contrats de concession. Nous les aidons ensuite tout au long du circuit d'approbation administrative de ces dossiers.

Nous les assistons sur les questions relatives aux exonérations douanières et fiscales ou à la passation des marchés d'acquisitions et de travaux.

Nous les appuyons enfin sur le terrain dans le suivi et le contrôle des travaux, la formation des opérateurs et de leurs équipes de gestion, ainsi que l'information et la sensibilisation des populations sur les contraintes liées à la fourniture durable d'un service électrique. »

Mamadou Saidou Diallo, ingénieur électro-énergéticien de formation, travaille depuis quinze ans dans le domaine du développement de l'électrification rurale en Guinée ; il est directeur général adjoint de l'Agence guinéenne d'électrification rurale (AGER).

Retrouvez l'interview intégrale sur la page web de l'ouvrage : <http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

- **un ou plusieurs fournisseurs** assurent l'approvisionnement, l'installation et le démarrage des équipements électriques et électromécaniques de production (générateurs énergies renouvelables – avec ou sans hybridation par groupe électrogène –, stockage, régulation et conversion d'énergie), de distribution basse tension et de gestion (comptage, prépaiements) ;
- **des entrepreneurs de travaux de divers corps de métiers** (génie civil, électricité, construction métallique, menuiserie...) assurent la réalisation de l'infrastructure selon les plans du maître d'œuvre ;
- **l'exploitant** est considéré comme la pièce maîtresse de la pérennité du service électrique (notamment pour un miniréseau ; cf. chapitre 3.5.3). Sélectionné dès le montage d'un projet

ou à la suite d'un appel à candidatures, il sera le garant d'un bon fonctionnement de l'infrastructure électrique après avoir obtenu le droit de l'exploiter par la signature d'une autorisation ou concession auprès du ministère de l'Energie.

Ces différentes fonctions peuvent être assurées par un seul et même prestataire, ce qui renforce la cohérence entre la conception, le choix et la fourniture des équipements et leur exploitation (dont la maintenance), mais peut conduire à des dimensionnements et des enveloppes budgétaires excessives. Dans tous les cas, de la juste appréciation par les différents intervenants du contexte et de son évolution dépendront :



Étude de cas - Projet BOREALE

En 2009, les taux de couverture nationale en électricité et d'électrification rurale à Madagascar étaient respectivement de 28 % et 7 %, ce dernier taux ne dépassant pas 5% dans les régions de l'Androy et de l'Anosy où vivent 1,4 million de Malgaches. L'usage des groupes électrogènes y était répandu, solution mal adaptée aux faibles capacités de paiement des ménages ruraux, à l'éloignement des sites et aux exigences environnementales.

C'est dans ce contexte que la Fondem a élaboré le projet BOREALE (2012-2018), un programme d'électrification rurale décentralisée (ERD) par énergies renouvelables (EnR), réalisé en partenariat avec l'ONG locale Kiomba, WWF, la Direction générale de l'Énergie, l'ADER et l'Office de Régulation de l'Électricité. L'objectif : dans le cadre de la stratégie énergétique nationale visant à valoriser le fort potentiel énergétique renouvelable dont dispose le pays, « montrer la voie » dans des régions au contexte socioéconomique difficile et dans lesquelles les réalisations d'électrification par EnR non connectées au réseau étaient rares.

Ce projet ambitieux de changement d'échelle, construit à partir des retours d'expérience de précédents programmes comme RESOUTH (électrification de 2 localités malgaches) comprenait 3 volets :

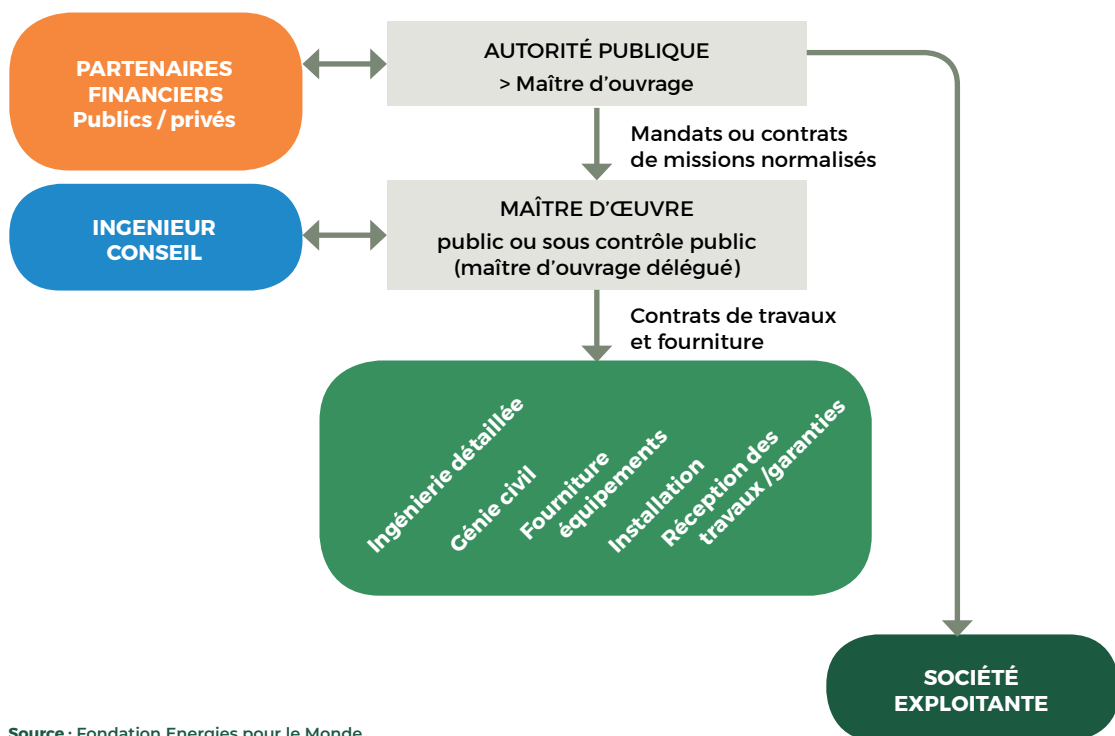
- **Énergie et infrastructures** : installation de centrales solaires et réseaux de distribution associés délivrant un service 24h/24 et dont l'usage a bénéficié directement à plus de 4 000 personnes dans les 7 localités ciblées (régions de l'Androy et l'Anosy).
- **Exploitation** : sélection, formation et accompagnement de 4 opérateurs jusqu'à un an après la fin du projet, afin d'atteindre leur autonomie complète.
- **Usages de l'électricité et développement d'activités socio-économiques** : développement d'une trentaine d'activités économiques (couture, soudure, cyber-café, ciné-vidéo, etc.), création ou renforcement d'une dizaine d'acteurs communautaires (mairies, écoles, centres de santé, etc.), amélioration des services d'une dizaine d'infrastructures communautaires (écoles, centres de santé, mairies, etc.).

Bien que le projet ait rencontré des difficultés (évolution des raccordements à un rythme plus faible que prévu, structures d'exploitation fragiles), il en demeure néanmoins un retour d'expérience crucial sur lequel les projets d'ERD futurs s'appuieront pour élaborer leur plan d'action et assurer leur bon déroulement.

Pour aller plus loin : retrouvez l'étude de cas intégrale sur la page web de l'ouvrage

Deux exemples de schéma opérationnel sous tutelle publique pour un projet d'infrastructure

MONTAGE CONVENTIONNEL, SOLUTION « MAÎTRE D'ŒUVRE »



Source : Fondation Energies pour le Monde.

- le bon dimensionnement des infrastructures ;
- la bonne qualité de la construction ;
- la satisfaction des usagers ;
- et la santé financière de l'exploitant.

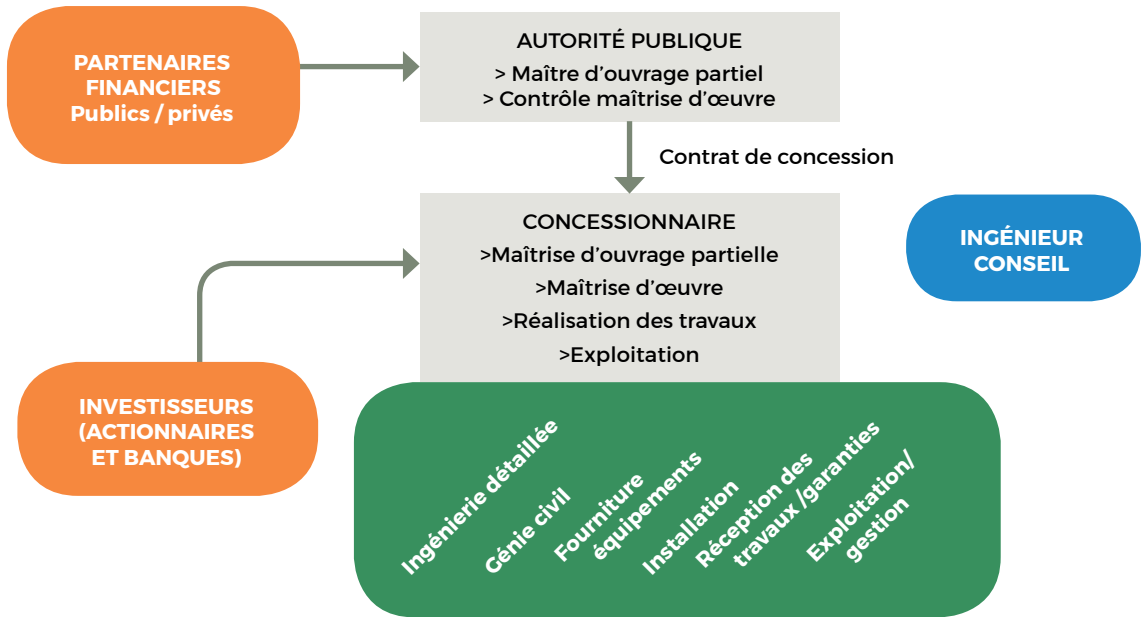
Les partenaires financiers et les investisseurs

En leur absence, aucun projet d'ERD ne saurait se concrétiser. Sous forme de dons ou de prêts concessionnels apportés par les grands bailleurs

de fonds internationaux, ils assurent le financement de l'investissement sous de multiples formes (cf. chapitre 2.3.2.).

La baisse du prix des composants électriques (modules solaires particulièrement) et la focalisation vers les clients solvables laissent présager une possible intervention de nouveaux acteurs : établissements financiers de la place, banques publiques et commerciales, services financiers décentralisés (organisations de microcrédit,

MONTAGE EN CONCESSION



opérateurs de téléphonie mobile, etc.) et investisseurs qui aujourd'hui s'intéressent à l'ERD.

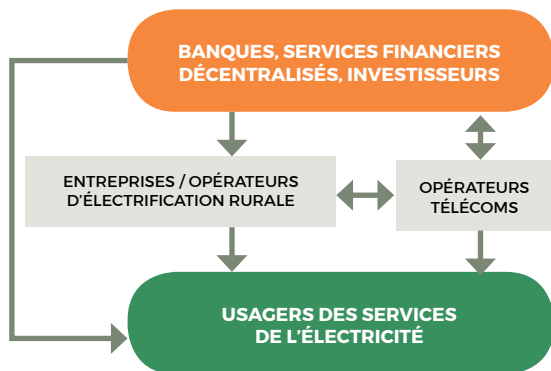
Le modèle libéral repose sur un schéma opérationnel beaucoup plus simple et rapide à mettre en œuvre.

Dans le modèle libéral, sans intervention ni soutien financier de l'Etat, les intervenants sont beaucoup moins nombreux, facilitant la mise en œuvre des équipements qui à ce jour couvrent la gamme des

lampes portables solaires aux systèmes solaires individuels. Les quantités d'énergie en jeu sont donc faibles (cf. chapitre 3.2). On assiste à un fort développement des solutions fondées sur cette approche, rendues possibles par une conjonction de facteurs favorables à l'ouverture d'un marché (cf. chapitre 2.3.1.).

Ces initiatives, basées sur un processus standardisé de commercialisation en vente directe de systèmes solaires, d'installation chez les

Schéma opérationnel pour un projet privé de type PAYG



Source : Fondation Energies pour le Monde.

usagers, de service après-vente, de facturation et de recouvrement, font appel à un nombre restreint d'acteurs :

- **le promoteur** qui, distributeur et exploitant, propose des kits solaires standardisés payés par le client au fur et à mesure de sa consommation ;
- **le(s) partenaire(s) financier(s)**, appelé(s) par le promoteur, qui interviennent en participation au capital ou en dette, depuis l'incubation jusqu'à l'atteinte d'une rentabilité satisfaisante ;
- **l'opérateur de télécommunication**, partenaire essentiel du promoteur, assure la mise en place des moyens de paiement par mobile et le télé-monitoring des informations principales du système ;
- **le fournisseur de matériel**, qui produit les équipements, du module solaire aux applications très basse consommation (LED et télévision principalement) ;
- **enfin, le client**, qui paie le service, incluant souvent la location-vente du système dont il devient, à terme, propriétaire.

Dans sa déclinaison PAYG, l'approche libérale a l'avantage de s'appuyer sur des techniques

renforçant la viabilité de l'exploitation grâce à la maîtrise du recouvrement (prépaiement).

Interventionniste ou libérale, chacune des deux approches présente des limites.

Souvent structurels, tous les obstacles ne sont pas susceptibles d'être levés à court terme, ni même à moyen terme. Mais certains d'entre eux ne sont pas des fatalités : c'est pourquoi ils font l'objet de préconisations en partie 4, qui sont organisées selon la partie prenante à laquelle elles s'adressent.

Les principales limites du modèle interventionniste

Dans le cadre d'un projet visant à installer un système d'électrification pour le plus grand nombre, **il est d'abord difficile d'identifier et d'évaluer les besoins en services électriques des usagers potentiels**, compte tenu de :

- la diversité des usagers et leur méconnaissance des usages de l'électricité et des appareils électriques (même si dans une zone homogène géographiquement et sociologiquement, les populations, leurs représentants, les entrepreneurs et les professionnels apprennent progressivement, par « capillarité ») ;
- la difficulté de réaliser des études socio-économiques préalables sérieuses sur la capacité et la propension à payer le service dans des localités situées à grande distance de la capitale. Souvent, les moyens et le temps manquent pour établir des données fiables sur la demande potentielle d'électricité et sa courbe de charge, alors que ces informations sont indispensables pour concevoir un projet d'ERD, particulièrement consommateur de capitaux.

Autre difficulté, les schémas institutionnels sont souvent inopérants faute de décentralisation, de ressources humaines et de moyens

financiers suffisants pour un réel changement d'échelle (cf. chapitre 1.2.2.). Les équipes techniques et les services financiers ne peuvent faire face à la complexité et à la lourdeur des procédures nécessaires à la sélection des projets, à l'obtention des financements, à la contractualisation des prestataires, ou encore au suivi et au contrôle de la conformité des installations aux règles et normes en vigueur.

Les exigences et conditions différentes, voire divergentes, des bailleurs de fonds créent une contrainte supplémentaire. Elles ne facilitent ni le respect des schémas institutionnels en place, ni des approches technologiques innovantes, ni le respect des règles de marché public. Ce manque de cohérence crée des situations de confusion voire de concurrence entre les régions et au sein d'un même territoire (taux de subvention, niveaux de rémunération, etc.).

On constate également une absence de transfert, ou un transfert partiel et ambigu, de la compétence énergie vers les collectivités territoriales, qui sont pourtant un relais indispensable pour l'efficacité de l'électrification rurale décentralisée. Cette situation présente deux défauts majeurs qui freinent le développement des projets :

- la difficulté de la coordination, voire le risque de conflit sur un projet, avec les structures centralisées ou déconcentrées du ministère en charge de l'énergie ;
- le manque de moyens humains et financiers et de compétences en matière énergétique au sein des collectivités ou au niveau local (élus locaux, chefferies, notables religieux).

La problématique de la compétence et des moyens ne concerne pas que le secteur public et touche aussi les entreprises locales d'électricité. Alors qu'elles sont indispensables, elles ne disposent le plus souvent ni d'une expérience en électrification rurale décentralisée ni d'une surface financière suffisante. Ces handicaps

les disqualifient pour contribuer aux projets d'envergure.

Les principales limites du modèle libéral

Si les progrès technologiques ont permis à ce modèle pertinent de naître il y a une quinzaine d'années et de se développer rapidement, son déploiement révèle au moins deux points de faiblesse. D'une part, alors qu'il devait viser toute la population rurale de la base de la pyramide, **il s'adresse aujourd'hui majoritairement à une clientèle relativement aisée et urbaine ou périurbaine, pour des besoins domestiques.** Par ailleurs, l'approche libérale ne permet pas, à ce jour, l'émergence d'activités économiques de manière large, malgré les tests réalisés par les promoteurs de kiosques énergétiques (cf. chapitre 3.3.).

D'autre part, **le modèle économique reste fragile.** Encore déficitaires, de nombreux opérateurs sont régulièrement en recherche d'investisseurs, laissant présager des déficiences d'entreprises (comme on en a déjà constaté, principalement en Afrique de l'Est, là où elles sont le plus nombreuses). Dans le cas de certains opérateurs PAYG, l'absence de lien de proximité entre le client du service et son fournisseur, due à la dématérialisation du paiement, suscite également une certaine défiance ; les opérateurs conquièrent de nouveaux clients, mais leur fidélisation est difficile. Aucun des deux modèles, interventionniste ou libéral, ne répond donc globalement au défi de l'électrification de l'Afrique rurale. Le débat d'une électricité « service public » ou « bien marchand » est lancé.

En attendant, la pratique de l'ERD doit trouver sa voie sur le terrain. Elle passe par une recherche de complémentarité entre les solutions, toutes approches confondues. Elle passe aussi par le développement, à côté d'une compétence en ingénierie technique* indispensable, d'une capacité d'ingénierie sociale non moins experte. ●

2.4.2.

Pour garantir l'adhésion de la communauté rurale, l'ingénierie sociale est essentielle, à toutes les étapes d'un projet.

L'accélération de l'accès à l'électricité en milieu rural et périurbain a été rendue possible par la diffusion des lampes solaires portables ou systèmes solaires individuels. Peut-on en conclure qu'une électrification « numérisée » à moindre coût de fonctionnement et sans intervention humaine a un avenir ?

Les récents échanges entre acteurs (au sein de Gogla, l'association des acteurs de l'industrie du *off-grid*), confirmés par les retours d'expérience issus des projets d'ERD conventionnels, montrent au contraire que, pour se développer durablement et satisfaire le plus grand nombre, l'accès à l'électricité en milieu rural en mode décentralisé nécessite un important travail de sensibilisation et d'accompagnement des communautés rurales et des instances locales et régionales.

Ce travail vise notamment à :

- **mieux cerner les besoins** des futurs usagers et de la communauté desservie ;
- **mieux anticiper les risques** liés à l'arrivée de l'électricité susceptibles d'affecter le bon déroulement du projet ou d'affaiblir ses bénéfices ;
- **pour in fine garantir la bonne appropriation** du service électrique installé par les acteurs locaux, laquelle est une condition sine qua non de la pérennité de ce service.

Les cadres socioculturels, économiques, géographiques, politiques et démographiques influent sur la compréhension du tissu énergétique et des

possibilités d'électrification. Ces paramètres se renouvellent à chaque projet, selon le contexte.

L'approche sociologique s'inscrit donc dans la durée : il ne s'agit pas d'une analyse ponctuelle mais d'une posture, d'une sensibilité, qui irrigue toutes les étapes du projet. Elle repose notamment sur :

- l'écoute et l'observation des communautés ;
- la compréhension de la qualité de leurs rapports ;
- la sensibilisation et l'accompagnement des futurs usagers ;
- la médiation entre les parties prenantes locales.

.....

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.

Pierre Jacquemot et Marie-Noëlle Reboulet,
« Options technologiques et modèles d'organisation de l'électrification rurale en Afrique », *Afrique Contemporaine* 1-2, n° 261-262 (2017) : 175-176.

.....



Retour de terrain : Guyane, Maroni

Un programme d'électrification rurale a été lancé il y a plus de dix ans pour l'alimentation en électricité de quatre villages du Haut-Maroni, dont le village d'Antécum-Pata. Ce territoire, situé à plusieurs heures de pirogue et d'avion de Cayenne, abrite environ un millier d'habitants, non desservis par le réseau électrique.

Ce projet d'un montant de 12 millions d'euros a pour objectif l'installation de centrales hybrides photovoltaïques et diesels, ainsi que de miniréseaux électriques. Il est porté par la communauté de communes de l'Ouest guyanais, qui assure la maîtrise d'ouvrage, et EDF SEI, en charge de l'exploitation. Cette dernière assure également le pilotage des infrastructures à distance depuis Cayenne, grâce à un système de *monitoring* développé spécialement pour transférer – via une liaison satellite mise en place sur chaque site totalement isolé – l'ensemble des données mesurées sur site ainsi que les états de fonctionnement des composants de la centrale.

Pourtant très attendue par les populations de ces villages, la mise en service des centrales a eu lieu, au premier trimestre 2018, avec plus de deux ans de retard. L'isolement géographique de ces sites, combiné au stress climatique imposé à l'ensemble du matériel et à la volonté de piloter à distance sans relais humain sur place, a considérablement freiné la mise en service de ces centrales puis rendu très complexe leur exploitation.

Aujourd'hui, l'ensemble des bâtiments communautaires dispose d'un accès à l'électricité, mais les centrales tournent quasiment « à vide », faute de raccordements domestiques. Dans cette région où les ressources dont disposent les familles sont faibles, le raccordement au réseau représente en effet un véritable obstacle financier.

Source : un représentant de la société Sunzil, intervenant sur les projets.

Cette approche sociologique n'est pas neutre économiquement :

- **d'un côté, elle nécessite du temps et elle a un coût ;** autant de paramètres à intégrer dès la conception dans le planning et le budget de l'opération ;
- **de l'autre, elle permet d'éviter des surcoûts ou des manques à gagner,** pour le concepteur du projet, l'opérateur et les usagers.

L'accès à l'électricité déstabilise les pratiques et induit des risques qu'il est nécessaire d'anticiper.

D'abord, l'arrivée de l'électricité bouleverse. Elle induit une rupture, parfois radicale, pour les usagers, quelle que soit leur expérience antérieure de l'électricité :

- elle est **synonyme d'amélioration des conditions de vie** sur un territoire, et, si le projet prévoit

un accompagnement des activités productives, de développement économique ;

- mais l'expérience montre également qu'elle est, comme toute innovation, **porteuse d'effets pervers**.

Elle ne vient pas seulement modifier les comportements énergétiques préexistants : en apportant la réfrigération, la télévision ou l'éclairage, elle influence de nombreux comportements individuels et collectifs (les habitudes alimentaires, les modes de socialisation et de communication...). Cette mutation dans les modes de vie peut « défaire » un collectif (cf. encadré), ou, à tout le moins, le fragiliser. Or, la cohésion de la communauté locale autour du projet à mener puis du système installé est nécessaire pour garantir de bonnes conditions d'exploitation et assurer la pérennité du service.

Par ailleurs, l'électricité, souvent très attendue dans un village, est aussi une « idée » entourée de nombreux fantasmes.

Les contraintes propres à l'installation et à l'utilisation d'un service électrique sont ignorées. Et l'utilisation des gisements d'énergie locaux (et non celle, mieux connue, d'un groupe électrogène) introduit une technologie nouvelle avec laquelle il faut se familiariser, ce qui est un facteur de déstabilisation supplémentaire.

Or, la bonne compréhension du fonctionnement du service, ce qu'on appelle son « appropriation », est nécessaire pour garantir sa bonne utilisation, sa bonne exploitation et donc sa disponibilité pérenne :

- **ne pas tenir compte de ces différents facteurs de risque ampute les chances de succès du projet d'électrification**, dont on attend qu'il soit pérenne et porteur d'impact social et économique positif pour le territoire électrifié ;
- **la bonne anticipation des risques et une action adaptée (information, formation) sont donc a contrario indispensables** (cf. encadré) ; encore faut-il prendre le temps de les débusquer, eux qui



Parole de professionnelle Marie-Christine Zélem

« **Electrifier un territoire rural ne se réduit pas à apporter de l'électricité.** Cela s'accompagne d'une série de changements profonds qui peuvent se traduire par des bouleversements importants qui façonnent la vie quotidienne : désorganisation sociale, conflits politiques, disparition de savoir-faire, modification du régime alimentaire...

Electrifier un territoire suppose donc de prendre un certain nombre de précautions, d'abord en amont (financements, formation, information, participation...), mais aussi en aval et tout au long de la mise en œuvre : sensibilisation aux enjeux et aux pièges de l'électricité, éducation alimentaire, fonctionnelle et sanitaire, mise à disposition des appareils et équipements compatibles (lampes basse consommation, appareils économes), SAV...

Marie-Christine Zélem est professeur de sociologie à l'université de Toulouse Jean-Jaurès et coresponsable du pôle politiques environnementales et pratiques sociales au CERTOP-CNRS.

Retrouvez l'article intégral sur la page web de l'ouvrage : <http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

sont souvent imperceptibles à la première analyse. Cette approche sociologique est particulièrement importante en logique interventionniste (électrification d'ouvrages publics ou mise en place d'un réseau local, par exemple), qui nécessite une adhésion profonde des populations, aux niveaux individuel et collectif.

Néanmoins, même dans une approche libérale (davantage guidée par le pragmatisme économique que par la recherche d'impact social), l'analyse de risques a tout intérêt à inclure la dimension socio-culturelle : des risques mal anticipés ou mal maîtrisés fragilisent le modèle économique. Cette dimension de pédagogie et d'accompagnement

des populations locales se retrouve d'ailleurs dans de nombreuses offres de service portées par des acteurs privés (cf. partie 3).

S'ils ne sont pas exhaustifs, les constats et suggestions qui suivent, tous issus de l'expérience de terrain, soulignent :

- **l'importance de « l'ingénierie sociale »** à tous les stades de déploiement d'un projet ; et
- **la nécessité de disposer pour cela d'une équipe pluridisciplinaire**, dont plusieurs des membres ont acquis la confiance des populations locales. Les actions d'accompagnement de la population et de ses représentants ne peuvent être menées par les seuls ingénieurs techniques.



© Fondation Énergies pour le Monde

Palabres, Guinée.

Pendant la phase d'élaboration du projet d'électrification, l'écoute et la coconstruction permettent d'assurer la pertinence du projet et son acceptation.

Différentes bonnes pratiques sont à observer pendant la phase amont de l'électrification d'un territoire rural afin d'assurer l'acceptation du projet par les communautés concernées.

Choix de la localité, entretiens collectifs et individuels, définition du périmètre d'électrification... chaque étape de l'élaboration d'un projet d'électrification rurale doit prendre en considération la dimension « non technique » de l'opération, à savoir un ensemble de faits sociologiques, culturels et politiques qui caractérisent la zone et qui varient suivant le territoire concerné.

Le choix de la localité : la « neutralité politique » du territoire est un facteur de pérennité du service.

Dans le cadre d'une logique interventionniste, notamment l'installation d'un réseau local, le choix d'une localité à électrifier procède d'un double processus objectif :

- **la vérification que la localité n'est pas inscrite dans une programmation d'électrification par extension de réseau** auprès du ministère de l'Energie et de la société d'électricité ;
- **sa place dans la hiérarchie des localités à électrifier, établie en fonction de critères objectifs préalablement établis** (cf. chapitre 3.5.3. sur les retours d'expérience relatifs à la planification dans le cas des miniréseaux).



Réunion villageoise en Guinée dans le cadre de l'élaboration d'un projet d'ERD.



Planification : quelques exemples d'outils

Alors que la demande d'un accès à l'électricité est forte mais que les moyens financiers pour y répondre sont faibles, une planification de l'électrification rurale décentralisée est nécessaire.

Fournissant des informations sur la ou les communes visées et leur environnement, elle permet de **hiérarchiser les communes à électrifier selon plusieurs critères**, avec l'objectif de maximiser les impacts de l'électrification en termes de développements humain et économique, de **limiter les risques d'échec**, mais aussi de **définir les modalités de réalisation** des projets, qu'elles soient techniques, financières ou organisationnelles.

Aux côtés de logiciels d'électrification rurale intégrant une composante décentralisée (Laper et Elvira par EDF et Géosim par IED), plusieurs outils de planification d'électrification rurale décentralisée ont été développés. La Fondem a ainsi conçu le logiciel Noria. Le nombre de communes à étudier allant croissant, **il devient nécessaire d'automatiser les traitements d'enquêtes**, comme le permet l'outil Octave, développé par la Fondem.

Cette démarche contribue à éviter les projets guidés par des considérations strictement politiques, dont l'expérience montre qu'ils sont rarement viables. Dans la plupart des cas, le personnage politique originaire de la localité (et par extension ses proches) est tenté de s'arroger des passe-droits une fois le service installé, mettant à mal les principes de maîtrise des consommations électriques et de paiement de l'électricité. Aucune règle ni contrainte ne peut alors s'appliquer, ce qui provoque des tensions et conduit in fine à un arrêt du service.

Les entretiens, une étape-clé qui détermine la composition de l'équipe réunie par le concepteur du projet.

Une fois la localité retenue, s'ouvre une période plus ou moins longue d'enquêtes initiales déterminantes pour la réussite des phases ultérieures

du projet. Autorités locales, chefferies traditionnelles, usagers... Pour mener à bien les entretiens avec l'ensemble des interlocuteurs sur le terrain, il faut disposer au sein de l'équipe du projet sur le terrain :

- **de personnes connaissant bien le territoire** : maîtrisant le dialecte local, connaissant les règles de bienséance, le sens des positionnements, des silences...
- **d'enquêtrices** : elles seront plus aptes à dialoguer avec des femmes, qui jouent un rôle majeur dans la maîtrise de l'usage d'un système électrique domestique, dans sa valorisation au sein du foyer et dans la gestion du budget nécessaire au paiement régulier de l'électricité (cf. encadré).

MINIDOSSIER

L'approche de genre* dans les projets d'électrification rurale

La conférence de Pékin en 1995, suivie par les Objectifs du millénaire pour le développement et les Objectifs de développement durable, marque une rupture dans l'agenda international en qualifiant l'égalité femmes-hommes de fondamentale pour réduire la pauvreté. Parallèlement, les forums succésifs de Paris (2005), Accra (2008) et Busan (2011) l'ont également identifiée comme un enjeu prioritaire de l'efficacité de l'aide.

Partant de cette prise de conscience grandissante, s'est opérée une évolution majeure des pratiques du développement. A l'approche « femmes et développement » initiée dans les années 70-80, ciblant les femmes par des actions isolées dans les projets ou programmes, a succédé **l'approche « genre et développement¹ »**, qui, dans l'objectif d'atteindre l'égalité des droits et son application, suppose de **considérer distinctement les opportunités offertes aux femmes et aux hommes, leurs rôles dans la société, afin d'agir sur des situations d'inégalités.**

Pourquoi adopter une approche de genre dans les projets d'accès à l'électricité en milieu rural ?

L'accès à l'énergie est un enjeu fondamental pour le développement des femmes et des hommes. Néanmoins, femmes et hommes n'expérimentent pas de la même manière le manque d'accès à l'énergie ou la situation de pauvreté énergétique. Leurs attentes et leurs besoins diffèrent :

- étant en charge de la plupart des activités domestiques nécessitant de l'énergie, les femmes sont ainsi les premières affectées par le manque d'énergie, et peuvent suppléer à ce manque en augmentant leur temps de travail ;



© Fondation Énergies pour le Monde

Une commerçante à Ambondro, Madagascar, qui bénéficie d'un frigo.

- l'accès aux crédits ou aux activités de formation professionnelles est généralement plus difficile pour les femmes. Par ailleurs, les décisions familiales (investissements, etc.) sont le plus souvent prises par les hommes;
- d'autres inégalités structurelles, comme l'analphabétisme, les privent parfois d'être bénéficiaires de certains projets.

Ainsi, les choix techniques liés à un projet d'ERD ne sont pas neutres en matière de genre. Préférer une source de production d'énergie particulière peut par exemple favoriser les activités des hommes plutôt que celles des femmes et induire un renforcement des inégalités.

Certaines études soulignent que la prise en compte du genre permet, entre autres, i) de réduire la pauvreté plus efficacement, ii) d'améliorer les raccordements au réseau par le rôle actif de prescriptrices que jouent les femmes, iii) de favoriser l'égalité professionnelle et d'améliorer la gestion de la chaîne d'approvisionnement de l'énergie (Dutta et al., 2018).

Le nexus genre, énergie, développement

L'accès à l'énergie a de multiples impacts positifs, en particulier pour les femmes et les enfants. Des études d'impacts et des retours d'expérience de projets de terrain montrent que l'accès à l'énergie et aux services

.....

« Les femmes doivent être incluses dans les structures de gouvernance et de prise de décision. Une sensibilisation doit également être effectuée à tous les niveaux. La plupart du temps, quand les gens vont sensibiliser les communautés, ils se concentrent uniquement sur les hommes. Ce que nous disons c'est, concentrez-vous également sur les femmes – elles sont les utilisatrices finales. Lorsque vous donnez le pouvoir à une femme, vous le donnez à toute une nation. »

Rhoda Mando, directrice adjointe du développement des entreprises et de l'intégration du genre à l'Agence nigériane d'électrification rurale.

Source : Charlie Zajicek, « How solar mini-grids can bring cheap, green electricity to rural Africa », Overseas Development Institute, 2019, <https://www.odi.org/blogs/10730-how-solar-mini-grids-can-bring-cheap-green-electricity-rural-africa>.

.....

1. Le concept de genre désigne les rapports, les devoirs, les rôles socialement et culturellement construits des femmes et des hommes. Il s'agit d'une construction politique et sociale qui se différencie de la notion de sexe, recouvrant les caractéristiques biologiques des individus.

énergétiques permet de :

- **diminuer le temps et l'énergie consacrés aux travaux domestiques.** Au Burkina Faso, la mise en place de plateformes multifonctionnelles a permis un gain de temps d'environ six heures par semaine pour les femmes (Beguerie, 2015) ;
- **réduire l'utilisation de sources d'énergie polluantes (le kérosène, par exemple) ;**
- **ouvrir des opportunités d'emplois ou de création d'activités génératrices de revenus (AGR).** Dans des localités d'Afrique du Sud, l'emploi des femmes a augmenté de 13,5 M après électrification (Dinkelman, 2011).

Les revenus supplémentaires issus de ces activités permettent une modification des rapports dans le foyer, augmentant le pouvoir de décision et de négociation des femmes (Haves, 2012). Cela nécessite :

- **d'améliorer l'éducation et la santé des femmes et des filles, tout en contribuant à leur autonomisation progressive ;**
- **de favoriser l'accès à des sources d'information et de divertissement.**

Quelques bonnes pratiques méthodologiques¹ :

- **analyse du contexte intégrant l'approche genre :**
 - analyse distincte des impacts négatifs subis par les femmes et de ceux subis par les hommes, définition de mesures d'atténuation,
 - prise en compte des différences de besoins et d'intérêts des femmes et des hommes relatifs à l'accès à l'énergie ;

- **recours à des données et indicateurs sexo-spécifiques et analyse de résultats :**

- analyse de la demande en énergie, de la volonté et de la capacité à payer et des usages de l'électricité des femmes ;

- **partenariats et actions avec des impacts positifs dans la réduction des inégalités entre hommes et femmes :**

- mise en place de subventions ou d'un accès facilité aux crédits ciblant les ménages dirigés par des femmes (Energy 4 Impact Sénégal),
 - appui au développement de l'entrepreneuriat féminin (wPower),
 - création d'AGR dans les secteurs formels, plus lucratifs,
 - promotion de l'emploi des femmes dans la chaîne d'approvisionnement de l'énergie (Programme WE d'énergie, 2014-2017),
 - sensibilisation des ménages pour veiller à ce que la libération du temps domestique ne se matérialise pas par une augmentation conséquente du temps de travail des femmes dans leurs activités productives (Cecelski, 2004),
 - amélioration de l'éducation des jeunes filles, en sensibilisant les ménages pour leur permettre d'étudier le soir ;
- **participation des bénéficiaires directs et indirects, femmes et hommes :**
 - organisation de consultations séparées si les femmes sont généralement absentes des prises de décisions,
 - intégration des femmes dans les formations techniques aux métiers de l'énergie.

1. Issues des outils méthodologiques AFD, Coordination Sud, ainsi que des documents Energia (2017).

Pour approfondir :

Genre et énergie

Agence internationale pour les énergies renouvelables. « Renewable Energy: A Gender Perspective ». Abu Dhabi: Agence internationale pour les énergies renouvelables, 2019.

Cecelski, Elizabeth. « Enabling equitable access to rural electrification: Current thinking and major activities in energy, poverty and gender ». Breilbacher: Energy, Environment & Development (EED), 2000.

Cecelski, Elizabeth. « Energy and Poverty Reduction: The role of women as a target group ». La Haye : Réseau International sur le Genre et l'Energie Durable (ENERGIA), 2000.

Cecelski, Elizabeth. « Re-thinking gender and energy: Old and new directions ». La Haye : Réseau International sur le Genre et l'Energie Durable (ENERGIA) et Enabling Access to Sustainable Energy (EASE), 2004.

Cecelski, Elizabeth, Soma Dutta, et Annemarije Kooijman. « Energy access and gender : getting the right balance ». Washington, D.C: Banque mondiale, 2017.

Clancy, Joy S., Margaret Skutsch, et Simon Batchelor. « The gender – energy – poverty nexus. Finding the energy to address gender concerns in development. » Londres : Département du Développement international, 2002.

Clancy, Joy S., Tanja Winther, Margaret Njirambo Matinga, et Sheila Oparaacha. « Gender equity in access to and benefits from modern energy and improved energy technologies : world development report background paper ». La Haye : Réseau International sur le Genre et l'Energie Durable (ENERGIA) et Nord/Sør-konsulentene, 2012.

Dutta, Soma, et Sheila Oparaacha. « Gender and energy for sustainable development ». Current Opinion in Environmental Sustainability 3, no 4 (2011): 265-71.

Habtezion, Senay. « Gender and energy. Gender and climate change Africa ». New York: Programme des Nations unies pour le développement, 2012.

Haves, Emily. « Does energy access help women? Beyond anecdotes: a review of the evidence ». Londres : Ashden, 2012.

Kohlin, Gunnar, Erin O. Sills, Subhrendu K. Pattanayak, et Christopher Wilfong. « Energy, Gender and Development: What are the Linkages? Where is the Evidence? » Washington, DC : Banque mondiale, 2011.

O'Dell, Kathleen, Sophia Peters, et Kate Wharton. « Women, energy, and economic empowerment ». New York : Deloitte University Press, 2014.

Orlando, Maria Beatriz, Vanessa Lopes Janik, Pranav Vaidya, Nicolina Angelou, Ieva Zumbyte, et Norma Adams. « Getting to Gender Equality in Energy Infrastructure: Lessons from Electricity Generation, Transmission, and Distribution Projects ». Washington, D.C : Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) et Banque mondiale, 2018.

Rao, Narasimha D, et Shonali Pachauri. « Gender impacts and determinants of energy poverty: are we asking the right questions? » Current Opinion in Environmental Sustainability 5, no 2 (2013) : 205-15.

Johnson, Oliver, Vanessa Gerber, et Cassilde Muhoza. « Gender, culture and energy transitions in rural Africa ». (2018). Energy Research and Social Science 49 (2019) : 169-179.

Wamukonya, Njeri. « A critical look at gender and energy mainstreaming in Africa ». 2002.

Impact des projets d'électrification rurale décentralisée

Begueirie, Victor. « Impact de l'accès à l'énergie sur les conditions de vie des femmes et des enfants en milieu rural : Analyse d'impact du Programme des Plate-Formes Multifonctionnelles au Burkina Faso ». Université d'Auvergne - Clermont-Ferrand I, 2015.

Burney, Jennifer, Halimatou Alaofé, Rosamond Naylor, et Douglas L. Taren. « Impact of a rural solar electrification project on the level and structure of women's empowerment ». Environmental Research Letters 12 de IOP Science, n°9 (2017).

Raub, Viviane. « Rural Electrification in Senegal: Access to Electricity and its Impacts on Women's Needs ». Lund : Lund University Master of Science in International Development and Management, 2013.

Torero, Maximo. « L'impact de l'électrification rurale : enjeux et perspectives ». Revue d'économie du développement 23, no 3 (2015) : 55-83.

Outils méthodologiques

Repussard, Clément. « Boîte à outils Genre. Énergie ». Paris : Agence française de développement, 2015.

Agence française de développement. « Profil Genre : Afrique » (Accessible en ligne). Paris : Agence française de développement, 2016.

Documents de capitalisation

Alliance pour l'Électrification Rurale, et Réseau International sur le Genre et l'Energie Durable (ENERGIA). « ARE-ENERGIA Position Paper : Women and Sustainable Energy ». Bruxelles : Alliance pour l'Électrification Rurale, et Réseau International sur le Genre et l'Energie Durable (ENERGIA), 2017.

Mizrahi, Simon, et Geraldine Fraser-Moleketi. « Autonomiser les femmes africaines : Plan d'action. Indice de l'égalité du genre en Afrique » Abidjan : Banque africaine de développement, 2015.

Clancy, Joy S., Nthabiseng Mohlakoana, Yacine Diaghe Gueye, Lydia Muchiri, et Indira Shakya. « Mainstreaming gender in energy sector practice and policy: lessons from the Energia International Network » La Haye : Réseau International sur le Genre et l'Energie Durable (ENERGIA), 2016.

Rojas, Jackeline. « État des lieux de l'intégration du Genre dans les organisations françaises de solidarité internationale » Paris : Coordination Sud, 2016.

Dutta, Soma. « Supporting last-mile women energy entrepreneurs: What works and what does not ». La Haye : Réseau International sur le Genre et l'Energie Durable (ENERGIA), 2018.

L'entretien préliminaire avec les autorités locales

Le concepteur du projet commence par la tenue, dans le respect des coutumes locales, de réunions avec ceux qui auront ensuite à porter le message auprès des populations et dont le soutien est donc essentiel, à savoir :

- les élus de la localité ;
- les chefs traditionnels et/ou religieux réunis dans le conseil des sages.

C'est une étape préalable nécessaire avant d'aller à la rencontre de l'ensemble de la population, au-delà des seules personnes à l'aise avec la parole devant des étrangers. Ces entretiens préliminaires avec les autorités publiques et morales locales visent à clarifier et partager des informations fondamentales :

- **fixer le cadre général et les grandes étapes** de réalisation du projet ;
- **préciser les conditions de sa réalisation** (incertaine tant que le montage financier n'est pas bouclé) ;
- **définir l'implication requise des autorités** au cours des différentes étapes du projet.

Il est impératif de s'assurer de la bonne compréhension de ces informations par chacun des participants, afin de réduire les risques d'une transmission déformée auprès de la population (qui ne peuvent cependant pas être totalement circonscrits). Au sein de communautés où l'engagement oral prime sur l'écrit, les paroles prononcées lors d'un premier rendez-vous revêtent une importance capitale. Toute modification ultérieure des modalités énoncées oralement nécessitera de longues explications avant d'être acceptée.

Si la présence naturelle de femmes est très rare, il est important de la susciter et d'en expliquer l'intérêt.

Les entretiens individuels avec les futurs usagers

Organisant un échange d'informations réciproque entre les usagers et interlocuteurs de confiance, mandatés par le concepteur du projet, les entretiens individuels se déroulent en présence des responsables et des usagers directs (parents, médecins, infirmiers, matrones, responsables et enseignants, entrepreneurs et apprentis, etc.).

.....

« Ruchi Soni, responsable de l'accès à l'énergie à la Fondation des Nations unies, m'a expliqué pourquoi l'engagement communautaire est si important :

L'engagement communautaire est essentiel au processus [d'installation des miniréseaux]. Le secteur privé doit s'engager au quotidien avec les communautés et les locaux pour comprendre leurs besoins, les raisons pour lesquelles ils souhaitent des miniréseaux, dans un premier temps, et comment ils entendent utiliser leurs applications, dans un second. »

Charlie Zajicek, « How solar mini-grids can bring cheap, green electricity to rural Africa », Overseas Development Institute, 2019, <https://www.odi.org/blogs/10730-how-solar-mini-grids-can-bring-cheap-green-electricity-rural-africa>.

.....

D'une durée suffisamment longue (une à deux heures) pour établir un climat de confiance, ils visent à :

- **préciser les besoins en électricité** tels qu'ils sont exprimés par les usagers potentiels ;
- **expliquer** le fonctionnement du service électrique envisagé, ses bénéfices et ses limites.

Et par là, à :

- **mesurer l'écart entre les attentes et les contraintes**, entre la représentation de l'usage de l'électricité (souvent forgée par les expériences vécues dans des localités déjà électrifiées) et les facteurs de réalité qui viendront limiter cet usage (limitation de la puissance ou de la disponibilité, coût pour l'usager...) ;
- **identifier les risques liés à l'arrivée de l'électricité** et les impacts négatifs possibles, comme le creusement de certaines fractures sociales (cf. encadré).

S'ils sont bien menés, les entretiens permettent d'emporter l'adhésion au projet et de créer les conditions d'une appropriation du service avec la mise en service. Leur rôle est crucial. Dans certains cas, comme celui de l'installation d'un miniréseau, l'exercice est délicat. Les questions touchant à la tarification, au paiement de l'électricité et au budget à y consacrer doivent être abordées ; or, le projet n'étant pas encore validé par l'organisme de régulation du secteur électrique, le *business plan* n'est pas finalisé et aucune information précise ne peut être délivrée à ce stade.

L'ensemble des équipes impliquées dans le processus d'enquêtes et de visites de terrain doit veiller à porter un message cohérent. En effet, la parole circule et se déforme vite sur un projet innovant comme l'électrification, quel que soit le type de solution retenue ; l'inconnu provoque des sentiments forts et mêlés, entre enthousiasme, scepticisme et inquiétude, selon la personnalité et le positionnement social ou les aléas qui entourent la réalisation du projet.

.....

« L'électricité incite très vite les familles à s'équiper en télévision. Celle-ci vient en concurrence avec la possibilité de lire ou écrire à des fins scolaires. Cela est d'autant plus vrai lorsque les familles vivent dans une seule et même pièce. Ainsi, les familles disposant de plusieurs pièces ou espaces dans leur habitation ont plus de chance de voir leurs enfants se consacrer à leurs activités scolaires que celles qui vivent dans plus de promiscuité. »

Marie-Christine Zélem est professeur de sociologie à l'université de Toulouse-Jean-Jaurès et coresponsable du pôle politiques environnementales et pratiques sociales au CERTOP-CNRS.

Retrouvez l'article intégral sur la page web de l'ouvrage :
<http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

.....

La définition du périmètre d'électrification

Dans le cadre de l'installation d'un réseau local, la détermination du périmètre à électrifier est une autre étape importante ; elle requiert la compréhension et l'adhésion des édiles de la localité. Le tracé du réseau est établi grâce notamment à deux types de contraintes :

- les pré-inscriptions des futurs abonnés ;
- la localisation des principales zones d'activité économique.

Ces dernières sont privilégiées car susceptibles d'être de plus fortes consommatrices d'électricité que les ménages ; leur bonne prise en compte permet de favoriser leur développement grâce à l'usage d'appareils électriques (meilleure productivité, augmentation de leur zone de chalandise).



Couturier burkinabais bénéficiant de l'électricité.

Ce tracé exclut de facto une partie plus ou moins importante de la population :

- les foyers situés en périphérie de la localité dont le raccordement n'est pas économiquement viable ;
- les familles plus indigentes, dont les ressources sont insuffisantes pour assumer le coût du raccordement et des consommations.

Ne pas être raccordé exacerbe le sentiment d'exclusion et d'injustice. Des solutions alternatives adaptées à chaque contexte et pouvoir d'achat peuvent être proposées à ceux qui se retrouvent hors du périmètre du réseau : lampes portables, systèmes solaires individuels, voire kiosque énergie. A condition d'être bien expliquées, elles permettent d'éviter que l'électrification n'aggrave une fracture sociale préexistante ou ne crée une discrimination nouvelle. La validation du périmètre fait en effet souvent l'objet de tensions, voire de confrontations entre le promoteur du projet et l'« exclu du réseau ».

Le soutien du maire, de ses adjoints et des chefs traditionnels est majeur pour :

- valider le tracé retenu ;
- expliquer les raisons de ses limites ; et
- faciliter l'acceptation des solutions alternatives par les foyers qui se trouvent hors de son périmètre.

La sensibilisation des populations aux avantages et aux contraintes du service électrique.

Il est nécessaire de conduire des actions de sensibilisation auprès des parties prenantes locales, et de leur donner une information régulière tout au long des différentes étapes du projet ; cela permet d'assurer l'adhésion au projet, préalable à l'appropriation du service électrique, elle-même condition de la pérennité des équipements et donc des bénéfices de l'électrification.



© Fondation Energies pour le Monde

Madagascar, projet Boréale.

.....

« Aujourd'hui, il faut se déplacer à 40 km pour avoir accès aux machines nécessaires pour travailler le bois. Une fois que l'électricité sera là, il n'y aura plus besoin de faire ce trajet, ce sera un gros gain de temps. On pourra travailler en collaboration avec les autres menuisiers, acheter les machines en commun. »

Le menuisier de Kouramangui

(localité de Guinée électrifiée en 2019 par la Fondation Energies pour le Monde).

.....

Plus le projet est complexe, plus ce travail pédagogique de renforcement des capacités des usagers et de leurs représentants est essentiel et ardu. Devenir usager d'un miniréseau, dont l'installation est pourtant attendue, voire fantasmée, n'est pas un choix simple pour une famille rurale. L'équipe portant le projet doit expliquer et convaincre. Faire œuvre de conviction est d'autant plus important que la décision de se raccorder ou non au réseau électrique exerce une influence importante sur la décision d'un ménage voisin de faire de même.

Les actions de sensibilisation visent avant tout à s'assurer de la bonne compréhension par les futurs usagers des atouts et limites d'une électrification décentralisée par énergies renouvelables ; elles portent notamment sur deux contraintes élémentaires :



Le primat des activités économiques dans la définition du tracé du réseau local : un accès discriminant à l'électricité ?

Alors que les premières réalisations de l'ERD, inscrites dans la dynamique de l'aide au développement des années 1980 à 2000, s'étaient focalisées sur les usages d'abord collectifs, puis domestiques, les usages économiques font aujourd'hui l'objet d'une attention accrue des partenaires financiers et des investisseurs. Ces acteurs économiques sont créateurs de valeur et d'emploi, ils consomment de l'électricité, principalement en journée, au moment où, ne nécessitant pas de stockage, elle est la moins chère.

Pourtant, les cibler exclusivement, c'est créer les conditions d'une nouvelle fracture sociale, alors que la majorité de la population rurale vit de l'agriculture de subsistance, au rythme des saisons.

- **la nécessité d'un usage rationnel de l'énergie** selon les principes d'efficacité énergétique* ;
- **la nécessité d'un paiement de l'électricité** même si sa source est gratuite et inépuisable.

Concrètement, ces sessions de sensibilisation et ces actions d'information peuvent se décliner sous différentes formes :

- oralement, en groupe et individuellement, pour s'assurer que des instructions identiques sont communiquées à tous, puis expliquées à chacun si nécessaire ;
- par un support imagé, afin de garder une trace des échanges oraux et un éventuel support en cas de doute ;
- enfin, des campagnes de communication par une radio locale permettent de rappeler, régulièrement et uniformément, les messages les plus importants.

Par ailleurs, le tracé du réseau comporte une dimension à ne pas sous-estimer : les questions relatives au foncier. Elles revêtent, quels que soient le pays ou la culture, une importance particulière. La problématique de l'emplacement des infrastructures de production, et principalement des modules solaires (qui requièrent des superficies significatives à proximité des localités), doit être abordée rapidement afin de connaître la disponibilité des terrains pour l'obtention de droits d'usage ou de bail.

Créer, dès la phase de conception d'un miniréseau, une association d'usagers faisant une place de choix aux femmes peut être initialement perçu comme la création d'un contre-pouvoir par les élus et les anciens, mais présente plusieurs avantages pour garantir la bonne gestion du système :

- **la transmission des informations pertinentes** sur les usages de l'électricité, leurs bénéfices et leurs risques ;

- **l'appréhension des questions ou des inquiétudes** manifestées et la possession d'un canal pour y répondre ;
- **le cas échéant, la limitation du clientélisme politique** que crée fréquemment la mise en place d'un service de l'électricité.

Enfin, l'expérience montre que la diaspora vivant en milieu urbain électrifié doit être également ciblée. Lui diffuser des messages clairs sur les modalités d'électrification de leur localité d'origine, et particulièrement sur l'usage rationnel de l'énergie, permet d'éviter qu'elle n'envoie des appareils de seconde main énergivores aux familles restées au village.

Pendant et après la phase de mise en service, il est indispensable de poursuivre la coopération pour garantir la bonne appropriation du service par les usagers, et sa pérennité.

Avant la mise en service, le travail réalisé avec les acteurs locaux vise à créer une acceptation du projet et à favoriser l'adhésion à sa mise en œuvre. Une fois les travaux lancés, le défi consiste à créer l'appropriation, ce sentiment de responsabilité vis-à-vis du service et des équipements, d'adhésion aux logiques associées à la présence de l'électricité. Le susciter et le faire perdurer est loin d'être une évidence (cf. encadré).



Coconstruction des outils de sensibilisation et d'information

« Sur le plan de la communication, un acteur local est le mieux placé pour savoir quels mots utiliser auprès des populations et des usagers pour désigner tel concept (la mise aux normes, par exemple...), tel mot (kilowatt) ou telle expression (économiser l'énergie), comment expliquer les risques d'électrocution, les possibilités de surconsommer ou d'être en impayés d'énergie... »

De même, lorsqu'il s'agit de concevoir des supports d'information sur le fonctionnement d'un réfrigérateur, sur les intérêts et particularités des systèmes d'éclairage, ou bien sur les dangers de l'électricité, un travail de co-élaboration apparaît essentiel (traduction dans la ou les langues locales, conception de dessins figuratifs...). »

Marie-Christine Zélem est professeur de sociologie à l'université de Toulouse-Jean-Jaurès et coresponsable du pôle politiques environnementales et pratiques sociales au CERTOP-CNRS. Retrouvez l'intégralité des articles sur la page web de l'ouvrage : <http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

Pendant les travaux, jusqu'à la mise sous tension.

L'installation d'une infrastructure électrique au sein d'une localité est toujours un événement majeur, une révolution annoncée... et une source de tentation. Dans le cas d'un miniréseau, les équipements viennent généralement de la capitale, au même titre que l'équipe de monteurs. Ils représentent un investissement dont le montant, même inconnu des habitants, est perçu par eux, à juste titre, comme très supérieur au revenu d'une vie, même pour le plus chanceux d'entre eux.

S'assurer de l'adhésion de la population pour réduire les risques de vol et créer le sentiment d'appropriation implique d'aller au-delà des sensibilisations et des informations préalables déjà

évoquées :

- **en faisant participer la communauté à la réalisation des travaux d'installation :** solliciter une main-d'œuvre locale pour la réalisation des travaux de génie civil (creusement de tranchées, déchargement ou transport de matériel au sein de la localité) permet également, dans le meilleur des cas, d'identifier un possible technicien pour la gestion des équipements ;
- **au moment de la mise en service, en ouvrant aux habitants les portes de l'installation :** une visite guidée des locaux techniques permet de faire comprendre aux usagers comment on passe de la radiation naturelle offerte par le soleil au courant délivré jusqu'à une habitation ou un ouvrage, d'expliquer la fonction de chaque composant,



Appropriation des installations : les biais des approches du développement

Au-delà de la propriété des infrastructures et des équipements, l'appropriation dépend du paradigme de développement qui a prévalu lors de la conception et du portage du projet d'électrification.

Les limites du don et de la gratuité

Les modèles de développement reposent sur ce qui est souvent perçu comme une forme de don : les « experts » installent gracieusement des technologies, ce qui ne permet pas d'en connaître la valeur et moins encore d'y accorder de la valeur. Cette perception, quelle que soit la technologie, se traduit par des difficultés à se l'approprier. La gratuité du service rendu renforce cette notion de « dû ». Chaque problème, chaque panne, donne lieu à un sentiment d'attentisme ou d'exaspération, sans que l'on sache non plus ce qu'il fallait faire ni vers qui se tourner.

Par exemple, lors de l'installation de puits hydrauliques à Madagascar, les villageois d'Amberiveri, qui n'avaient pas été associés au projet, ne s'autorisaient pas à gérer les puits, qu'ils ne désignaient pas par un pronom possessif : « nos puits », mais par un simple article : « les puits ». Cela traduit l'absence d'appropriation, conduisant à une absence de gestion et de maintenance, à des formes de sabotage et à de rapides dysfonctionnements jamais résolus.

Le modèle participatif et ses ambiguïtés

Privilégiant les individus, plus anthropocentré, ce modèle fait également face à des résistances locales. Consistant à prendre en compte les cultures et les aspects sociopolitiques pour gérer des identités territoriales, il propose un schéma d'organisation issu d'une pensée occidentale et « *met les individus "sous contrat", distribuant les droits et les devoirs de chacun, y compris celui de la sanction* » (Winter, 2011), à travers une sorte de gouvernance universelle, décrétée en lieu et place des modes de gouvernance coutumiers. Cette « démocratisation », incarnée par les « comités d'usagers » décidés ad hoc, est susceptible de générer des conflits dans les villages, entre les clans, entre les familles, entre les villageois et les représentants habituels de l'autorité.

Dans le cadre du projet Alizés électriques en Mauritanie, les comités de gestion doublaient les organisations sociales et politiques existantes, sans tenir compte des clivages qui les traversaient, créant un second lieu décisionnel, qui ne recouvrait pas toujours exactement le premier, généralement plus étroit et de surcroît hiérarchisé (Caratini, 2005).

La « tragédie des biens communs »

Cette notion, utilisée pour décrire les effets négatifs de la mise à disposition d'un collectif de personnes (quartier, village, communauté...) d'une ressource, d'un bien ou d'un équipement à partager (eau, air, foncier...), n'est pas étrangère à l'ERD. Même si, à l'origine, elle concernait les biens gratuits, elle s'applique dans le cas d'un système commun de production d'énergie aux usages individualisés. Dès lors que les usagers disposent d'un compteur individuel, même s'ils paient à hauteur de ce qu'ils consomment (carte prépayée, facture...), les surconsommations de quelques-uns peuvent impacter le système et le détériorer (multiplication de pannes).

L'expérience des Amérindiens Palikurs sur l'Oyapock est similaire à beaucoup d'autres en Afrique subsaharienne. Ceux qui disposent d'un compteur individuel vendent parfois de l'électricité aux voisins qui n'ont pas eu les moyens financiers de bénéficier de l'installation électrique. On observe parfois plus de quinze branchements « irréguliers » sur un même compteur. Cela se traduit régulièrement par des arrêts des centrales sollicitées au-delà de leurs capacités de production. Ces dysfonctionnements résultent à la fois d'un sous-dimensionnement des infrastructures électriques, dont les causes peuvent être multiples (contraintes financières, étude des besoins trop succincte, tarification inadaptée), et d'une méconnaissance générale du fonctionnement de ces technologies. Dès qu'ils disposent d'un branchement fonctionnel, certains utilisateurs se comportent en *freeriders* et s'autorisent des pratiques (revente pour les uns, vols pour les autres) logiques, mais inadaptées, exclues des scénarios des promoteurs du projet d'électrification.

Marie-Christine Zélem est professeur de sociologie à l'université de Toulouse-Jean-Jaurès et coresponsable du pôle politiques environnementales et pratiques sociales au CERTOP-CNRS. Retrouvez l'intégralité des articles sur la page web de l'ouvrage : <http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

schémas illustrés à l'appui, de montrer le dispositif de stockage pour la nuit ou les jours sans soleil, les actions de maintenance à réaliser, etc.

Après la mise sous tension du réseau.

Les premiers moments d'accès à l'électricité sont particulièrement importants. Il est nécessaire de veiller à ce que les habitudes des usages de l'électricité qui s'installent ne créent pas d'effets pervers qui soit déceptif.

Servante de la société moderne et de ses manifestations tangibles (télévision, Internet), l'arrivée de l'électricité s'accompagne souvent de la multiplication des récepteurs électriques dans les foyers. Or, cette situation comporte deux risques :

- **les récepteurs, basse consommation ou non, sont mal utilisés et leur usage inadapté induit**

des surconsommations énergétiques : réfrigérateur laissé ouvert grâce à un morceau de bois, conservateur à vaccins accueillant aussi des denrées alimentaires, lumière laissée allumée toute la nuit pour protéger la maison des mauvais esprits...

Ces usages détournés de leur fonction initiale montrent combien les notions de maîtrise de l'énergie et d'usage rationnel de l'énergie, intimement liées à tout recours aux énergies renouvelables, demandent sensibilisation et formation, alors même que l'utilisation de l'électricité est innovante :

- **les récepteurs utilisés, même correctement, sont de qualité médiocre et très énergivores :** hormis les ampoules LED, largement répandues, les appareils électriques à basse consommation



Branchements multiples.

ne sont pas nécessairement disponibles, le coût de transport et la faiblesse du pouvoir d'achat des clients potentiels ne favorisant pas la mise en place d'un marché pour ce type de produits.

Même dans le périmètre du réseau national, où les tarifs sociaux de l'électricité issue du réseau ne pénalisent pas l'utilisation d'appareils bas de gamme, ces récepteurs restent chers.

Le consommateur se contente souvent de matériel de seconde main ou dont le prix attractif s'explique par des défauts de conception (interrupteurs mal placés, fil cassé...).

Or, en mode décentralisé, imposer des récepteurs à haute efficacité énergétique ou inciter à leur utilisation est indispensable. Les usages détournés ou l'utilisation de récepteurs inadaptés se traduisent par une facture d'électricité très supérieure aux prévisions et par une insatisfaction communicative des usagers. Premiers affectés, les plus gros consommateurs sont souvent des notables écoutés et respectés ; leurs griefs sont connus et répétés, parfois jusqu'à créer un conflit avec l'opérateur local (même si la grille tarifaire a été validée par l'organe national de régulation du secteur électrique). Les pouvoirs publics régionaux ou nationaux, trop distants, ne peuvent rappeler leurs engagements aux parties prenantes.

Tout projet peut et doit donc se préoccuper de la maîtrise de la demande en électricité et de la bonne compréhension par les usagers de ses contraintes. Plusieurs leviers peuvent être activés :

- **fournir du matériel répondant aux besoins des populations, accompagné de modes d'emploi compréhensibles par les utilisateurs** : les nouvelles modalités d'électrification individuelles (par exemple le PAYG ; cf. chapitre 3.2.2.) comportent souvent des récepteurs exclusifs de tout autre matériel ;
- **prévoir une incitation tarifaire à l'utilisation de récepteurs basse consommation** : chaque

opérateur est libre de la tarification, à la condition d'une validation par l'organisme de régulation du secteur électrique ;

- **prévoir le service après-vente (SAV)**, c'est-à-dire un dispositif d'entretien/réparation des récepteurs basse consommation.

Au-delà de ces mécanismes incitatifs, le dialogue doit se poursuivre avec l'ensemble des usagers et de leurs représentants :

- **des réunions régulières** regroupant représentants des abonnés, opérateur, maire, chefs traditionnels, sont des occasions d'échanges et de discussions ;
- **l'association d'usagers** est le canal privilégié pour la diffusion d'informations, la connaissance des insatisfactions et le dialogue ;
- **Des médiateurs** bien choisis peuvent être des alliés efficaces pour régler certains conflits qui, tôt ou tard, surgiront sur la qualité du service électrique (principalement en période de très faible gisement), la grille tarifaire et son évolution, les nouveaux raccordements... ○

.....

« Toute ressource "commune" tend à être surexploitée, car nul n'a le pouvoir d'en limiter l'usage et chacun s'efforce d'en bénéficier le plus possible. »

Hardin, 1968, cité par Marie-Christine Zélem.

.....

Un étiage bien négocié à Madagascar

La microcentrale hydraulique de 42 kW installée à Antetetzambato, au centre de Madagascar, fonctionne depuis décembre 2002. L'étiage du cours d'eau qui l'alimente dure de quinze jours à trois semaines par an, période pendant laquelle la production électrique est interrompue. Cette problématique a été anticipée et, avant même la mise en eau de la centrale, **un accord a été négocié entre l'exploitant, les abonnés et les agriculteurs proches : l'eau, durant cette période, est entièrement affectée à l'agriculture.**

Depuis dix sept ans, pendant les périodes d'étiage, les usagers de la centrale reviennent à leurs anciennes habitudes énergétiques, sans que cela ne génère le moindre conflit.



© Fondation Énergies pour le Monde

Microcentrale hydraulique d'Antetetzambato (Madagascar) - 42 kW.

2.4.3.

Un des principaux défis consiste à assurer la présence durable du service de l'électricité alors que le secteur local est encore balbutiant.

Afin de garantir à leurs usagers un accès durable à l'électricité, les infrastructures et les équipements, quelles que soient les technologies mises en œuvre, doivent idéalement répondre aux quatre conditions suivantes :

- **reposer sur des matériels à la fois de bonne qualité et à durée de vie longue ;**
- **bénéficier d'un service après-vente efficace et d'un réapprovisionnement fiable en pièces détachées ;**
- **faire l'objet d'une collecte et d'un recyclage des composants en fin de vie ;**
- **faire l'objet d'une réelle appropriation par leurs exploitants et leurs utilisateurs.**

Cette dernière condition repose en partie dans les mains des acteurs locaux, sous l'égide du porteur de projet et de l'équipe qui assure l'information et la sensibilisation locales. Pour ce qui est des trois autres conditions, qui dépendent de la structuration du marché régional ou national, malgré quelques progrès significatifs, elles sont, en pratique, rarement réunies.

La qualité et la durée de vie des équipements ne sont plus un obstacle à la diffusion de l'ERD, mais l'absence de normes empêche l'apurement du marché.

En principe, la durée de vie des principaux composants d'un système électrique par énergies renouvelables est élevée : plus de trente ans pour les unités de production hydroélectriques, les

modules solaires photovoltaïques, les structures associées ou les câbles.

Pourtant, la qualité médiocre et la faible longévité de certains équipements disponibles sur le marché sont une préoccupation récurrente, particulièrement en Afrique subsaharienne, où normes et contrôles de qualité sont inexistants ou défaillants.

Le sujet se pose avant tout dans le cadre des petits équipements domestiques diffusés en vente directe.

Il est possible de se procurer des lampes solaires portables ou des systèmes individuels (de 30 à plus de 200 Wc) sur les marchés ou dans les magasins d'électroménager. Les composants, vendus sans attention à leur assemblage, ne répondent souvent à aucune norme et ne sont soumis à aucun contrôle, ni en douane ni sur les lieux de leur commercialisation. De plus, les revendeurs manquent de personnel qualifié capable d'effectuer un minimum d'autocontrôle.

Concernant les lampes solaires portables :

- sur un même marché, des dizaines de modèles différents sont disponibles, pour des prix allant du simple au quintuple ; si le service rendu s'affiche comme équivalent, la différence de prix traduit une différence de robustesse, considération que l'économie d'un ménage rural permet rarement ;
- beaucoup de ces lampes, produites massivement, souvent en Asie, sont « jetables » car non réparables, et sont sources d'importantes

pollutions nouvelles (plastique, électronique, piles et batteries).

Concernant les systèmes solaires individuels :

- les plaques signalétiques des modules indiquent souvent de fausses informations sur le nom du fabricant et les caractéristiques techniques (cf. encadré), tandis qu'aucune indication ne permet de référencer les régulateurs, les onduleurs ou les batteries ;
- ces systèmes résultant de l'assemblage disparate de composants mal adaptés affichent des durées de vie de six mois à trois ans, contre cinq à dix ans pour des équipements similaires mieux conçus et mieux installés ;
- à ces composants peu performants, de marque inconnue, s'ajoute parfois le manque de compétences des installateurs ;
- selon les estimations d'experts, 80 % à 90 % des installations de ce type sont hors service en Afrique.

Voilà pour les constats. La bonne nouvelle, c'est que la situation observée n'est pas irréversible.

Les logiques de projet ou de location-vente tirent la qualité des produits vers le haut.

Le caractère capitalistique des énergies renouvelables, qui pose problème pour le financement des installations par les usagers eux-mêmes, devrait à terme favoriser l'amélioration de la qualité des produits. En effet, que le service électrique procède d'une approche interventionniste ou libérale (cf. chapitre 2.4.1.), financeurs et investisseurs requièrent des produits robustes et fiables :

- les projets mis en œuvre dans le cadre de programmes d'électrification validés par les institutions publiques doivent **se conformer à la réglementation et aux normes techniques** destinées à garantir la qualité, la performance, la



La non-fiabilité des valeurs annoncées sur les modules PV

Lors d'une formation sur le photovoltaïque, au Bénin en 2018, à destination des professionnels de l'énergie, le formateur a demandé aux participants, eux-mêmes revendeurs et installateurs d'équipements PV, d'apporter un ou plusieurs modules pour des travaux pratiques.

Pendant l'exercice, les participants ont réalisé des mesures en conditions réelles sur huit modules PV neufs disponibles sur le marché local à prix attractif.

Le résultat des mesures est sans appel : les performances réelles sont inférieures de 15 à 30 % à celles annoncées sur la fiche signalétique du produit, et aucun des modules n'est conforme au minimum d'exigence normative des produits disponibles en Europe.

Source : Étienne Sauvage, HACSE.

sécurité et la longévité des installations ;

- pour **rentabiliser leurs propres investissements et satisfaire leurs investisseurs**, les exploitants d'un service de location-vente de type *pay as you go* (cf. chapitre 3.3.), qui visent une large diffusion de leurs solutions, ont tout intérêt à utiliser des composants fiables et durables, qui respectent les normes en vigueur quand elles existent.

Dans les deux cas, l'approvisionnement en produits de qualité est un des piliers du modèle économique et bénéficie des récents progrès réalisés par les industriels :

- les contrôles systématiques et certifications associées à la production en grande série des équipements de régulation et de conversion d'énergie ont permis de lever les obstacles initialement rencontrés ;
- les batteries, pourvu qu'elles soient bien sélectionnées selon l'usage prévu, apportent les garanties suffisantes pour un service de deux à dix ans selon les technologies aujourd'hui disponibles.

Si, dans le cadre de programmes structurés ou de location-vente, la qualité des composants d'un système décentralisé n'est plus un obstacle à la pérennité du service électrique, il n'en est pas encore de même de la capacité de réparation in situ.

En milieu rural, le service après-vente et l'approvisionnement en pièces détachées souffrent encore de nombreuses défaillances.

Les premières pannes, dès qu'elles durent plus de quelques heures, sont souvent marquées par des signes de désaffectation, voire par des refus de payer l'électricité. L'efficacité du service après-vente et la disponibilité des pièces de rechange dans des délais raisonnables sont donc deux conditions sine qua non du fonctionnement pérenne des systèmes d'électrification et de leur viabilité économique.

Concrètement, cela nécessite un suivi préventif régulier des installations pour en vérifier le bon

fonctionnement et identifier les éventuels risques de panne, mais il faut aussi et surtout des prestataires de services après-vente disponibles et compétents, ainsi que la présence de filières d'approvisionnement et de distribution des pièces détachées.

Le suivi préventif requiert des personnes référentes formées et disponibles à proximité des systèmes d'électrification pour appliquer des protocoles appropriés permettant d'identifier les anomalies de fonctionnement et les risques de panne. Ce suivi préventif réduit les déplacements de techniciens spécialisés et les besoins en pièces détachées, et donc le coût d'exploitation.

Ce n'est ni l'identification ni la formation de ces personnes référentes qui pose le plus souvent problème, mais leur turn-over, une fois formées, particulièrement lorsqu'il s'agit de territoires reculés. La sélection d'une personne d'âge mûr, faisant autorité et vivant dans la localité, est une des parades.

Par ailleurs, en milieu rural, **les prestataires de services après-vente** sont en nombre insuffisant. Ils manquent de personnel qualifié (techniciens spécialisés) et ne disposent pas de réseaux déployés sur l'ensemble des territoires ruraux électrifiés. Il en est de même pour les filières d'approvisionnement et de distribution des pièces détachées.

Souvent, ces insuffisances ne permettent pas d'effectuer correctement la maintenance préventive ni d'intervenir rapidement pour le dépannage des systèmes d'électrification, nuisant à l'adhésion des usagers et donc à la pérennité du service.

En conséquence, pour la réussite d'un projet, un effort important doit être porté sur les deux points suivants :

- **la facilitation de l'importation et de la livraison sur site de pièces de rechange**, dans une logique d'anticipation et d'approvisionnement au coût minimum ;

• **l'élaboration des mécanismes de mutualisation** assurant de mettre à disposition des exploitants, à partir de lieux de stockage sécurisés, des composants susceptibles de faire défaut. Des questions similaires sont à résoudre pour l'entretien et la maintenance des récepteurs électriques pour lesquels les vendeurs ne peuvent aujourd'hui apporter une assistance après-vente.

La prise en charge des équipements en fin de vie reste le maillon faible de la chaîne logistique.

Quelles que soient les précautions prises pour assurer leur fonctionnement (suivi préventif, entretien et maintenance, disponibilité de pièces détachées), les composants des systèmes d'électrification ont des durées de vie plus ou moins longues mais, dans tous les cas, limitées. Si rien n'est fait pour les prendre en charge en fin de vie, ils représentent une nouvelle source de pollution (plastique, électronique, piles et batteries). C'est aussi le cas d'équipements d'électrification encore réparables mais abandonnés par leurs utilisateurs.

.....

« Les produits solaires Lagazel sont fabriqués localement en Afrique par des techniciens formés à cet effet. Le premier atelier, opérationnel depuis septembre 2016 au Burkina Faso, a fabriqué près de 60 000 lampes solaires en deux ans. Cette approche innovante permet à Lagazel de garantir la durabilité sociale et environnementale de la chaîne de valeur, comme un SAV de proximité dans les pays où nous avons des ateliers. D'une part, cela donne confiance au client qui investit dans un équipement solaire ; d'autre part, la possibilité de réparer un composant d'une lampe plutôt que de remplacer la lampe à l'identique allonge la durée de vie du produit et réduit le volume de déchets.

Lagazel est accompagné par le Fonds français pour l'environnement mondial de l'Agence française de développement pour accélérer la réplication des ateliers de fabrication sur le continent africain. L'objectif : cinq ateliers de fabrication actifs d'ici 2025, permettant la création d'une centaine d'emplois locaux. »

Arnaud Chabanne, ingénieur en énergies renouvelables et sensible aux problématiques d'accès à l'énergie, travaille depuis 2004 dans le secteur solaire au Burkina Faso ; il a fondé Lagazel en 2015 avec son frère Maxence, avec pour objectif d'industrialiser la fabrication de lampes solaires de qualité sur le continent Africain.

Retrouvez l'intégralité de l'interview sur la page web de l'ouvrage :

<http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

.....

Au problème des composants des systèmes de production d'électricité, s'ajoute celui des récepteurs électriques, notamment les déchets électroménagers. Ils posent des questions spécifiques de gestion des déchets, en raison des effets induits par les fluides (pollution des eaux, des sols, points noirs paysagers, décharges sauvages, largage de puissants gaz à effet de serre, etc.).

Prendre en charge les composants et les récepteurs en fin de vie ou abandonnés requiert l'existence de filières de récupération et de recyclage, ainsi que de stockage pour des produits dangereux. Si de telles filières sont encore balbutiantes en Afrique subsaharienne, l'expérience en la matière est grandissante. L'exemple de la société burkinabé Beta fait la preuve de cette prise de conscience (cf. encadré).

L'appropriation des infrastructures et des équipements reste la meilleure garantie de leur pérennité.

La bonne compréhension du fonctionnement des infrastructures et des équipements par leurs utilisateurs (maître d'ouvrage, exploitant, usagers) et l'adhésion au service rendu de ces derniers sont des conditions nécessaires à la pérennité du service. Réussir à faire naître le sentiment de responsabilité vis-à-vis du service et des outils le délivrant est une des phases les plus délicates des opérations d'électrification rurale décentralisée (cf. chapitre 2.4.2.).

Cette appropriation est d'autant plus nécessaire qu'il y a de parties prenantes différentes et interdépendantes. Elle est ainsi primordiale en logique interventionniste, dans le cas d'un projet d'électrification par miniréseau par exemple (cf. chapitre 3.5.3.). Les constats de terrain montrent l'importance d'une implication d'acteurs

rodés au montage de programmes d'accès à l'électricité, associant maîtrise de la méthodologie, connaissance du terrain et capacité de dialogue entre les différentes parties prenantes, qu'elles soient étrangères ou locales, financières ou techniques (cf. chapitre 2.4.1.). ●



Un exemple d'initiative de recyclage de batteries

Attentif à la préservation de l'environnement, M. Kabré, directeur de la société Beta, installée à Koupéla, à l'est de Ouagadougou, a fait de la collecte des composants photovoltaïques son principal combat. Chaque année, il vend environ 5 000 lampes et systèmes solaires individuels par des canaux de distribution informelle.

Les accumulateurs rechargeables des lampes solaires et les batteries étanches qui sont remplacés sont collectés et stockés. Dès que la capacité de transport du véhicule utilitaire est atteinte, ils sont livrés à la société Bedaya, basée dans la capitale. Contre une somme de 8 000 à 12 000 FCFA (12 à 18 €) par batterie de 100 Ah/12 V, Beta les vend à Bedaya, qui les intègre dans son circuit de collecte des batteries de voiture. Livrés finalement à Accra, au Ghana, accumulateurs et batteries sont expédiés en Inde pour leur recyclage.

2.4.4.

Les enjeux liés à la tarification et au paiement de l'électricité doivent être soigneusement anticipés pour assurer la viabilité et la pérennité du service.

La pérennité d'un système d'électrification dépend en grande partie de la viabilité de son exploitation, et donc de la politique tarifaire adoptée pour la vente du service, ainsi que des modalités de paiement associées.

Quelle que soit la logique sous-jacente, interventionniste ou libérale, définir un tarif pour un service relève d'un arbitrage de faisabilité entre contraintes d'exploitation et opportunités commerciales. La grille tarifaire et le dispositif de recouvrement mis en place doivent ainsi relever un double défi :

- **générer des recettes suffisantes** pour dégager des résultats d'exploitation compatibles avec l'impératif de viabilité économique, voire de rentabilité du service, si possible excédentaires (l'excédent permettant notamment d'investir dans de nouveaux raccordements ou d'anticiper le renouvellement de matériel) ;
- **être compatibles avec la volonté et la capacité réelle de paiement des usagers**, ce qui, en milieu rural, est complexe étant donné la faiblesse et la saisonnalité des revenus.

La tarification répond à trois grandes fonctions.

Pour un miniréseau, définir la tarification relève d'une triple équation ; en effet, dans ce cas, trois types d'intérêts, parfois contradictoires, se juxtaposent :

- **les entreprises exploitantes** cherchent à accroître leurs recettes ;
- **les pouvoirs publics**, notamment l'Etat, cherchent à étendre le service de l'électricité au plus

grand nombre à un prix acceptable ;

- **les usagers** cherchent à réduire autant que possible leur budget énergétique.

A ces trois intérêts, dont la convergence ressemble à la quadrature du cercle, correspondent les trois grandes fonctions d'une tarification : couvrir les coûts, assurer une redistribution équitable et influencer les usages.

La fonction de couverture des coûts.

Couvrir les coûts engendrés par le système mis en place pour assurer l'offre du service en question est déterminant pour l'équilibre durable des comptes d'exploitation du système, et donc la viabilité de ce dernier.

Dans le cas idéal, les tarifs du service doivent permettre de couvrir tous les coûts liés à l'exploitation :

- l'amortissement des infrastructures ;
- le maintien des infrastructures (maintenance préventive et remplacement des composants) ;
- les frais de fonctionnement et les frais généraux de gestion du service ;
- les risques d'exploitation (assurances) ;
- le développement des infrastructures ;
- la rémunération des investisseurs ;
- la marge bénéficiaire de l'opérateur.

La réalisation de cet objectif de couverture des coûts est parfois entravée par des choix économiques et sociaux qui échappent au concepteur ou, après lui, à l'exploitant du système.

La fonction redistributive.

Les pouvoirs publics peuvent décider de mettre en place des mécanismes de transfert de revenus entre différentes catégories d'usagers, notamment dans un souci d'accessibilité au service aux familles ou de développement de certains secteurs d'activité économique.

L'instauration de tarifs dits « sociaux », qui ne reflètent pas la réalité des coûts, repose le plus souvent sur l'existence d'un mécanisme de péréquation tarifaire : un seul et même tarif s'applique à deux usagers présentant le même profil de consommation, quelle que soit leur localisation sur le territoire. Cette solidarité entre population urbaine et population rurale est mise en œuvre dans la quasi-totalité des services publics dont la desserte est organisée en réseau. Lorsqu'elle n'affecte pas la faisabilité d'un projet d'ERD, la péréquation favorise l'accessibilité du service au plus grand nombre ; en ce sens, elle est souhaitable, à condition de reposer sur un périmètre territorial adapté (cf. les préconisations formulées en partie 4).

L'Etat peut chercher à favoriser certains secteurs ou certaines activités économiques afin de stimuler leur développement, en les faisant bénéficier de tarifs particulièrement bas. Ces derniers renforcent les externalités positives engendrées par l'usage de l'électricité mais ne permettent pas de couvrir la totalité des coûts : une sous-tarification du service est donc nécessairement corrélée à un mécanisme de subvention (directe ou indirecte) à l'opérateur.

Dans la majorité des pays en développement, les systèmes de tarification des sociétés électriques font apparaître cette redistribution et distinguent généralement plusieurs catégories de tarifs : social, petit artisanat, industrie, éclairage public, pompage, etc. Dans la mesure du possible, un projet d'ERD met également en place ce type de segmentation.

En approche libérale, au contraire, la tarification est libre : le promoteur peut optimiser sa politique

tarifaire selon sa stratégie commerciale. Si la politique du nombre est nécessaire pour attirer de nouveaux investisseurs, celle de la sécurité d'un paiement régulier est tout aussi pertinente pour confirmer les prévisions d'un plan d'affaires.

La fonction de signal.

Outre les fonctions d'équilibre économique et de redistribution, la tarification constitue un mécanisme déterminant d'orientation des choix économiques de l'utilisateur d'un service électrique. Le tarif est en effet l'une des principales informations considérées par l'utilisateur pour choisir ou non d'adopter le service, ou pour choisir entre différents niveaux de service.

Le « signal tarifaire » est ainsi utilisé pour influencer le comportement des usagers, dans le but de faire coïncider leur choix avec l'optimum économique du service. Par exemple, on distingue l'usage nocturne, faisant appel au stockage sur batteries, de l'usage diurne, faisant appel à la seule production solaire¹ : le tarif, variable, va inciter les usagers à consommer l'électricité en dehors des heures nocturnes, qui correspondent à des coûts de production plus élevés.

Ce qui est vrai pour l'utilisateur l'est symétriquement pour un opérateur développant ses ventes dans un contexte de tarifs régulés : si le tarif associé à un usage (domestique, par exemple) lui garantit une marge moindre que celui associé à un autre type d'usage (productif, par exemple), il axera ses efforts de promotion vers le second. La tarification permet ainsi d'orienter les décisions d'investissement vers des zones ou des secteurs particuliers.

1. De nombreux usages peuvent être concentrés durant les périodes de production (milieu de journée pour le solaire, hautes eaux pour l'hydraulique) : les activités industrielles et artisanales, les usages thermiques pour le froid et le chaud fortement stockables, les usages agricoles liés aux dates de récoltes ou de transformation.

Prendre en compte l'équité est un défi difficile à relever.

La viabilité économique de l'électrification rurale est pénalisée par des investissements et des charges d'exploitation (notamment de personnel) par usager qui sont plus élevés qu'en zone urbaine. En conséquence, alors même que les populations rurales subsahariennes sont économiquement plus fragiles, le coût d'accès à l'électricité pour elles est plus élevé.

A priori, l'iniquité tarifaire devrait être la règle.

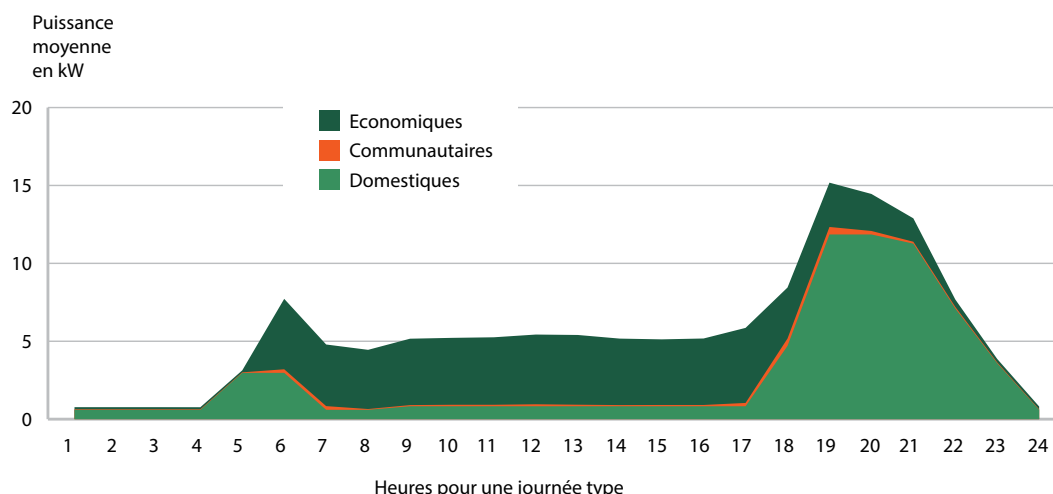
Trois facteurs, déjà évoqués (cf. chapitre 2.1.2.), se cumulent pour expliquer la différence de coûts qui s'opère au détriment du milieu rural : un nombre d'abonnés plus réduit, une grande dispersion de la clientèle, et un facteur de charge* nettement plus faible, de l'ordre de 25-30 % en milieu rural contre 60-70 % en milieu urbain.

Ce facteur de charge plus faible s'explique par deux phénomènes (cf. graphe) :

- une consommation domestique faible, concentrée aux périodes de pointe sur des usages très limités (éclairage, audiovisuel) ;
- le fait que cette faiblesse n'est pas compensée par la consommation des activités économiques, communautaires et administratives, plutôt concentrée en dehors des périodes de pointe.

A cela, s'ajoute un facteur supplémentaire de variabilité du tarif pour les populations rurales : le contexte géographique. Le tarif, pour une même catégorie d'usagers, diffère d'une zone rurale à l'autre en fonction du type d'activités possibles sur le territoire, de son niveau d'enclavement, etc. Avec cet effet paradoxal du point de vue du développement humain, et éthiquement inacceptable : plus le territoire est enclavé et pauvre, plus l'électricité y est chère.

Appel de puissance* : la consommation se concentre en soirée. (Courbe prévisionnelle pour le village de Sambailo en Guinée)



Source : Fondation Energies pour le Monde.

Dans le cadre d'un miniréseau rural, la prise en compte de la variabilité des coûts peut conduire à adopter deux types de démarche de tarification opposés :

- **une tarification ad hoc, définie en fonction du contexte local** : ce fut longtemps le cas en France, et c'est l'approche retenue par les organes de régulation du secteur électrique dans les pays d'Afrique subsaharienne ;
- **un mécanisme de péréquation tarifaire** : il garantit aux usagers un approvisionnement en électricité à des tarifs de vente réglementés aux mêmes conditions économiques pour tous, au titre du « service public de l'énergie ».

La péréquation tarifaire locale est une solution intéressante mais complexe à mettre en œuvre.

Le principe de péréquation tarifaire signifie que **deux consommateurs ayant le même profil de consommation se voient facturer le même tarif, quelle que soit leur localisation géographique sur le territoire**. Il peut être opéré au niveau national ou local, à l'échelle d'une portion de territoire (région par exemple).

Souhaitée par les populations rurales, promise par les leaders politiques, la péréquation nationale, étudiée au Sénégal dans le cadre d'une harmonisation des tarifs de l'électricité, se heurte à des obstacles tels que sa mise en place est reportée.

Un tel mécanisme ne peut fonctionner qu'à deux conditions :

- le pourcentage d'abonnés urbains est nettement supérieur à celui d'abonnés ruraux ;
- les consommations des abonnés urbains et les ressources financières issues de leurs redevances sont élevées.

Or, dans la plupart des pays d'Afrique subsaharienne, la population est encore majoritairement rurale, les consommations électriques en milieu

urbain sont faibles, et le montant des redevances est aléatoire.

Par ailleurs, la mise en place d'un mécanisme de péréquation tarifaire efficace se heurte à la diversité des projets et des situations en milieu rural. Cette hétérogénéité accentue la difficulté : comment choisir une échelle territoriale pertinente et concevoir un mécanisme unique adapté ?

La péréquation locale, fondée sur la solidarité entre classes d'abonnés, est une solution pour faciliter l'accès à l'électricité de la partie de la population la plus défavorisée. Plus simple à mettre en œuvre que la péréquation nationale, son instauration fait face à deux obstacles :

- **la redistribution qu'elle organise au bénéfice des plus vulnérables peut susciter de fortes réticences** des familles influentes sur un territoire ;
- **les compétences et capacités financières des entreprises d'ERD sont rarement compatibles** avec la gestion d'un mécanisme de péréquation, même simple et localisé.

Ainsi, le sujet de la tarification électrique est polémique par nature, sur deux aspects au moins : le niveau des tarifs et le choix entre tarification unique et tarification différenciée. Tout dépend de la position qu'adoptent les différents intervenants (usagers, entreprises d'électrification et acteurs publics nationaux et régionaux).

Le choix de la tarification : des positions difficilement conciliables.

Dans le cas d'un système électrique individuel distribué selon une logique purement marchande (cf. chapitre 3.2.), la difficulté de la tarification est de facto réduite : de nombreux facteurs externes entrent en ligne de compte (attentes des consommateurs, offres concurrentes, taille du marché, normes à respecter...), mais le prestataire fixe le prix de son service de manière autonome, à l'issue d'un arbitrage essentiellement guidé par l'objectif de rentabilité. Par ailleurs, en l'absence

d'interdépendance entre usagers, la défaillance de paiement de l'un d'entre eux ne pénalise pas l'accès au service du reste de la communauté.

En revanche, dès lors que le projet relève d'une logique institutionnelle et pluriacteurs (approche interventionniste) et que l'accès au service est conditionné par une discipline collective des usagers, l'instauration d'une juste tarification acceptée et respectée par tous est nécessaire. Ce qui n'est pas évident. Le concepteur d'un miniréseau doit en effet prendre en considération les points de vue parfois divergents des différentes parties prenantes.

Le point de vue des abonnés : le juste prix.

Les abonnés urbains, sensibles à leur pouvoir d'achat, souhaitent des tarifs les plus modérés possible ; toute hausse est mal vécue et susceptible de provoquer des réactions violentes (protestations, manifestations).

Les ruraux qui n'ont pas encore accès à l'électricité sont, eux, généralement disposés à payer nettement plus que le tarif urbain, compte tenu des économies réalisées grâce à l'électricité et de sa valeur d'usage (télécommunications et éclairage notamment). De nombreuses enquêtes l'ont montré (cf. encadré).



Des tarifs élevés et pourtant sous-évalués

En zone urbaine...

Les tarifs de nombreux pays d'Afrique subsaharienne sont parmi les plus élevés des pays en voie de développement. Une augmentation des tarifs est impopulaire d'un point de vue politique, y compris lorsque les ménages consentent à payer pour des services d'électricité de meilleure qualité. Par exemple, Twerefou, professeur d'économie à l'Université du Ghana, (2014) estime que les ménages du Ghana étaient disposés à payer environ 0,27 US\$ par kWh en moyenne pour des services d'électricité de meilleure qualité, soit environ 150 % des tarifs appliqués au moment de l'étude. De même, Oseni (2017) estime que les ménages nigériens seraient prêts à payer jusqu'à 86 % de plus que le tarif actuel pour des services de meilleure qualité. Pourtant, la sous-tarification persiste dans les deux pays.

Source : Banque mondiale, « Africa's Pulse : une analyse des enjeux façonnant l'avenir économique de l'Afrique » (Washington, D.C., 2018).

... comme en zone rurale.

L'enquête menée en 2001 dans le cadre de la préparation du plan directeur de l'électrification rurale au Cameroun auprès de 1450 usagers potentiels (représentant chacun une unité familiale de l'ordre de 10 personnes en moyenne) montre que les consommateurs ruraux, petits et moyens, sont **prêts à payer deux à trois fois plus que les usagers urbains.**

Source : Plan directeur d'électrification rurale du Cameroun, 2001



Chiffres-clé

Selon les catégories sociales, 5 à 15 € sont consacrés à l'achat de bougies, de pétrole lampant ou de piles électriques, représentant de **10 à 15 % du budget mensuel familial**.

Sources : Etudes Noria, Fondation Energies pour le Monde.

Néanmoins, si les ménages ruraux sont disposés à payer cher l'électricité (plutôt que de ne pas y avoir accès), ils connaissent le prix payé par les familles raccordées au réseau électrique dans d'autres localités. S'ils doivent payer nettement plus cher qu'elles pour un même service, il faudra leur expliquer pourquoi. Pour que le niveau de tarif soit accepté et que le service soit respecté, la transparence des coûts est de rigueur et suppose, de la part du concepteur, avec le soutien des autorités locales, une argumentation étayée et compréhensible par les usagers.

Le point de vue des exploitants : la rentabilité.

Pour les opérateurs, concessionnaires ou fermiers, la rentabilité guide leurs investissements. Compte tenu des autres opportunités d'investissement, ces sociétés attendent :

- un taux de rentabilité interne (TRI) financier de l'ordre de 15 % ; et/ou
- un retour sur investissement (ROI) inférieur à quinze ans, compte tenu des risques propres aux pays de l'Afrique subsaharienne.

Les entreprises sont conscientes que les tarifs ne peuvent pas dépasser ni la capacité ni

la volonté de paiement des usagers, et qu'une augmentation mal ajustée ou mal comprise augmente leur risque. L'optimisation de la tarification, jointe à l'obtention d'éventuelles subventions d'investissement (cf. paragraphe suivant), est l'une des clés de cette rentabilité.



La subvention n'est pas indispensable mais elle favorise une électrification de qualité.

Dans certaines localités africaines, des services se sont développés de façon autonome, sans aucun type de subvention. L'électricité est vendue à un noyau rapproché de consommateurs à des prix très élevés, de l'ordre de 2500 FCFA (soit 3,80 €) par point lumineux et par mois, et les usagers sont satisfaits.

Mais les installations sont très sommaires, ne répondent à aucune norme de sécurité, et le système est à la merci des premières pannes. Une électrification avec des standards professionnels ne peut guère être envisagée dans ces conditions financières.

La tarification, une affaire politique

Les autorités publiques, soucieuses de défendre les usagers, influent sur les tarifs. Par la mise en place de subventions ou d'allègements de la fiscalité, elles cherchent à favoriser les investissements privés dans l'ERD.

Le mécanisme de subvention, qui a pour autre avantage de tirer la qualité des projets vers le haut (cf. encadré), peut cependant créer des concurrences voire des conflits entre projets du fait de son hétérogénéité. En effet, les subventions peuvent couvrir de 30 à 80 % des investissements initiaux, en fonction du territoire considéré et de son potentiel de développement économique.

Par ailleurs, les pouvoirs publics veillent, avec plus ou moins d'autorité selon les pays, au respect de certains principes de tarification. Différents

tarifs sont-ils acceptables pour les distributeurs d'électricité et les abonnés en milieu rural ? Est-il admissible que les promoteurs de projets proposent leurs propres tarifs ? Comment juger que ces tarifs sont appropriés ? Pour répondre, les organismes de régulation du secteur électrique se basent sur l'analyse des *business plans* des investisseurs et exploitants privés, qui semblent les satisfaire. Mais force est de constater que la réponse de la population (peu d'abonnés, faibles consommations) est rarement à la hauteur des simulations.

Il faut souligner que l'implication, encore récente, d'acteurs privés dans un secteur traditionnellement public est dénigrée par certains leaders d'opinion, qui défendent la généralisation des grilles tarifaires en vigueur en milieu urbain et ne tiennent compte ni des situations financières des



La régulation de la tarification du service pour les miniréseaux : l'exemple du Nigeria et du Rwanda

La Commission de réglementation de l'électricité du Nigeria (NERC) réglemente les tarifs des miniréseaux construits par des compagnies indépendantes ayant une capacité de distribution supérieure à 100 kW. L'objectif est d'établir des tarifs fondés sur les coûts, compte tenu des cibles pour les pertes techniques et commerciales. En ce qui concerne les miniréseaux ayant une capacité de distribution inférieure à 100 kW, la Commission acceptera des tarifs négociés avec la communauté.

A l'instar du Nigeria, le Rwanda requiert des tarifs reflétant les coûts pour les miniréseaux. Cependant, un promoteur de miniréseaux ne doit pas obtenir l'approbation du régulateur pour ces calculs de coût avant l'entrée en vigueur de ses tarifs de détail. Les réglementations indiquent ce qu'il faut inclure dans le calcul des coûts. Le régulateur se réserve le droit d'examiner les calculs de coût du promoteur à n'importe quel moment.

Sources :

Bernard Tenenbaum, Chris Greacen, et Dipti Vaghela, « Mini-Grids and Arrival of the Main Grid : Lessons from Cambodia, Sri Lanka, and Indonesia » (Washington, D.C : Banque mondiale, 2018).

Banque mondiale, « Africa's Pulse : une analyse des enjeux façonnant l'avenir économique de l'Afrique » (Washington, D.C, 2018).

sociétés nationales d'électricité ni des soutiens qu'elles reçoivent de l'Etat pour leur survie. En conséquence, la plupart des responsables politiques d'envergure nationale soutiennent la mise en place de tarifs bas et la péréquation tarifaire entre zones urbaines et rurales, position reprise par leurs homologues régionaux et communaux (cf. encadré).

Cependant, la situation évolue à la faveur du mouvement de décentralisation, qui s'opère lentement mais sûrement. Le transfert progressif de compétences, l'émergence du concept de territoire et l'accès à un service électrique de qualité constituent autant d'opportunités de développement économique pour les collectivités territoriales. Dès lors, un nouveau dialogue de proximité pourrait s'engager entre maîtres d'ouvrage et exploitants, qui permettrait des aménagements tarifaires consensuels.

Le préfinancement des coûts de raccordement fait tomber la barrière à l'accès.

En ERD, les coûts initiaux de raccordement représentent un obstacle majeur à l'accès à l'électricité, quel que soit le service proposé. De 20 à 50 €/abonné¹ selon les contrats d'abonnement, ils excluent une frange importante de la population, que la variété des contextes ne permet pas d'estimer précisément.

Raccordement au miniréseau ou installation d'un système solaire individuel à l'intérieur de l'habitation de l'utilisateur peuvent être pris en charge sur le budget du promoteur du projet. Ces frais de raccordement sont ensuite fractionnés afin de les rendre « indolores » pour l'utilisateur et refacturés par le biais d'une composante tarifaire périodique qui tient compte, par exemple :



Mali : une grille tarifaire nationale qui s'impose à tous

Au cours de la première décennie des années 2000, le Mali a soutenu le développement de projets d'électrification rurale décentralisée concédés sur appel d'offres à des entreprises privées qui fixaient elles-mêmes leur grille tarifaire.

Le pays est revenu sur cette approche en sollicitant la société publique d'électricité, Electricité du Mali, pour qu'elle reprenne à son compte l'exploitation des infrastructures électriques des chefs-lieux de cercles, initialement concédées à des concessionnaires privés. Depuis lors, c'est la grille tarifaire de la société nationale qui s'applique.

Les raisons de ce changement de stratégie sont diverses. C'est avant tout un choix politique, permettant de réaliser la péréquation sur l'ensemble du territoire au titre du service public, une revendication sociale forte des Maliens. C'est aussi un choix technique : la société nationale paraît plus efficace pour faire fonctionner correctement et durablement les systèmes ERD existants que les opérateurs qui les ont créés et qui, bien souvent, sont en difficulté financière.

1. Source : Fondation Energies pour le Monde.



Parole de professionnel Mamadou Saidou Diallo

Selon vous, quelles sont les principales difficultés rencontrées par les développeurs de miniréseaux dans le contexte guinéen ?

« Il faut tout d'abord préciser que le métier d'opérateur de miniréseaux est récent et encore insuffisamment développé en Guinée. Seuls quelques opérateurs exercent actuellement, dans le sillage des projets d'ERD réalisés entre 2006 et 2013 avec l'appui du Bureau d'électrification rurale décentralisée, devenu depuis l'AGER. Le développement des miniréseaux se heurte à plusieurs difficultés.

Le prix moyen très bas de l'électricité du réseau public, qui varie entre 0,03 et 0,14 dollar/kWh en fonction du type de client, pénalise l'application des tarifs des miniréseaux (généralement 0,50 dollar/kWh min.), les usagers d'ERD ayant souvent tendance à comparer les tarifs des deux systèmes ;

Le manque de professionnalisme a conduit plusieurs opérateurs, souvent ressortissants des villages, à privilégier le caractère social du service sur celui business, plutôt que de rechercher le meilleur équilibre entre les deux.

La très faible implication actuelle du secteur bancaire ne permet souvent pas aux opérateurs d'accéder aux crédits de financement des miniréseaux d'ERD dont ils ont besoin. »

Mamadou Saidou Diallo, ingénieur électro-énergéticien de formation, travaille depuis quinze ans dans le domaine du développement de l'électrification rurale en Guinée ; il est directeur général adjoint de l'Agence guinéenne d'électrification rurale (AGER).

Retrouvez l'interview intégrale sur la page web de l'ouvrage : <http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

- de la distance au réseau ou du type de kit solaire pour le raccordement ; et
- du nombre de pièces, de points lumineux et de prises pour les installations intérieures.

Cette option de préfinancement des travaux suppose une avance de trésorerie et complexifie la tarification, mais, pour l'opérateur, elle présente un double avantage économique et opérationnel :

- elle élargit la base d'abonnés grâce à l'élimination de la barrière que constitue le paiement du coût de raccordement ;
- elle garantit la conformité, la sécurité et la

perennité des installations intérieures ; les travaux pris en charge par l'utilisateur conduisent souvent à des installations électriques approximatives, mettant en danger personnes et biens, et un contrôle avant mise sous tension s'avère indispensable.

Les solutions numériques facilitent le paiement des services électriques.

A l'instar des mécanismes existants en Europe, le post-paiement a longtemps été le principe de paiement des services électriques le plus répandu : les consommations sont calculées par l'opérateur et

réglées par l'utilisateur sur la base d'une facturation mensuelle. Quoique peu coûteux matériellement car limité à un simple compteur ordinaire, le post-paiement s'avère économiquement mal adapté au contexte rural africain :

- **le collecteur doit effectuer de nombreuses visites auprès des usagers**, dont les taux d'impayés restent élevés ;
- **la mise en place d'un dispositif de paiements quotidiens ou hebdomadaires est trop onéreuse** au regard des sommes collectées.

Cette situation n'est pas une fatalité. Les nouvelles

technologies de comptage à distance et de prépaiement par téléphone portable permettent de limiter les risques précités et favorisent un équilibre, voire un excédent des comptes d'exploitation des opérateurs. Ceux du PAYG, appliquant le prépaiement aux systèmes solaires individuels, ont montré la voie. Cette solution est en train de se généraliser rapidement à l'ensemble des schémas de fourniture de services électriques (cf. chapitre 2.3.1.), qu'ils relèvent d'une approche interventionniste ou libérale. ●



Parole de professionnel Olivier Oriol

Le marché du comptage prépayé pour les miniréseaux ruraux est en pleine explosion. Comment une société comme Michaud se positionne-t-elle étant donné son expérience incontestée comme gestionnaire d'énergie ?

« Un lobbying très fort a été réalisé pour imposer le modèle du prépaiement pay as you go en Afrique. Ce système est pertinent en ville, mais pas nécessairement au primo-accédant à l'énergie en zone rurale. Dans des volontés d'équité pour les populations d'un même pays, de nombreux pays en développement imposent ce schéma quels que soient les moyens des abonnés, les modes de production de l'énergie, etc. Mais, comme nous le savons, les schémas urbains ne sont pas toujours transposables au monde rural.

Chez Michaud, notre philosophie est de se positionner à la fois du côté de l'abonné et de celui de l'opérateur, afin de garantir à ce dernier un business plan fiable et crédible. Nous avons conçu le gestionnaire d'énergie pour développer le paiement en forfait prépayé. Ce système est idéal pour les miniréseaux off-grid, car il garantit une consommation d'énergie constante toute l'année et des revenus fixes et réguliers pour l'opérateur. Côté abonné, la facture d'électricité mensuelle est établie lors de l'abonnement et elle est la même tous les mois. Il n'y a donc pas de mauvaises surprises ou de déconnexions intempestives. Ce type de facturation est didactique pour les nouveaux abonnés et simple à gérer pour les opérateurs. »

Olivier Oriol, spécialiste des pays en développement depuis dix ans, travaille actuellement sur les thématiques de l'accès à l'énergie en milieu rural en Afrique ; il est responsable Afrique chez Michaud Export.

Retrouvez l'interview intégrale sur la page web de l'ouvrage : <http://www.fondem.org/electrifier-lafrique-rurale/>

[Partie 2]

Conclusion

L'électrification rurale se fera par la généralisation des solutions décentralisées, en relais de l'extension de réseau. C'est ce qui s'est passé dans de nombreux pays industrialisés au cours du xx^e siècle et c'est le sens de l'histoire en Afrique subsaharienne.

Les récentes révolutions dans les domaines du numérique et du photovoltaïque, qui ne sont pas encore terminées, jointes à l'impératif de transition écologique, permettent d'entrevoir une décentralisation énergétique accélérée, à moindre coût et inclusive. Mais cette accélération ne verra le jour qu'à plusieurs conditions cumulatives : une évolution des modalités de financement des projets, le maintien des aides à l'investissement, la mise en cohérence des stratégies des bailleurs de fonds, une coordination intelligente entre acteurs privés et publics et entre opérateurs à but lucratif et organisations du développement, et, enfin, la mise en place d'une réelle décentralisation dans chaque pays.

Pour relever le défi, les acteurs ne peuvent donc pas compter sur le seul accélérateur technologique. Ils doivent également tirer les leçons des expériences conduites depuis plus de cinquante ans par les pionniers de l'électrification rurale décentralisée, qui se rejoignent presque toutes en un commandement : ne pas négliger le facteur humain.

Gestion d'un écosystème aux multiples parties prenantes, nécessité de l'approche sociologique, tarification sur mesure, casse-tête de la fin de vie des équipements... Ces différentes contraintes, pour autant qu'on cherche à ce que le service rendu soit accessible à tous et couvre tous les usages utiles, rendent la standardisation technique très difficile.

On constate d'ailleurs une grande diversité de solutions en présence sur le sol subsaharien, véritable laboratoire de l'accès à l'électricité hors réseau. La troisième partie de cet ouvrage est consacrée à une présentation méthodique des principales solutions décentralisées rencontrées sur le terrain et à l'évaluation de leur capacité à contribuer à élargir l'accès à l'électricité en Afrique subsaharienne.

Des solutions aux contours juridiques encore flous, entre délivrance d'un service de base et fourniture de biens d'équipements. Un enjeu quasi philosophique, qui affleure nécessairement quand on s'intéresse aux atouts et aux limites de chacune de ces solutions pour réduire la fracture énergétique. La partie 3 de l'ouvrage dresse justement ce panorama.