

TABLE DES MATIÈRES

6	REMERCIEMENTS
9	AVANT-PROPOS DE KOFI ANNAN
14	INTRODUCTION
22	PARTIE I. GRAVIR L'ÉCHELLE ÉNERGÉTIQUE GRÂCE À L'ÉNERGIE SOLAIRE HORS RÉSEAU
	<ul style="list-style-type: none"> • Les installations solaires offrent un accès à l'échelle énergétique • Des systèmes d'énergie solaire à usage domestique au service des familles <ul style="list-style-type: none"> • Encadré 1 : Programme national d'alimentation électrique hors réseau du Rwanda • Encadré 2 : « Les investisseurs d'impact » offrent aux foyers africains un accès à l'énergie solaire • Amélioration de l'accès d'autres acteurs de la communauté
45	PARTIE II. MINI-RÉSEAUX : DESSERVIR LE « MAILLON MANQUANT »
	<ul style="list-style-type: none"> • Modèles de mini-réseaux <ul style="list-style-type: none"> • Encadré 3 : L'Afrique peut s'inspirer des projets de mini-réseaux réalisés en Asie et en Amérique du Nord • Accélérer le développement des mini-réseaux
62	PARTIE III. RÉPARER ET DÉVELOPPER LE RÉSEAU
	<ul style="list-style-type: none"> • Les réseaux nationaux ne répondent pas aux besoins des Africains • S'assurer que les réformes du secteur de l'énergie profitent à tous <ul style="list-style-type: none"> • Encadré 4 : En Afrique du Sud et en Côte d'Ivoire, les réformes rencontrent des succès et des difficultés • Encadré 5 : L'avenir du charbon en Afrique • Libérer le potentiel de l'Afrique en matière d'énergies renouvelables <ul style="list-style-type: none"> • Encadré 6 : L'Initiative pour les énergies renouvelables en Afrique crée les systèmes énergétiques de l'avenir • Transport et distribution : le maillon faible <ul style="list-style-type: none"> • Section spéciale : Prévenir les pertes et les vols d'électricité • Encadré 7 : Le barrage du Grand Inga – promesses et obstacles • Le commerce régional de l'énergie pourrait transformer l'Afrique • Prendre les bonnes décisions financières pour rendre l'énergie durable
102	PARTIE IV. RECOMMANDATIONS POLITIQUES
109	RÉFÉRENCES
118	NOTES DE FIN

À PROPOS DE L'AFRICA PROGRESS PANEL



KOFI ANNAN



MICHEL CAMDESSUS



PETER EIGEN



BOB GELDOLF



GRAÇA MACHEL



STRIVE MASIYIWA



OLUSEGUN OBASANJO



LINAH MOHOHLO



ROBERT RUBIN



TIDJANE THIAM

L'Africa Progress Panel (APP) est un groupe de dix personnalités éminentes issues des secteurs privé et public, qui se mobilisent en faveur d'un développement équitable et durable pour l'Afrique. M. Kofi Annan, ancien Secrétaire général des Nations Unies et lauréat du prix Nobel de la paix, préside l'APP et est étroitement impliqué dans son travail quotidien. Les autres membres du Panel sont Michel Camdessus, Peter Eigen, Bob Geldof, Graça Machel, Strive Masiyiwa, Linah Mohohlo, Olusegun Obasanjo, Robert Rubin et Tidjane Thiam.

L'APP encourage et œuvre pour une amélioration des politiques publiques en Afrique par le biais d'une combinaison unique d'analyses de pointe, d'actions de plaidoyer et de diplomatie. L'expérience des membres du Panel leur confère une capacité extraordinaire à toucher

les milieux politiques, économiques et diplomatiques ainsi que la société civile aux plus hauts niveaux, en Afrique et dans le monde entier. Le Panel évolue donc au sein d'un espace politique unique, avec la possibilité d'influencer des décideurs de différents horizons.

Le Panel crée des coalitions afin d'approfondir et de communiquer les connaissances et d'inciter les décideurs à faire changer la situation en Afrique. Il dispose de vastes réseaux d'analystes politiques et groupes de réflexion en Afrique et dans le monde entier. L'APP centralise les réflexions les plus récentes de ces réseaux politiques et intellectuels, et contribue ainsi à l'élaboration de politiques reposant sur des données factuelles, potentiels moteurs de transformation pour le continent.

À PROPOS DE CE DOCUMENT D'ORIENTATION

Le présent document d'orientation fait suite au dernier rapport annuel phare de l'APP intitulé *Énergie, population et planète : saisir les opportunités énergétiques et climatiques de l'Afrique*. Ce rapport publié en juin 2015 décrit les liens existant entre l'énergie, le climat et le développement en Afrique. Il dévoile les risques qui découleraient d'une approche de statu quo, tout en mettant en avant les opportunités existantes pour les dirigeants africains. Comme le souligne le rapport, la communauté mondiale a d'ores et déjà à sa disposition les technologies, les fonds et l'ingéniosité nécessaires pour entreprendre la transition vers un avenir sobre en carbone où les énergies renouvelables prédomineront. Pourtant, jusqu'à présent, un manque de leadership politique reste à déplorer dans cette voie, tout comme des mesures pratiques qui permettraient de rompre le lien entre énergie et émissions. Dans ses conclusions, le rapport indique que l'Afrique est bien placée pour prendre part à ce leadership.

Le rapport *Énergie, population et planète* a été amplement diffusé auprès des décideurs, des grands chefs d'entreprise, de la société civile et des chefs d'État, en Afrique et dans le monde entier. Depuis sa publication, l'APP a mené un plaidoyer de haut niveau pour promouvoir ses recommandations liées à la politique climatique et énergétique, en étroite collaboration avec un large éventail de partenaires.

Le présent document cherche à tirer parti de l'impulsion politique suscitée l'année passée, en faveur de l'amélioration de l'accès à l'énergie en Afrique.

Son principal objectif est de fournir des informations pertinentes et des réflexions complémentaires utiles pour étayer la mise en œuvre des nouvelles initiatives publiques et privées ambitieuses qui sont actuellement déployées pour améliorer rapidement l'accès à l'énergie dans toute l'Afrique, en particulier le « New Deal » pour l'énergie en Afrique, mené par la Banque africaine de développement. À la lumière des liens dynamiques que ce continent entretient avec le reste du monde, le présent document énonce par ailleurs une série de mesures cruciales que sont appelés à prendre les dirigeants du secteur public et du secteur privé dans la sphère internationale.

SECRÉTARIAT DE L'AFRICA PROGRESS PANEL

CAROLINE **KENDE-ROBB** Directrice exécutive
 EBUNOLUWA **ARIBIDO**
 DANIELLE **CHRISTOPHE**
 PETER **DA COSTA**
 DAN **GRAHAM**
 KAJSA **HULTGREN**
 MAX BANKOLE **JARRETT**
 DANIELA **POKORNA**
 DAMIEN **SOME**

Ce document peut être librement reproduit, partiellement ou en totalité, à condition que la source soit dûment mentionnée.

REMERCIEMENTS

Ce rapport s'appuie sur l'expertise, les conseils et l'engagement actif de nombreuses personnes. Caroline Kende-Robb (directrice exécutive de l'Africa Progress Panel) a supervisé l'équipe chargée de la rédaction du rapport. Kevin Watkins (directeur exécutif de Save the Children, Royaume-Uni) en est l'auteur principal. Peter da Costa (conseiller principal à l'Africa Progress Panel) et Bethelhem Belayneh Kassaye (économiste et chercheuse indépendante) ont prodigué des conseils tout au long du projet. Le rapport a été révisé par Andrew Johnston et relu par Tom Minney.

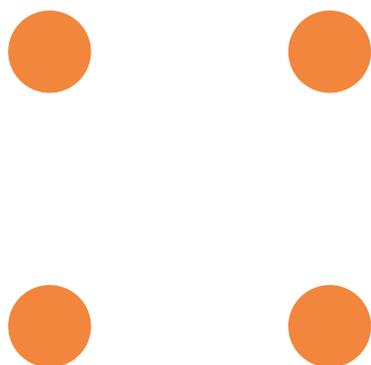
Nous tenons à remercier la Banque africaine de développement et la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique pour leur précieuse contribution.

Nous avons eu le privilège de nous entretenir avec de nombreux spécialistes impliqués dans les échanges de haut niveau sur l'énergie et le climat. Nous souhaitons exprimer notre reconnaissance aux personnes suivantes pour leur aide et leurs conseils : Akinwumi Adesina (président du Groupe de la Banque africaine de développement) ; Gordon Brown (ancien Premier ministre britannique) ; Nick Hurd (ministre britannique du Changement climatique et de l'Industrie) ; Jay Ireland (président et PDG de General Electric Afrique) ; Ji-Yong Cai (partenaire de TPG) ; Donald Kaberuka (conseiller principal à TPG/Satya) ; Horst Koehler (ancien président

de la République fédérale d'Allemagne) ; Rachel Kyte (représentante spéciale de l'initiative Énergie durable pour tous) ; Carlos Lopes (ancien Secrétaire exécutif de la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique) ; Trevor Manuel (conseiller principal au Groupe Rothschild) ; Ngozi Okonjo-Iweala (conseiller principal à Lazard Ltd) ; Dora Siliya (ministre zambienne de l'Agriculture) ; Lars Thunell (conseiller principal au groupe Blackstone) ; Kandeh Yumkella (ancien représentant spécial de l'initiative Énergie durable pour tous).

Les conseils et observations de nombreux intervenants spécialisés, qui nous ont très généreusement donné de leur temps, ont nourri notre réflexion. Nous tenons à remercier spécialement :

Paul Batty (associé médias, European Climate Foundation) ; Morgan D. Bazilian (spécialiste principal en énergie, Groupe de la Banque mondiale) ; Gregor Binkert (BD Consulting & Investment) ; Oliver Classen (directeur média, Public Eye) ; Yariv Cohen (président de Kaenaat, cofondateur d'Ignite Power) ; Amy Copley (Africa Growth Initiative, Brookings Institution) ; Inger Anette Sandvand Dahlen (conseillère principale au département Énergie renouvelable de l'Agence norvégienne de coopération au développement [Norad]) ; Professeur Anton Eberherd (université du Cap) ; Professeur Mosad Elmissary (directeur de la division de l'énergie de l'agence de



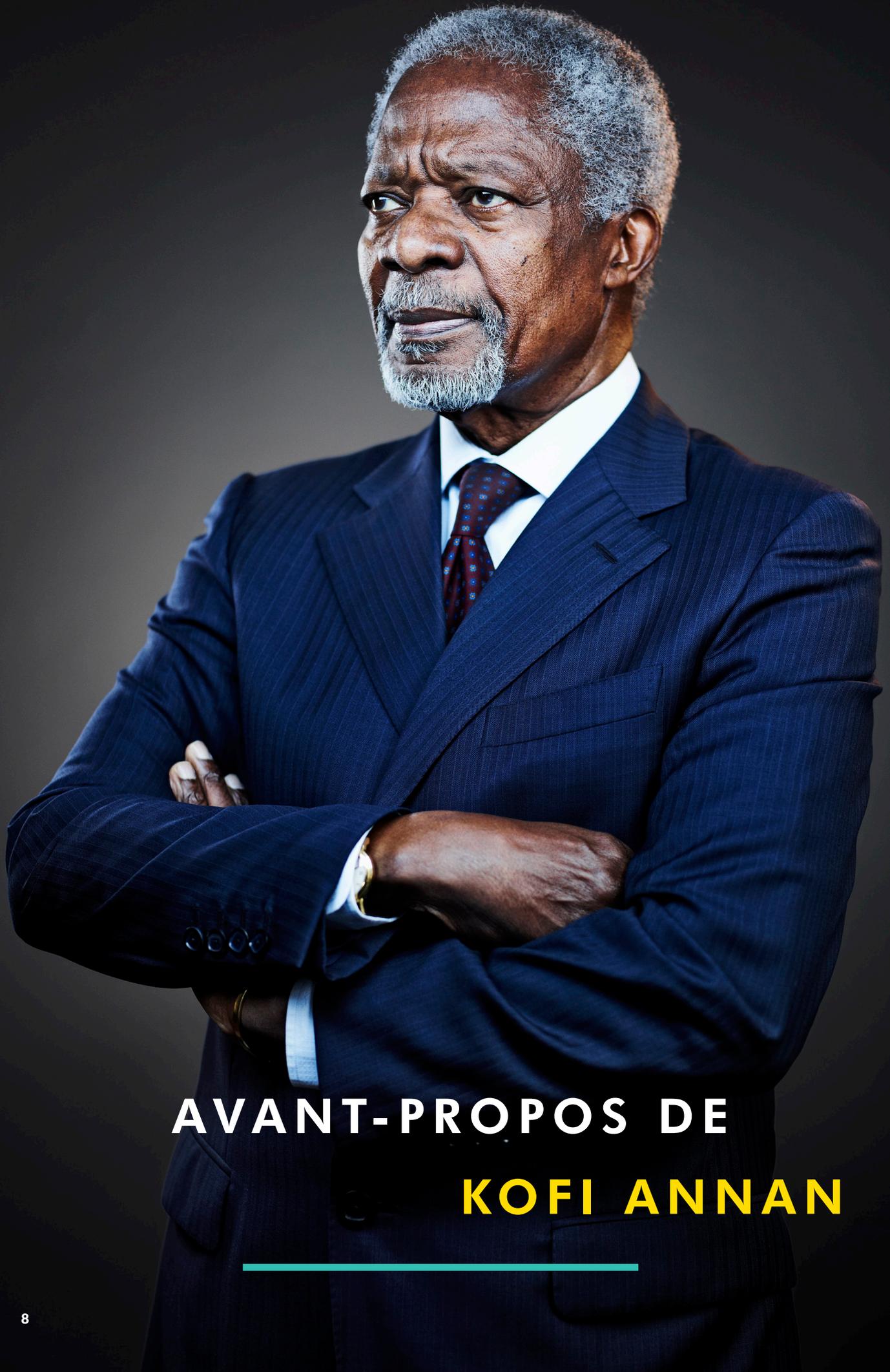
planification et de coordination du NEPAD); Ryan Hogarth, (Changement climatique et Politique énergétique, Consultant, Oxford Policy Management, Royaume-Uni) ; Steven Hunt (conseiller en innovation énergétique au ministère britannique du Développement international) ; Lawrence E. Jones (cofondatrice et présidente du Center for Sustainable Development in Africa) ; Augustine Jarrett (économiste en chef et conseillère économique principale auprès du président de la République du Libéria) ; Wanjohi Kabukuru (rédacteur à l'Indian Ocean Observatory) ; Siyanga Malumo (PDG de Copperbelt Energy Cooperation) ; Yacob Mulugetta (professeur de politique du développement et de l'énergie à l'University College London) ; Onike Nicol-Houra (chargée principale de développement commercial à la Banque africaine de développement) ; Bronwyn Nielsen (rédactrice en chef à CNBC Africa) ; Jasandra Nyker (PDG de Bio Therm Energy) ; Alex Rugamba (directeur du Département de l'énergie, de l'environnement et du changement climatique de la Banque africaine de développement) ; Andrew Scott (chargé de recherche pour le programme sur le changement climatique, l'environnement et les forêts de l'Overseas Development Institute, Royaume-Uni) ; Patrick Smith (rédacteur à Africa Confidential et The Africa Report) ; Youba Sokona (conseiller spécial dans le domaine du développement durable au Centre Sud) ; Ørnulf Strøm (directeur adjoint du département Énergie renouvelable de la Norad) ; Amadou Sy (Africa

Growth Initiative, Brookings Institution) ; Mamadou Touré (fondateur d'Africa 2.0, PDG d'Ubuntu Capital) ; Kevin Urama (conseiller principal auprès du président de la Banque africaine de développement) ; Lai Yahaya (assistant spécial principal auprès du président de la République fédérale du Nigéria).

L'Africa Progress Panel tient également à remercier pour leur généreux soutien : la Banque africaine de développement ; Econet ; le gouvernement fédéral allemand (Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit GmbH – GIZ) ; la Fondation Dangote, l'Agence norvégienne de coopération au développement (Norad), le ministère britannique du Développement international (DfID) et Virgin Unite.

La mise en page a été réalisée par Nice and Serious et la couverture par Lacoudhir. Les deux agences se sont chargées des infographies. Photo de Kofi Annan dans l'avant-propos : Robert J. Wilson.

Le rapport est également consultable sur Worldreader Mobile à l'adresse read.worldreader.org pour tous les smartphones. Les personnes susmentionnées ne peuvent en aucun cas être tenues responsables d'éventuelles erreurs ou omissions dans ce document et les autres documents connexes. Le contenu de ces documents reflète uniquement les opinions de l'Africa Progress Panel.



AVANT-PROPOS DE

KOFI ANNAN

Les besoins énergétiques de l'Afrique sont considérables. Ils sont également pressants. Le développement de l'accès à l'énergie de manière traditionnelle (consistant à renforcer la capacité de production d'électricité et à étendre le réseau) reste indispensable. Mais cette méthode demande du temps. Il nous faut électrifier l'Afrique plus rapidement.

Pour que tous leurs citoyens aient dès que possible accès à des services énergétiques modernes, les pays africains étudient actuellement toutes les possibilités qui s'offrent à eux. Le présent rapport met en lumière deux options prometteuses, à savoir les systèmes d'énergie solaire hors réseau et en mini-réseaux, tout en soulignant les étapes à suivre pour mettre les réseaux africains sur la bonne voie. Il approfondit la réflexion que nous avons lancée dans notre rapport 2015, *Énergie, population et planète : saisir les opportunités énergétiques et climatiques de l'Afrique*.

Le coût d'une politique d'inaction est clair. La croissance économique, l'industrialisation, la création d'emplois, le commerce, l'agriculture durable et le développement social sont tous tributaires de la volonté des gouvernements de faire de l'énergie une priorité absolue. Par ailleurs, notre capacité à endiguer le réchauffement climatique dépend essentiellement du succès de la transition vers les énergies renouvelables.

Il n'est pas aisé de répondre au double impératif énergétique, consistant à la fois à étendre l'échelle de l'électrification et à en accélérer le rythme. Il s'agit toutefois d'une opportunité exceptionnelle, comme nous le démontrons dans ce rapport.

C'est l'occasion pour les pays de donner le coup d'envoi du processus de transformation sociale et économique qui leur fait défaut. C'est aussi une opportunité pour les entrepreneurs et les investisseurs, qu'ils soient Africains ou non. Enfin, c'est l'occasion pour le continent de montrer de quoi il est capable en associant les technologies de pointe et l'ingéniosité du caractère africain.

L'Afrique peut prendre les devants et montrer au monde comment entreprendre un développement

énergétique à faible émission de carbone, en faisant sienne la révolution de l'énergie propre et en utilisant des outils de pointe pour gérer la demande énergétique et accroître l'efficacité. L'Afrique peut être le fer de lance de la création de marchés pour les énergies renouvelables, en encourageant le développement de mini-réseaux, en établissant des réseaux modernes diversifiés et en les reliant sur l'ensemble du continent.

Cette tâche est colossale, mais nous savons qu'elle est réalisable. De fait, elle a déjà commencé.

De nombreux pays se sont fixés des objectifs ambitieux pour améliorer l'accès à l'énergie ou pour progresser dans d'autres aspects de la transition énergétique. Occupant une place centrale dans le système de production d'électricité en Afrique, les entreprises publiques qui gèrent les



NOUS SAVONS CE QUI NOUS RESTE À FAIRE. L'AVENIR DES GÉNÉRATIONS FUTURES DÉPEND DE NOTRE RÉUSSITE.

réseaux nationaux suivent la tendance internationale en faveur d'une efficacité et d'une responsabilité accrues, en séparant les composantes de production, transport et distribution. Les gouvernements modifient les lois sur l'électricité et perfectionnent leurs cadres réglementaires, ouvrant ainsi la porte aux investisseurs. Les producteurs d'électricité indépendants renforcent la participation du secteur privé et montrent comment augmenter la capacité de production d'énergie renouvelable.

Cependant, la construction et l'expansion de l'infrastructure des réseaux est un processus qui demande souvent du temps. Avant même le début des

travaux, les cadres juridique, financier et technique doivent être modifiés voire créés ex nihilo. Cependant, les 620 millions d'Africains qui n'ont pas accès à l'électricité ne peuvent pas attendre, et ne devraient pas avoir à le faire. Heureusement, les solutions énergétiques hors réseau ou sous forme de mini-réseaux ne manquent pas. Les Africains les adoptent et les adaptent rapidement, notamment pour satisfaire les besoins des zones les plus reculées ou mal desservies par le réseau national.

La production d'électricité au moyen de sources d'énergie renouvelable, que ce soit hors réseau ou à travers des mini-réseaux, a un rôle crucial à jouer pour répondre aux trois grands défis énergétiques auxquels sont confrontés les gouvernements africains, à savoir : garantir à tous leurs citoyens l'accès à des services énergétiques sûrs et abordables ; mettre en place l'infrastructure énergétique nécessaire à l'avènement d'une croissance inclusive et à la création d'emplois ; et limiter les émissions de carbone.

Pour relever ces défis, les gouvernements doivent également voir plus loin que leurs intérêts nationaux et adopter une perspective continentale. L'Afrique est riche en ressources énergétiques, mais celles-ci ne sont pas uniformément réparties. Le commerce transfrontalier de l'électricité est donc indispensable.

Là encore, nous savons comment procéder et beaucoup a déjà été fait. De grands projets d'interconnexion sont en cours. Cinq pools énergétiques régionaux, couvrant tout le continent, ont d'ores et déjà été mis en place. Mais jusqu'à présent, seule 8 % de l'électricité est commercialisée par-delà les frontières, et ces pools énergétiques ne sont pas reliés les uns aux autres. Pour libérer le potentiel énergétique de l'Afrique pour tous les Africains, les gouvernements doivent coopérer afin de faire prospérer le commerce régional de l'énergie.

Heureusement, l'avenir semble prometteur pour la coopération énergétique en Afrique, avec l'apparition de plusieurs nouveaux cadres de collaboration. En 2015, le Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD) a créé l'Africa Power Vision, tandis que la Banque africaine de développement a lancé son « New Deal » pour l'énergie en Afrique. Ces deux initiatives reflètent

un engagement accru en faveur d'un accès universel à une énergie moderne et adéquate, de sorte à favoriser la croissance économique et la prospérité. La Banque africaine de développement a fait de l'énergie l'un de ses cinq grands axes prioritaires.

Les besoins de l'Afrique en matière d'énergie et face au réchauffement climatique occupent une place de plus en plus importante dans le programme de développement mondial. L'adoption, en septembre 2015, des objectifs de développement durable, vise notamment à garantir l'accès de tous à des services énergétiques fiables, durables et modernes à un coût abordable. Cet objectif énergétique comprend des cibles préconisées par l'initiative Énergie durable pour tous (SE4All) et approuvées par les ministres africains de l'Énergie à l'issue de leur conférence de 2012.

L'Afrique s'est fait entendre lors de la XXI^e Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (COP21) à Paris, où les gouvernements du monde entier se sont réunis pour convenir d'un accord de grande envergure et juridiquement contraignant visant à contenir le réchauffement de la planète en deçà de 2 °C. De nouvelles mesures ont été adoptées pour promouvoir la coopération internationale et renforcer la résilience des communautés affectées par le changement climatique.

L'accord de Paris a marqué une victoire du multilatéralisme face à la tendance inquiétante vers l'unilatéralisme, au détriment de la coopération internationale, tendance qui s'est depuis lors poursuivie et renforcée, faisant resurgir dans une certaine mesure le climat de pessimisme qui précédait l'accord de Paris. Mais cet accord représente tout de même un engagement mondial déterminé et indispensable. Les gouvernements africains doivent maintenant prendre pleinement part à l'accomplissement des promesses faites à Paris. Ils y ont manifesté leur engagement en lançant l'Initiative africaine pour les énergies renouvelables, un effort sans précédent pour garantir, d'ici 2030 et à tous les Africains, l'accès à une énergie basée sur les sources renouvelables.

En contrepartie, les Africains sont en droit d'attendre un soutien international accru et de meilleure qualité en

faveur d'une énergie à faible émission de carbone. Après tout, ils détiennent une responsabilité bien moindre dans le problème de départ. Ce soutien devrait inclure une assistance technique et financière pour le développement des énergies renouvelables, sur réseau et hors réseau.

Des donateurs bilatéraux et multilatéraux ont promis de destiner plusieurs milliards de dollars à la transition énergétique en Afrique mais, à ce jour, seule une petite partie de ces fonds a effectivement été débloquée. Si l'argent ne commence pas à affluer en 2017, les pays pourraient bien perdre courage, tandis que les dirigeants qui ont défendu l'accord de Paris risquent de subir des critiques dans leur pays et de voir leurs efforts sapés. Les donateurs doivent comprendre que l'électrification de l'Afrique est un impératif urgent, non seulement pour ce continent, mais aussi pour le monde entier. Y investir dans l'énergie propre est une démarche clé pour mettre la planète sur la voie de la croissance à faible émissions de carbone.

Au niveau national, les gouvernements africains ont une tâche décisive à accomplir, au cœur des problèmes énergétiques du continent : améliorer des réseaux énergétiques qui étaient jusqu'alors peu fiables et fragiles sur le plan financier. De nombreuses entreprises publiques du secteur énergétique souffrent d'une mauvaise gestion et d'une inefficacité chronique, comme en témoignent leurs difficultés à fixer les tarifs, à percevoir des recettes et à soutenir les partenariats public-privé et les investissements dans le secteur, ce qui a pour conséquence des pertes d'énergie considérables dans le transport et la distribution d'énergie. Le manque de responsabilité et de transparence favorise en outre la corruption. Comme le souligne notre rapport, un constat frappant vient étayer cet argument : une partie du vol d'électricité (un fléau qui touche l'ensemble du continent) est le fait d'institutions publiques, y compris, dans certains cas, des forces armées.

Dans le même temps, en raison de leur flexibilité, de leur modularité et de leur adaptabilité, les sources d'énergie renouvelable sont à la base de nouveaux systèmes modernes de production d'électricité en Afrique. L'avenir énergétique du continent se dessine aujourd'hui, alors

que les consommateurs deviennent producteurs et que le monopole et la centralité de la production d'électricité sont remis en question.

L'Afrique est confrontée à des problèmes majeurs et persistants, mais ceux-ci peuvent être résolus. Il existe une volonté d'y remédier, comme en témoignent les initiatives prises dans de nombreux pays. Les gouvernements font preuve de leadership, mais ils ont besoin d'être épaulés pour mettre en place les politiques et les plans intégrés nécessaires, afin de surmonter les barrières du marché et de promouvoir les modèles commerciaux et financiers capables d'assurer la transition énergétique de l'Afrique à grande échelle. J'espère que le présent rapport aura un effet catalyseur pour l'adoption de mesures complémentaires.

Partout sur le continent, il est communément accepté que la production d'énergie moderne est un élément indispensable à la croissance et aux progrès dont l'Afrique a besoin pour assurer la prospérité de tous ses citoyens, hommes et femmes, qu'ils vivent en milieu rural ou en milieu urbain et quelles que soient leur origine et leur appartenance ethnique. **(Voir infographie « La réussite des objectifs de développement durable dépend de leur réussite en Afrique »)**

L'Afrique se trouve à un moment charnière de son histoire. La résolution des problèmes énergétiques du continent africain fait l'objet d'une attention et d'un soutien accrus à l'échelle mondiale. Les investisseurs affichent un intérêt certain pour y contribuer. Les Africains demandent l'expansion rapide d'une énergie fiable et faible en émission. Il existe aussi plusieurs exemples à suivre. Pour les dirigeants africains, le moment est venu d'agir.

Nous savons ce qui nous reste à faire. L'avenir des générations futures dépend de notre réussite.



KOFI A. ANNAN

Président de L'Africa Progress Panel

LA RÉUSSITE DES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE EN AFRIQUE:

IL EST URGENT D'ÉLECTRIFIER L'AFRIQUE POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS MONDIAUX

L'AFRIQUE NON RACCORDÉE



Les Africains les plus pauvres paient l'un des prix les plus élevés au monde pour accéder à l'énergie



La perte et le gaspillage alimentaires constituent le défi majeur. On produit plus de nourriture que nécessaire, mais jusqu'à un tiers de ces aliments sont gâchés ou gaspillés au lieu d'être consommés



Au Nigéria, 36 000 femmes meurent en couches chaque année. Les soins médicaux vitaux sont entravés par le manque d'électricité



Dans neuf pays d'Afrique, plus de 80 % des écoles primaires sont dépourvues d'électricité



600 000 Africains meurent chaque année à cause de la pollution de l'air causée par l'utilisation du bois de chauffage et du charbon de bois pour cuisiner. Les femmes et les enfants en sont les premières victimes



Les goulets d'étranglement du secteur de l'énergie et les coupures de courant coûtent à la région 2 à 4 % du PIB par an, sapant la croissance durable, l'emploi et l'investissement



Les opérateurs de téléphonie mobile consacrent 60 % des coûts liés au réseau au diesel



La moitié des Africains vivront en ville en 2030, faisant peser d'énormes contraintes sur l'infrastructure énergétique



Le fossé énergétique entre l'Afrique et le reste du monde s'élargit



La collecte du bois de chauffage et la production de charbon de bois sont les principales causes de la déforestation en Afrique



Aucune région ne contribue moins au changement climatique que l'Afrique; pourtant, c'est le continent qui souffre le plus de l'incapacité à éviter une catastrophe climatique mondiale



Le financement de l'action climatique est fragmenté et mal géré. Les pays africains sont dans l'incapacité d'utiliser les fonds nécessaires pour gérer les risques climatiques et approvisionner chacun en énergie

620 MILLIONS
Africains non raccordés

L'énergie est le « fil conducteur » reliant la croissance, l'équité et la durabilité. L'accès à l'énergie est indispensable pour garantir la réussite de tous les ODD.

-  Pas de pauvreté
-  Industrie, innovation et infrastructure
-  Zéro faim
-  Inégalités réduites
-  Bonne santé et bien-être
-  Villes et communautés durables
-  Éducation de qualité
-  Mesures relatives à la lutte contre les changements climatiques
-  Égalité entre les sexes
-  Vie terrestre
-  Travail décent et croissance économique
-  Partenariats pour la réalisation des objectifs

L'AFRIQUE CONNECTÉE

SDG 7  Énergie propre et d'un coût abordable

UNE COOPÉRATION INTERNATIONALE EFFICACE peut accroître l'investissement dans les énergies renouvelables en Afrique. Un mouvement mondial s'accroît en faveur d'une transition énergétique propre et abordable

RÉDUIRE LES COÛTS DE L'ÉNERGIE permet de réaliser des économies qui peuvent être investies dans des activités productives, la santé et l'éducation

L'utilisation de cuisinières non polluantes **EMPÊCHE LA DÉFORESTATION**

UN MEILLEUR ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ peut contribuer à réduire le gaspillage alimentaire grâce à de meilleurs systèmes de réfrigération

Le changement climatique offre à l'Afrique l'occasion unique de devenir rapidement un **LEADER MONDIAL DU DÉVELOPPEMENT À FAIBLE ÉMISSION DE CARBONE**

L'ACCÈS À DES SOLUTIONS D'ÉNERGIES RENOUVELABLES peut contribuer à sauver des vies. En Ouganda, l'utilisation de radios à énergie solaire afin de contacter les accoucheuses traditionnelles a permis de réduire la mortalité maternelle de 54 %

DES SOLUTIONS ÉNERGÉTIQUES INNOVANTES à l'intérieur et autour des villes et des communautés rurales diminueront la pression migratoire et rendront toutes les régions plus durables

L'ACCÈS À L'ÉLECTRICITÉ SOLAIRE dans les établissements d'enseignement primaire et secondaire au Soudan et en Tanzanie a permis d'augmenter les taux d'achèvement, qui sont passés de moins de 50 % à presque 100 %



UNE AFRIQUE PLUS CONNECTÉE permettra de réduire les inégalités. En offrant aux Africains les plus pauvres une plus grande égalité des chances, il sera possible d'atteindre tous les ODD

DES ALTERNATIVES ÉNERGÉTIQUES ÉCOLOGIQUES pourraient permettre d'économiser plus de 80 % des sommes dépensées pour alimenter le 145 000 sites de télécommunication hors réseau existant en Afrique

Le marché des énergies renouvelables est en plein essor. Un accès abordable à l'électricité et des équipements de cuisine non polluantes **STIMULENT LA CROISSANCE ET L'EMPLOI**

DES CUISINIÈRES NON POLLUANTES contribuent à réduire considérablement la pollution domestique et de l'air ambiant, et améliorent l'utilisation rationnelle des ressources



INTRODUCTION

Le soir, partout en Afrique, de nombreux enfants sont dans l'impossibilité de faire leurs devoirs faute d'électricité. En Côte d'Ivoire, Évariste Akoumian a trouvé la solution à ce problème : fabriquer des sacs à dos pourvus de panneaux solaires. Ainsi, tandis que les enfants parcourent à pied le trajet qui les sépare de leur école, leur sac à dos emmagasine l'énergie du soleil. Au fil de la journée, ces panneaux solaires absorbent suffisamment d'énergie pour faire fonctionner une lampe pendant quatre à cinq heures à la nuit tombée¹.

De l'autre côté du continent, en Afrique de l'Est, la société M-Kopa fournit aux ménages ruraux des installations solaires à usage domestique, qui comprennent trois lampes, cinq prises pour charger des téléphones et une radio portable. Les usagers de ce système paient 35 dollars US à l'avance puis 0,50 dollar US par jour pendant un an. M-Kopa a déjà subvenu aux besoins de 275 000 foyers et prévoit d'en équiper un million d'ici la fin 2017².

Les sacs à dos d'Évariste et les installations solaires à usage domestique de M-Kopa offrent trois enseignements notables quant au parcours énergétique de l'Afrique : la demande d'électricité est énorme ; toutes les sources d'électricité, aussi bien en réseau que hors réseau, doivent être mises à contribution pour y répondre ; et l'inventivité qui caractérise le continent permet d'ores et déjà de rapprocher l'offre de la demande.

L'accès universel à une électricité fiable, abordable et à faible émission de carbone constitue l'un des piliers

de la transformation socio-économique de l'Afrique. Le continent recèle un potentiel énorme pour produire l'énergie nécessaire au déclenchement d'une croissance inclusive et à la création d'emplois. Pourtant, la majeure partie de l'Afrique est enlisée dans une crise énergétique. Le présent rapport passe en revue plusieurs possibilités pour dénouer la situation le plus rapidement possible.

Il est urgent d'accélérer l'accès de la population africaine à l'électricité. Même si quelque 145 millions d'Africains ont obtenu l'électricité depuis 2000, le rythme de l'électrification n'a pas partout suivi celui de la croissance démographique. Ainsi, 620 millions d'Africains sont toujours sans électricité, soit près des deux tiers de la population. À moins que la cadence de l'électrification ne s'accroisse, le nombre d'Africains dépourvus d'électricité aura augmenté de 45 millions d'ici 2030. **(Voir l'infographie « Le grand écart : le déficit énergétique de l'Afrique est important et s'accroît »)**

Outre les problèmes d'accès, le continent souffre d'une vaste pénurie d'énergie. Un Américain moyen consomme plus de 13 000 kilowattheures (kWh) d'électricité par an, et l'Européen moyen, un peu moins. Chez les Africains (à l'exception de l'Afrique du Sud), la moyenne n'est que de 160 kWh.

Comme évoqué dans le rapport 2015 de l'APP, Énergie, population et planète : saisir les opportunités énergétiques et climatiques de l'Afrique, le continent est en mesure de devenir le chef de file mondial des systèmes énergétiques

durables alliant efficacité et équité. La demande d'énergie moderne est appelée à augmenter fortement en Afrique, alimentée par la croissance économique, l'essor démographique et l'urbanisation. À mesure que le coût des sources d'énergie renouvelable diminue, l'Afrique pourrait brûler les étapes et entrer directement dans une nouvelle ère de production énergétique. Dans ce secteur, les nouveaux systèmes d'énergie et d'électricité (accompagnés d'une réforme des services publics), les nouvelles technologies et les nouveaux modèles d'entreprise et de production d'énergie/d'électricité pourraient s'avérer être des moteurs de transformation tout aussi puissants que les téléphones portables l'ont été dans le secteur des télécommunications.

Afin de concrétiser cette vision et de résoudre les problèmes énergétiques de l'Afrique, il semble logique de se concentrer sur les projets de grande envergure tels que les grands barrages et les pools énergétiques qui permettront d'étendre les infrastructures nationales et régionales. Toutefois, ces projets sont coûteux, complexes et longs à mettre à œuvre, en particulier dans les zones rurales. Les quelque 600 millions de ménages africains dépourvus d'électricité ne peuvent pas attendre la mise en place d'un réseau capable d'offrir un raccordement à prix abordable à l'ensemble de la population.

Le défi que doivent désormais relever les gouvernements, leurs partenaires de développement et le secteur privé consiste donc à trouver le moyen d'intégrer plus rapidement des millions de ménages, de communautés reculées et de petits entrepreneurs africains au sein du circuit d'approvisionnement. Pour relever ce défi, les pays doivent pouvoir choisir un éventail de possibilités, qu'il s'agisse d'installations solaires à usage domestique, de mini-réseaux ou de réseaux nationaux. Parmi les 315 millions de personnes qui auront accès à l'électricité d'ici 2040 dans les zones rurales d'Afrique, il est estimé³ que 30 % seulement seront raccordées aux réseaux nationaux, tandis que la plupart disposeront d'électricité grâce aux installations à usage domestique hors réseau ou aux mini réseaux.

Ce rapport ne préconise toutefois pas un changement d'orientation politique amenant à délaisser les modèles sur réseau, qui seront toujours à la base de l'approvisionnement de l'Afrique en énergie. Il invite plutôt à élargir les perspectives pour inclure de nouveaux systèmes et technologies (dont certains n'ont pas encore fait leurs preuves) qui offrent des moyens prometteurs de combler le fossé énergétique de l'Afrique plus vite qu'en recourant au seul processus de raccordement au réseau. Le système statique actuel peut évoluer vers un système dynamique et résilient offrant de nombreuses options et possibilités d'expansion (réseaux intelligents, mini-réseaux et réseaux hybrides, voire « super-réseaux » transfrontaliers). **(Voir l'infographie « La transformation énergétique de l'Afrique »)**

Les autorités nationales et les groupements régionaux peuvent envisager de lancer des plans énergétiques complets, qui englobent tous les moyens possibles d'étendre l'approvisionnement, et veiller à ce que ces plans soient intégrés les uns aux autres. Si le cadre politique et le climat d'investissement sont propices à l'intégration de la production d'énergie centralisée et décentralisée, les transitions énergétiques seront moins coûteuses et plus rapides.

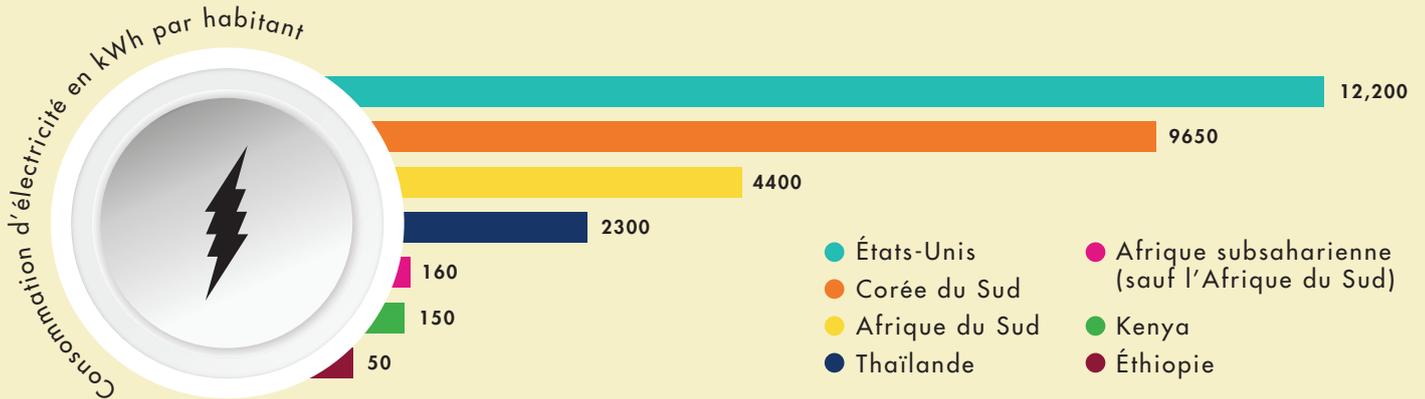
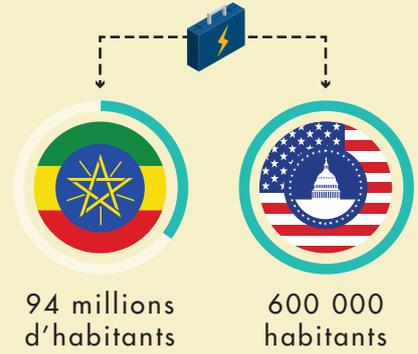
En Afrique subsaharienne, la technologie solaire hors réseau et les mini-réseaux sont des technologies révolutionnaires qui offrent un potentiel indéniable pour améliorer l'accès de la population à l'électricité. Les installations solaires hors réseau (y compris les appareils ultra-efficaces conçus pour les zones mal desservies) peuvent représenter les barreaux d'une « échelle énergétique », fournissant une gamme de services énergétiques aux ménages et aux entreprises qui ont des besoins énergétiques et des revenus différents. Grâce aux innovations technologiques, les mini-réseaux peuvent également offrir des alternatives permanentes et durables au raccordement au réseau, en particulier au fur et à mesure du lancement de produits fiables et abordables, attrayants pour les petites et moyennes entreprises dont les activités se déroulent à l'écart du réseau national.

LE GRAND ÉCART

LE DÉFICIT ÉNERGÉTIQUE DE L'AFRIQUE EST IMPORTANT ET S'ÉLARGIT

La consommation d'énergie en Afrique est extrêmement faible

L'Éthiopie (94 millions d'habitants) consomme un tiers de l'électricité utilisée à Washington DC (600 000 habitants)



D'ici 2030, le fossé énergétique entre l'Afrique et les autres régions s'élargira

L'AFRIQUE SUBSAHARIENNE est la seule région dans laquelle le nombre absolu de personnes sans accès à des services énergétiques modernes devrait augmenter

● 2016
● 2030

Les fossés énergétiques entre les différents pays d'Afrique sont très nets



L'Afrique du Sud consomme 9 fois plus d'énergie que le Nigéria, alors qu'elle ne compte qu'un tiers de sa population

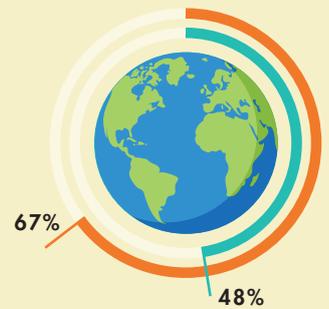


En République démocratique du Congo, au Libéria, au Malawi et en Sierra Leone, moins d'une personne sur dix a accès à l'électricité



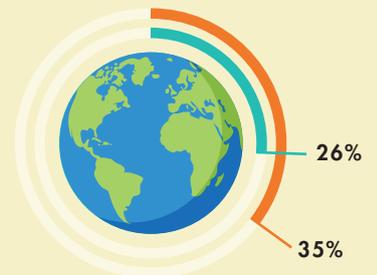
Part de l'Afrique dans la population mondiale n'ayant pas accès à des équipements de cuisine non polluants

En 2030, 84 millions de personnes supplémentaires n'auront pas accès à des cuisinières non polluantes



Part de l'Afrique dans la population mondiale sans accès à l'électricité

En 2030, 45 millions de personnes supplémentaires n'auront pas accès à l'électricité



Au sein des pays d'Afrique, le réseau électrique alimente les zones urbaines les plus aisées

Pour les 40 % des habitants les plus pauvres, les taux de couvertures sont largement inférieurs à 10 %. En revanche, le raccordement au réseau dépasse 80 % pour le cinquième des ménages les plus riches

Ces systèmes offrent aux ménages la possibilité d'accéder à l'éclairage et à l'électricité pour charger des téléphones et alimenter des réfrigérateurs, de réduire leurs dépenses en carburants moins efficaces et de préserver leur santé grâce à l'utilisation d'une énergie propre. Les nouveaux modèles commerciaux et les systèmes prépayés étendent la portée des marchés de l'énergie renouvelable, créant ainsi des opportunités d'investissement pour les investisseurs.

Les gouvernements peuvent mettre en place des mesures incitatives visant à encourager les investissements dans ce type de systèmes, protéger les consommateurs et favoriser la demande au sein des groupes défavorisés. Qui plus est, les gouvernements doivent soutenir l'instauration d'un environnement propice à l'entrée des entreprises africaines sur les marchés de la production, du transport et de la distribution de l'énergie, à leur progression dans la chaîne de valeur, et à l'établissement de partenariats d'investissement susceptibles de stimuler la croissance et la création d'emplois.

Pour fournir de l'électricité aux deux tiers de la population africaine qui n'ont pas encore accès à l'énergie moderne, le développement des énergies renouvelables doit nettement s'accélérer.

Les pays africains ont démontré la ferme intention d'abandonner les carburants fossiles au profit des sources d'énergie à faible émission de carbone.

Alors, qu'est-ce qui empêche l'Afrique d'exploiter pleinement son potentiel en matière d'énergies renouvelables ? Il est essentiel que les gouvernements mettent en œuvre des politiques en faveur de l'expansion des énergies renouvelables en Afrique.

Le développement de réseaux hydroélectriques régionaux pourrait ainsi s'appuyer sur les réseaux de voies fluviales. Cela est déjà le cas en Afrique de l'Est, où l'Éthiopie exploite son vaste potentiel hydroélectrique pour étendre la couverture de l'électrification, créer de nouvelles entreprises et répondre à la demande des pays voisins.

À court terme, les gouvernements africains ne peuvent pas uniquement compter sur les ressources énergétiques renouvelables. L'abondance de gaz naturel offre également la possibilité de mettre en place des réseaux régionaux intégrés en Afrique australe, en Afrique de l'Est et en Afrique de l'Ouest. Une telle intégration peut contribuer à combler les écarts en matière d'accès.

Exception faite de l'Afrique du Sud, le charbon ne joue qu'un rôle accessoire dans la production d'électricité en Afrique (et les gouvernements de toute la région feraient bien de le cantonner à cette place résiduelle). Outre les répercussions profondément néfastes de la production d'énergie au charbon au chapitre du changement climatique, ce combustible du XXe siècle est exploité à l'aide de techniques de plus en plus obsolètes. Les investissements judicieux réalisés en Afrique, à l'instar d'autres régions, sont orientés vers les sources d'énergie renouvelable de demain, plus innovantes et dynamiques. Cependant, la transition vers l'énergie propre doit être gérée de manière particulièrement soignée. Pour les pays possédant de grands gisements de houille, le charbon demeure la source d'énergie la moins onéreuse. Ceux-ci doivent choisir consciencieusement les technologies à utiliser pour réduire l'utilisation du charbon.

Même si, à moyen terme, le pétrole et le gaz seront toujours appelés à jouer un rôle de premier plan dans le panorama énergétique africain, leur proportion dans le bouquet énergétique diminuera vraisemblablement face aux avancées technologiques et à l'amélioration constante de l'efficacité énergétique qui influencent l'industrie des énergies renouvelables et l'ensemble du secteur énergétique mondial. Afin de faciliter la transition du continent vers une infrastructure énergétique plus propre, l'Afrique doit impérativement bénéficier d'un engagement soutenu sur le plan politique et financier, s'inscrivant dans des cadres mondiaux, régionaux et nationaux.

Pour tirer le meilleur parti des nouvelles possibilités qui s'offrent à eux dans le secteur de l'énergie, les gouvernements africains doivent relever plusieurs défis

LA TRANSFORMATION ÉNERGÉTIQUE DE L'AFRIQUE

SYSTÈME ACTUEL

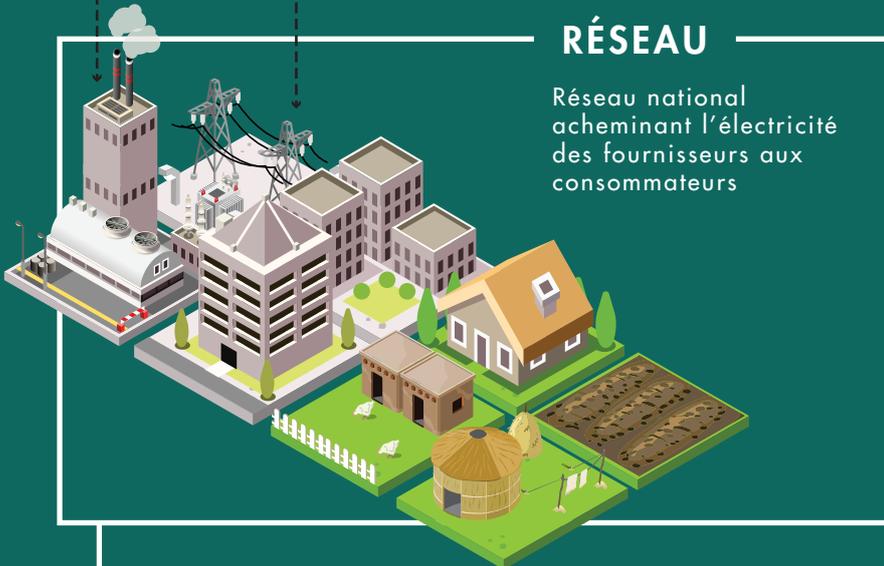
Linéaire et statique

Petit nombre de gros producteurs

Accords unilatéraux passifs avec les consommateurs

RÉSEAU

Réseau national acheminant l'électricité des fournisseurs aux consommateurs



Système d'alimentation inefficace



Alimentation électrique intermittente



Les services publics de distribution sont les seuls fournisseurs



Les sociétés de services publics sont souvent corrompues et reçoivent d'importantes subventions



Vol et pertes d'énergie



Baisse du prix des énergies renouvelables



Baisse du prix du stockage de l'énergie



Meilleure connaissance du changement climatique



Accès quasi universel à l'Internet ; transition de l'Internet des personnes à l'Internet des objets

ÉLÉMENTS DÉCLENCHEURS

favorisant la transition



Innovations en matière de technologies, de modèles économiques et de structures de paiement



Demande d'électricité en plein essor en raison de l'ascension de la classe moyenne, de l'augmentation de la population et de l'urbanisation



Émergence d'entrepreneurs dans le secteur de l'énergie en Afrique

620 MILLIONS

d'Africains non raccordés

NOUVEAU SYSTÈME

Flexible et dynamique

Nous observons aujourd'hui l'émergence d'un système plus résilient et diversifié, comportant de nombreux modes, options et possibilités d'évolution.



Transparence permise par les technologies de l'information

RÉSEAU INTELLIGENT

Maisons intelligentes équipées d'appareils connectés et économes en énergie



Une facturation et une gestion plus efficaces, souvent grâce à la technologie mobile

COMBUSTIBLES FOSSILES
CHARBON/
PÉTROLE/
GAZ

HYDRAULIQUE

RÉSEAU

Allant au-delà des frontières nationales

SUPER RÉSEAU

ÉOLIEN

RÉSEAU HYBRIDE

SOLAIRE

GÉOTHERMIE

HORS RÉSEAU

MINI-RÉSEAU

Stockage dans des super-batteries fournissant une alimentation de secours

INSTALLATIONS SOLAIRES À USAGE DOMESTIQUE

Émergence de « prosommateurs » : des consommateurs devenus producteurs, qui produisent et stockent de l'énergie

politiques de longue date. S'il est vrai que certaines réformes prometteuses ont déjà été lancées, les services publics de distribution d'énergie sont encore bien souvent inefficaces. De plus, ils sont souvent peu transparents et ne sont pas tenus de rendre des comptes. En dépit du potentiel de l'Afrique et de l'abondance des ressources énergétiques sur le continent, ses réseaux figurent parmi les moins performants au monde, suite à des décennies de mauvaise gestion et de manque d'entretien.

La plupart de ces problèmes sont bien connus. Les sources de revenus ne suffisent pas à couvrir les coûts minimaux de fonctionnement, encore moins les nouveaux investissements. Cela est dû en partie aux problèmes de recouvrement des factures et à la difficulté de prévenir les vols d'électricité. Il faut savoir que ces méfaits sont la plupart du temps perpétrés par de gros consommateurs (individuels et institutionnels) qui ont pourtant les moyens de payer. La fourniture à un prix abordable d'électricité et de raccordements de base à la population africaine défavorisée reste un véritable défi.

En raison des difficultés rencontrées par les instances de régulation pour garantir des accords d'exploitation fiables et des prix prévisibles, l'activité des producteurs d'électricité indépendants est compromise et les investisseurs étrangers prennent peur. L'Afrique doit s'attaquer à ces problèmes pour attirer les investissements dans les infrastructures énergétiques (fort nécessaires pour surmonter la crise énergétique) et pour tirer parti des faibles taux d'intérêt qui prévalent actuellement au niveau international pour soutenir les investissements publics.

Le commerce transfrontalier d'électricité est capital pour exploiter le potentiel énergétique de l'Afrique et accélérer son programme d'intégration au sens large. Pourtant, moins de 8 % de l'électricité est aujourd'hui exportée d'un

pays à l'autre en Afrique subsaharienne. Pour augmenter ce chiffre, il faudra améliorer les réseaux existants et harmoniser les normes entre les pays. Une production et un commerce rentables de l'électricité au niveau régional contribueraient à résoudre le « trilemme » énergétique de l'Afrique : comment garantir une énergie fiable et durable à un prix abordable ?

L'objectif ultime devrait être de rassembler et de relier les nombreuses initiatives qui existent actuellement un peu partout en Afrique dans le secteur de l'énergie, afin de créer un grand réseau panafricain. En vue d'atteindre cet objectif, les pays africains vont devoir coopérer beaucoup plus étroitement et remédier à la pénurie de ressources pour les projets de raccordement supranationaux.

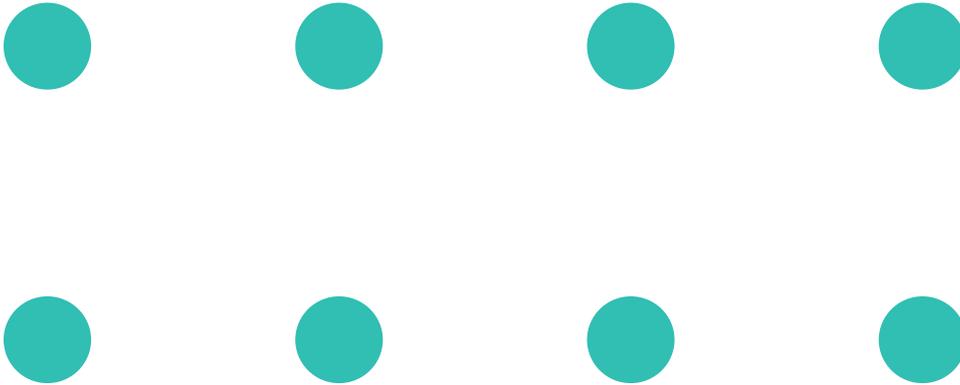
En Afrique et dans le monde entier, il existe actuellement une prise de conscience de plus en plus forte de la crise énergétique du continent, mais aussi des moyens d'y remédier, par le biais de solutions en réseau, en mini-réseaux ou hors réseau. Le présent rapport décrit ces trois options possibles pour améliorer l'accès à l'électricité.

Plusieurs facteurs clés interviennent dans le choix d'une solution au détriment d'une autre, dont le niveau et la qualité souhaités de l'accès à l'énergie, la densité de population, les particularités du raccordement au réseau local, la présence de sources d'énergie au niveau local et le coût des technologies requises pour les exploiter⁴. Les pays africains devant composer avec des moyens financiers limités, une planification énergétique déficiente et une croissance économique rapide doivent choisir les technologies énergétiques susceptibles d'améliorer l'accès le plus rapidement possible tout en offrant le meilleur rapport qualité-prix. Pour aider les pays à faire ces choix, une évaluation comparative des systèmes hors réseau, de mini-réseaux et sur réseau est donc cruciale. Ce

rapport est divisé en trois parties, décrivant les avantages et les inconvénients de chacune de ces options.

La première partie illustre l'essor spectaculaire des installations solaires hors réseau en Afrique, puis démontre que les consommateurs de ces produits peuvent progresser le long d'une « échelle énergétique » pour se doter progressivement d'installations à usage domestique plus puissantes. En conclusion, nous proposons des mesures concrètes à l'intention des gouvernements africains et de leurs partenaires, susceptibles d'aider le continent à répondre à ses besoins croissants en électricité. La deuxième partie explique le rôle que les mini-réseaux (connectés ou non au réseau national) peuvent jouer pour

répondre aux besoins des « maillons manquants », c'est-à-dire des consommateurs d'énergie qui se trouvent à un niveau situé entre les réseaux nationaux et les solutions individuelles hors réseau. Nous y décrivons comment les mini-réseaux peuvent accélérer l'inclusion d'un grand nombre d'Africains qui n'ont encore jamais eu accès au réseau. La troisième partie passe en revue les principales causes de la médiocrité du rendement des réseaux africains et les mesures qui ont été prises jusqu'à présent pour les améliorer, les élargir et les raccorder. Cette partie présente en outre plusieurs recommandations pour intégrer pleinement le gigantesque potentiel de l'Afrique en matière d'énergies renouvelables.



PARTIE I. GRAVIR L'ÉCHELLE ÉNERGETIQUE GRÂCE À L'ÉNERGIE SOLAIRE HORS RÉSEAU

En Afrique, la production d'électricité hors réseau était autrefois considérée comme un expédient, une façon d'alimenter quelques lampes en attendant le raccordement au réseau. Cette situation a largement évolué au cours des dernières années. Le nombre de personnes ayant accès à l'électricité hors réseau a bondi, fournissant ainsi à des millions de personnes de meilleures conditions de vie et apportant une solution au problème de pénurie d'énergie chronique. Cette partie du rapport sera consacrée à l'énergie solaire hors réseau, qui a connu une croissance spectaculaire sur le continent, ainsi qu'à la possibilité qu'elle offre, à des familles dont le niveau d'accès serait resté faible dans d'autres circonstances, d'accéder à « l'échelle énergétique ». **(Voir l'infographie « L'échelle énergétique en Afrique : accélérer l'accès »)**

Les systèmes photovoltaïques hors réseau représentent aujourd'hui la source d'énergie la plus économique pour plus d'un tiers de la population africaine dépourvue d'accès à l'électricité. Ces systèmes, destinés à l'usage d'un ménage ou d'une entreprise unique, se déclinent en différentes tailles et prix, allant de la simple lampe solaire portable à l'installation à usage domestique capable d'alimenter plusieurs appareils de grande puissance⁵. Les petites lanternes solaires éclairent aujourd'hui les familles pauvres à un coût inférieur à ceux observés par le passé.

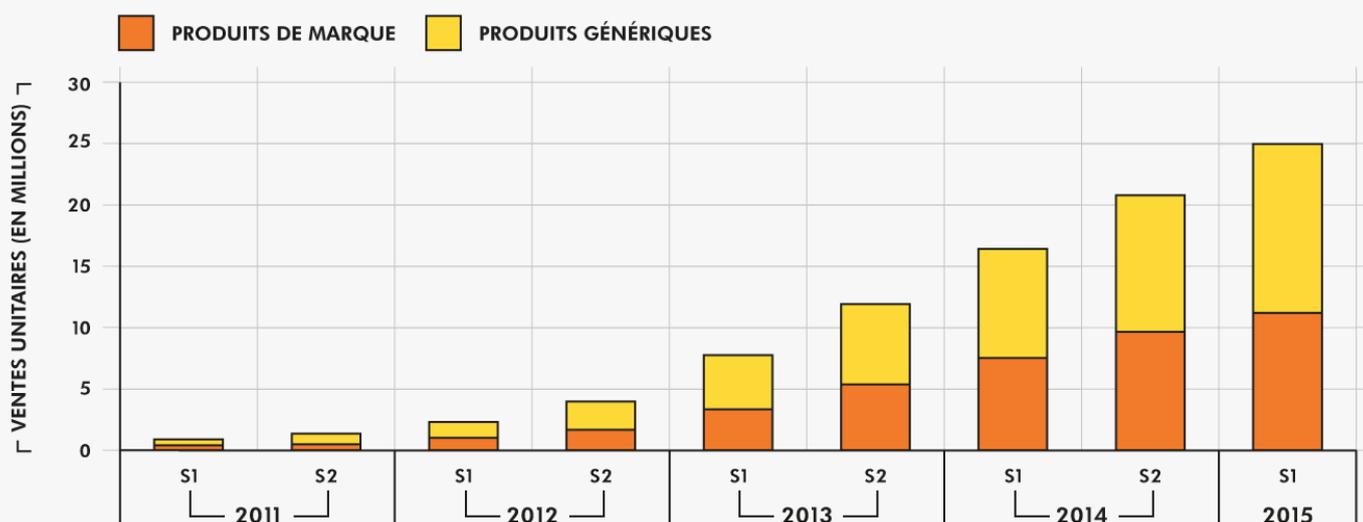
D'après certains auteurs, les efforts visant à encourager la démocratisation des lanternes solaires en vue de favoriser l'accès progressif aux services énergétiques manquent d'ambition, ces lanternes étant incompatibles avec un niveau de vie décent⁶. Selon Kandeh Yumkella, ancien directeur de l'initiative Énergie durable pour tous (SE4All) : « En ne mettant à disposition des populations pauvres qu'une seule source de lumière, nous ne faisons que jeter un éclairage sur la pauvreté. » Ces préoccupations sont

tout à fait justifiées : sans services énergétiques, l'accès à la lumière et à la téléphonie mobile ne permettra pas à lui seul de lutter contre la pauvreté. Une étude récente⁷ montre toutefois que les petites quantités d'électricité peuvent grandement améliorer la vie des familles défavorisées : « Globalement, les premiers watts de puissance utilisés par des appareils efficaces entraînent des avantages marginaux importants en termes de santé, d'éducation et de réduction de la pauvreté. » Elles jouent un rôle essentiel dans l'amélioration de l'accès, là où même les scénarios de production énergétique les plus ambitieux⁸ laisseraient plus de 500 millions d'Africains dépourvus d'électricité à l'horizon 2030⁹.

Le marché africain des systèmes photovoltaïques hors réseau a connu un boom ces cinq dernières années grâce à l'envolée de la demande d'éclairage électrique et de recharge de téléphone portable ; le prix des modules photovoltaïques, des lampes LED et des appareils écoénergétiques a chuté ; et le marché a été inondé de modèles innovants de financement et de distribution. On a constaté une croissance particulièrement rapide des ventes des plus petites unités, connues sous le nom d'installations pico-solaires, qui englobent aussi bien les lanternes à source unique que les systèmes d'énergie solaire à usage domestique de 10 W ou moins pouvant alimenter plusieurs sources de lumière et un chargeur de téléphone portable. Début 2011, moins d'un demi-million de kits d'éclairage pico-solaire de marque avaient été vendus en Afrique subsaharienne¹⁰. Au cours du deuxième semestre 2015, ce chiffre avait bondi pour atteindre 11,3 millions **(figure 1)**. Mais cette hausse des ventes des produits de marque ne dévoile qu'un aspect de la réalité : les produits « génériques » sans marque pourraient représenter aujourd'hui plus de la moitié du marché¹¹.

FIGURE 1 : LA DEMANDE DE PETITES INSTALLATIONS SOLAIRES, DÉJÀ TRÈS IMPORTANTE, EST EN PLEINE EXPANSION

Estimation du nombre de ventes cumulées d'installations d'éclairage pico-solaire en Afrique subsaharienne



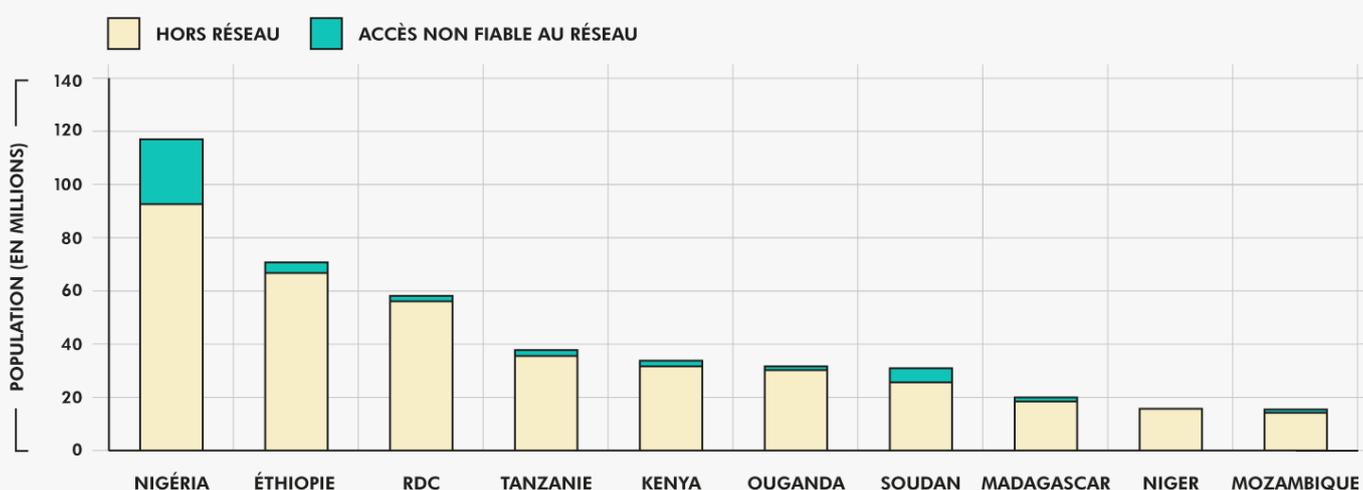
Remarque : ces chiffres concernent les lanternes solaires et les petits systèmes d'énergie solaire à usage domestique de 10 W ou moins¹². Source : Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

Les installations solaires hors réseau trouvent acheteur même en contexte urbain. Bon nombre de familles urbaines ne peuvent ou ne souhaitent pas payer de frais de raccordement élevés¹³. Les lanternes solaires ou les petits systèmes d'énergie solaire à usage domestique

sont, eux, généralement abordables et disponibles de suite. Pour la minorité d'Africains raccordés au réseau, ces produits peuvent servir d'expédient permettant de faire face au manque de fiabilité du réseau électrique à l'origine de nombreuses coupures de courant (figure 2)¹⁴.

FIGURE 2 : UNE GRANDE MAJORITÉ D'AFRICAINS N'EST PAS RACCORDÉE AU RÉSEAU

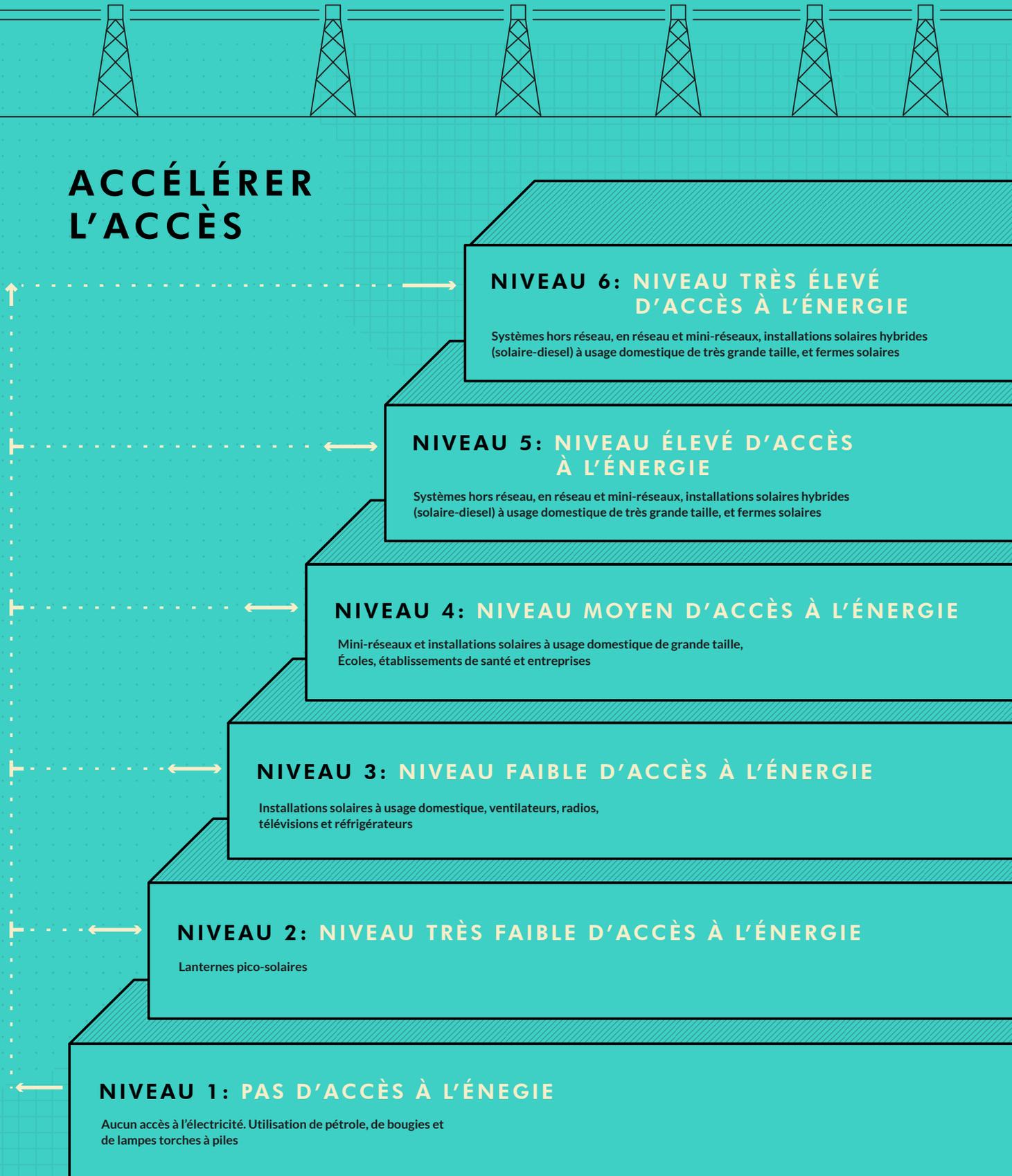
Populations non raccordées au réseau ou dont l'accès n'est pas fiable (en millions)



Source : Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

L'ÉCHELLE ÉNERGÉTIQUE EN AFRIQUE

ACCÉLÉRER L'ACCÈS



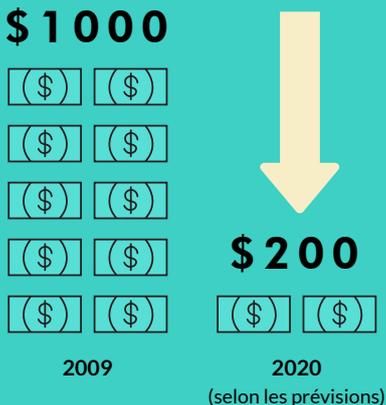
Aucun accès à l'électricité. Utilisation de pétrole, de bougies et de lampes torches à piles

LES VENTES DE SYSTÈMES PICO-SOLAIRES SONT EN HAUSSE



En à peine quatre ans, les ventes sont passées de 500 000 en 2011 à 11,3 millions en 2015.

LE COÛT DES INSTALLATIONS SOLAIRES À USAGE DOMESTIQUE DIMINUE



ENTREPRISES ET ENTREPRENEURS

QUI AIDENT LA POPULATION À GRAVIR L'ÉCHELLE

M-KOPA



AKON LIGHTING AFRICA



OBSTACLES À L'ACCÈS AU MARCHÉ

PICO-SOLAIRE

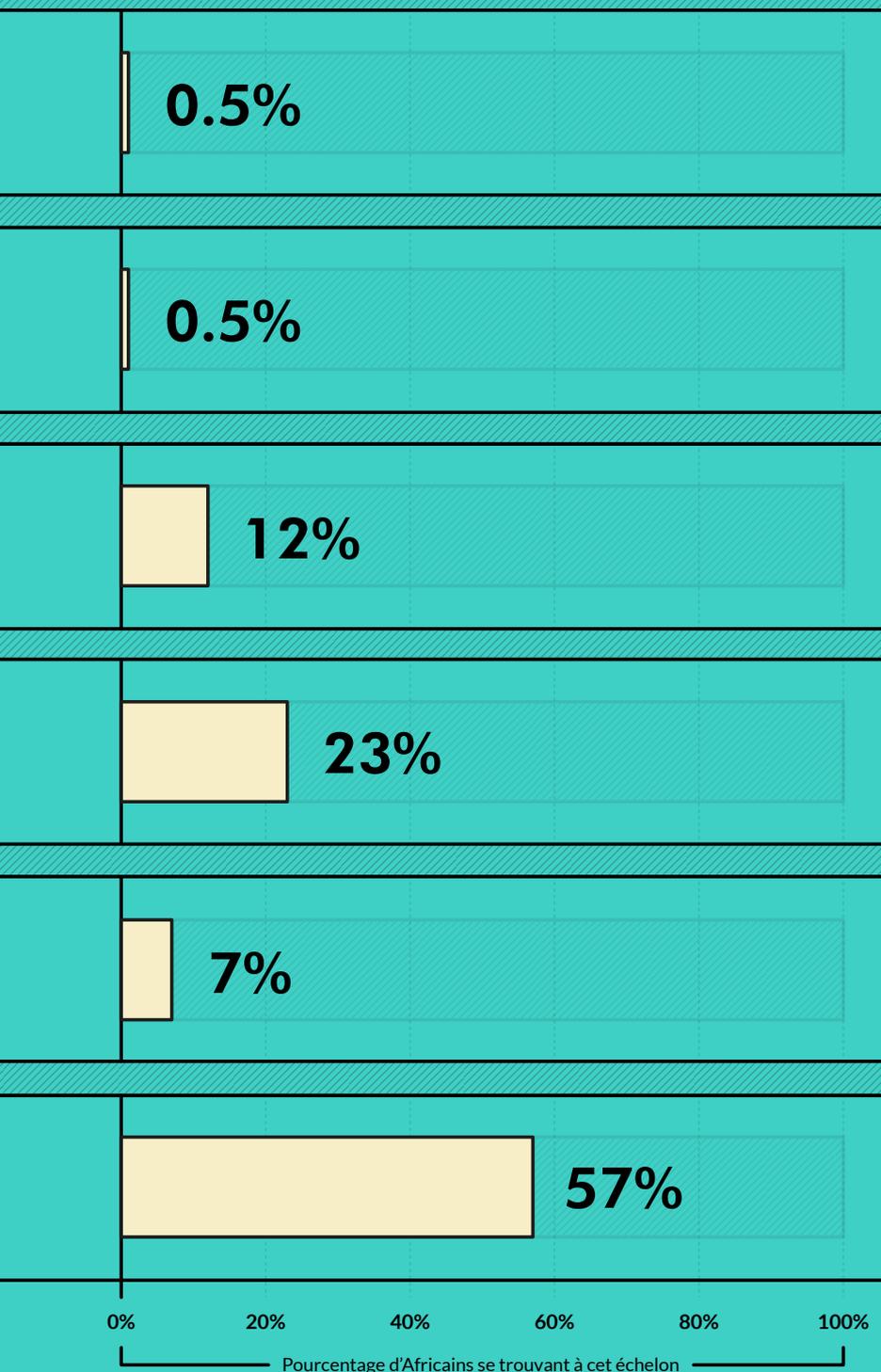
- Manque de crédits à la consommation
- Financement par emprunt ou par émission d'actions pour les entreprises de distribution d'énergie solaire
- Sensibilisation des consommateurs
- TVA et droits d'importation élevés
- Politique stricte en matière de change

INSTALLATIONS SOLAIRES À USAGE DOMESTIQUE

- Coûts initiaux élevés
- Manque de possibilités de financements innovants pour les consommateurs
- Besoins en matière d'installation et d'entretien
- Nécessité de développer les réseaux de distribution
- Formation des agents commerciaux et des techniciens d'entretien, contraintes sur le plan financier (absence de fonds de roulement, crédits à la consommation)

MINI-RÉSEAUX

- Manque de modèles commerciaux éprouvés
- Manque de formes de financement appropriées et adéquates et faibles capacités de mise en œuvre
- Cadres politiques inadaptés et incertains concernant les mini-réseaux
- Manque d'expérience et de connaissance solide des mini-réseaux parmi les fabricants et les exploitants
- Établissement des tarifs et recouvrement, entretien et performances du prestataire, gestion du vol, gestion de la demande, formation du personnel local, coûts initiaux et de transaction élevés, risques commerciaux élevés dans les régions reculées (faibles revenus)

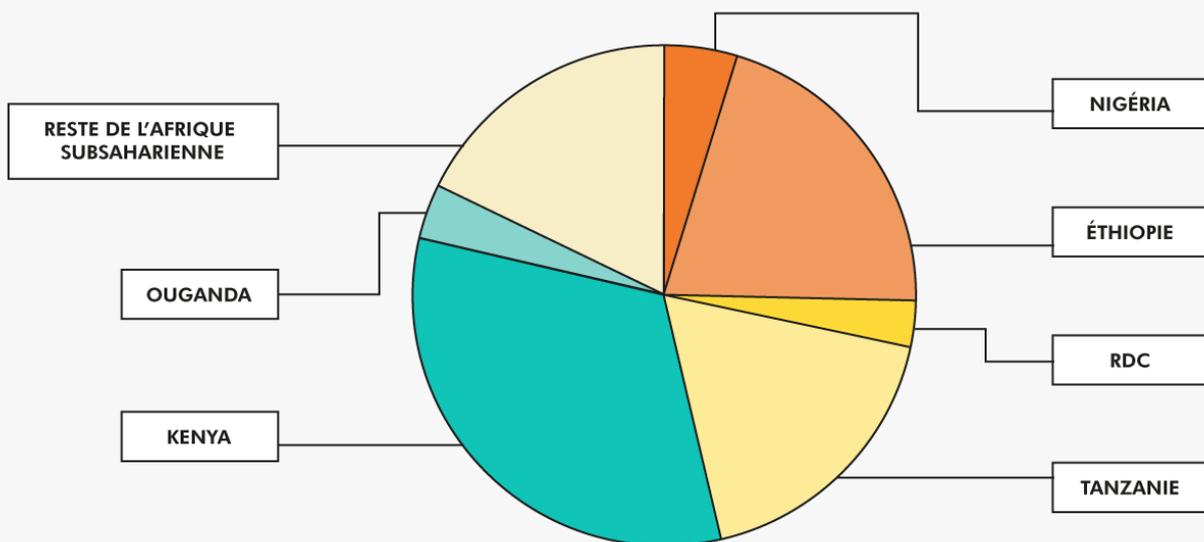




La hausse des ventes d'installations pico-solaires est fortement concentrée au Kenya, en Tanzanie et en Éthiopie, pays dans lesquels ont eu lieu les deux tiers des ventes de produits de marque entre juillet 2014 et juillet

2015¹⁵ (**figure 3**). Bien que 15 à 20 % des ménages non raccordés au réseau de ces pays aient obtenu un accès aux installations pico-solaires, la pénétration du marché en Afrique subsaharienne n'est que de 3 % environ¹⁶.

FIGURE 3 : EN AFRIQUE, LA HAUSSE DES VENTES D'INSTALLATIONS PICO-SOLAIRES SE CONCENTRE DANS TROIS PAYS



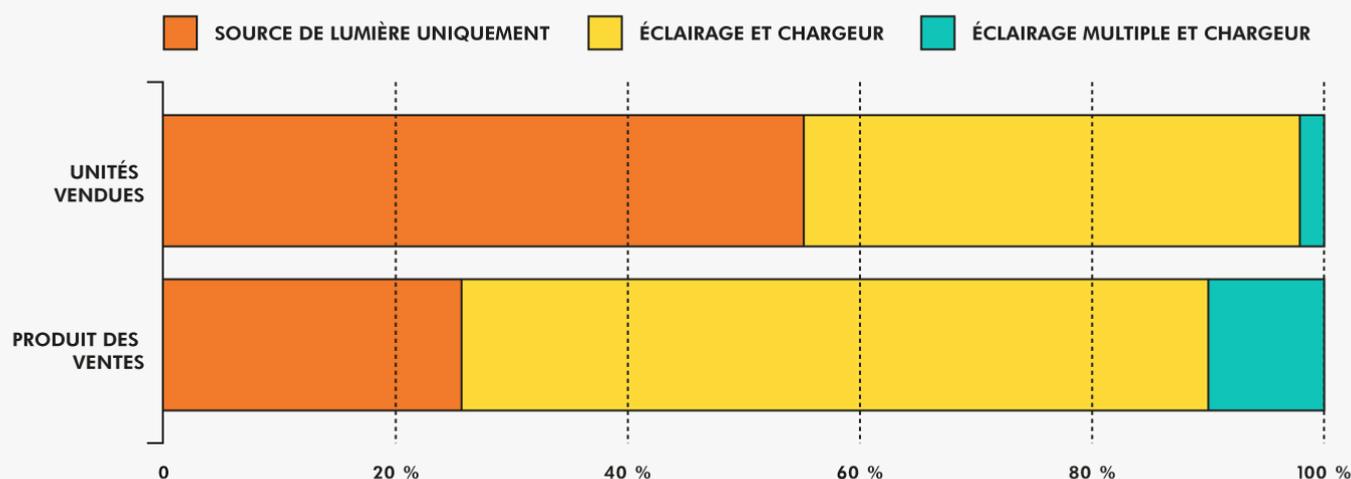
Remarque : ventes déclarées de produits dont la qualité a été vérifiée par Lighting Global en Afrique subsaharienne, juillet 2014-juillet 2015 (en milliers d'unités). Source : Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

La demande d'installations solaires la plus importante sur le sol africain concerne les lanternes solaires. Les systèmes fournissant uniquement une source de lumière représentaient plus de la moitié des produits de marque vendus en 2014. Les systèmes offrant un éclairage et un chargeur de téléphone portable constituaient quant à eux 43 % des ventes, rapportant à eux seuls la plupart des bénéfices (**figure 4**). Seuls 2 % des ventes concernaient des systèmes d'éclairage multiple dotés d'un chargeur de téléphone et parfois d'une radio. Le marché solaire africain est dynamique ; de nouvelles entreprises et des

innovations produites y font constamment leur apparition. L'émergence de systèmes plus abordables et de nouveaux modèles économiques de paiement à la carte devrait assurer l'accès de familles de plus en plus défavorisées aux systèmes d'énergie solaire à usage domestique. Le marché de l'énergie solaire se divise désormais en deux : d'une part, les lanternes solaires d'entrée de gamme, et d'autre part, les systèmes à usage domestique pouvant alimenter de petits appareils tels que radios, ventilateurs ou télévisions.

FIGURE 4 : EN AFRIQUE, LA DEMANDE PORTANT SUR LES INSTALLATIONS SOLAIRES CONCERNE ESSENTIELLEMENT LES SOURCES DE LUMIÈRE

Ventes dans le secteur du pico-solaire, par catégorie de produit – en unités et produits des ventes (2014)



Source : Scott et Miller (2016)

LES INSTALLATIONS SOLAIRES OFFRENT UN ACCÈS À L'ÉCHELLE ÉNERGÉTIQUE

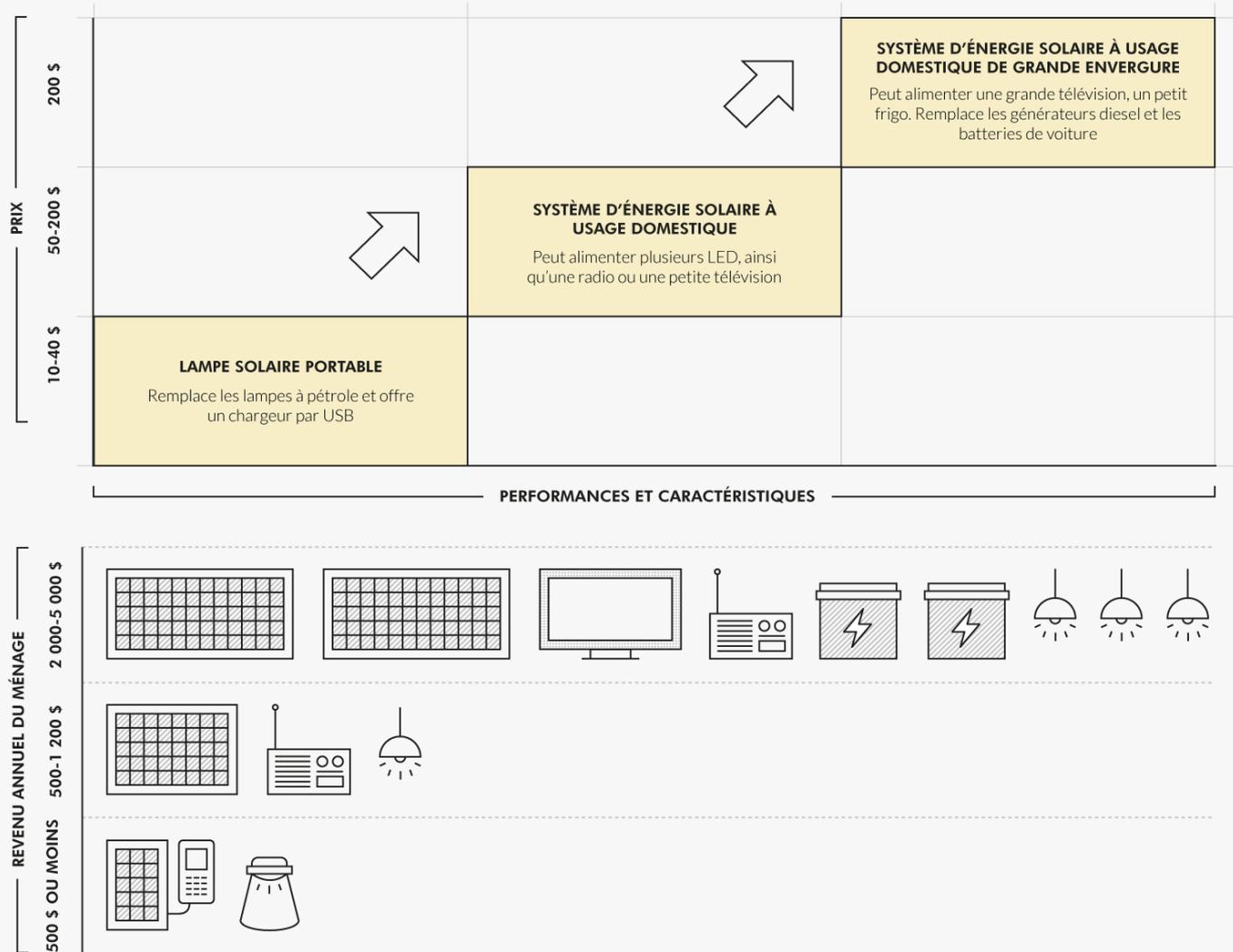
Le cadre multi-niveaux élaboré par SE4All définit le niveau d'accès d'une famille à l'électricité en fonction du type, de la qualité, de la fiabilité et de l'accessibilité financière des services énergétiques qu'elle reçoit¹⁷. Les niveaux d'accès à l'électricité du cadre sont assimilés¹⁸ aux différents échelons d'une échelle : « accès dans un premier temps à des services de grande valeur/faible puissance (chargeur de téléphone portable, source de lumière), suivi d'un ensemble d'appareils tels que ventilateur, télévision, réfrigérateur, appareil de chauffage, force motrice, etc. qui contribuent à l'amélioration de la qualité de vie ».

Les systèmes d'énergie solaire à usage domestique et les lanternes pico-solaires représentent différents niveaux de ce cadre (**figure 5**). La plupart des installations solaires vendues en Afrique relèvent du premier ou du deuxième niveau, voire moins. Les ménages les plus riches, les petites

entreprises et les services communautaires requièrent un niveau d'accès plus élevé qui ne peut être satisfait que grâce à des systèmes de plus grande envergure.

Certains avancent que l'ascension au premier niveau d'accès à l'électricité grâce aux technologies solaires donne aux ménages et aux entreprises la possibilité de gravir les échelons suivants. Le secteur de l'énergie solaire n'en étant qu'à ses balbutiements en Afrique, la plupart des données probantes appuyant cet argument restent anecdotiques. L'usage de la métaphore de l'échelle énergétique demeure toutefois logique, surtout pour les ménages. Les familles présentant différents niveaux de revenus peuvent acquérir des systèmes d'énergie solaire de différentes tailles (**figure 5**) et seront, à terme, capables de gravir l'échelle plusieurs échelons à la fois.

FIGURE 5 : L'ÉCHELLE DE L'ÉNERGIE SOLAIRE – À MESURE QUE LEURS REVENUS AUGMENTENT, LES MÉNAGES PEUVENT ACQUÉRIR DES SYSTÈMES DE PLUS GRANDE TAILLE



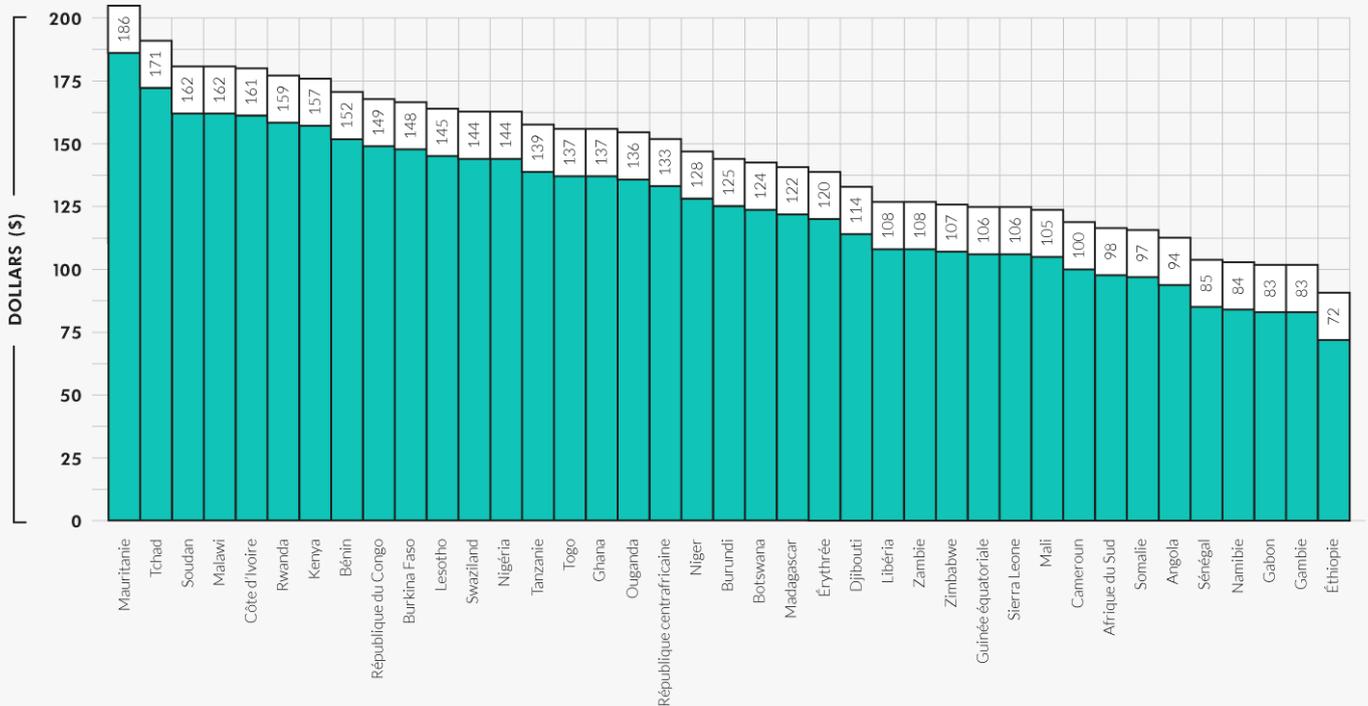
Sources : A.T. Kearney et GOGLA (2014) ; Harrison, Scott et Hogarth (2016)

L'éclairage solaire coûte moins cher que l'éclairage à combustible, et ce quel que soit le niveau concerné. Les personnes privées d'accès aux ressources énergétiques se voient souvent obligées de dépenser leurs maigres revenus pour acheter des sources de lumière coûteuses et de mauvaise qualité telles que bougies, lampes à pétrole et torches à piles. Les dépenses annuelles consacrées à l'éclairage des familles non raccordées au réseau vont de 186 dollars US en Mauritanie à 72 dollars US en Éthiopie (figure 6). En Afrique, la plupart de ces ménages

consacrent plus de 140 dollars US par an à l'éclairage¹⁹. Les lanternes solaires produisant une lumière comparable à celle d'une lampe à pétrole sous pression coûtent aujourd'hui moins de 5 dollars US, contre 20 dollars US en 2010. Une lanterne moyenne offrant un meilleur éclairage coûte moins de 20 dollars US, soit moitié moins qu'en 2009 ; et elles ne devraient plus coûter que 10 dollars US d'ici 2017²⁰ (figure 7).

FIGURE 6 : LES AFRICAINS DÉPOURVUS D'ÉNERGIE DOIVENT PAYER CHER POUR AVOIR ACCÈS À UNE SOURCE DE LUMIÈRE

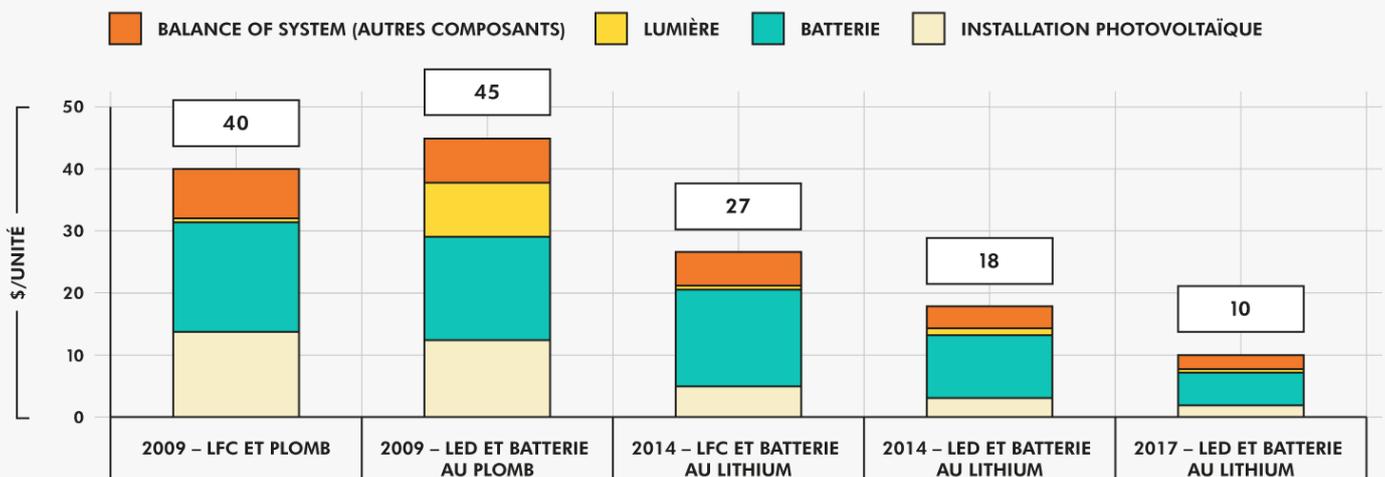
Estimation des dépenses annuelles moyennes en matière d'éclairage des ménages non raccordés au réseau (en dollars, 2012)



Source : Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

FIGURE 7 : LE COÛT DES LANTERNES SOLAIRES CONNAÎT UNE CHUTE SPECTACULAIRE

Estimated annual expenditure (\$/unit)



Remarque : une lanterne de taille moyenne peut produire 120 lumens pendant une durée maximale de 4 heures par jour. Source : Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

Les économies réalisées grâce à l'éclairage électrique (en remplacement des lampes à pétrole, bougies ou torches à piles) et au chargement des téléphones portables à domicile (plutôt que dans des kiosques publics) peuvent être destinées à l'achat d'appareils plus puissants ou de systèmes hors réseau de plus grande envergure ou encore au raccordement au réseau. L'achat d'installations solaires grâce à un crédit à la consommation (ou à des modèles de paiement à la carte) permet aux utilisateurs de constituer un historique de crédit et d'accumuler des ressources

qui peuvent débloquer des prêts permettant à leur tour d'acheter d'autres produits²¹.

Enfin, les familles possédant un système d'énergie solaire sont mieux préparées pour se raccorder au réseau électrique le cas échéant, étant plus à même de posséder des appareils écoénergétiques ainsi qu'une source d'alimentation électrique et une batterie de secours pour se prémunir contre les coupures de courant²².

LANTERNES PICO-SOLAIRES : LE PREMIER ÉCHELON SUR L'ÉCHELLE ÉNERGÉTIQUE

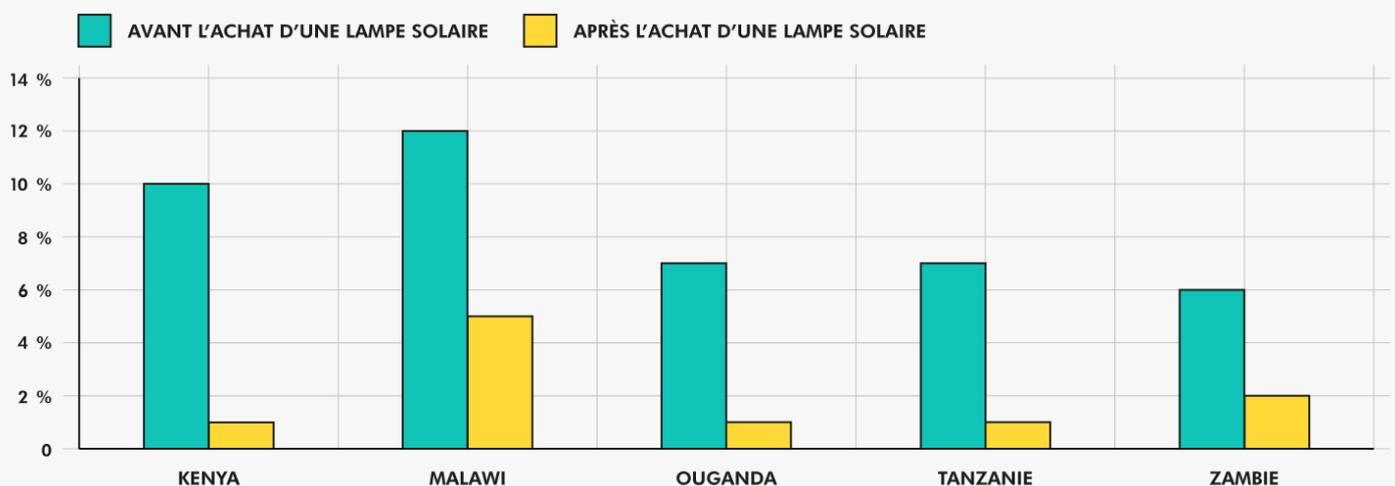
Une personne qui possède une lanterne solaire de base a déjà un pied sur la première marche de l'échelle énergétique, voire les deux si l'appareil sert également de chargeur de téléphone. On estime que les lanternes solaires disposant d'un certificat de qualité fourniraient des services énergétiques de niveau 1 à environ 13,5 millions de personnes en Afrique²³.

Une étude menée par le groupe britannique à but non lucratif SolarAid au Kenya, au Malawi, en Ouganda, en Tanzanie et en Zambie a montré que les dépenses

moyennes en termes d'éclairage des familles qui avaient acheté une lanterne solaire représentaient désormais 2 %, contre 9 % auparavant, de leur revenu total, leur permettant ainsi d'économiser plus de 60 dollars US par an (**figure 8**)²⁴. D'après les estimations de la société de recherche Bloomberg New Energy Finance, chaque dollar consacré à l'éclairage solaire en Afrique permettrait aux consommateurs d'en économiser 3,15. Le délai d'amortissement de l'achat d'une lampe solaire coûtant 13 dollars US ne devrait pas dépasser trois à quatre mois, compte tenu des économies réalisées grâce à cet appareil²⁵.

FIGURE 8 : L'ACHAT D'UNE LANterne SOLAIRE PEUT SENSIBLEMENT RÉDUIRE LES DÉPENSES D'ÉCLAIRAGE

Part des dépenses moyennes des ménages consacrée à l'éclairage



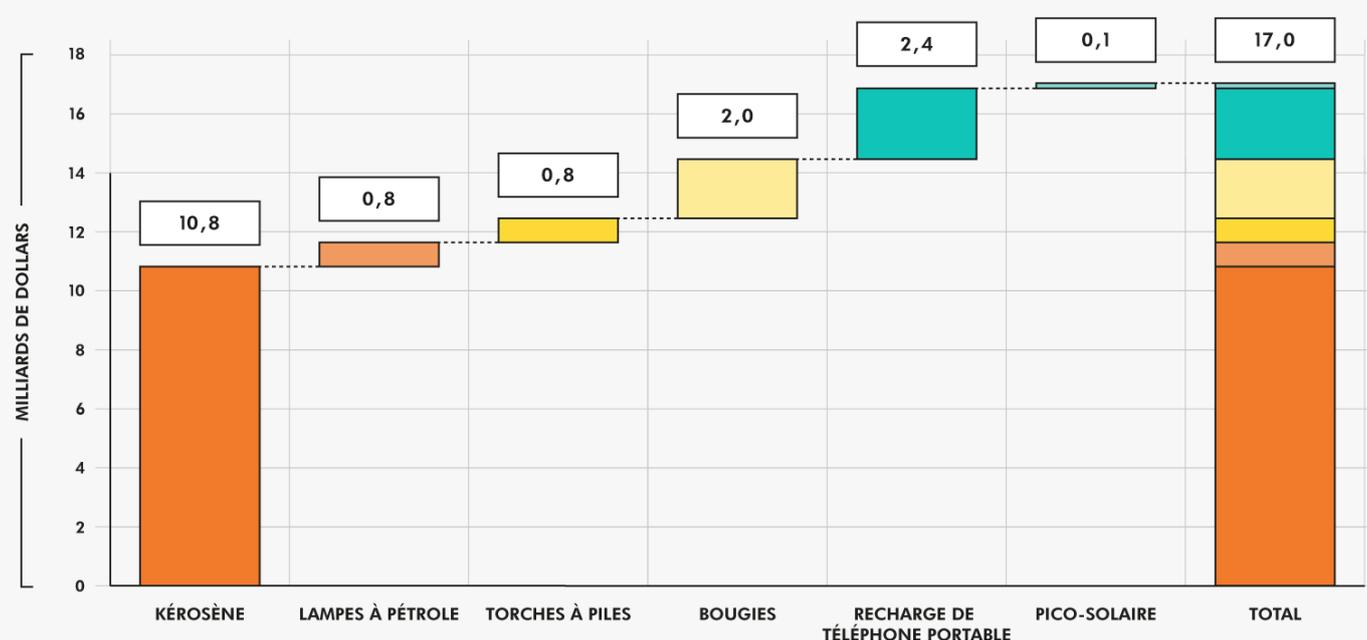
Source : Harrison, Scott et Hogarth (2016)

Si l'installation solaire possède également une fonction de chargeur de téléphone portable, les économies peuvent être encore plus importantes. SolarAid a découvert que les familles africaines non raccordées au réseau dépensent en moyenne 0,66 dollar US par semaine pour recharger leur téléphone portable dans des kiosques, et devaient

pour cela effectuer un voyage de 56 minutes aller-retour. Au total, la population africaine non raccordée au réseau dépense près de 17 milliards de dollars US par an pour s'éclairer et recharger les téléphones portables (**figure 9**)²⁶. Les économies réalisées pourraient être destinées à satisfaire d'autres besoins importants²⁷.

FIGURE 9 : LES AFRICAINS DÉPENSENT DES MILLIARDS DE DOLLARS POUR S'ÉCLAIRER ET CHARGER LEURS TÉLÉPHONES PORTABLES HORS RÉSEAU

Estimation des dépenses annuelles (en milliards de dollars)



Source: Orlandi, Tyabji and Chase (2016).

Le remplacement des bougies et des lampes à pétrole par des lampes solaires présente par ailleurs des avantages pour la santé. Un meilleur éclairage permet de réduire les problèmes de vue. L'éclairage solaire réduit significativement le risque de brûlures et d'incendies²⁸, ainsi que les fumées toxiques émises par les lampes à pétrole^{29,30}. L'éclairage électrique élimine par ailleurs le risque élevé pour les enfants d'ingestion accidentelle de carburant, généralement stocké dans de vieilles bouteilles de boissons sans alcool³¹.

L'accès renforcé à des sources de lumière donne aux enfants la possibilité de consacrer plus de temps à leurs devoirs en soirée, et la qualité de leur travail s'en trouve

améliorée. Dans le cadre d'une enquête de SolarAid, les écoliers du Kenya, du Malawi, de Tanzanie et de Zambie ont signalé que le manque de lumière constituait le principal obstacle à leur apprentissage et à la réalisation de leurs devoirs. Après l'acquisition d'une lampe solaire, les enfants avaient augmenté leur temps d'étude de 1,7 à 3,1 heures en moyenne tous les soirs³². L'éclairage solaire peut également renforcer la sécurité, que ce soit à la maison ou dans les espaces publics. Au Libéria et en Ouganda, les familles dotées de lampes solaires ont indiqué se sentir plus en sécurité la nuit³³.

Malgré les avantages évidents de l'éclairage solaire, le marché des lanternes solaires reste encore peu développé

en Afrique. Selon Bloomberg New Energy Finance, « les ventes d'installations solaires ne semblent pas influencées par les dépenses et revenus des ménages, ni par les seules retombées économiques de ces produits »³⁴. L'éclairage solaire est répandu à la fois dans les pays où les dépenses des ménages consacrées à l'éclairage sont élevées (Kenya, 163 dollars US par an) et faibles (Éthiopie, 72 dollars US par an), ce qui semble montrer que son potentiel commercial est important dans toute la région, indépendamment des revenus et des dépenses d'éclairage des ménages.

Les trois plus importants marchés de produits pico-solaires – l'Éthiopie, le Kenya et la Tanzanie – possèdent des environnements politiques favorables, avec une taxe sur la valeur ajoutée (TVA) et des droits de douane faibles, voire inexistantes, sur les installations solaires, et la mise en place de programmes de sensibilisation des consommateurs et de renforcement du marché.

SunnyMoney de SolarAid, Ignite Power au Rwanda³⁵ et Lighting Global du Groupe de la Banque mondiale (anciennement connu sous le nom de Lighting Africa) constituent trois programmes importants de renforcement du marché mis en place dans la région. Il a été prouvé que les consommateurs étaient plus enclins à s'offrir des lanternes solaires suite aux interventions visant à les sensibiliser aux avantages de ces technologies sur les plans des économies réalisées et de la santé³⁶.

Le programme SunnyMoney a été créé en Tanzanie en 2009 et s'est étendu au Kenya, au Malawi, en Ouganda et en Zambie. Il travaille en collaboration avec les enseignants et le ministère de l'Éducation pour sensibiliser les écoliers à l'éclairage solaire. Les parents sont encouragés à acheter des lampes solaires pour la maison, notamment pour permettre à leurs enfants de faire leurs devoirs. Le volet scolaire du programme SunnyMoney a aidé à vendre plus de 1,7 million d'installations pico-solaires.

Ignite Power, lancé en 2016 au Rwanda, constitue le programme de déploiement solaire le plus important d'Afrique de l'Est³⁷ (encadré 1). Le projet d'électrification

a bouleversé le marché des installations solaires à usage domestique à deux égards. Tout d'abord, son approche concernant le déploiement de systèmes d'énergie solaire à usage domestique est identique à celle adoptée dans le cadre du développement d'un projet d'énergie solaire de grande envergure en termes de structure, de financement et d'intégration dans la planification énergétique nationale. Deuxièmement, le programme Ignite a constitué un vaste réseau de déploiement, favorisant ainsi l'émergence de centaines d'entrepreneurs dans le secteur de l'énergie solaire et attirant quatre nouveaux fournisseurs dans le pays. Les systèmes d'énergie solaire à usage domestique fournis par le programme coûtent par conséquent 40 % moins cher que les produits qui étaient présents sur le marché auparavant.

Lighting Global a vu le jour en Éthiopie, au Ghana, au Kenya, en Tanzanie et en Zambie en 2007, avant de s'étendre au Burkina Faso, au Libéria, au Mali, à l'Ouganda, à la République démocratique du Congo, au Sénégal et au Soudan du Sud, ainsi qu'à trois pays asiatiques. Le programme se concentrait dans un premier temps sur la réalisation d'études de marché, l'aide au développement d'entreprises et la sensibilisation des consommateurs. En 2009, il a lancé un cadre d'assurance qualité aidant ces derniers à choisir des produits pico-solaires de qualité. À la fin du premier semestre 2015, Lighting Global avait testé 152 installations pico-solaires et vérifié la qualité de 103, et poursuit son travail avec 54 produits dont la qualité a été vérifiée. Le cadre d'essai de Lighting Global a été adopté à l'échelle nationale en Éthiopie, au Kenya et au Libéria, et a servi de modèle au nouveau cadre de qualité de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO).

Malgré ces efforts d'assurance qualité, le marché des installations pico-solaires a été inondé de produits génériques certes moins chers, mais souvent de qualité inférieure, bien plus que le marché des systèmes d'énergie solaire à usage domestique de plus grande envergure. Reste à savoir si cela représentera un avantage ou un inconvénient pour le secteur africain de l'énergie solaire.

D'une part, c'est le signe d'un marché mature, et cela favorise la baisse des prix pour les consommateurs³⁸. Mais les produits génériques de mauvaise qualité peuvent tomber en panne en l'espace de quelques semaines et donc nuire à la confiance des consommateurs vis-à-vis des technologies solaires. Une étude de SolarAid a montré que si 80 % des commerçants tanzaniens connaissaient l'existence de produits falsifiés ou de mauvaise qualité, seuls 25 % des consommateurs en étaient conscients³⁹.

Certains produits génériques imitent l'apparence et le mode de fonctionnement de marques connues, tout en utilisant des technologies de qualité inférieure.

Des mesures réglementaires promouvant les produits de bonne qualité devront être adoptées à des fins de protection des consommateurs⁴⁰. La part de génériques falsifiés demeure cependant assez faible, de l'ordre d'environ 2 %⁴¹. La majorité des produits sur le marché sont tout simplement dépourvus de marque.

Les activités de sensibilisation des consommateurs seront essentielles au renforcement du marché africain des lanternes solaires – que ce soit pour informer la population des avantages de l'éclairage solaire ou pour les aider à choisir les meilleurs produits.

DES SYSTÈMES D'ÉNERGIE SOLAIRE À USAGE DOMESTIQUE AU SERVICE DES FAMILLES

L'éclairage solaire ne constitue qu'un simple point de départ. Bon nombre de familles non raccordées au réseau demandent déjà – et peuvent financer – des systèmes d'énergie solaire à usage domestique capables d'alimenter des petits appareils tels que ventilateur, radio, télévision ou réfrigérateur. Le partenariat Global LEAP (Global Lighting and Energy Access Partnership) a mené une enquête⁴² auprès de parties prenantes des secteurs industriel, politique et du développement afin de déterminer l'importance de différents appareils pour les familles non raccordées et les petites et moyennes entreprises (PME). Les personnes interrogées devaient classer les cinq appareils qui, selon elles, feraient l'objet de la plus forte demande de la part des consommateurs et auraient le plus grand impact au cours des trois à cinq prochaines années.

L'éclairage et le chargement des téléphones portables venaient en tête du classement, suivis des télévisions, radios, ventilateurs et réfrigérateurs.

Ces services énergétiques peuvent sensiblement améliorer la qualité de vie des familles non raccordées. Dans les climats chauds et humides, le confort offert par un ventilateur peut améliorer la productivité du foyer. Les réfrigérateurs sont particulièrement utiles en climat chaud, où le stockage des aliments peut poser problème. La télévision et la radio sont non seulement source de divertissement, mais fournissent également un accès à des informations importantes sur la météo et les catastrophes naturelles, la planification financière, la planification familiale et la santé^{43,44}.

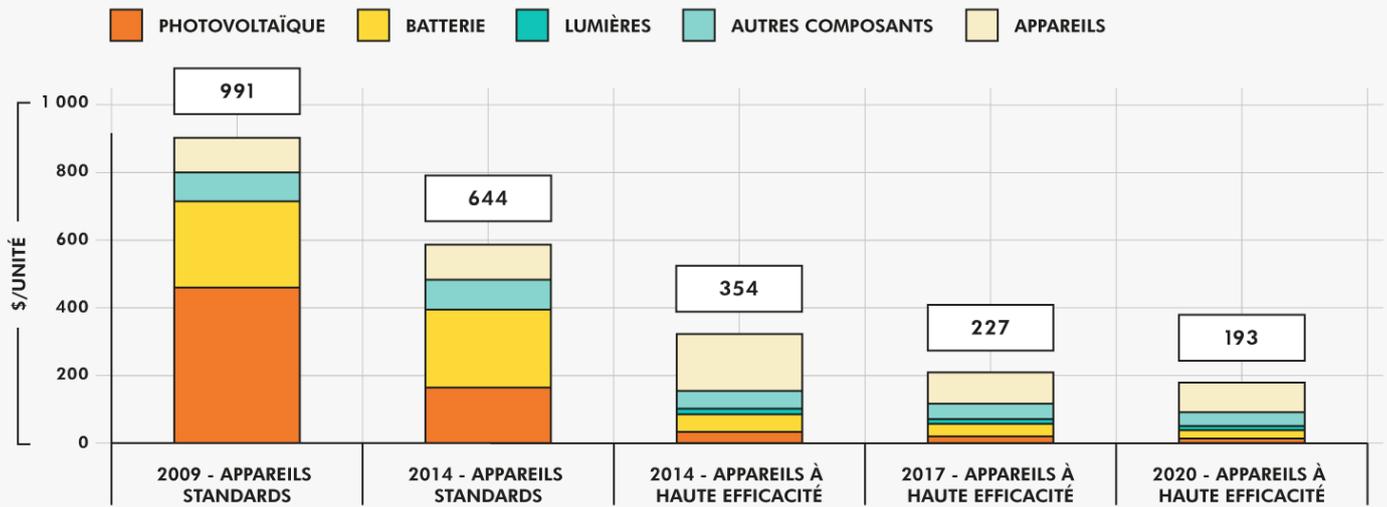
Création d'un marché des systèmes d'énergie solaire à usage domestique

Les systèmes d'énergie solaire à usage domestique ne fournissent de services énergétiques de niveau 2 (p. ex. télévision et ventilateur, outre l'éclairage et le chargement des téléphones portables) qu'à un nombre dérisoire de familles africaines non raccordées au réseau. Seules 2 % des installations solaires vendues en 2014 dont la qualité était certifiée par Lighting Global étaient des systèmes

de petite taille capables d'alimenter plusieurs sources de lumière, un chargeur de téléphone portable et parfois une radio. Rares aussi sont les ménages ruraux possédant des appareils tels que télévisions, ventilateurs et réfrigérateurs. Les taux de pénétration varient d'un pays à l'autre et sont étroitement liés aux niveaux de revenu et à l'accès à l'électricité⁴⁵.

FIGURE 10 : LE COÛT DES SYSTÈMES D'ÉNERGIE SOLAIRE À USAGE DOMESTIQUE EST EN CHUTE LIBRE

Évolution du coût des systèmes d'énergie solaire à usage domestique alimentant une télévision 19", une radio et deux sources de lumière (en dollars US par unité)



Source : Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

Les coûts des systèmes et appareils d'énergie solaire à usage domestique constituent généralement un obstacle à leur commercialisation (**figure 10**). En 2014, un système de ce -type, capable d'alimenter une télévision 19", une radio et deux sources de lumière, coûtait 354 dollars US. Ce prix, divisé par trois depuis 2009 (ils coûtaient alors près de 1 000 dollars US), représente encore plus de la moitié du revenu annuel moyen des 389 millions d'habitants d'Afrique subsaharienne qui vivent avec moins de 1,90 dollar US par jour.

L'apparition de modèles de paiement à la carte devrait transformer le marché. Ce mode de paiement permet aux clients de payer le coût initial d'un système d'énergie solaire à usage domestique sous forme de versements réguliers et adaptés à la situation financière du client. Le fournisseur a la possibilité de déconnecter l'installation

en cas de retards de paiement⁴⁶. Ce mode de paiement met ainsi ces technologies à la portée de tous, et renforce la confiance des consommateurs en transférant le risque de défaillance vers le fournisseur. Il offre un accès à ces systèmes aux dizaines de millions d'Africains qui vivent au-dessus du seuil d'extrême pauvreté mais qui ne sont pas raccordés au réseau électrique. Ce marché potentiel est conséquent dans plusieurs pays africains, en particulier l'Éthiopie, le Kenya, l'Ouganda et le Rwanda.

Le hors réseau modifie également la perception des gouvernements de ce qu'il est possible de faire ou non. En 2016, suite au développement du projet Ignite, le gouvernement du Rwanda a mis à jour ses objectifs, définissant les systèmes d'énergie solaire à usage domestique comme un pilier principal de la stratégie énergétique.

ENCADRÉ 1 : PROGRAMME NATIONAL D'ALIMENTATION ÉLECTRIQUE HORS RÉSEAU DU RWANDA

Nous mentionnions dans notre rapport précédent le programme national d'Ignite Power au Rwanda, qui était en cours de déploiement, visait à raccorder 250 000 foyers dans le pays dans le cadre d'une collaboration étroite avec le gouvernement et les services publics locaux. Désormais totalement opérationnel, il raccorde près de 300 foyers (soit 1 500 personnes) par jour et s'emploie à porter ce nombre à 500 par jour. Sa croissance rapide se poursuit, avec six mois d'avance sur ses objectifs, et il exerce une influence à la fois sur le marché et l'économie. Des centaines d'entreprises spécialisées dans l'énergie solaire ont été créées et quatre nouveaux fournisseurs ont été attirés dans le pays. Les produits couverts par le programme Ignite sont par conséquent 40 % plus abordables que n'importe quel autre produit comparable sur le marché, ce qui double le marché potentiel total des systèmes d'énergie solaire à usage domestique dans le pays.

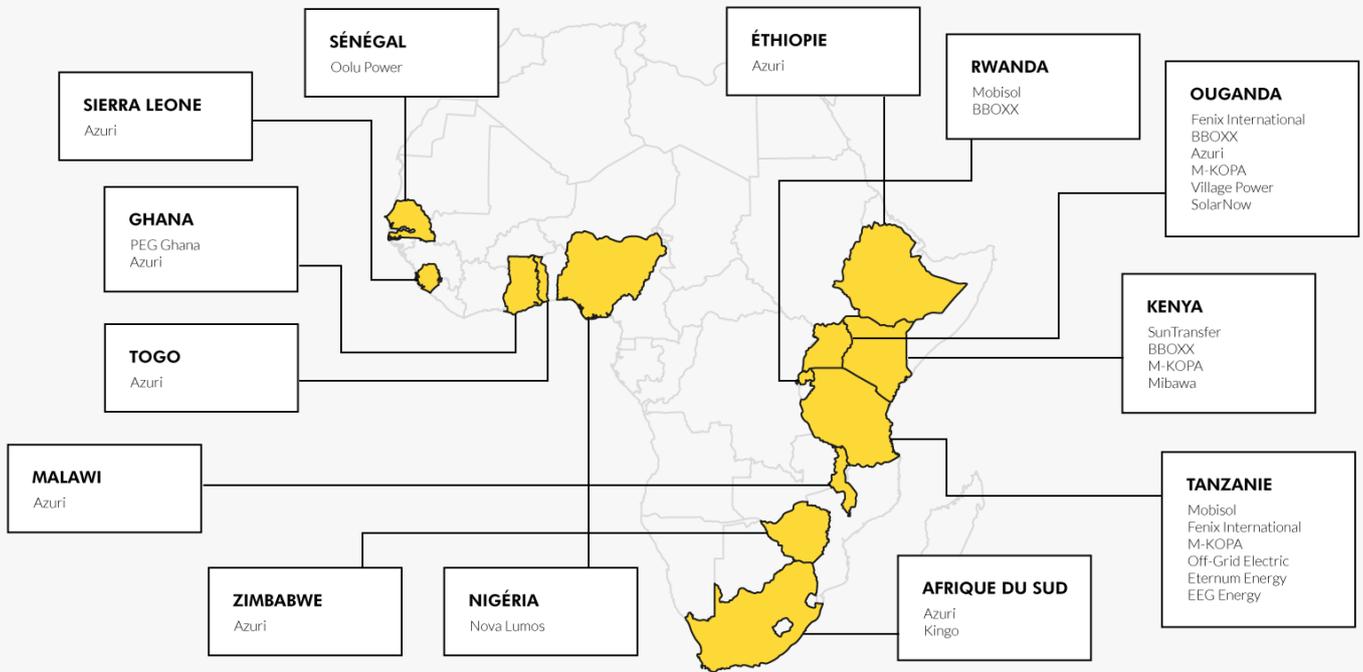
Selon les analystes, le marché du paiement à la carte devrait se développer rapidement. Les produits à la carte ne représentent qu'une petite fraction des installations solaires vendues à l'heure actuelle, mais les sociétés ayant recours à ce modèle de paiement ont attiré près de 160 millions de dollars US d'investissements en 2015, soit un montant supérieur à celui investi dans l'ensemble des sociétés de vente au comptant spécialisées dans l'énergie solaire présentes en Afrique. Off Grid Electric, une société spécialisée dans le secteur de l'énergie solaire à la carte, a réussi à emprunter 45 millions de dollars US en une seule collecte de fonds⁴⁷. Les leaders du marché se concentrent

en Afrique de l'Est, mais les sociétés de paiement à la carte opèrent désormais dans un nombre croissant de pays d'Afrique de l'Ouest et australe (**figure 11**).

L'innovation produit incessante favorisera également la présence des systèmes d'énergie solaire à usage domestique sur les marchés des foyers à plus faibles revenus. Un système de ce type qui coûtait 354 dollars US en 2014 devrait s'élever à moins de 200 dollars US en 2020. Cette baisse des prix s'explique non seulement par la chute des prix des modules photovoltaïques, mais aussi par les améliorations apportées aux autres composants.

FIGURE 11 : L'ÉCLAIRAGE SOLAIRE À LA CARTE SE DÉVELOPPE SUR TOUT LE CONTINENT AFRICAIN

Exemples de services d'éclairage solaire actuellement disponibles



Remarque : cette liste constitue un échantillon et ne prétend pas être exhaustive. Source : Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

Les batteries constituent un composant essentiel des systèmes d'énergie solaire à usage domestique, leur permettant de continuer à fournir de l'électricité la nuit et les jours couverts. Ces cinq dernières années, la gamme de batteries disponibles, leur durée de vie et leur capacité de stockage ont augmenté, tandis que leur coût d'investissement a chuté. Il est essentiel de mettre constamment au jour des innovations afin de réduire encore leur coût et d'améliorer leur performance et leur fiabilité⁴⁸.

Ce sont les innovations en matière d'appareils économes en énergie qui devraient être à l'origine de la plus forte baisse des prix des services énergétiques solaires⁴⁹. Si ces appareils sont plus chers encore que leurs alternatives énergivores, ils réduisent toutefois le coût du système d'énergie solaire dans son ensemble, le nombre de services énergétiques alimentés par une unité et une batterie photovoltaïques de plus petite taille étant plus élevé. Les télévisions, ventilateurs et réfrigérateurs économes en énergie devraient bientôt être disponibles à des prix abordables pour bon nombre de familles non raccordées au réseau (**tableau 1**).

TABLEAU 1 : LE PRIX ET LA PUISSANCE DES PRODUITS À HAUTE EFFICACITÉ DEVRAIENT BAISSER SENSIBLEMENT

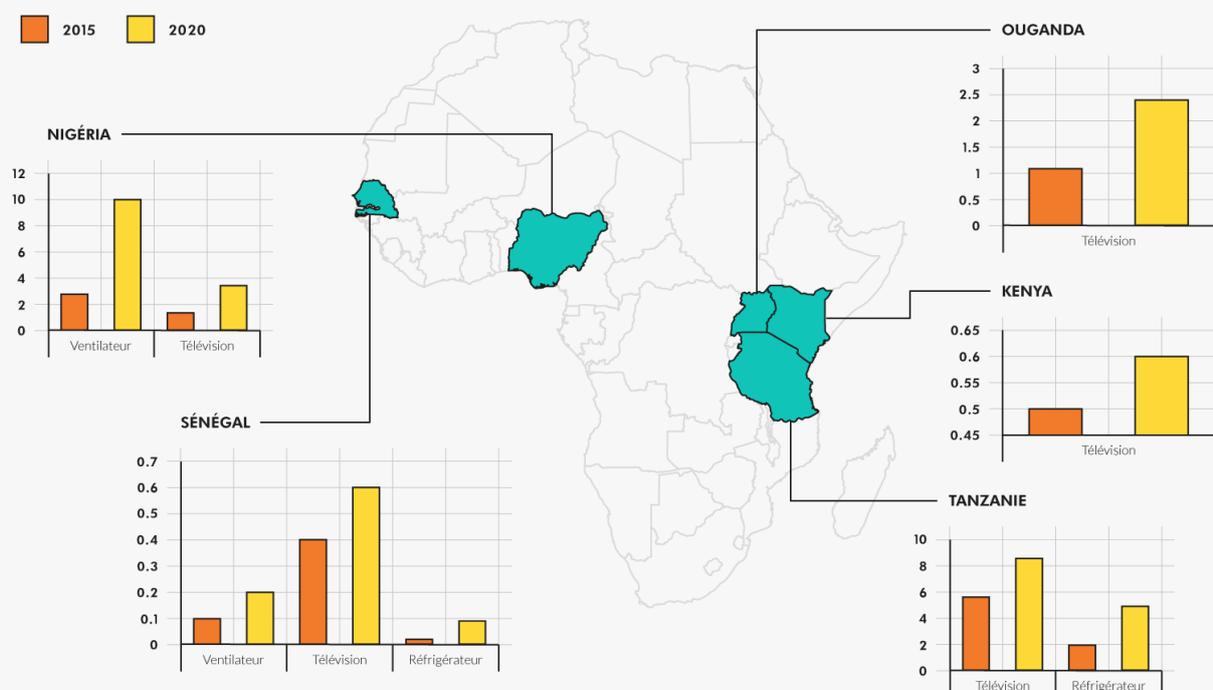
	Télévision (19")		Ventilateur (12")		Réfrigérateur (50-80 L)	
	2015	2020	2015	2020	2015	2020
Prix de vente au détail	104 \$	~85 \$	18 \$	~12 \$	300 \$	~200 \$
Puissance	15 W	8-10 W	10 W	8 W	45 W	35-40 W

Source: Global LEAP (2016)

La baisse du prix des appareils écoénergétiques devrait permettre au marché de croître rapidement (figure 12). Selon les estimations de Global LEAP⁵⁰, d'ici 2020 dans les pays en développement, respectivement 7 millions et 15 millions de familles non raccordées utiliseront des ventilateurs et des télévisions alimentés à l'énergie solaire. Les réfrigérateurs économes en énergie sont

actuellement inabordables pour la plupart des familles non raccordées. Pour favoriser la mise en place d'un marché hors réseau viable, ils devront coûter moins de 200 dollars US et consommer moins de 40 W – des objectifs qui devraient pouvoir être atteints d'ici 2020, toujours selon Global LEAP⁵¹.

FIGURE 12 : LE MARCHÉ DES APPAREILS HORS RÉSEAU EST EN PLEINE EXPANSION (EN MILLIONS DE MÉNAGES)



Remarque : le marché est représenté par le nombre estimé de foyers africains non raccordés et de ménages africains vivant dans des régions où le réseau national n'est pas fiable, actuellement en mesure d'acquiescer des appareils hors réseau ou qui devraient pouvoir se le permettre en 2020. Source : Global LEAP (2016)



Les systèmes d'énergie solaire à usage domestique font face à une série de barrières commerciales différentes de celles que connaissent les produits pico-solaires. Contrairement aux lanternes, ils doivent être installés et entretenus, ce qui nécessite une présence locale continue. Le développement de réseaux de distribution et la formation des vendeurs et techniciens sont un processus de longue haleine qui coûte cher aux fournisseurs de ce type de systèmes.

Les marchés des systèmes d'énergie solaire à usage domestique et des appareils économes en énergie sont également restreints par une distribution limitée, une grande part de la demande n'étant actuellement pas satisfaite. Les fournisseurs actuels, de même que les nouveaux venus, devront impérativement réaliser des

investissements importants pour répondre à la hausse de la demande et intégrer de nouveaux marchés⁵². Les fournisseurs de lanternes solaires et de systèmes d'énergie solaire à usage domestique souffrent de l'absence de fonds de roulement. Cependant, les restrictions financières constituent un défi bien plus important pour les fournisseurs de systèmes à usage domestique, ces produits présentant une forte intensité de capital. La société suédoise Trine a montré que les « investisseurs à impact » – qui cherchent à produire des avantages sociaux et environnementaux tout en convoitant un retour sur investissement – offrent une source de financement prometteuse aux fournisseurs de systèmes d'énergie solaire à usage domestique et d'autres solutions solaires de petite échelle (**encadré 2**).

ENCADRÉ 2 : « LES INVESTISSEURS D'IMPACT » OFFRENT AUX FOYERS AFRICAINS UN ACCÈS À L'ÉNERGIE SOLAIRE

Le prix initial des systèmes d'énergie solaire à usage domestique constitue un obstacle majeur à leur utilisation, que ce soit pour les consommateurs, mais également pour les fournisseurs. La société suédoise Trine ambitionne de remédier à ce problème, en aidant le public, grâce à l'investissement participatif, à soutenir des projets d'énergie solaire tout en générant un bon rendement.

Pour cela, Trine a mis en place une plateforme numérique lui permettant de cibler les « investisseurs d'impact », c'est-à-dire des personnes plutôt jeunes, mues par le désir d'avoir un impact social et environnemental positif et pour qui le retour sur investissement ne représente pas la motivation principale, mais plutôt un avantage. Les montants investis varient généralement entre 500 et 10 000 euros. À mesure du développement de cette approche, Trine devrait également s'adresser à davantage d'investisseurs traditionnels.

Le premier projet pilote de Trine concernait l'installation d'un mini-réseau à Sidonge, au Kenya. Depuis, sept autres projets ont été totalement financés, au Kenya, en Ouganda, au Sénégal, en Tanzanie et en Zambie. Une longue liste d'entrepreneurs du secteur de l'énergie solaire dans les marchés émergents doit faire l'objet d'un examen à l'avenir.

Par ailleurs, certains modèles à la carte ne peuvent fonctionner que grâce aux réseaux d'argent mobile, dont manquent de nombreux pays africains. D'aucuns avancent que ces modèles pourraient favoriser l'ouverture de nouveaux marchés d'argent mobile, et donc étendre l'accès aux services bancaires⁵³. Pour illustrer cela, citons le cas de la Sierra Leone, où Ignite Power a mis en place une plateforme de paiement mobile à portée universelle indépendante de tout opérateur. Une fois les systèmes de paiement à la carte mis en place, les sociétés ayant recours à ce modèle collectent des données sur le comportement de paiement des consommateurs, ce qui les met dans une position idéale pour aider ces derniers à gravir l'échelle

énergétique. Grâce à leur historique de crédit, les clients sont plus à même d'obtenir des prêts en vue de l'installation de nouveaux appareils et de systèmes d'énergie solaire à usage domestique plus importants et de meilleure qualité (ainsi que des biens non électriques)⁵⁴. Certains investisseurs voient l'intérêt que revêtent les données sur les consommateurs elles-mêmes, qui peuvent favoriser le financement du commerce de détail et le marketing. Compte tenu de la valeur de ces données, les sociétés de paiement à la carte doivent toutefois impérativement garantir la protection de la vie privée et des données des consommateurs⁵⁵.

AMÉLIORATION DE L'ACCÈS D'AUTRES ACTEURS DE LA COMMUNAUTÉ

Alimenter les services communautaires

L'accès à l'énergie se mesure généralement à l'échelle des individus et des ménages. Toutefois, l'énergie solaire hors réseau peut se révéler plus utile encore en alimentant des services communautaires tels qu'écoles et centres de santé, ou en améliorant la productivité des exploitations agricoles et petites entreprises.

L'accès à l'électricité peut considérablement améliorer les services communautaires tels que l'éducation et la santé. Les besoins en termes d'électricité des écoles primaires ou des centres de santé de nombreuses zones rurales d'Afrique subsaharienne pourraient être satisfaits à moindre coût grâce à des générateurs solaires ou hybrides (diesel-énergie solaire)^{56,57}.

L'éclairage électrique, le téléphone et les ordinateurs bénéficient à l'ensemble des services communautaires⁵⁸. Les centres de santé tirent également parti d'équipements médicaux spécialisés hors réseau. Les experts estiment que les appareils hors réseau suivants joueront un rôle prépondérant dans le domaine de la santé : réfrigérateurs (conservation des médicaments, du sang et des vaccins) ; équipement de stérilisation ; moniteurs de signes vitaux ; machines à ultrasons portables ; concentrateurs

d'oxygène ; cautères ; et pompes à perfusion (injection de fluides, de médicaments ou de nutriments dans le système sanguin du patient).

En Afrique, un nombre stupéfiant de services communautaires sont dépourvus d'accès à l'électricité, et ce malgré son importance. La part des écoles primaires de la région n'ayant pas d'électricité est estimée à⁵⁹ 65 %, soit environ 90 millions d'élèves. Plus de 90 % des écoles primaires du Burundi, de Guinée, de République démocratique du Congo et du Togo ne s'éclairent pas à l'électricité. Celle-ci fait également défaut dans près d'un tiers des établissements de santé d'Afrique subsaharienne, soignant environ 255 millions de patients⁶⁰. C'est également le cas dans plus de la moitié des établissements en Ouganda et en Tanzanie⁶¹. Chaque année, des millions de femmes doivent donner naissance à la lueur de la bougie. Près de la moitié des vaccins livrés aux pays en développement est gaspillée à cause du manque de fiabilité de l'alimentation électrique⁶². Comme nous le soulignons dans le Rapport 2015 sur les progrès en Afrique, dans une région où près de 105 millions d'enfants n'ont pas encore été vaccinés, la pénurie d'énergie peut causer la perte de nombreuses vies humaines.

Alimenter les exploitations agricoles et les petites entreprises

Une majorité d'Africains sont employés dans le secteur agricole ou au sein de petites entreprises de service et du secteur manufacturier. Le manque d'accès à l'électricité et de fiabilité des services électriques représente une entrave importante à la production selon près de la moitié des sociétés de la région⁶³. D'après les agriculteurs et les propriétaires de petites entreprises, le manque d'accès à l'électricité constitue l'un des principaux obstacles à

leur activité⁶⁴. Une enquête Gallup, menée dans 17 pays africains, a montré que plus de la moitié des personnes interrogées dans 13 d'entre eux avaient indiqué une absence totale d'accès à l'électricité sur leur lieu de travail **(tableau 2)**. Ce chiffre variait considérablement, de 12 % en Afrique du Sud à plus de 90 % au Burkina Faso, au Mali et au Niger⁶⁵.

TABLEAU 2 : UN DÉFICIT ÉNERGÉTIQUE CONSIDÉRABLE SUR LE LIEU DE TRAVAIL

Accès à l'électricité sur le lieu de travail dans divers pays africains

	Pas d'électricité sur le lieu de travail (%)	Accès pendant au moins une journée au cours de la dernière semaine, mais avec des coupures (%)	Accès constant à l'électricité (%)
Médiane	69	25	6
Mali	92	5	3
Niger	92	7	1
Burkina Faso	91	9	1
République centrafricaine	89	10	1
Sierra Leone	87	9	4
Libéria	77	14	10
Tchad	72	27	1
Ouganda	70	25	5
Ghana	69	21	10
Kenya	58	24	18
Cameroun	58	35	7
Tanzanie	54	39	7
Zimbabwe	53	41	6
Sénégal	48	41	11
Nigéria	41	59	0
Botswana	14	58	29
Afrique du Sud	12	29	59

Source: Tortora et Rheault (2012)

Les systèmes d'énergie solaire peuvent aider à améliorer les revenus de ces entreprises⁶⁶. Tout comme les ménages, les entreprises qui abandonnent l'éclairage au fioul au profit de l'éclairage solaire économisent généralement de l'argent. Un meilleur éclairage en soirée augmente par ailleurs le temps consacré au travail productif et permet aux utilisateurs de modifier les horaires de leurs tâches productives⁶⁷.

Les systèmes photovoltaïques de grande envergure peuvent remplacer les générateurs diesel coûteux et alimenter des appareils permettant d'augmenter la

productivité. À elle seule, l'électricité ne suffit pas à entraîner des gains de productivité. Mais associée à de nouvelles machines, à un accès aux marchés et à une formation adaptée, elle peut favoriser la productivité des exploitations agricoles et des petites entreprises⁶⁸.

Les systèmes photovoltaïques de grande envergure peuvent alimenter un plus grand nombre d'appareils améliorant la productivité (tableau 3). Bon nombre de sociétés de paiement à la carte commercialisent des systèmes dans les gammes nécessaires (**figure 13**).

TABLEAU 3 : UNE PRODUCTIVITÉ TRANSFORMÉE GRÂCE AUX SYSTÈMES D'ÉNERGIE SOLAIRE DE GRANDE ENVERGURE

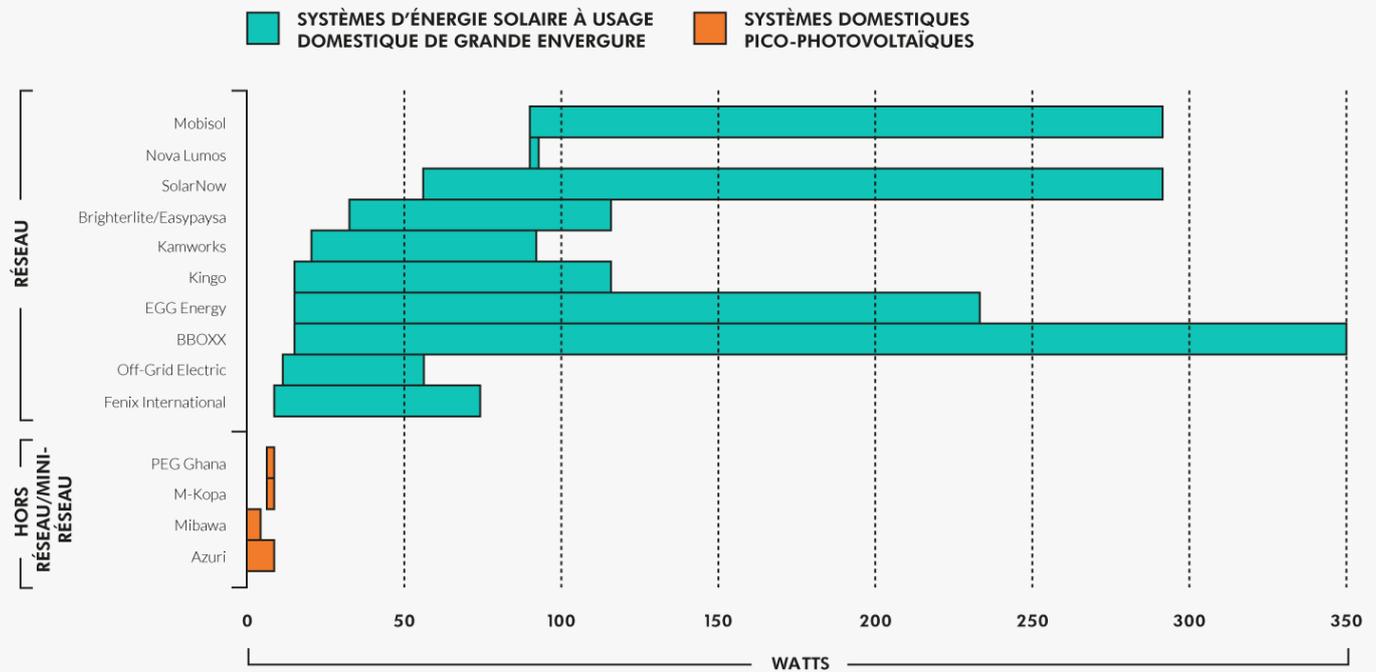
Machines et appareils écoénergétiques hors réseau utilisés à des fins productives

Appareil	Panneau solaire	Coût estimé	Description du résultat
Couveuse artificielle	40-120 W (inclus)	287-775 \$	42-200 œufs de poule ou 168-500 œufs de caille
Trayeuse	230 W (inclus)	798-1 083 \$	10-25 vaches par jour
Clôture électrique alimentée à l'énergie solaire	Inclus	71-342 \$	5-50 kilomètres
Système d'irrigation alimenté à l'énergie solaire	80 W (inclus)	405 \$	Terrains d'environ 0,40 hectare avec un accès à de l'eau de surface ou un puits de 7 m de profondeur maximum
Décortiqueuse, râpe, polisseuse	240 W (2x120 W)	855-2 508 \$	35-40 kg par heure
Polisseuse de riz	Inclus	1 003 \$	60 kg par heure
Batteuse de maïs	Inclus	502 \$	250 kg par heure
Râpe à manioc	250 W (inclus)	1 756 \$	100 kg par heure
Congélateur	75 W (non inclus)	701 \$	Capacité de 165 l
Grand réfrigérateur	180 W (inclus)	1 482-2 052 \$	Capacité de 50 l
Station de chargement portable	30 W (inclus)	684 \$	4 prises DC, 2 prises AC
Kit de barbier	20 W (inclus)	342 \$	
Machine à coudre	60 W (non inclus)	279 \$	100 coutures par minute

Source : Tortora et Rheault (2012)

FIGURE 13 : LES SYSTÈMES COMMERCIALISÉS SUR LE MARCHÉ VIENNENT EN DIFFÉRENTES TAILLES

Puissance des panneaux solaires proposés par une sélection de sociétés de paiement à la carte (en Watts)



Source : Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

Les systèmes d'énergie solaire à usage domestique de taille moyenne peuvent favoriser la création de nombreux services ruraux, tels que les services de coiffure ou de couture, mais aussi la diffusion de films à la télévision. Les stations solaires de chargement de téléphones sont de plus en plus courantes. En Tanzanie, les sociétés de ce secteur peuvent gagner jusqu'à 100 dollars US mensuels, amortissant un système solaire photovoltaïque de 480 dollars US en moins de cinq mois⁶⁹.

Les exploitants agricoles peuvent améliorer leur productivité grâce aux couveuses artificielles, aux trayeuses, aux clôtures électriques pour les rotations de pâturage, et aux pompes à eau alimentées à l'énergie solaire pour le bétail et l'irrigation. Cette dernière permet d'allonger les saisons de végétation, de réduire les risques et, de manière générale, de doubler la production agricole. Pourtant, en Afrique subsaharienne, le nombre estimé de terres agricoles irriguées s'élève à seulement 4 %. Compte tenu de leur coût d'investissement élevé, les

systèmes d'irrigation à énergie solaire demeurent hors de la portée de la plupart des petits agriculteurs⁷⁰. Mais les coûts ont tendance à baisser : la Banque mondiale a récemment signalé qu'en Inde, les petites pompes à irrigation alimentées à l'énergie solaire étaient désormais plus rentables que celles alimentées au diesel⁷¹.

Les systèmes de plus grande taille peuvent servir à alimenter du matériel de travail du bois et de construction de base⁷². S'il est de plus en plus facile et rentable d'utiliser des appareils économes en énergie à des fins productives, l'offre est encore largement restreinte, comme c'est le cas pour les appareils résidentiels⁷³. Il sera nécessaire d'investir davantage pour répondre à la demande et construire de nouvelles chaînes d'approvisionnement sur les nouveaux marchés. Il faudra également innover, d'une part pour réduire les coûts, et d'autre part pour diversifier les gammes d'appareils écoénergétiques hors réseau proposées⁷⁴.



Les coûts d'investissement des appareils économes en énergie restent hors de portée pour bon nombre de petites entreprises et d'agriculteurs. Lorsqu'ils ont les moyens de s'en offrir, les consommateurs font rarement confiance aux nouvelles technologies, ne sont pas conscients de leur existence ou ne savent pas comment les faire fonctionner ou les entretenir. La formation, les

campagnes d'information et la prestation de services financiers aux consommateurs – par le biais de banques, d'institutions de microfinancement ou de modèles à la carte – sont essentielles pour faire des appareils hors réseau de renforcement de la productivité des produits de masse⁷⁵.

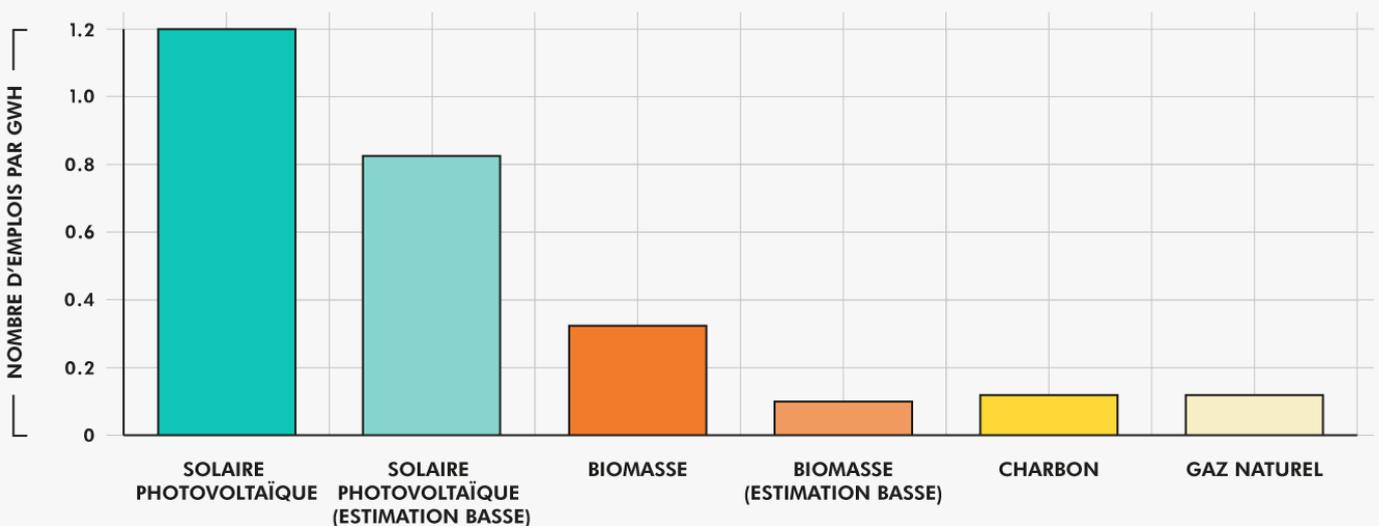
L'industrie solaire hors réseau, une potentielle source d'emploi importante en Afrique

L'industrie solaire africaine emploie un nombre croissant de représentants commerciaux, de techniciens et de gestionnaires. Le nombre d'emplois créés dans le secteur du photovoltaïque est bien plus important que

dans les secteurs des combustibles fossiles ou de la biomasse, si l'on tient compte de la production totale d'énergie⁷⁶ (figure 14).

FIGURE 14 : LE BOOM POTENTIEL DE L'EMPLOI DANS LE SECTEUR DE L'ÉNERGIE SOLAIRE

Nombre estimé d'emplois créés par GWh



Source : Practical Action (2014)

En 2013 en Afrique subsaharienne, le secteur de l'éclairage électrique hors réseau employait déjà 15 000 personnes⁷⁷. L'emploi était toutefois fortement concentré dans une poignée de pays, comme le Kenya, et davantage axé sur la vente et la distribution⁷⁸. Le nombre d'entrepreneurs s'est multiplié dans le secteur de l'énergie solaire de différents pays, notamment l'Afrique du Sud, le Ghana, le Kenya, le Mozambique et le Nigéria⁷⁹, mais la plupart des installations continuent d'être importées. Les appareils écoénergétiques sont eux aussi généralement importés, à l'exception de quelques initiatives de petite échelle telles que le partenariat établi entre la société électronique LG et l'organisme de bienfaisance World Vision Kenya dans le but de fabriquer et de donner 20 réfrigérateurs solaires pour stocker vaccins et nourriture⁸⁰. Certaines sociétés importent les installations et les appareils solaires sous forme de composantes individuelles et les assemblent dans le pays, afin de limiter les droits à l'importation.

D'autres créations d'emplois pourraient découler d'une hausse de la fabrication nationale de systèmes d'énergie solaire et d'appareils économes en énergie tels que télévisions, réfrigérateurs et ventilateurs. Les coûts salariaux et les coûts de transport plus faibles offriraient aux fabricants africains un avantage concurrentiel. Selon les recherches de l'Africa Progress Panel⁸¹, le boom solaire du Bangladesh, qui est passé de 25 000 à 3,5 millions de systèmes en 10 ans, a créé 114 000 emplois dans l'assemblage de panneaux solaires dans le pays.

Les perspectives globales d'emploi dans le secteur africain de l'énergie solaire hors réseau ne sont pas négligeables. Selon les estimations du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), les technologies alternatives génèrent environ 30 emplois pour 10 000 personnes non raccordées au réseau sur l'ensemble de la chaîne de valeur. La pénétration totale de ces technologies sur le marché en Afrique subsaharienne pourrait engendrer la création de 1,8 million d'emplois.



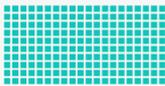
PARTIE II. MINI-RESÉAUX : DESSERVIR LE « MAILLON MANQUANT »

Il est généralement admis que l'approvisionnement en électricité doit passer par l'extension du réseau national, les autres stratégies étant jugées inadaptées ou provisoires⁸². Or, l'accès par le réseau ne constitue pas toujours la meilleure solution, et ce à plusieurs titres : le processus d'électrification est lent alors que les

technologies hors réseau sont plus abordables dans les zones rurales et isolées, et se perfectionnent rapidement.

Les installations solaires domestiques hors réseau et les mini-réseaux permettent aux ménages d'accéder à une offre complète de services énergétiques, en fonction de leurs besoins et de leur revenu (figure 15).

FIGURE 15 : LES INSTALLATIONS HORS RÉSEAU RÉPONDENT EFFICACEMENT AUX BESOINS ÉNERGÉTIQUES

	NIVEAU ◦	NIVEAU ●	NIVEAU ●●	NIVEAU ●●●	NIVEAU ●●●●	NIVEAU ●●●●●
SERVICES ÉNERGÉTIQUES		Éclairage de bureau et chargement des téléphones portables	Éclairage général, télévision et ventilateurs	Niveau 2 et appareils électriques (puissance moyenne)	Niveau 3 et appareils électriques (puissance élevée)	Niveau 4 et appareils électriques (puissance très élevée)
CAPACITÉ		12 Wh max. 	200 Wh max. 	1 kWh max. 	3,4 kWh max. 	8,2 kWh max. 
INSTALLATION SOLAIRE	ÉCLAIRAGE		PETIT SYSTÈME D'ÉNERGIE SOLAIRE À USAGE DOMESTIQUE	GRAND SYSTÈME D'ÉNERGIE SOLAIRE À USAGE DOMESTIQUE		
MINI-RÉSEAU		ÉCLAIRAGE ET CHARGEMENT	MINI-RÉSEAUX			

Bien souvent, les projets d'électrification en faveur des ménages mal desservis visent le développement à grande échelle du réseau ou la création de petites installations hors réseau, laissant un important « maillon manquant » dans l'obscurité. Bien que la plupart des États africains aient fait de l'électrification des zones rurales l'une de leurs grandes priorités, il reste encore beaucoup à faire pour répondre aux besoins énergétiques de ce « maillon manquant ».

Qu'ils soient raccordés au réseau ou autonomes, les mini-réseaux constituent une solution intermédiaire, à mi-chemin entre installations réseau et hors réseau. Chaque mini-réseau est doté d'un générateur électrique et dessert plusieurs utilisateurs, par exemple des ménages ou des entreprises. Selon les chiffres de l'Agence internationale de l'énergie (AIE)⁸³, les mini-réseaux permettraient de desservir 140 millions d'utilisateurs en Afrique, ce qui suppose la mise en place de 4 000 à 8 000 installations par an pendant 25 ans, soit bien plus que les investisse-

ments prévisionnels actuels⁸⁴. Si les projets d'installations à usage domestique hors réseau et les investissements dans les réseaux centralisés sont en plein essor, les mini-réseaux peinent à trouver leur place.

Les mini-réseaux présentent un certain nombre d'avantages par rapport à l'extension du réseau et aux installations à usage domestique hors réseau : ils se distinguent par leur caractère modulable (conception, échelle, modèle commercial ou de fonctionnement) ; ils permettent de desservir les zones rurales et isolées, marquées par une population dispersée et une faible consommation d'électricité par habitant, pour un coût bien inférieur à l'extension du réseau⁸⁵ ; ils offrent généralement une puissance moyenne (niveaux 2-3), voire supérieure (niveaux 4-5) **(figure 15⁸⁶)** ; ils sont plus faciles à financer que l'extension du réseau, l'investissement de départ étant moindre ; ils permettent aux populations isolées d'utiliser l'électricité à des fins productives lorsque les installations hors réseau à usage domestique sont insuffisantes (machines agricoles, par exemple) ; enfin, ils permettent de réaliser des économies d'échelle lorsque les habitations, les entreprises et les services publics sont proches les uns des autres dans les zones isolées.

Malgré les avantages des mini-réseaux, les installations à usage domestique hors réseau continuent de se développer plus rapidement, et le taux de pénétration des mini-réseaux progresse plus lentement sur le continent africain que dans les autres régions. En cause notamment, l'absence de modèles commerciaux fiables, mais aussi d'instruments de financement adaptés et de capacités de mise en œuvre suffisantes⁸⁷. Les cadres politiques relatifs aux mini-réseaux souffrent également d'un manque de précision et de contenu. Quant aux promoteurs et aux opérateurs, rares sont ceux qui possèdent l'expérience et le savoir-faire requis en matière de mini-réseau⁸⁸.

Toutefois, la situation est en train d'évoluer très rapidement, pour les installations solaires à usage domestique comme pour les mini-réseaux. L'intérêt croissant porté

par les décideurs à l'accès à l'électricité, doublé d'une augmentation des contributions des institutions de financement du développement et des donateurs, ouvre de nouvelles perspectives. D'autres facteurs contribuent à l'attractivité croissante des installations hors réseau dans le monde : baisse du coût des énergies renouvelables ; amélioration de l'efficacité des technologies de production et des appareils électriques ; utilisation innovante des technologies numériques dans la gestion des services de



LES MINI-RÉSEAUX PRÉSENTENT UN CERTAIN NOMBRE D'AVANTAGES PAR RAPPORT À L'EXTENSION DU RÉSEAU ET AUX INSTALLATIONS À USAGE DOMESTIQUE HORS RÉSEAU.

distribution d'électricité. L'Afrique a le potentiel d'être en première ligne de cette révolution du hors réseau.

Il n'existe aucune définition universellement approuvée du mini-réseau, hormis le fait qu'il s'agit d'un système doté d'une capacité de production d'électricité et d'un réseau de distribution. La définition adoptée par le partenariat Énergie durable pour tous (SE4All) englobe divers systèmes ou modèles, principalement afin de les distinguer des installations hors réseau à usage domestique et des extensions du réseau principal. Elle inclut les mini-réseaux non raccordés au réseau principal (c'est-à-dire hors

réseau) ainsi que les installations raccordées mais pouvant fonctionner en autonomie. Aux fins du présent rapport, les mini-réseaux non raccordés au réseau principal sont appelés « mini-réseaux isolés⁸⁹ ».

La multiplicité et la diversité des mini-réseaux ont donné lieu à plusieurs typologies, généralement basées sur la capacité du système. Ainsi, l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA) a proposé⁹⁰ la classification suivante : pico-réseau (< 1 kW) ; nano-réseau (< 5 kW) ; micro-réseau (< 100 kW) ; mini-réseau (< 100 MW). Le ministère britannique du Développement international (DfID)⁹¹ a quant à lui proposé la classification suivante, laquelle prend en compte la capacité du système et son fonctionnement (raccordé au réseau national ou isolé) :

- Système raccordé ou situé à proximité du réseau (> 1 MW)
- Système isolé (100 kW - 1 MW)
- Micro-système isolé (< 100 kW)

Sur le continent africain, la vaste majorité des mini-réseaux possède une capacité oscillant entre quelques kilowatts et 10-15 mégawatts. Certains sont isolés, d'autres raccordés au réseau principal.

Environ 5 millions de ménages dans le monde utilisent des mini-réseaux fonctionnant grâce à des sources d'énergie renouvelable⁹². Sur le plan mondial, la puissance installée des mini-réseaux comprend 75 GW d'installations hydroélectriques, 23 GW de générateurs diesel et plusieurs milliers d'installations à énergie solaire.

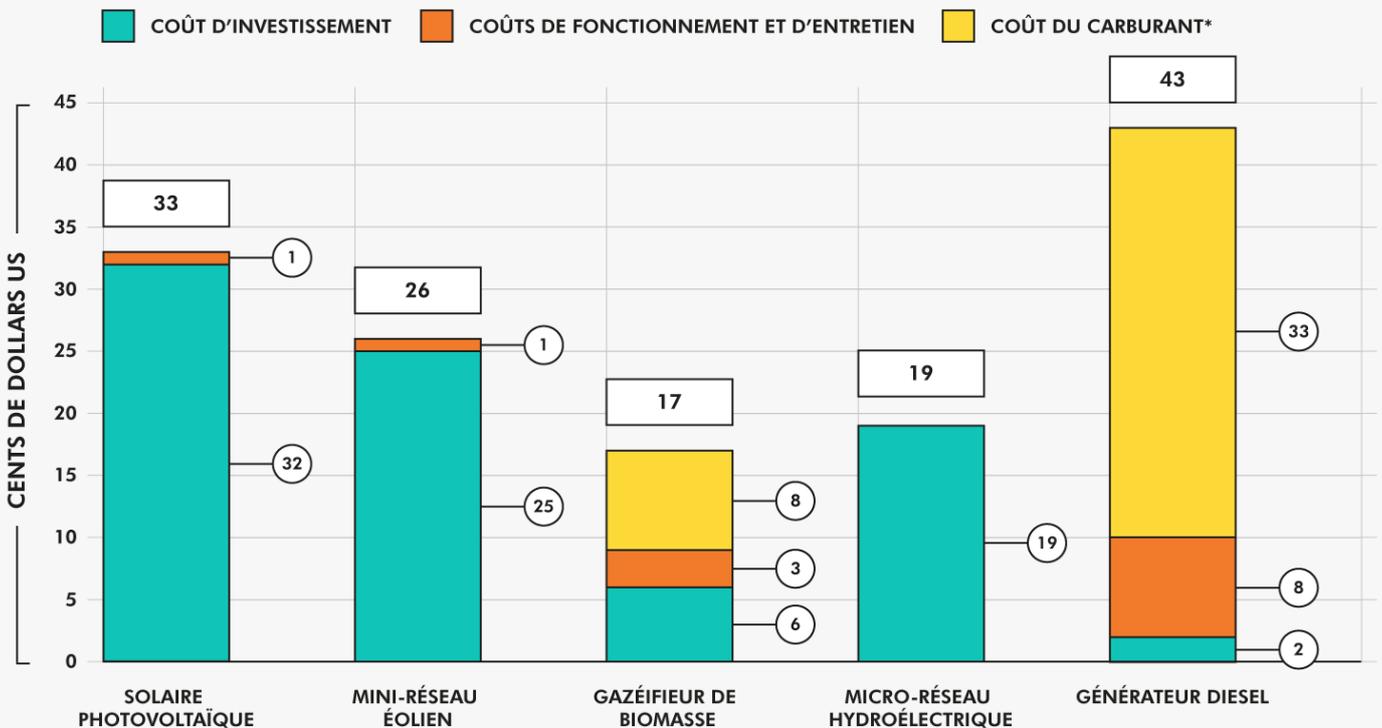
Presque tous les pays africains possèdent des mini-réseaux. Il existe cependant très peu de données détaillées à ce sujet, notamment sur la continuité des programmes. Dans certains pays, notamment le Mali, le Sénégal et la Tanzanie, les mini-réseaux font partie intégrante de l'offre de services et des efforts d'amélioration de l'accès à l'électricité. À l'heure actuelle, la puissance installée totale des mini-réseaux en Afrique s'élève à 1,2 GW, soit 0,7 % de la puissance installée du réseau africain en 2012⁹³.

Les mini-réseaux déjà en place en Afrique fonctionnent principalement au diesel ou à l'énergie hydraulique, bien que le nombre d'installations à énergie solaire photovoltaïque et hybrides soit en hausse. Selon les estimations de l'AIE, près d'un tiers des mini-réseaux nécessaires pour alimenter l'Afrique en électricité hors réseau fonctionneront au diesel ou à l'essence, le reste fonctionnant aux énergies renouvelables. Les mini-réseaux à énergie solaire photovoltaïque devraient se développer rapidement et représenter 37 % des installations à l'horizon 2040, suivis de l'hydroélectricité (20 %), de l'éolien (8 %) et des bioénergies (3 %)⁹⁴.

Les mini-réseaux existants dotés de générateurs diesel ou essence représentent un investissement moins onéreux et sont donc particulièrement attractifs, notamment lorsque le niveau de revenu est faible et le coût du financement important. Il s'agit en outre d'une technologie très répandue, ce qui facilite la réparation et l'entretien. À noter toutefois que le réapprovisionnement régulier en carburant des générateurs diesel n'est pas toujours garanti dans les zones isolées, sans compter la fluctuation des prix. Pour ce type de générateur, le carburant représente la majeure partie du coût de l'électricité (**figure 16**).



FIGURE 16 : COÛT GLOBAL DE L'ÉLECTRICITÉ GÉNÉRÉE PAR LES MINI-RÉSEAUX



Source des données : Clean Energy Ministerial, 2014.

Remarque : * Dépend du prix du diesel.

Comme l'indique la figure 16, l'électricité produite par les mini-réseaux fonctionnant aux énergies renouvelables est moins chère que celle des générateurs diesel, soit 0,19-0,33 cent de dollars US par kilowatt-heure (kWh) contre 0,43 (en fonction du prix du diesel). Le coût de l'électricité des installations fonctionnant aux énergies renouvelables (à l'exception de la biomasse) dépend du coût d'investissement initial. Le capital de départ plus élevé et la période d'amortissement plus longue peuvent compromettre le financement de ce type d'installation (voir ci-dessous).

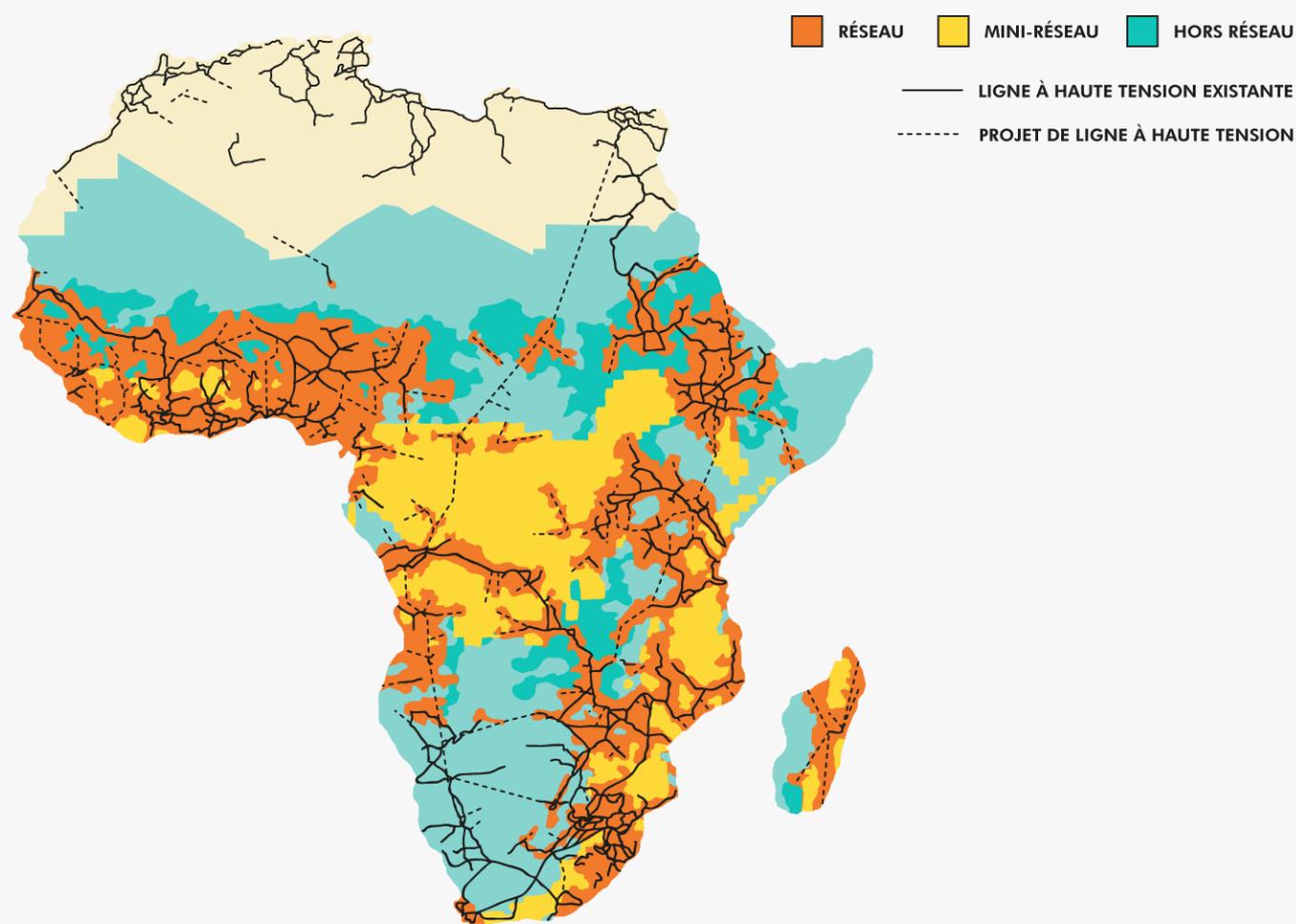
Bien que le recours aux micro-réseaux fonctionnant aux énergies renouvelables élimine la plupart du temps les risques liés aux interruptions dans l'approvisionnement en carburant ou à la hausse des prix, la capacité de production peut varier en fonction de la météorologie et des saisons. Il est alors possible de stocker l'électricité dans

des batteries, notamment pour les installations solaires et éoliennes, ou de privilégier des installations hybrides (éolien/diesel ou solaire/diesel, le plus souvent, mais aussi solaire/éolien ou solaire/biomasse). Ces modèles hybrides sont plus économiques que ceux fonctionnant uniquement au diesel^{95,96}.

L'utilité potentielle des mini-réseaux isolés pour améliorer l'accès à l'électricité a été évaluée dans le cadre de plusieurs études de modélisation, en comparant principalement les coûts⁹⁷. Le modèle le plus récent a été mis au point par le Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies⁹⁸. La **figure 17** présente, sous forme de carte, les types d'installations (réseau principal, mini-réseau ou hors réseau) qui apparaissent comme les plus économiques pour l'Afrique subsaharienne selon l'emplacement géographique, en se basant sur différentes hypothèses.

FIGURE 17 : LE POTENTIEL DES MINI-RÉSEAUX

Cartographie des installations de distribution d'électricité les plus adaptées en Afrique subsaharienne



Source des données : DAES, 2016

MODÈLES DE MINI-RÉSEAUX

On distingue habituellement quatre modèles d'exploitation des mini-réseaux : public, privé, communautaire et public-

Modèle public

Selon ce modèle, l'installation et l'exploitation des mini-réseaux sont confiées à une entreprise moyenne ou grande, publique ou privée⁹⁹. Comme pour le réseau principal, l'entreprise s'occupe de la production de l'électricité et de sa distribution auprès des consommateurs. Le coût

privé. Chaque modèle présente des avantages et des inconvénients (**tableau 4**).

unitaire de l'électricité produite par les mini-réseaux étant plus élevé, l'entreprise peut recourir à des subventions croisées en faveur des utilisateurs du mini-réseau, sous réserve que les tarifs du réseau principal et du mini-réseau soient identiques. Généralement, les fournisseurs

ne considèrent pas les mini-réseaux comme une activité essentielle ou une source de revenus importante et ne les exploitent que sur demande du gouvernement. Il est donc probable que l'investissement sera réalisé par l'État.

Le mini-réseau de Tsumkwe, en Namibie, est basé sur ce modèle. Il utilise un système hybride associant photovoltaïque et diesel d'une capacité de 202 kW, qui

Modèle privé

Selon ce modèle, la création, la mise en place et l'exploitation du mini-réseau, ainsi que la production et la vente de l'électricité aux consommateurs raccordés, sont confiées à une société privée¹⁰¹. Ce modèle est différent du premier, l'opérateur étant généralement une petite ou moyenne entreprise n'exerçant aucune activité sur le réseau principal. Le capital d'investissement peut provenir de sources diverses, notamment des subventions, des prêts commerciaux, des prêts concessionnels ou de fonds propres. La plupart des opérateurs privés reçoivent des aides de l'État. Certains mini-réseaux sont toutefois entièrement indépendants, tels que ceux exploités par la société américaine Powerhive et la société allemande Inensus¹⁰².

fournit de l'électricité aux 3 000 habitants de Tsumkwe, ainsi qu'à 35 entreprises et services publics. L'installation a été financée par l'État et les donateurs. Le gouvernement régional – le Conseil régional d'Otjozondjupa – en est propriétaire : il assure l'exploitation du réseau pour le compte du ministère des Travaux publics et gère le recouvrement des paiements ainsi que l'achat du carburant¹⁰⁰.

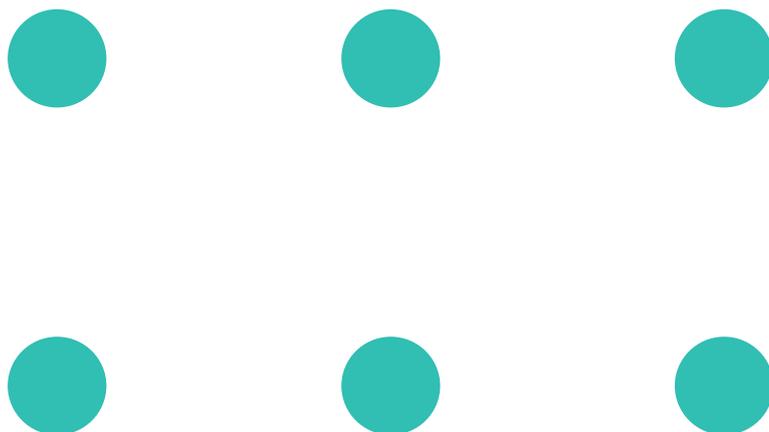
Powerhive est titulaire d'une concession pour produire et distribuer de l'électricité à Kisii et à Nyamira, au Kenya. La société exploite actuellement quatre mini-réseaux fonctionnant à l'énergie solaire photovoltaïque et desservant 1 500 consommateurs au Kenya. La gestion du réseau et le recouvrement des paiements sont assurés grâce aux technologies de l'information. Les premiers mini-réseaux ont vu le jour grâce au financement de projet. Powerhive a récemment levé 11 millions de dollars US de fonds propres et 20 millions de dollars US de capital risque en vue de desservir 90 000 nouveaux utilisateurs¹⁰³.

Modèle communautaire

Certains mini-réseaux sont détenus et exploités par la communauté desservie. Le cas échéant, la conception et l'installation sont souvent confiées à un prestataire extérieur engagé par la communauté ou par une organisation non gouvernementale (ONG) ou une agence de développement pour le compte de la communauté. En effet, les communautés rurales possèdent rarement l'expertise nécessaire pour planifier et construire elles-mêmes les mini-réseaux. Le financement de départ provient généralement de subventions, auxquelles s'ajoutent des apports en monnaie ou en nature par la communauté. La plupart du temps, l'exploitation du réseau – y compris le recouvrement des paiements – est

gérée directement par un comité villageois dédié ou par une coopérative. Il arrive cependant que cette tâche soit confiée à un entrepreneur¹⁰⁴.

Le Kenya compte quatre mini-réseaux hydroélectriques basés sur ce modèle à Thima, Kathamba, Tungu Kabiri et Kipini. Chaque communauté a élu un comité de gestion chargé de l'exploitation et de l'entretien des installations (production, transmission et recouvrement des paiements). Les mini-réseaux de Kathamba, Thima et Kipini desservent surtout des particuliers (55, 115 et 120 ménages, respectivement¹⁰⁵), tandis que celui de Tungu Kabiri est destiné à des petites entreprises.



Les communautés elles-mêmes sont généralement à l'origine de ce type de projet et le capital de départ est fourni par les membres intéressés. Ainsi, le mini-réseau de Tungu Kabiri est détenu et exploité par une entreprise spécialement créée par les 200 habitants participant au projet, qui ont investi à hauteur de 50 dollars US par personne. Les projets ont également reçu le soutien de donateurs, sous forme d'appui technique (Kathamba et Tungu Kabiri), de matériel (Kipini) et de demande de prêts (Kipini et Tungu Kabiri).

Modèle public-privé

Le modèle public-privé permet de bénéficier des avantages des autres modèles tout en minimisant les risques, la propriété et l'exploitation du mini-réseau étant réparties entre plusieurs acteurs publics et privés – une stratégie de plus en plus prisée par les réseaux nationaux. Par exemple, le mini-réseau peut être détenu par un fournisseur public d'électricité, la production étant concédée à une société privée, tandis que la distribution est confiée à une organisation communautaire, cette dernière faisant appel à un prestataire privé pour l'appui technique. De nombreuses configurations sont envisageables. Des arrangements contractuels doivent toutefois être prévus entre les différents acteurs du projet.

Au Sénégal, par exemple, l'État reste propriétaire des mini-réseaux, l'exploitation et l'entretien étant concédés pour 15 ans à une société privée. Ce modèle a contribué à faire progresser sensiblement l'électrification rurale dans

le pays, qui compte désormais 18 mini-réseaux basés sur cette approche. Ceux-ci sont rattachés au programme d'énergie solaire hors réseau Électrification rurale Sénégal (ERSEN) et associent énergie solaire photovoltaïque et générateur diesel. Ils desservent plus de 38 000 ménages, 88 écoles et 88 établissements de santé, ainsi que des entreprises et des bâtiments publics¹⁰⁶.

L'électricité produite par ces mini-réseaux communautaires est cependant insuffisante. Les communautés limitent donc les heures de service et appliquent différents tarifs en fonction du niveau de consommation, ce qui permet de résoudre en partie ce problème. Les projets mis en place au Kenya témoignent cependant de la capacité des communautés à s'organiser pour construire et exploiter des mini-réseaux et de leur détermination à investir du temps et de l'argent pour s'approvisionner en électricité.

Les coûts d'investissement ont été couverts à 80 % par le partenariat germano-néerlandais Energising Development (EnDev) et l'Union européenne. Les 20 % restants ont été financés à parts égales par des opérateurs privés et par les communautés desservies. Les tarifs couvrent l'exploitation et l'entretien ; ils sont négociés par l'opérateur privé et varient selon les projets. Chaque communauté participante est représentée par un comité de gestion de projet.

TABLEAU 4 : AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DES MODÈLES DE MINI-RÉSEAUX

	Avantages	Inconvénients
Modèle public	<ul style="list-style-type: none"> • Les services énergétiques maîtrisent la production et la distribution d'électricité, ainsi que les procédures administratives. • Les services énergétiques sont à même d'approcher les décideurs, d'accéder aux fonds publics et aux financements des donateurs, et nécessitent peu de nouvelles réglementations. • Ce modèle permet d'uniformiser facilement les tarifs dans le secteur de l'électricité. • Il permet de réaliser des économies d'échelle pour les pièces détachées et l'entretien. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les services énergétiques sont peu incités à la décentralisation. La mise en place de mini-réseaux en zone rurale n'est pas forcément leur priorité. • Les services énergétiques sont souvent inefficaces. Ils souffrent d'instabilité financière, d'ingérence politique et de corruption. • Les services énergétiques n'ont pas toujours la capacité nécessaire pour assumer la complexité des opérations de planification, de mise en œuvre et d'exploitation des différents mini-réseaux. • Les services énergétiques peuvent ne pas s'adapter pas au contexte local et ne pas être en mesure d'innover. • Ce modèle risque d'attirer uniquement des fonds publics.
Modèle privé	<ul style="list-style-type: none"> • Les entreprises possèdent de bonnes compétences techniques. Elles savent gérer les risques et peuvent assurer une exploitation et une gestion efficaces. • La quête de durabilité financière des entreprises tient plus aux dynamiques du marché qu'aux aides publiques. • Les entreprises privées maîtrisent davantage le calcul des bénéfices (et des coûts), améliorant ainsi la tarification et le recouvrement des paiements. • Le recours à une mise en œuvre et une gestion décentralisées permet de limiter les risques et les besoins administratifs. • Les entreprises peuvent attirer des investisseurs privés et exploiter efficacement un capital limité. 	<ul style="list-style-type: none"> • Le versement d'un acompte peut être nécessaire pour garantir l'attractivité financière des projets de mini-réseaux. • Le secteur privé africain ne dispose pas de l'expérience et des capacités techniques nécessaires. • Les tarifs doivent pouvoir couvrir les coûts. • Les entreprises doivent gérer les relations avec les communautés desservies. • Il est nécessaire de prévoir un cadre politique et réglementaire stable, favorable et clairement défini.
Modèle communautaire	<ul style="list-style-type: none"> • Ce modèle favorise l'adhésion de la communauté et l'appropriation par les consommateurs, ce qui peut contribuer à améliorer l'exploitation et l'entretien. • L'installation tend à être mieux adaptée au contexte local et aux priorités de la communauté. • Ce modèle favorise l'autosuffisance et l'autonomisation de la communauté. • La gestion communautaire est plus pragmatique et efficace que celle des grands services publics, éloignés et bureaucratiques. 	<ul style="list-style-type: none"> • Les communautés ne possèdent pas toujours les compétences techniques et entrepreneuriales nécessaires. • Les modalités de gouvernance locale des mini-réseaux doivent être clairement définies et gérées correctement. • La prise de décision communautaire peut ralentir la mise en œuvre et pâtir d'intérêts sociaux divergents.
Modèle public-privé	<ul style="list-style-type: none"> • Ce modèle présente les avantages des autres modèles tout en atténuant leurs risques et favorise le développement des mini-réseaux. • Les responsabilités peuvent être attribuées de façon à maximiser les avantages (la distribution peut être confiée à un fournisseur public afin de faciliter l'uniformisation des tarifs dans le secteur ; la participation du secteur privé peut permettre d'obtenir des investissements privés, etc.). 	<ul style="list-style-type: none"> • Le recours à des systèmes de gestion différents risque d'alourdir les coûts de transaction. • Il est nécessaire de mettre en place un cadre solide qui permette d'équilibrer les intérêts des divers acteurs et d'établir une interface commune.

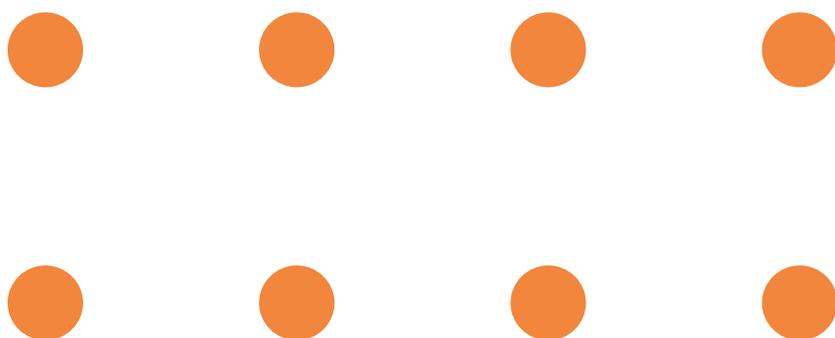
Sources des données : GVEP, 2011b ; Seguin, 2014 ; RECP, 2013.

En Afrique, les mini-réseaux sont généralement destinés à approvisionner en électricité les zones situées à l'écart du réseau principal. Les quatre modèles ci-dessus s'appliquent tous à ce type de mini-réseau isolé. Dans la pratique, les mini-réseaux peuvent être raccordés au réseau national dès sa mise en service ou ultérieurement. Quatre scénarios sont alors envisageables :

- Les petits producteurs d'électricité exploitent une installation hors réseau et vendent l'électricité à une clientèle locale directe (mini-réseaux traditionnels).
- Les petits producteurs d'électricité sont raccordés au réseau national. Ils vendent l'électricité à une clientèle locale directe et vendent le surplus au réseau (ou s'approvisionnent auprès de lui).
- Les petits producteurs d'électricité sont raccordés au réseau national. Ils vendent l'électricité en gros aux services publics de distribution ou à des négociants (c'est-à-dire les producteurs d'électricité indépendants traditionnels).
- Les petits distributeurs d'électricité achètent l'électricité au réseau et la revendent aux particuliers.

Tous ces modèles pourraient être envisagés par les pays africains, étant donné les difficultés auxquelles la plupart sont confrontés dans le secteur de l'électricité. Miser sur la pluralité des systèmes de production et de distribution leur permettrait d'établir un nouveau modèle sectoriel, comme l'a fait valoir Jim Rogers, ex-directeur général de Duke Energy, l'un des premiers fournisseurs mondiaux d'électricité : l'électricité n'est plus distribuée uniquement via un réseau de centrales et de câbles fixes, complexe et coûteux, mais par le biais de systèmes décentralisés, plus économiques et moins imposants, qui fonctionnent avec diverses énergies renouvelables¹⁰⁷.

Les pays africains et leurs partenaires peuvent s'inspirer des projets de mini-réseaux menés en Asie et en Amérique du Nord, qui en ont tiré des enseignements utiles, notamment en matière de finance, de réglementation et d'innovation **(encadré 3)**. **(Voir l'infographie « Mini-réseaux : comparaison Afrique/Asie »)**

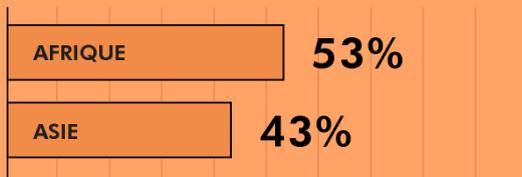




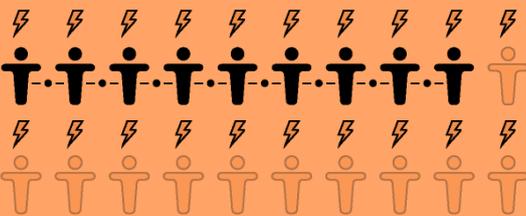
MINI-RÉSEAUX: COMPARAISON AFRIQUE / ASIE

APERÇU GÉNÉRAL

1,2 milliard de personnes (soit 17 % de la population mondiale) n'a pas accès à l'électricité. La grande majorité vit en Afrique subsaharienne (53 %) et dans la région Asie-Pacifique (43 %).



315 millions d'Africains vivant en milieu rural auront accès à l'électricité d'ici à 2040, 45 % d'entre eux par l'intermédiaire de mini-réseaux.



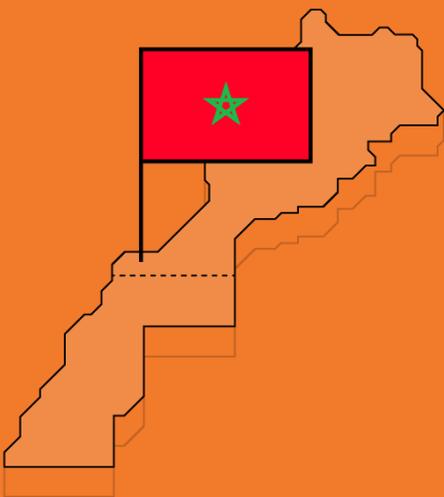
SYSTÈMES HYBRIDES

Les petites centrales hydroélectriques produisent la majeure partie de l'électricité utilisée par les mini-réseaux dans des pays tels que le Népal, suivies par le diesel.

De nombreuses petites îles, notamment en Indonésie, aux Philippines et en Chine, utilisent majoritairement des groupes électrogènes diesel pour produire de l'électricité. Le Mali est le pays d'Afrique qui recourt le plus au diesel, avec 200 mini-réseaux en fonctionnement.

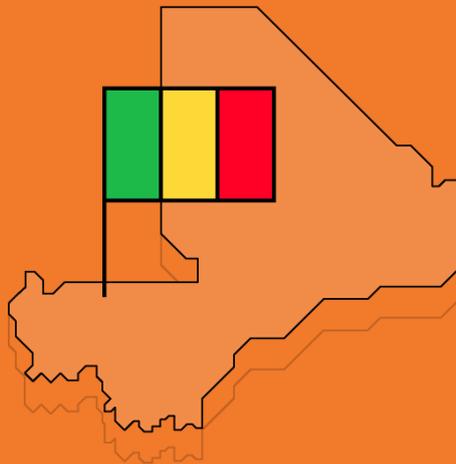
Ces mini-réseaux utilisant le diesel sont en cours de transition afin de devenir hybrides et d'intégrer les énergies renouvelables.

↓ EXPÉRIENCES CONCLUANTES EN AFRIQUE



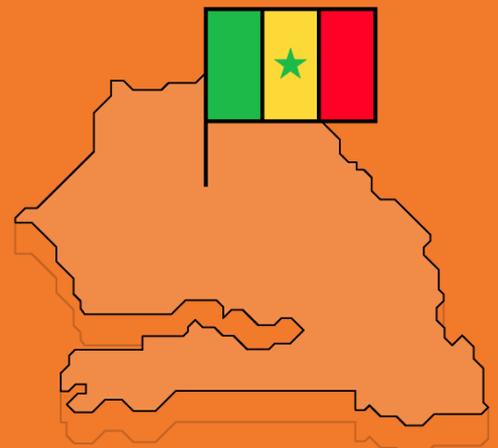
MAROC

Le Maroc est l'un des pays d'Afrique qui recourt le plus à des mini-réseaux à l'échelle des villages afin d'approvisionner la population en électricité. En 2010, 3 663 villages ont été alimentés en électricité grâce à l'énergie solaire.



MALI

L'accès à l'électricité dans les régions rurales du Mali est passé de 1 % en 2006 à 17 % en 2012. Le Mali est le pays d'Afrique qui possède le plus grand nombre de **mini-réseaux hybrides solaires photovoltaïques-diesel**.



SÉNÉGAL

Le Sénégal a installé 35 mini-réseaux hybrides (solaires photovoltaïques et diesel) et prévoit d'en installer 41 supplémentaires. Le Sénégal est l'un des plus fervents adeptes des **mini-réseaux hybrides** d'Afrique.



INDONÉSIE

En 2015, plus de 600 micro-centrales hydrauliques fournissaient de l'électricité hors-réseau aux régions rurales d'Indonésie.

INDE

Début 2016, l'État d'Uttar Pradesh a pris des mesures incitatives en faveur de l'installation de mini-réseaux. À la fin de l'année 2016, 500 mini-réseaux solaires devaient être installés.

NÉPAL

Au Népal, près de 1 300 micro-centrales hydrauliques et 1 600 pico-systèmes hydrauliques fonctionnaient en 2015.

TYPES DE TECHNOLOGIES UTILISÉES PAR LES MINI-RÉSEAUX EN AFRIQUE ET EN ASIE :



SOLAIRE



HYDRAULIQUE



BATTERIE



DIESEL



BIOGAZ

EXPÉRIENCE DE RÉUSSITE

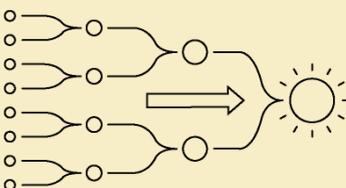
COMMENT PROMOUVOIR LES MINI-RÉSEAUX



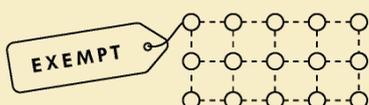
Favoriser des conditions stables et durables sur le plan politique afin de renforcer la confiance des investisseurs.



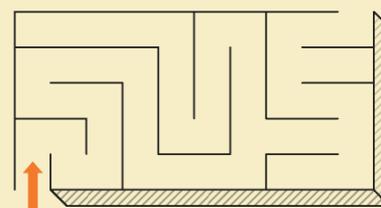
Définir des directives, des exigences et des prix clairs au moyen de politiques et de réglementations solides et transparentes.



Faire en sorte que les concepteurs de mini-réseaux puissent facilement obtenir des autorisations, des financements et tout autre élément nécessaire.



Exclure les mini-réseaux de très petite taille de certaines réglementations.



DIFFICULTÉS LIÉES AU DÉVELOPPEMENT DES MINI-RÉSEAUX

- Jusqu'à présent, de nombreux mini-réseaux reposaient sur les subventions, ce qui pourrait changer.
- Prix plus élevés
- Absence d'un cadre clair régissant les politiques et les plans relatifs aux mini-réseaux.
- Retards et bureaucratie
- Absence d'orientation commerciale
- Implication limitée du secteur privé

ENCADRÉ 3 : L'AFRIQUE PEUT S'INSPIRER DES PROJETS DE MINI-RÉSEAUX RÉALISÉS EN ASIE ET EN AMÉRIQUE DU NORD

En 2015, la puissance installée des micro-réseaux sur le plan mondial (dont 54 % hors réseau) était détenue majoritairement par l'Amérique du Nord et l'Asie¹⁰⁸, l'Afrique et le Moyen-Orient ne représentant conjointement que 1 % du marché.

Asie : les politiques et réglementations favorables sont essentielles

Comme l'Afrique, l'Asie a surtout misé sur l'extension du réseau¹⁰⁹ pour électrifier ses zones rurales. Cette démarche étant trop coûteuse sur certains sites, des installations hors réseau ont été mises en place, pour certaines il y a plus de 30 ans¹¹⁰. La plupart de ces mini-réseaux fonctionnent à l'énergie solaire photovoltaïque ou grâce à des microcentrales hydrauliques. Certains sont alimentés au diesel, notamment aux Philippines¹¹¹.

En Asie, les services de distribution d'électricité fournis aux ménages par les mini-réseaux sont souvent limités. Par ailleurs, leur mise en place et le maintien de leur activité demeurent problématiques. Pour y parvenir, il est nécessaire d'associer des financements publics et privés et de les fusionner à une échelle permettant de limiter les coûts de transaction, ainsi que ceux liés au fonctionnement et à l'entretien de chaque système. Les programmes de mini-réseaux doivent pouvoir s'adapter à différents contextes sociaux et environnementaux.

En Asie du Sud, les mini-réseaux sont généralement basés sur le modèle communautaire et financés par des subventions¹¹², toutefois, nombreux sont ceux qui peinent à trouver une durabilité financière. Les mini-réseaux qui favorisent la consommation électrique à des fins productives et autorisent l'achat d'appareils électriques obtiennent de meilleurs résultats.

Selon une évaluation réalisée auprès de sept micro-réseaux (six en Asie et un en Haïti), le développement des mini-réseaux dépend de sept facteurs clés : la grille des tarifs ; les mécanismes de recouvrement des paiements ; l'entretien et la performance du prestataire ; la gestion des vols ; la hausse de la demande ; la puissance électrique maximale ; la formation locale et l'institutionnalisation¹¹³. Les projets réalisés en Asie montrent que ce type de projet n'est viable que s'il bénéficie de politiques publiques et d'une réglementation favorables, notamment des aides sous forme de capital, et ce quel que soit le modèle.

L'une des grandes incertitudes des promoteurs concerne l'avenir du mini-réseau une fois le site raccordé au réseau national. La publication de plans d'extension du réseau national et la mise en place d'une politique définissant clairement l'avenir des mini-réseaux une fois l'extension achevée permettraient de rassurer les investisseurs.

La réglementation des tarifs constitue une autre source d'inquiétude pour les promoteurs des mini-réseaux. Les tarifs appliqués doivent refléter les coûts (capital, coûts de fonctionnement et d'entretien) lorsque ceux-ci sont couverts par les paiements des consommateurs. Si cela n'est pas possible d'un point de vue réglementaire, il est nécessaire d'allouer des subventions aux producteurs ou aux consommateurs.

Amérique du Nord : résilience, énergies renouvelables et innovation

Les premiers systèmes de production et de distribution d'électricité implantés aux États-Unis dans les années 1880 étaient des mini-réseaux, qui ont ensuite été interconnectés. On assiste depuis peu à une réapparition des mini-réseaux, appelés communément micro-réseaux, dont la plupart ont une capacité ne dépassant pas 1 MW. Ils sont généralement --raccordés au réseau principal, mais peuvent fonctionner en autonomie si nécessaire. Leur puissance installée totale devrait dépasser 1,8 GW d'ici fin 2017¹¹⁴ et 2,8 GW d'ici 2020¹¹⁵.

Les mini-réseaux favorisent la résilience de l'approvisionnement en électricité, ce qui explique en partie ce regain de popularité. En effet, les pannes survenant sur les réseaux principaux -- très étendus et alimentés par de grandes centrales -- risquent de perturber un grand nombre de particuliers¹¹⁶ et d'entreprises. Le retour à la normale prend également plus de temps. Les micro-réseaux peuvent continuer d'assurer la distribution d'électricité en cas de panne sur le réseau principal.

Les énergies renouvelables suscitent également un intérêt croissant car elles autorisent une production décentralisée à moindre coût, ce qui favorise les investissements dans les micro-réseaux. En 2014, 90 % de la puissance installée des micro-réseaux dépendait des énergies fossiles. D'ici 2020, la part des énergies renouvelables devrait atteindre 26 %¹¹⁷.

Les micro-réseaux se sont également développés grâce aux fonds publics, octroyés directement, sous forme de subventions, ou indirectement, sous forme d'abattements fiscaux¹¹⁸. Cela a favorisé l'utilisation innovante des technologies numériques dans la gestion de la production et de la distribution.

Les projets de mini-réseaux menés récemment aux États-Unis offrent deux retours d'expérience que l'Afrique peut mettre à profit : premièrement, le recours précoce aux innovations technologiques, notamment aux outils de gestion numériques (pour la production, la distribution et le recouvrement des paiements), permettrait d'améliorer l'efficacité et la viabilité financière des modèles commerciaux des mini-réseaux ; deuxièmement, les nouvelles technologies et approches font émerger de nouveaux modèles organisationnels, qui pourraient s'avérer plus performants et résilients que l'approche traditionnelle axée sur les services publics de distribution.

ACCÉLÉRER LE DÉVELOPPEMENT DES MINI-RÉSEAUX

Gestion de la demande

Pour éviter de s'exposer à des crises énergétiques, comme c'est le cas au Nigéria et au Ghana, les pays africains doivent s'efforcer d'équilibrer correctement l'offre et la demande d'électricité. Dans la plupart des pays, les besoins non satisfaits se doublent d'une hausse rapide de la demande de la part des consommateurs existants. Les opérateurs des mini-réseaux doivent

fournir suffisamment d'électricité pour satisfaire les besoins des utilisateurs, en tenant compte des variations de consommation quotidiennes. Ils ont également besoin d'une demande globale suffisamment dynamique pour assurer la viabilité financière de l'installation. S'agissant des réseaux fonctionnant aux énergies renouvelables (solaire photovoltaïque, éolien et hydroélectricité), les opérateurs

doivent réussir à maîtriser la production, celle-ci variant en fonction de la météorologie et des saisons.

Les opérateurs peuvent recourir à différentes stratégies de gestion de la demande, par exemple en encourageant l'utilisation d'appareils économes en énergie et d'ampoules à basse consommation (diodes électroluminescentes, par exemple), en plafonnant la consommation d'électricité individuelle, ou encore en variant les tarifs si la réglementation l'autorise. Certaines technologies peuvent également faciliter la gestion de la demande, telles que les batteries (qui permettent de stocker l'électricité), les limiteurs de courant, les contrôleurs de charge et les compteurs. Des technologies numériques innovantes, identiques à celles utilisées par les micro-réseaux aux États-Unis, sont actuellement mises à l'essai en Afrique et contribuent à la généralisation des « micro-réseaux intelligents ». Les compteurs intelligents permettent de mesurer la consommation, de faciliter les paiements et de gérer automatiquement la charge globale du mini-réseau.

Le mini-réseau exploité par Powerhive à Kisii, au Kenya, est doté d'un système automatique intégrant des compteurs individuels utilisant la technologie sans fil, qui transmettent directement à l'entreprise les relevés de consommation, ainsi que le solde des comptes prépayés¹¹⁹.

Tarifs et recouvrement des paiements

Les opérateurs doivent générer des recettes suffisantes afin de couvrir les coûts de fonctionnement et d'entretien et d'assurer la viabilité financière des mini-réseaux. Les mini-réseaux exploités par les services publics de distribution ou par la communauté peuvent se constituer un capital de départ grâce à des subventions et limiter ainsi les dépenses aux coûts de fonctionnement et d'entretien. De leur côté, les installations privées et commerciales doivent également recouvrir les coûts de financement et garantir des dividendes aux actionnaires.

Les mini-réseaux destinés à remplacer l'extension du réseau sont généralement implantés dans des zones rurales et isolées, marquées par une densité de population et un revenu par habitant faibles, ce qui compromet le

Les systèmes SharedSolar mis en place dans les villages du Millénaire au Mali et en Ouganda incluent également des compteurs à prépaiement (pouvant desservir jusqu'à dix ménages) et centralisent le suivi et le contrôle. La consommation quotidienne est plafonnée, de même que la puissance électrique. Les clients peuvent créditer leurs cartes prépayées par SMS¹²⁰.

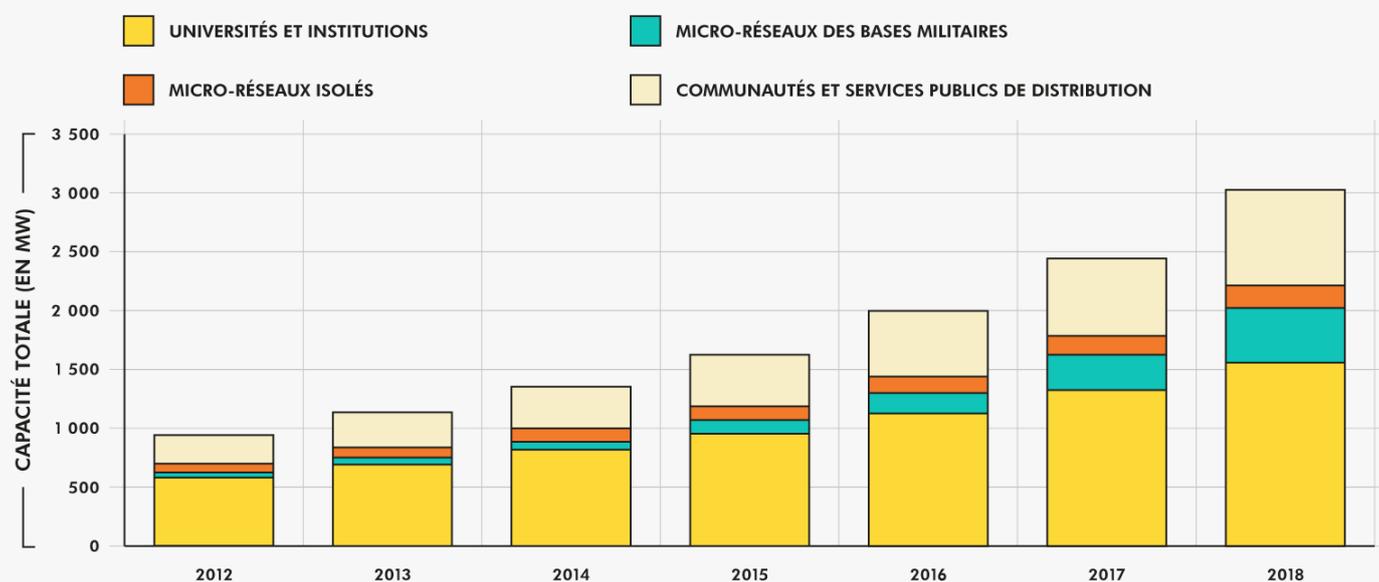
Dans le cas des mini-réseaux desservant principalement des ménages, on observe un pic de consommation électrique en soirée, une fois les habitants rentrés du travail. La puissance installée du mini-réseau est donc sous-exploitée une grande partie de la journée et le coût unitaire de l'électricité augmente. La viabilité du mini-réseau peut dépendre également du facteur d'utilisation, c'est-à-dire le rapport entre l'énergie réelle consommée et l'énergie produite. De nombreux systèmes incluent des « charges constantes », c'est-à-dire des infrastructures plus importantes qui consomment systématiquement une grande partie de la production (écoles, centres de santé, entreprises commerciales, centres de production ou antennes-relais de téléphonie mobile, par exemple). Les équipes de planification et de conception doivent également tenir compte de la hausse de la demande prévue tout au long la durée de vie de l'installation (facteur d'utilisation).

recouvrement des paiements et rebute les investisseurs. L'inclusion dans le mini-réseau d'une infrastructure plus importante (charge constante) peut renforcer l'attractivité des sites, toutefois, cette solution nécessite souvent une participation de l'État au capital de départ.

En outre, bien que l'extension du réseau à un site particulier soit globalement plus coûteuse que l'installation d'un mini-réseau, le coût unitaire (p. ex., en dollars par kilowatt-heure) de l'électricité distribuée par le réseau est généralement inférieur (**figure 18**). Les opérateurs des mini-réseaux sont donc contraints d'appliquer des tarifs plus élevés, afin que ces derniers couvrent les coûts. Les barèmes de prix peuvent toutefois être déterminés par la réglementation (voir ci-dessous).

FIGURE 18 : L'ÉLECTRICITÉ HORS RÉSEAU COÛTE PLUS CHER QUE CELLE PRODUITE SUR LE RÉSEAU

Coût actualisé de l'électricité produite sur le réseau et hors réseau en Afrique subsaharienne, 2012



Source des données : AIE, 2014.

L'électricité peut être facturée sur la base d'autres critères que le kWh (unité d'électricité). Certains opérateurs facturent l'électricité selon la consommation (en watts) ; ils établissent un tarif mensuel et plafonnent la puissance électrique. D'autres facturent les prestations de services en se basant sur des unités de service, telles que les heures d'éclairage ou le coût évité de kérosène. Il est également

possible d'appliquer des forfaits ou de fixer les prix en fonction de l'heure (plus élevés aux heures de pointe, par exemple) ou du profil de l'utilisateur (résidentiel, commercial, industriel). Les compteurs nouvelle génération, les technologies numériques de pointe et les nouveaux outils de télécommunications peuvent faciliter l'établissement des tarifs et la gestion des paiements.

Financement des mini-réseaux

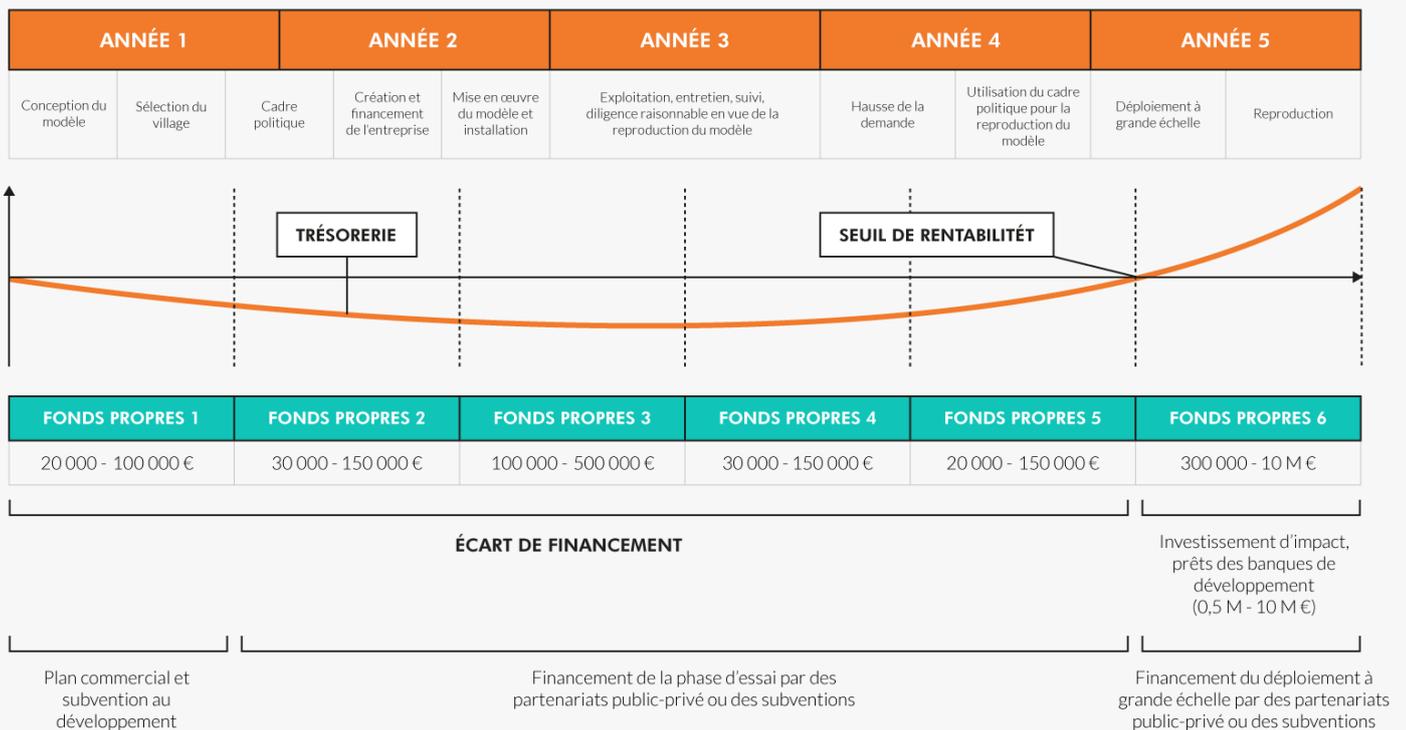
Comme décrit précédemment, le financement de l'exploitation des mini-réseaux dépend largement des tarifs, qui doivent refléter les coûts, et de l'efficacité du recouvrement. Cette section porte sur les investissements initiaux réalisés par des acteurs publics et privés dans le cadre des projets de mini-réseaux, un aspect particulièrement épineux en cas de recours aux énergies renouvelables (figure 19).

Le coût d'investissement des mini-réseaux varie selon la capacité de l'installation, le type d'énergie utilisé pour son fonctionnement, la taille du réseau de distribution et

l'emplacement du site. De ce fait, les prévisions relatives à l'investissement global nécessaire pour financer les mini-réseaux en Afrique et celles relatives au coût par pays ne sont pas homogènes. Selon les estimations de l'AIE¹²¹, la réussite des objectifs mondiaux en matière d'accès à l'électricité nécessitera plus de 300 milliards de dollars US d'investissement dans les mini-réseaux. Toujours selon l'agence, l'investissement total pour financer le hors réseau en Afrique¹²² s'élèvera à 61,5 milliards de dollars US à l'horizon 2040. Des fonds supplémentaires seront toutefois nécessaires pour parvenir à l'accès universel à l'électricité.

FIGURE 19 : LES MINI-RÉSEAUX FONCTIONNANT AUX ÉNERGIES RENOUVELABLES RESTENT UN DÉFI POUR LES INVESTISSEURS

Modèle de trésorerie d'un mini-réseau fonctionnant aux énergies renouvelables, sur les cinq premières années



Source des données : RECP, 2013.

D'où provient cet investissement initial ? Dans la pratique, l'investissement initial nécessite de mobiliser des fonds publics (État et donateurs) et privés (fonds propres et dette), afin de neutraliser les risques, de couvrir les coûts de transaction¹²³ et d'obtenir des moyens suffisants pour desservir les zones rurales. Selon Energy 4 Impact (anciennement GVEP International), qui a mené ce type de projet en Afrique de l'Est, les banques commerciales locales doivent investir à hauteur de 60-70 % de l'investissement global, le reste étant assuré par des subventions, des fonds propres et des contributions communautaires en nature.

La majorité des fonds publics proviennent de donateurs étrangers et sont octroyés par l'intermédiaire des agences

publiques et des organisations non gouvernementales. En revanche, les services publics de distribution et les agences d'électrification rurale, qui ne perçoivent pas les mini-réseaux comme une activité essentielle, rechignent à investir. En outre, les donateurs investissent de plus en plus dans les mini-réseaux, notamment ceux fonctionnant aux énergies renouvelables. C'est le cas, par exemple, de la Solar Energy Finance Association, du ministère britannique du Développement international et du Programme de coopération Afrique-UE dans le domaine des énergies renouvelables (RECP).

Les investisseurs privés considèrent les mini-réseaux comme des projets à haut risque. Dans les zones rurales et isolées, les infrastructures et l'environnement commercial

risquent d'être sous-développés, et les marchés limités en raison du faible niveau de revenu. Rares sont les promoteurs et les entreprises qui possèdent l'expérience nécessaire en matière d'investissement et d'exploitation des mini-réseaux. Les mini-réseaux fonctionnant au diesel sont exposés à la fluctuation des prix du carburant et au risque de pénurie. Ceux fonctionnant aux énergies renouvelables incluent une longue période d'amortissement en raison de l'investissement initial élevé. Pour cette raison, les fluctuations de la demande ou le raccordement du site au réseau peuvent poser des risques liés au marché ou à l'approvisionnement. Les risques politiques associés aux changements politiques et réglementaires peuvent être atténués par la mise en place d'un cadre politique stable et solide et par le recours à une conception et une gestion de qualité.

Les mini-réseaux sont exposés à des coûts de transaction élevés¹²⁴ en raison de défaillances réglementaires (voir section suivante) et de leur incapacité à exploiter les économies d'échelle des réseaux nationaux : les dépenses liées à la création, à la conception, à l'obtention des licences, à la diligence raisonnable, voire les coûts de financement (nécessaires quelle que soit la taille de l'installation), peuvent s'avérer trop lourds au vu du coût d'investissement global.

Il est possible de limiter les coûts de transaction en annexant le financement des projets de mini-réseaux à celui de programmes plus importants, une approche adoptée par plusieurs promoteurs, parmi lesquels Inensus, Africa Power, Synchronicity et African Solar Designs. Plusieurs mécanismes d'investissement dans des portefeuilles de projets de mini-réseaux sont actuellement à l'étude dans plusieurs institutions de financement du développement, telles que la Banque africaine de développement, la Banque islamique de développement et le DfID. L'octroi de subventions ou de prêts concessionnels en début de projet, complété par une participation au capital (notamment par les communautés bénéficiaires), permettrait de résoudre le problème des coûts de transaction et de rendre les mini-réseaux plus attractifs aux yeux des investisseurs privés¹²⁵.





PARTIE III. RÉPARER ET DÉVELOPPER LE RÉSEAU

AMÉLIORER LE FONCTIONNEMENT DES SYSTÈMES NATIONAUX

Le moyen le plus économique de fournir de l'électricité en quantité suffisante pour répondre aux besoins quotidiens de la plupart des Africains passe par le raccordement au réseau national, c'est-à-dire au système centralisé de production, de transport et de distribution d'énergie. C'est la solution la moins onéreuse pour les régions où l'on souhaite disposer d'une importante quantité d'énergie ou d'une alimentation en continu (pour faire fonctionner des climatiseurs ou autres appareils, par exemple), pour les zones comptant un grand nombre d'habitations ou d'utilisateurs industriels, et pour les lieux situés à proximité d'un réseau existant. Face à l'urbanisation croissante et au développement des petites agglomérations, le moyen le plus efficace d'approvisionner les Africains en électricité consiste souvent à s'assurer du bon fonctionnement du réseau national et à s'attaquer à ses nombreuses défaillances. Cette section sera divisée en

trois parties, correspondant aux trois types d'opérations traditionnellement identifiés dans les réseaux nationaux :

- la production (les centrales qui créent l'électricité) ;
- le transport (les lignes électriques qui acheminent l'électricité dans l'ensemble du pays) ;
- la distribution (l'approvisionnement des utilisateurs et le recouvrement des recettes).

Chacune de ces composantes peut être améliorée grâce aux réformes, à la libéralisation, aux partenariats public-privé, à la restructuration, à une meilleure gestion et aux investissements.

Nous analyserons également le potentiel des énergies renouvelables et le rôle essentiel de la coopération régionale dans les échanges d'électricité transfrontaliers.

LES RÉSEAUX NATIONAUX NE RÉPONDENT PAS AUX BESOINS DES AFRICAINS

En dépit du potentiel de l'Afrique et de l'abondance des ressources énergétiques sur le continent, ses réseaux figurent parmi les moins performants au monde, après des décennies de mauvaise gestion et de manque d'entretien.

La situation de l'Afrique subsaharienne à cet égard est particulièrement dramatique, avec le taux d'électrification le plus faible au monde (à peine 32 %) ¹²⁶. Seuls l'Afrique du Sud, le Cameroun, la Côte d'Ivoire, le Gabon, le Ghana,

la Namibie, le Sénégal et certains États insulaires comme Cabo Verde ou les Seychelles ont des taux d'accès à l'électricité supérieurs à 50 %¹²⁷.

Le manque de fiabilité de l'approvisionnement énergétique est cité comme étant le principal obstacle pour les entreprises en Afrique¹²⁸. Trente pays d'Afrique subsaharienne subissent régulièrement des coupures et des pannes de courant, qui en moyenne coûtent à leurs économies 2 % de leur PIB, et jusqu'à 5 %¹²⁹ dans certains cas.

Pour couronner le tout, la demande globale d'électricité, qui devrait augmenter de 4 % par an sur le continent,

restera probablement supérieure à l'approvisionnement énergétique, ce qui réduira encore les taux d'accès à l'électricité d'ici 2050¹³⁰. Le déficit énergétique devrait donc atteindre près de 400 GW de capacité de production d'ici 2030¹³¹.

L'Afrique est confrontée à un terrible « trilemme » énergétique : pour assurer sa transformation socioéconomique, elle doit fournir une électricité fiable, propre et abordable¹³². Comment peut-elle restaurer son réseau électrique défaillant de façon à améliorer et à accroître l'approvisionnement en électricité tout en faisant place aux énergies renouvelables ? Pour utiliser les ressources existantes et les nouveaux investissements de façon optimale, il est nécessaire d'adopter des approches de planification à la fois traditionnelles et nouvelles.



LE MANQUE DE FIABILITÉ DE L'APPROVISIONNEMENT ÉNERGÉTIQUE EST CITÉ COMME ÉTANT LE PRINCIPAL OBSTACLE POUR LES ENTREPRISES EN AFRIQUE.

Une approche cohérente : la chaîne de valeur de l'énergie

Il ne suffit pas d'accroître la capacité d'approvisionnement en électricité pour améliorer l'accès à l'énergie. Les pays doivent également construire d'importantes infrastructures de transport et de distribution, revoir les tarifs de l'électricité, renforcer l'efficacité énergétique et adopter des technologies intelligentes. Pour déterminer les besoins en matière de stratégie, de planification et d'investissements, mieux vaut adopter une approche cohérente et globale. Le concept de « chaîne de valeur de l'énergie » proposé par l'entreprise de services professionnels KPMG en est un exemple¹³³.

Le concept de KPMG permet de visualiser l'ensemble des étapes de l'approvisionnement en énergie, de l'exploitation des ressources naturelles à la distribution aux consommateurs. L'objectif est de mettre en évidence

les besoins à chaque étape et de comprendre les liens et les interactions entre les différents éléments de la chaîne de valeur, de façon à fournir aux parties prenantes du secteur des orientations concernant l'élaboration de politiques et de stratégies.

Une approche globale de la planification énergétique permet d'éviter de sérieux inconvénients. Ainsi, l'Angola, qui n'a pas planifié correctement le raccordement de ses trois réseaux électriques indépendants, est incapable de réinjecter l'excédent d'électricité produit au nord du pays vers les régions du centre et du sud. En Ouganda, des centrales hydroélectriques récemment terminées restent inexploitées, faute de réseau de transport et de distribution¹³⁴.

Selon KPMG, de nombreux pays d'Afrique ont accordé une grande importance à la production énergétique, au détriment de tous les autres éléments de la chaîne de valeur. Cela a découragé les investissements dans le transport et la distribution, et ces secteurs restent donc en grande partie sous-développés, ce qui, en définitive, sape les efforts déployés pour augmenter les capacités d'approvisionnement.

Un réseau de transport et de distribution efficace est essentiel afin d'optimiser les capacités de production d'électricité. Alors que les pays d'Afrique abandonnent les monopoles d'État au profit des partenariats et passent d'une seule source d'énergie à des bouquets énergétiques, ou encore d'une incompatibilité entre les solutions en réseau et hors réseau à des systèmes

intégrés d'approvisionnement énergétique, ils devraient également envisager d'adopter une vision globale et à long terme de leur chaîne de valeur énergétique. Ils devraient éliminer les contraintes tout au long de la chaîne de valeur et s'attaquer à tous les obstacles, notamment à l'absence d'infrastructures de transport et de distribution appropriées, de façon à pouvoir atteindre leur objectif en matière d'accès à l'énergie.

L'expérience des autres régions met en évidence l'importance d'une approche cohérente. Ainsi, l'électrification du Viet Nam n'aurait pas réussi sans le déploiement d'infrastructures de transport et de distribution de qualité¹³⁵. Le pays est même allé plus loin en rattachant l'accès à l'énergie à un programme de développement socioéconomique plus large¹³⁶.

S'ASSURER QUE LES RÉFORMES DU SECTEUR DE L'ÉNERGIE PROFITENT À TOUS

Restructuration des services énergétiques africains

Les services énergétiques de toute l'Afrique ont entrepris ces dernières années une série de réformes visant à libérer pleinement le potentiel du secteur de l'énergie en améliorant son efficacité et sa rentabilité. La gouvernance et les réformes structurelles des organisations permettent de remédier au manque d'efficacité, de mobiliser des investissements et de les utiliser pour développer le secteur, et enfin de laisser place à de nouvelles formes d'énergie.

Malgré le besoin indéniable de restructuration, les réformes doivent être adaptées à l'évolution rapide de l'espace énergétique africain et à la nécessité de soutenir les initiatives d'électrification sur le continent.

Dans la plupart des pays, les réformes visent essentiellement à limiter l'intervention gouvernementale, dont on considère souvent qu'elle fausse le marché de l'énergie, et à ouvrir le secteur de l'énergie aux opérateurs privés. Cela a entraîné la fragmentation progressive des services publics, jusque-là intégrés verticalement, et qui ont été restructurés (c'est-à-dire scindés en entités

séparées) et privatisés. L'Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI) a identifié¹³⁷ cinq catégories de réformes du secteur de l'énergie en Afrique : les contrats de gestion, la corporatisation, l'amendement des lois sur l'électricité, le dégroupage des services et les producteurs d'électricité indépendants.

Les contrats de gestion permettent de confier à une société privée la gestion opérationnelle des services énergétiques, qui conserve en revanche la propriété des actifs. Ce système a été adopté dans plusieurs pays, en particulier en Afrique de l'Ouest. La corporatisation (ou commercialisation) consiste à transformer un service énergétique public en société à responsabilité limitée dans laquelle le gouvernement est le principal décideur. Cela entraîne généralement une augmentation des tarifs de l'électricité, essentiellement dans le but de récupérer les coûts engagés.

Les amendements apportés aux lois sur l'électricité visent notamment à restructurer les systèmes de gouvernance des services énergétiques et à créer un organisme

réglementaire indépendant afin de superviser le secteur de l'énergie et, dans un deuxième temps, de faire participer le secteur privé. Presque tous les pays d'Afrique ont modifié leurs lois sur l'électricité de façon à améliorer le cadre réglementaire du secteur de l'énergie, et 27 pays d'Afrique subsaharienne ont mis en place des organismes réglementaires indépendants¹³⁸.

Le dégroupage des services, ou restructuration, est une étape majeure vers la libéralisation totale du secteur de l'énergie. Le dégroupage horizontal vise à décentraliser la production, le transport et la distribution d'énergie à l'échelle provinciale, tandis que le dégroupage vertical consiste à scinder les services énergétiques nationaux en entités autonomes de production, de transport et de distribution. Le dégroupage intervient à un stade plus tardif du processus de réforme, puisqu'il nécessite de réunir plusieurs conditions, notamment la création de nouvelles institutions et le suivi de procédures de cessation d'actifs. Le dégroupage vertical, plus fréquent, a été particulièrement pratiqué au Ghana, au Nigéria, en Ouganda et au Soudan¹³⁹. Seuls quelques pays, à

savoir le Ghana, le Nigéria et la Tanzanie, ont envisagé un dégroupage horizontal. La participation du secteur privé s'intensifie avec l'arrivée des producteurs d'énergie indépendants et des systèmes de production d'électricité mis en place par des investisseurs privés (voir ci-dessous).

En Afrique, les processus de restructuration et de privatisation ont amélioré l'efficacité opérationnelle et financière des services énergétiques¹⁴⁰. Mais l'abandon des monopoles d'État au profit de systèmes de marché libéralisés n'a pas toujours eu pour priorité d'assurer un accès universel à l'énergie et de faire progresser le programme de développement au sens large.

Le dégroupage des services a essentiellement concerné la production d'électricité, laissant le transport et la distribution aux mains des pouvoirs publics. Le secteur de la production a donc bénéficié d'investissements considérables, tandis que le transport et la distribution sont restés en grande partie sous-développés. Ce déséquilibre tend à entraver tous les efforts de développement et d'extension.

La privatisation est souhaitable, mais pas indispensable

Malgré les pressions en faveur de la libéralisation, aucun pays d'Afrique n'a totalement privatisé son secteur de l'énergie. La posture sélective des gouvernements africains trahit l'inadéquation des modèles de réformes normatifs. Les pays ont préféré opter pour la prudence en choisissant les solutions les plus adaptées à leurs besoins et à leur situation.

En Afrique du Sud, en Égypte et à Maurice, par exemple, les entreprises publiques ont globalement enregistré des performances remarquables, même si certaines sont désormais confrontées à des difficultés de gestion et de maintenance. Le modèle de la gouvernance hybride, dans lequel le gouvernement est le principal décideur et collabore avec une multitude d'acteurs de l'énergie, est de plus en plus prépondérant.

On ne saurait mesurer la performance du secteur de l'énergie à l'aune de sa seule viabilité financière sans tenir compte des besoins des pays d'Afrique en matière d'électrification et de développement. Certains pays, en raison d'une mauvaise expérience des réformes, sont contraints de revoir leur position sur la privatisation : c'est le cas du Mali et du Sénégal, dont les secteurs de l'énergie sont redevenus publics.

Compte tenu des limites du modèle de privatisation, de nouveaux mécanismes ont vu le jour. Les pays d'Afrique et la communauté internationale du développement adoptent progressivement le modèle des partenariats public-privé¹⁴¹. Cette solution est plus judicieuse pour les pays d'Afrique, notamment par rapport aux contraintes de capacité et à la nécessité de trouver un compromis entre l'efficacité et l'amélioration de l'accès pour les populations pauvres.

PRODUCTION

La forte pression récemment exercée par les États africains en faveur d'une augmentation de la capacité de production a accéléré le déploiement d'infrastructures énergétiques à la fois traditionnelles et renouvelables. Très faible il y a quelques années, la puissance installée du réseau africain a augmenté progressivement pour atteindre 194 GW en 2015¹⁴². Le gaz représente la part la plus importante (38 %), suivi par le charbon (24 %), le fioul (18 %), les énergies renouvelables (17 %, toutes sources confondues) et le nucléaire (1 %). Le continent devra toutefois accroître sa capacité de production de 250 GW d'ici 2030, et pour cela doubler ses taux de croissance, actuellement établis à 7 GW par an.

Cette augmentation de la puissance installée repose en grande partie sur les producteurs d'énergie indépendants, notamment en Afrique du Sud et en Côte d'Ivoire (encadré 4). Avant d'installer des centrales de production d'énergie, les investisseurs examinent en détail le cadre juridique et les prix promis pour l'électricité produite, celle-ci étant généralement vendue aux réseaux de transport et de distribution dans le cadre d'accords d'exploitation conclus pour de nombreuses années. Souvent, les réseaux de transport sont encore gérés par des entreprises publiques, et plusieurs producteurs d'énergie indépendants ont vu leur développement entravé par des problèmes de retards de paiement de la part de ces structures.

Le nombre de producteurs d'électricité indépendants a rapidement augmenté ces dernières années. Aujourd'hui, l'Afrique du Sud arrive en tête (avec 6 376

MW achetés à des producteurs d'énergie renouvelable indépendants dans le cadre du programme REI4P¹⁴³, sans compter l'énergie produite par les autres producteurs indépendants), suivie par le Nigéria (1 521 MW), le Kenya (1 066 MW), la Côte d'Ivoire (866 MW), le Ghana (656 MW), et dans une moindre mesure, la Tanzanie et l'Ouganda¹⁴⁴. Ce modèle a généralement favorisé les grands projets énergétiques nécessitant d'importants investissements financiers et infrastructurels. Il convient d'adopter de nouvelles modalités afin d'encourager les projets plus modestes et la participation du secteur privé local dans la production d'énergie.

Les chiffres concernant la puissance installée ne rendent pas pleinement compte de la situation. Le Nigéria, nation la plus peuplée d'Afrique avec plus de 170 millions d'habitants et une croissance économique de 7 % par an, affiche une puissance installée de 12,5 GW, alors que la puissance réellement disponible et opérationnelle n'est que de 4,5 GW¹⁴⁵ (en revanche, la puissance installée de l'Afrique du Sud est de 50 GW pour une population trois fois moins importante que celle du Nigéria). Le plus souvent, les systèmes d'approvisionnement énergétique du continent fonctionnent bien en deçà de leur puissance installée en raison d'une multitude de contraintes physiques et de gouvernance : vieillissement des infrastructures, technologies obsolètes, manque d'entretien, perturbations de l'approvisionnement énergétique, pertes lors du transport et de la distribution, et couverture insuffisante du réseau¹⁴⁶.



ENCADRÉ 4 : EN AFRIQUE DU SUD ET EN CÔTE D'IVOIRE, LES RÉFORMES RENCONTRENT DES SUCCÈS ET DES DIFFICULTÉS

La **Côte d'Ivoire** a été l'un des premiers pays d'Afrique à privatiser son secteur de l'énergie, dès 1990¹⁴⁷. Depuis, elle est passée par plusieurs phases de réformes (contrats de gestion, corporatisation et recours à des producteurs d'électricité indépendants) qui ont entraîné une rapide augmentation de la participation du secteur privé. Cette tendance devrait se poursuivre, puisque le pays prévoit de confier à des producteurs d'énergie indépendants 85 % des 1 500 MW de puissance installée issue des projets de centrales électriques censés être mis en place d'ici 2020. La Côte d'Ivoire est parvenue à accroître sa capacité de production d'énergie, à améliorer l'accès à l'électricité dans le pays et à répondre à une demande intérieure croissante, tout en devenant un pays exportateur net d'électricité dans la sous-région.

La privatisation a porté ses fruits en Côte d'Ivoire grâce à l'attractivité de l'environnement réglementaire et commercial proposé aux producteurs d'électricité indépendants. Certaines dispositions des réformes pourraient toutefois limiter les perspectives de développement, en particulier la clause « Take or Pay », qui garantit l'achat prioritaire de l'électricité produite par les producteurs d'électricité indépendants, ainsi que l'implication du gouvernement dans le déploiement des infrastructures de transport et de distribution et son rôle d'acheteur principal. Les hausses tarifaires risquent de provoquer un mécontentement des consommateurs, en particulier en période de difficultés économiques.

L'**Afrique du Sud** incarne bien la réussite du recours aux producteurs d'électricité indépendants grâce à un dispositif institutionnel autorisant la libéralisation partielle du marché de l'énergie¹⁴⁸, qui a permis aux producteurs d'électricité indépendants de lever près de 43 milliards de dollars US d'investissements privés ces quatre dernières années. Les réformes ont également contribué à renforcer les capacités des services énergétiques en matière de planification, d'achat, de sous-traitance et de réglementation du marché de l'énergie. La réussite la plus remarquable est sans doute le programme Renewable Energy Independent Power Producer Procurement Programme (REI4P), une initiative phare de l'Afrique du Sud. Ce système d'enchères a été salué comme étant un modèle pour les autres pays : il est parvenu à fournir un cadre politique et réglementaire clair et transparent, en encourageant la concurrence entre les acteurs de l'énergie, en mobilisant des investissements considérables et en assurant l'exécution rapide des projets énergétiques sans coûts supplémentaires pour les consommateurs¹⁴⁹.

Cependant, les réformes menées en Afrique du Sud ne répondent pas encore aux attentes. Le secteur de l'énergie est confronté à un nombre croissant de difficultés : hausse des coûts et des tarifs, crise financière latente des services énergétiques menaçant de faire capoter le programme REI4P, manque d'investissement dans la maintenance et la prestation de services au niveau municipal, et contrôle des entreprises publiques sur l'achat d'électricité auprès des producteurs d'énergie indépendants et sur le transport de l'énergie¹⁵⁰. À mesure de l'évolution du modèle sud-africain, certains préconisent d'élargir le champ d'action des producteurs d'électricité indépendants en modifiant la loi sur la réglementation de l'électricité, à intensifier le processus de réforme afin de scinder davantage les services énergétiques en entités distinctes, et à dissocier ces derniers des intérêts politiques.

ENCADRÉ 5 : L'AVENIR DU CHARBON EN AFRIQUE

L'Afrique dispose d'abondantes réserves de charbon et d'autres ressources combustibles fossiles¹⁵¹. Le charbon, principale ressource énergétique dans plusieurs pays, est à l'origine de 24 % de la puissance installée du réseau, juste derrière le gaz (38 %), et devant les énergies renouvelables (17 %) et le nucléaire (1 %). Bien que les pays d'Afrique soient loin d'être les plus gros consommateurs de charbon au niveau mondial, une poignée d'entre eux (possédant généralement d'importants gisements de charbon) dépend dans une mesure non négligeable de l'énergie fossile pour produire de l'électricité, et cette réalité doit impérativement être prise en compte pour atteindre l'objectif de développement durable no 7 d'ici 2030.

Plus de 90 % du charbon du continent est utilisé en Afrique australe, principalement en Afrique du Sud qui, traditionnellement, y a recouru massivement pour sa production d'électricité, et où le charbon représente encore 80 % de l'approvisionnement en énergie. L'Afrique du Sud est le quatrième producteur de charbon au niveau mondial, et cette ressource représente près de 30 % de ses exportations. Les mines de charbon, troisième employeur du pays, génèrent plus de revenus que l'or pour l'économie¹⁵².

Les pays qui disposent de réserves de charbon avérées (comme le Nigéria ou les pays d'Afrique australe) considèrent cette ressource comme une solution peu coûteuse pour développer l'accès à l'énergie. Pour des pays tels que le Ghana, le Kenya et le Maroc, qui tirent parti des importations de charbon à bas prix pour propulser leur économie, le recul continu des prix internationaux du charbon est perçu comme une aubaine. Actuellement, plusieurs pays d'Afrique développent ou construisent des centrales à charbon : le Botswana, le Mozambique, la Namibie, la Zambie et le Zimbabwe en Afrique australe, le Ghana, le Nigéria et le Sénégal en Afrique de l'Ouest, le Kenya et la Tanzanie en Afrique de l'Est, et l'Égypte et le Maroc en Afrique du Nord.

Cela a suscité des inquiétudes, puisqu'un développement de l'utilisation du charbon risque d'aller à l'encontre des engagements pris par les différents pays dans le cadre de l'Accord de Paris. La pression s'intensifie pour laisser le charbon africain « sous terre » et limiter les projets de production d'énergie à base de charbon. Toutefois, face à l'ampleur du défi énergétique, les pays d'Afrique choisissent de trouver un compromis entre leurs engagements en matière d'émissions et leurs priorités de développement. Ce compromis passe souvent par une hausse du recours au charbon et une diminution de l'utilisation de fioul.

L'Afrique du Sud a présenté les mesures qu'elle compte prendre dans un document de contribution prévue déterminée au niveau national (INDC, de l'anglais Intended Nationally Determined Contribution). Le pays prévoit un pic des émissions de CO₂ d'ici 2025 et une diminution attendue dix ans plus tard. Le charbon continuera à jouer un rôle prépondérant dans la production énergétique, puisque des projets d'exploitation de charbon sont censés être mis en œuvre à moyen terme. Le pays prévoit par ailleurs d'utiliser des technologies propres dans ce domaine de façon à contribuer à l'atténuation des émissions¹⁵³.

Ailleurs en Afrique australe, les initiatives visant à accroître la capacité de l'énergie thermique en augmentant la part du charbon dans le bouquet énergétique (en Zambie et au Zimbabwe, par exemple) sont une réponse à la grave crise énergétique qui a frappé le secteur de l'hydroélectricité. À Hwange, au Zimbabwe, la mise en œuvre d'un projet d'agrandissement de la centrale à charbon (600 MW supplémentaires, pour un montant d'un milliard

de dollars US) devait commencer fin 2016, sous réserve de financements. Le Botswana, qui dépend du charbon, a déclaré son intention de réduire ses émissions de 15 %, en poursuivant son plan destiné à accroître la capacité de ses centrales à charbon et à réduire la production d'énergie à partir de fioul d'ici 2025.

Dans le même ordre d'idées, en Afrique de l'Ouest, la Nigerian Bulk Electricity Trading Agency (NBET) a récemment signé un accord d'achat d'énergie sur 20 ans avec Zuma Power, pour une puissance installée de 300 MW. Le Nigéria est le quatrième pays émetteur de CO₂ en Afrique, et certains craignent que la proposition d'utiliser le charbon pour répondre à 30 % des besoins énergétiques ne compromette l'engagement pris par le pays dans sa contribution prévue déterminée au niveau national, qui prévoit une réduction des émissions de 20 % d'ici 2030. Le Sénégal s'est engagé à réduire ses émissions de 5 % d'ici 2030, en se tournant notamment vers le charbon pour accroître sa capacité de production et répondre à une demande intérieure croissante. La centrale à charbon de Sendou, d'une puissance installée de 125 MW, devrait être mise en service en 2018.

L'Égypte, qui dans sa contribution prévue déterminée au niveau national s'était engagée à augmenter la part des énergies renouvelables dans son bouquet énergétique et à mettre progressivement un terme aux subventions à l'énergie, envisage pourtant d'accroître le recours au charbon pour faire face au déclin des réserves de gaz naturel, notamment pour alimenter en énergie son industrie du ciment. Le Maroc, qui a recours au charbon importé pour produire 40 % de son électricité, s'est fixé l'ambitieux objectif de produire 50 % de son énergie à partir de sources renouvelables et de réduire ses émissions de 13 % d'ici 2030. Le pays vient toutefois de terminer l'extension de la nouvelle centrale à charbon de Jorf Lasfar, qui devrait être opérationnelle en 2018, et ainsi de doubler sa puissance installée (1 393 MW contre 693 MW auparavant).

Malgré les récentes restrictions imposées sur le financement international des projets de centrales à charbon, motivées par la forte intensité en carbone de ce type d'énergie, on observe un afflux d'investissements chinois dans les projets d'exploitation de charbon au Botswana, au Mozambique et au Zimbabwe. Le charbon a obtenu le soutien et le financement d'institutions multilatérales telles que la Nouvelle banque de développement établie par les BRICS (Brésil, Russie, Inde, Chine et Afrique du Sud) et la Banque africaine de développement, qui le considère comme une priorité.

Pour de nombreux pays, la transition vers les énergies propres ne sera pas aussi rapide que prévu, dans la mesure où les niveaux de croissance de la production d'énergie à partir de sources renouvelables ne sont pas encore suffisants pour supplanter les combustibles fossiles et où la remise à niveau de la puissance installée est extrêmement coûteuse. En réalité, le charbon ne sera éliminé que très progressivement du bouquet énergétique global.

Une promotion agressive des énergies renouvelables contribuerait à réduire plus rapidement l'intensité en carbone de la production d'électricité en Afrique. Selon une estimation, une augmentation de 24 % de la puissance installée des énergies renouvelables sur le réseau d'ici 2040 permettrait de réduire les émissions de CO₂ de 21 % (de 625 Mt à 495 Mt par an) mais augmenterait le coût d'investissement de la production d'environ 108 milliards de dollars US. Compte tenu des contraintes d'investissement auxquelles sont confrontés les États africains, il est impératif que les acteurs de la coopération internationale élargissent les choix qui s'offrent aux responsables de la planification énergétique par le biais d'incitations plutôt que de sanctions.



LIBÉRER LE POTENTIEL DE L'AFRIQUE EN MATIÈRE D'ÉNERGIES RENOUVELABLES

Intégrer les énergies renouvelables dans le réseau électrique

Les pays africains envisagent volontiers de passer des combustibles fossiles à des énergies renouvelables et à faible émission de carbone. Beaucoup disposent de ressources très importantes (énergie hydraulique, solaire, géothermique et éolienne, notamment) et parviennent à accroître la puissance du réseau national en y injectant des énergies renouvelables, certes en petite quantité, à l'aide de différents mécanismes réglementaires et politiques. Ils peuvent par exemple, dans le cadre des accords d'exploitation, définir des tarifs¹⁵⁴ favorisant l'énergie produite par diverses sources renouvelables.

Intégrer les énergies renouvelables pour en faire un élément majeur du réseau national pose plusieurs difficultés, notamment la variabilité, qui exige une plus grande flexibilité des sources d'énergie, des technologies et des systèmes, et les limites des infrastructures de réseau existantes¹⁵⁵. Compte tenu de la mauvaise qualité des infrastructures de transport et de distribution, certains promoteurs recommandent une intégration modeste des énergies renouvelables (de l'ordre de 5 à 10 MW de puissance installée) afin de faciliter le déploiement sur le réseau¹⁵⁶.

En 2015, les investissements mondiaux dans les énergies renouvelables ont atteint le montant record de 329 milliards de dollars US, signe que le monde est arrivé à un tournant décisif en matière d'énergie¹⁵⁷. L'Afrique est en première ligne de ce mouvement en faveur des énergies propres. En décembre 2015, les pays d'Afrique ont lancé l'Initiative africaine pour les énergies renouvelables (IAER), un effort sans précédent pour garantir à tous les

Africains l'accès à une énergie produite à partir de sources renouvelables d'ici 2030 (**encadré 5**).

L'Afrique du Sud figure déjà parmi les dix premières destinations mondiales pour les investissements dans les énergies propres : elle a ainsi attiré 4,5 milliards de



LES PAYS AFRICAINS ENVISAGENT VOLONTIERS DE PASSER DES COMBUSTIBLES FOSSILES À DES ÉNERGIES RENOUVELABLES ET À FAIBLE ÉMISSION DE CARBONE.

dollars US en 2015 (contre 1 milliard de dollars US l'année précédente), ce qui lui a permis de devenir le premier producteur d'énergies renouvelables du continent. Vient ensuite le Maroc, avec 2 milliards de dollars US ; le Kenya, l'Ouganda et l'Éthiopie ont également attiré des investissements importants¹⁵⁸. Les énergies renouvelables représentent 17 % de la production énergétique totale en Afrique, et proviennent à 95 % de ressources hydrauliques¹⁵⁹. Avec une contribution marginale d'à peine 1 %, le potentiel des autres énergies propres reste encore à exploiter.

ENCADRÉ 6 : L'INITIATIVE POUR LES ÉNERGIES RENOUVELABLES EN AFRIQUE CRÉE LES SYSTÈMES ÉNERGÉTIQUES DE L'AVENIR

L'Initiative pour les énergies renouvelables en Afrique (IAER) a été lancée en décembre 2015 à l'occasion de la 21e Conférence des Parties à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (COP21). Elle définit pour le continent une orientation respectueuse du climat et répondant aux besoins de l'ensemble de la population.

Son principal objectif est d'assurer, d'ici 2030, un accès à l'énergie pour un milliard de personnes de plus que si aucune mesure n'est prise. Elle compte sur les énergies renouvelables pour répondre à l'essentiel des besoins en matière de capacité de production supplémentaire, et envisage d'installer au moins 300 GW de puissance additionnelle à partir des diverses sources d'énergie renouvelable. Elle montre également comment l'Afrique, en doublant sa capacité de production énergétique à l'aide des sources d'énergie renouvelable, pourrait passer rapidement à des systèmes énergétiques renouvelables intelligents, décentralisés et axés sur les utilisateurs.

L'initiative explique comment les pays d'Afrique peuvent éviter de s'enfermer dans des systèmes énergétiques à base de combustibles fossiles et mettre les énergies renouvelables à la disposition de leurs populations. Elle envisage une participation très diversifiée qui garantira l'approvisionnement en énergie des secteurs productifs (petites exploitations agricoles, PME et grandes entreprises) et du secteur public. De plus en plus de ménages, de communautés, de coopératives, d'entreprises et d'institutions publiques deviendront à la fois producteurs et consommateurs d'électricité, ce qui permettra aux économies locales de prospérer et de créer des emplois.

Pour mettre en œuvre cette initiative, les institutions et les dirigeants africains créent actuellement des structures de gouvernance responsables et transparentes, ainsi qu'une Unité indépendante de mise en œuvre chargée d'entreprendre des travaux concrets et d'assurer la coordination avec d'autres acteurs et initiatives. Les partenaires internationaux ont manifesté un vif intérêt pour cette démarche et se sont engagés à verser 10 milliards de dollars US pour la première phase de l'initiative (2017-2020).

Sa réussite dépendra de sa capacité à tenir compte de plusieurs questions décisives :

Assurer l'appropriation africaine de l'initiative : l'Initiative pour les énergies renouvelables en Afrique ne pourra porter ses fruits et atteindre ses objectifs que si les États africains se l'approprient réellement et si leurs populations sont activement impliquées dans la définition de leur avenir énergétique grâce à des solutions adaptées localement. Elle offre une occasion unique de s'écarter du modèle habituel, axé sur les donateurs. Les partenaires internationaux devront être de véritables alliés et permettre à l'initiative de coopérer pleinement avec l'ensemble des États africains et leurs multiples parties prenantes, mais également de répondre à leurs demandes et à leurs plans. Les financements africains sont indispensables pour accroître le soutien financier apporté par les partenaires.

Garantir de véritables mesures supplémentaires : l'initiative présente plusieurs grands domaines de travail et met en évidence les mesures concrètes nécessaires à la réalisation de ses objectifs ambitieux. Celles-ci doivent réellement s'ajouter aux mesures qui auraient été prises de toute façon, ce qui signifie que toutes les interventions et activités doivent être soigneusement évaluées et contrôlées afin de faire en sorte que l'initiative apporte une valeur ajoutée.

Trouver des solutions socialement rationnelles et respectueuses de l'environnement : des garanties sociales et environnementales doivent être mises en place dès le départ. En matière d'énergies renouvelables, il convient de choisir des solutions efficaces, adaptées et axées sur les consommateurs, accompagnées de mesures visant à empêcher les intérêts particuliers néfastes et à court terme de l'emporter.

Garantir l'indépendance de l'unité de mise en œuvre : compte tenu de l'approche non conventionnelle et porteuse de transformation de l'Initiative pour les énergies renouvelables en Afrique, il convient de fournir à son Unité indépendante de mise en œuvre l'espace et la liberté nécessaires afin qu'elle puisse accomplir sa mission sans être gênée par des problèmes de bureaucratie, d'intérêts institutionnels et d'inertie. Cette initiative à l'échelle du continent, qui transcende les nombreux programmes et initiatives déjà existants, doit être en mesure de jouer un rôle d'organisme non partisan, qui coordonne le travail en cours et peut soumettre aux pays de nouvelles idées audacieuses.

Mettre en place des structures de gouvernance africaines : les structures de gouvernance de l'initiative seront constituées à partir des décisions prises lors du sommet des chefs d'État et de gouvernement de l'Union africaine. Le Conseil d'administration représentera l'ensemble du continent et devra jouir d'une totale indépendance. Il devra donc être doté de sa propre personnalité juridique et avoir le pouvoir d'organiser et d'institutionnaliser le travail de son Unité indépendante de mise en œuvre et d'autres structures le plus efficacement possible. L'Initiative pour les énergies renouvelables en Afrique offre une voie prometteuse vers un avenir prospère et sobre en carbone. Comme toutes les initiatives nouvelles, cependant, elle est fragile et vulnérable face à un éventail de difficultés et d'intérêts contradictoires.

L'hydroélectricité domine le marché de l'énergie

L'hydroélectricité et l'énergie solaire, qui ont augmenté leur capacité de production et reçu une bonne partie des investissements destinés aux énergies propres ces dernières années, continueront de dominer le marché énergétique africain. L'Afrique exploite pourtant moins de 10% de son important potentiel hydroélectrique. Avec une puissance installée de 28 GW, et 17 GW supplémentaires en projet, des initiatives hydroélectriques de grande envergure (barrage du Grand Inga en République démocratique du Congo et barrage de la Grande Renaissance en Éthiopie, notamment) sont actuellement mises en œuvre afin d'améliorer considérablement l'accès

à une énergie abordable¹⁶⁰. L'hydroélectricité et les autres énergies renouvelables pourraient cependant voir leur croissance ralentie par des financements insuffisants pour assurer le déploiement d'infrastructures et de réseaux de grande ampleur.

Le changement climatique et les besoins concurrentiels en eau menacent de restreindre les performances et les perspectives de croissance de l'hydroélectricité. Il est donc essentiel de diversifier le portefeuille d'énergies renouvelables pour améliorer la sécurité énergétique.

Le solaire est devenu l'énergie de prédilection dans de nombreux pays

Quasiment inexistante il y a quelques années, l'énergie solaire enregistre depuis cinq ans une croissance spectaculaire dans toute l'Afrique et attire la majeure partie des investissements destinés aux énergies renouvelables¹⁶¹. La part de l'énergie solaire dans la production d'électricité a fortement augmenté, avec une puissance installée passée de 127 MW en 2009 à 1,3 GW fin 2014. Parmi les différentes énergies propres, de nombreux pays ont privilégié le solaire en raison du potentiel unique du continent, de la flexibilité des technologies et du large éventail de solutions permettant de produire de l'énergie solaire.

Le marché de l'énergie solaire photovoltaïque, notamment, s'est développé rapidement grâce à la diminution de 75 % du coût des modules photovoltaïques, qui a permis de réduire le coût de l'électricité ainsi produite et de rendre ce segment particulièrement compétitif. La production d'énergie solaire à grande échelle pour alimenter le réseau public est en plein essor sur l'ensemble du continent, avec la mise en œuvre de projets tels qu'une centrale solaire de 8,5 MW récemment terminée au Rwanda, la centrale solaire de Nzema en cours de construction au Ghana et une centrale solaire de 100 MW prévue dans le nord du Nigéria¹⁶².

Parallèlement à l'énergie solaire photovoltaïque, l'énergie solaire à concentration se développe également, à la fois sur des marchés énergétiques bien établis comme en Afrique du Sud, en Algérie, en Égypte et au Maroc, mais aussi au Botswana, en Namibie et au Soudan où des installations sont également prévues. Les six centrales solaires à concentration déjà présentes en Afrique affichent une puissance installée cumulée de 180 MW, auxquels se sont ajoutés 160 MW supplémentaires avec le lancement, début 2016, de la première phase de la centrale solaire à concentration de Ouarzazate, au Maroc, destinée à devenir la plus grande au monde¹⁶³.

Alongside solar PV, concentrated solar power (CSP) is also spreading, from mature energy markets in South Africa, Algeria, Morocco and Egypt to planned installations in Botswana, Namibia and Sudan. The six concentrated solar power plants already existing in Africa have combined installed capacity of 180MW. The launch in early 2016 of the first phase of Morocco's Ouarzazate concentrated solar power plant – destined to become the world's largest – added another 160MW¹⁶³ to the capacity.



Au-delà des énergies hydroélectrique et solaire

Étant donné la croissance exponentielle de la demande en énergie, il est tout à fait possible d'exploiter et de développer d'autres formes d'énergies renouvelables, notamment l'énergie éolienne et géothermique, le gaz naturel et les sources d'énergie moins conventionnelles telles que la biomasse et le méthane.

L'**énergie éolienne** a un potentiel considérable en Afrique. Le secteur gagne peu à peu en importance, avec le lancement de nouveaux projets de moyenne ou grande envergure dans ce domaine, notamment à Cabo Verde (dont la part d'énergie éolienne atteint 20 %) ¹⁶⁴, en Afrique du Sud, en Égypte, au Kenya et au Maroc ¹⁶⁵. Plusieurs initiatives récentes, telles que la centrale de 300 MW du lac Turkana au Kenya et la ferme éolienne de 225 MW d'Ayitepa au Ghana, qui ont mobilisé 525 millions de dollars US d'investissements, viendront accroître la capacité de production d'énergie éolienne du continent ¹⁶⁶.

L'énergie **géothermique** constitue une forme de production énergétique prometteuse dans la vallée du Rift ¹⁶⁷. Elle compte actuellement pour 210 MW de puissance installée dans la production d'énergie renouvelable ¹⁶⁸. La centrale d'Olkaria, au Kenya, montre qu'il est possible de produire de l'énergie géothermique en quantité suffisante pour alimenter un réseau public. L'énergie géothermique est en passe de contribuer davantage à la production d'électricité en Afrique. Le Kenya prévoit de porter la part de cette énergie à 26 % d'ici 2030 ¹⁶⁹. L'Éthiopie poursuit son projet de 1 GW sur le volcan Corbetti, et la Tanzanie a récemment annoncé un plan d'investissement de 350 millions de dollars US ¹⁷⁰.

Le **gaz naturel** n'est pas renouvelable mais génère moins d'émissions de carbone et de pollution que les autres combustibles fossiles. L'Afrique en découvre actuellement des ressources importantes, à terre comme en mer. La production d'électricité au gaz a atteint une capacité de 40 % et dispose de perspectives prometteuses ¹⁷¹. À ce jour, seuls quelques pays ont engagé des programmes de construction de centrales à gaz, mais le secteur devrait se développer si les initiatives sont correctement planifiées

et si l'on dispose d'investissements pour financer les infrastructures nécessaires.

Au Ghana, un projet de centrale à gaz devrait augmenter de 2,5 GW la capacité de production énergétique ¹⁷². L'Égypte commencera à exploiter le gisement de gaz de Zohr à partir de 2017 afin d'accroître la production et la consommation de gaz du pays. Le Maroc met en place des infrastructures destinées à l'importation et au traitement du gaz afin de répondre à une demande croissante en faveur de l'utilisation du gaz dans la production d'électricité. En Afrique australe, les gisements de gaz du Mozambique, de la Tanzanie et, dans une moindre mesure, de l'Afrique du Sud devraient être exploités dans un avenir proche ¹⁷³.

La **biomasse** apparaît aujourd'hui comme une solution prometteuse en matière d'énergie renouvelable. Son utilisation s'est jusqu'à maintenant limitée aux économies africaines les plus avancées. L'Afrique australe abrite plus de 50 % de la puissance installée du continent ¹⁷⁴. À Maurice, la réussite de la cogénération à partir de bagasse (résidu issu de la production de canne à sucre) a porté à 40 % la part de cette source d'énergie dans la production d'électricité ¹⁷⁵.

D'autres pays suivent l'exemple de Maurice. En Ouganda, l'initiative africaine Manulis Energy cherche à exploiter le potentiel de production de biomasse des déchets agricoles, estimé à plus de 1,6 GW ¹⁷⁶. Elle envisage de mettre en œuvre un projet de valorisation de la biomasse en énergie pouvant alimenter le réseau et de déployer des systèmes de micro-réseaux hybrides (solaire-biomasse) d'une capacité de production de 8 MW dans les zones rurales. Un autre projet de valorisation de la biomasse en énergie pour le réseau (12 MW) est également en cours dans le comté de Baringo, au Kenya ¹⁷⁷. Ce programme innovant utilise des techniques de gazéification de la biomasse pour exploiter le prosopis, une plante envahissante, et produire de l'électricité afin d'alimenter le réseau national.

Le **méthane**, qui a récemment fait son apparition sur le marché de l'énergie, permet également d'accroître

l'approvisionnement du réseau électrique¹⁷⁸. Au Rwanda, un projet inédit vise à extraire du méthane du lac Kivu afin de produire de l'électricité abordable. La première phase de ce projet de 100 MW, lancée en décembre 2015, a déjà permis de produire 25 MW¹⁷⁹. Si les risques

sont correctement gérés, cette initiative pourrait changer la donne en augmentant de façon spectaculaire l'approvisionnement énergétique du Rwanda et en le portant à 1 GW d'ici 2020.

Comment les pays d'Afrique peuvent-ils favoriser l'expansion des énergies renouvelables ?

Pour favoriser l'expansion des énergies renouvelables en Afrique, les États doivent impérativement mettre en place des mesures permettant de créer des conditions propices. Les pays d'Afrique déploient déjà une large gamme d'instruments politiques et de partenariats public-privé pour encourager le développement de la production d'électricité issue de sources renouvelables. En Afrique du Sud, le Renewable Energy Independent Power Producer Procurement Programme (REI4P) connaît un véritable succès. Les autres pays qui souhaitent adopter un modèle similaire devront l'adapter à leur situation et à leurs propres besoins.

Accroître l'approvisionnement en énergie : les mesures politiques visant à doper le secteur des énergies propres et la production d'énergie renouvelable affichent des objectifs clairs. Le Rwanda, par exemple, compte obtenir 22 % de son énergie à partir de sources renouvelables d'ici 2018. Les tarifs de rachat indemnifient les producteurs d'énergie renouvelable pour les coûts supplémentaires que suppose la production d'énergie propre, ce qui contribue à mobiliser des financements en faveur des énergies renouvelables. Le programme GET FiT, en Ouganda, a suscité l'intérêt et obtenu le soutien de nombreux donateurs. Les ventes aux enchères d'énergie encouragent les producteurs à réduire leurs coûts opérationnels afin de pouvoir proposer leur électricité à des prix plus bas. Dans les 13 pays ayant mis en place un système d'enchères, notamment en Afrique du Sud et au Maroc, cette démarche a permis un important développement de la production d'électricité à grande échelle¹⁸⁰. D'autres pays ont eu recours aux exonérations fiscales et aux réductions d'impôts, ciblant essentiellement les technologies solaires.

Accroître la demande en énergie : la demande en énergie n'est généralement pas un problème en Afrique, étant donné l'écart considérable entre la quantité d'électricité disponible et le grand nombre d'Africains n'ayant pas accès aux énergies modernes. Mais les efforts visant à développer les énergies renouvelables doivent tenir compte du coût initial élevé des énergies propres et du fait que de nombreux consommateurs n'ont pas les moyens de les payer. La solution d'une tarification subventionnée, largement utilisée ailleurs dans le monde, est souvent inapplicable dans les pays aux capacités financières limitées. D'autres outils politiques sont nécessaires pour contribuer à stimuler et à encourager la demande en énergies renouvelables.

Certaines mesures politiques s'avèrent plus efficaces que d'autres. Au Ghana, un programme de tarifs de rachat a entraîné d'importants investissements dans les initiatives éoliennes et solaires, avec notamment plus de 500 millions de dollars US pour la ferme éolienne d'Ayitepa. Fort de ce succès, le pays envisage de passer à un système d'enchères, considéré comme un moyen plus attrayant d'accroître les investissements dans les énergies renouvelables¹⁸¹.

Divers pays du continent ont obtenu de bons résultats en créant des programmes adaptés aux ressources, à l'environnement et aux besoins locaux (cadres législatifs, politiques, d'investissement et autres), mais également aux capacités de paiement des consommateurs finaux. Le projet éolien du lac Turkana, par exemple, a reçu le soutien de deux gouvernements successifs au Kenya¹⁸². À Maurice, la réussite exemplaire de la cogénération à partir de bagasse témoigne avec force de la nécessité d'un engagement politique constant et d'une étroite collaboration avec l'ensemble des parties prenantes¹⁸³.



REI4P : le modèle de réussite sud-africain en matière d'énergies renouvelables

En Afrique du Sud, le Renewable Energy Independent Power Producer Procurement Programme a non seulement porté la capacité de production d'électricité issue d'énergies propres (essentiellement éolienne et solaire photovoltaïque) à 1,4 GW¹⁸⁴, mais il a également généré d'importantes retombées socioéconomiques au fil des appels d'offres successifs depuis son lancement en 2011¹⁸⁵. Son succès repose sur l'ouverture à la concurrence qui, en réduisant le coût des énergies renouvelables, en a fait une alternative attrayante aux énergies conventionnelles et a renforcé l'intérêt commercial d'un investissement dans les énergies renouvelables plutôt que dans le charbon¹⁸⁶. Un engagement politique durable a également grandement contribué au bilan satisfaisant du programme en matière de projets d'énergie propre.

La réussite de cette initiative réside dans l'établissement de relations avec le reste de l'économie, en amont comme en aval, qui renforcent le programme d'industrialisation des pays d'Afrique et répondent à leur quête d'une juste répartition des bénéfices tirés des projets d'énergie propre.

Les exigences du programme en matière de contenu local visent à renforcer les capacités et les compétences locales en matière de fabrication, de façon à ce qu'une part importante des investissements dans les énergies renouvelables (au moins 45 %) bénéficient à l'économie locale¹⁸⁷. Selon leur ambitieux objectif, 75 % du matériel utilisé dans la production d'énergie propre (panneaux solaires photovoltaïques, tours éoliennes et turbines, notamment) doit être fabriqué et acheté localement, contre 35 % en 2011. Dans le cadre des trois premiers appels d'offres, l'Afrique du Sud a réussi à attirer plus de 30 % du montant total investi dans les énergies propres¹⁸⁸.

Des entreprises de fabrication d'installations solaires photovoltaïques se sont ainsi implantées dans le Cap occidental, par exemple. Lors du quatrième appel d'offres, 26 000 emplois ont été créés dans le secteur de la



UN ENGAGEMENT POLITIQUE DURABLE A ÉGALEMENT GRANDEMENT CONTRIBUÉ AU BILAN SATISFAISANT DU PROGRAMME EN MATIÈRE DE PROJETS D'ÉNERGIE PROPRE.

fabrication d'installations solaires, soit deux fois plus que lors du premier appel d'offres. La coentreprise innovante I-WEC envisage par ailleurs de fabriquer des éoliennes et des pales localement. Actuellement, plusieurs entreprises internationales créent également des sites de production de matériel pour les énergies propres en Afrique du Sud¹⁸⁹.

Ailleurs sur le continent, l'Égypte cherche à accroître la fabrication locale de composants destinés à la production d'énergie éolienne et solaire à concentration, tandis que l'Algérie envisage de fabriquer du matériel solaire photovoltaïque¹⁹⁰.

Plusieurs pays, à différents stades de développement et d'adoption des énergies propres, cherchent à reproduire l'expérience du Renewable Energy Independent Power Producer Procurement Programme sud-africain¹⁹¹, mais ils devront l'adapter avec prudence à leur propre situation. En Afrique du Sud, les exigences en matière de

contenu local sont un élément essentiel pour intensifier et soutenir le développement des énergies renouvelables. Les capacités techniques permettant de concevoir et de mettre en œuvre des outils politiques similaires doivent être renforcées de façon à accélérer les processus d'achat d'énergie propre¹⁹².

Dépasser les limites du modèle REI4P

Malgré le remarquable succès du Renewable Energy Independent Power Producer Procurement Programme, certains problèmes persistants doivent être résolus pour faire évoluer le modèle :

- des exigences irréalistes en matière de contenu local augmentent les risques de non-conformité et contraignent le programme à envisager une stratégie de cessation des activités. Les décideurs doivent donc s'assurer que leurs exigences sont compatibles avec les capacités disponibles ;
- Eskom, service public d'électricité sud-africain, est confronté à des contraintes budgétaires qui menacent de limiter les dotations financières au-delà du troisième appel d'offres ;
- la création d'emplois et les retombées sociales ne sont pas à la hauteur des attentes ;
- un manque de consultation avec les structures administratives locales peut entraîner des retards et des différends (au sujet des terres, par exemple, comme dans le cas du projet de développement éolien du lac Turkana au Kenya) ;
- l'importance accordée aux exigences en matière de contenu local peut faire oublier la nécessité de développer l'ensemble des éléments de la chaîne de valeur des énergies renouvelables.

Le programme sud-africain a exercé une influence déterminante sur le développement des producteurs d'énergie indépendants, en Afrique du Sud et ailleurs. De nouveaux modèles voient le jour, notamment l'achat d'électricité par les municipalités. En Afrique du Sud, Tombolo Energy cherche à établir avec les municipalités

et les gros consommateurs des accords concernant le recours aux producteurs d'électricité indépendants, en suivant l'exemple de l'accord conclu entre Amatola Green Power et la métropole de Nelson Mandela Bay¹⁹³. Des réglementations sont toutefois nécessaires pour permettre aux municipalités d'acheter l'électricité directement auprès de producteurs indépendants sans devoir passer par des entreprises publiques comme Eskom. Il convient par ailleurs de renforcer la position financière des municipalités afin qu'elles puissent se porter garantes, comme le fait le Trésor national sud-africain¹⁹⁴ dans le cas du Renewable Energy Independent Power Producer Procurement Programme.

Les grands facteurs de réussite du programme sud-africain fournissent des enseignements précieux en matière d'élaboration de politiques et de planification¹⁹⁵. Différents aspects ont contribué à renforcer la confiance des marchés et à encourager la concurrence tout en suscitant un fort intérêt pour les énergies renouvelables et en attirant d'importants investissements dans ce secteur : une forte volonté politique et un engagement durable, des cadres politiques et réglementaires clairs, des procédures et processus d'enchères transparents, une bonne répartition des risques, un système de tarification adapté, un renforcement progressif de l'objectif concernant les exigences de contenu local, et une mise en œuvre structurée et rapide. Cette nouvelle orientation des partenariats public-privé peut être appliquée à d'autres programmes de développement des infrastructures. Chaque pays devra adapter ses programmes d'achat d'énergie en fonction des exigences, des capacités et du niveau de développement du marché national.

Élargir la marge de manœuvre des investisseurs africains en matière d'énergie propre

Les coûts de transaction élevés et le manque de financements adaptés pour les plus petits acteurs ont tendance à mettre les investisseurs africains sur la touche, malgré les efforts visant à impliquer les petites et moyennes entreprises (PME). Lors d'un récent appel d'offres pour un projet de 100 MW en Zambie, par exemple, seule une entreprise africaine (basée en Afrique du Sud) a été présélectionnée, mais aucune entreprise zambienne ne répondait aux critères. Pour résoudre les difficultés financières, le recours à des fonds de pension pourrait par exemple être envisagé afin d'assurer le

financement à long terme des plus petits acteurs et mobiliser les investisseurs à la recherche de retombées financières et sociales positives¹⁹⁶.

Le développement récent des entreprises sud-africaines sur le continent constitue une évolution modeste, mais non négligeable¹⁹⁷. Certaines font ainsi concurrence à des entreprises internationales sur le marché africain des énergies renouvelables, en grande partie motivées par la perspective de tarifs plus élevés que sur le marché national, où le prix des énergies propres est en baisse.

Les énergies renouvelables ont encore des défis techniques à relever

Pour se développer de manière significative, l'énergie renouvelable doit être raccordée au réseau national. Celui-ci doit cependant être alimenté par une énergie constante ou de base, alors que l'énergie issue de sources renouvelables (solaire ou éolienne, notamment) varie en fonction du temps et de la luminosité. Étant donné les limites technologiques actuelles, les énergies propres ont du mal à jouer un rôle central dans l'approvisionnement en électricité. Une poignée de pays d'Afrique utilisent des systèmes de stockage de l'énergie pour faire face à la variabilité de l'énergie renouvelable, mais cette solution est coûteuse.

L'accumulation d'énergie par pompage hydraulique peut s'avérer efficace pour la gestion et l'équilibrage de la charge, et le stockage thermique pourrait améliorer considérablement la fiabilité de l'énergie solaire à concentration¹⁹⁸. Le potentiel unique de l'énergie géothermique réside dans sa capacité à fournir de l'énergie de base rentable : elle se prête donc particulièrement à l'équilibrage du courant, comme dans le cas du projet de raccordement de l'hydroélectricité en Éthiopie et au Kenya¹⁹⁹.



TRANSPORT

Transport et distribution : le maillon faible

Les pertes lors du transport et de la distribution d'électricité sont dues à des défaillances physiques et technologiques, ou « pertes techniques », ainsi qu'à des pertes non techniques, essentiellement des vols d'électricité²⁰⁰ (voir la section consacrée à ce sujet). En Afrique, ces pertes sont bien supérieures à la moyenne mondiale (qui s'établit à 7 %) et constituent un défi majeur. Elles se répercutent sur l'ensemble de la chaîne de l'énergie²⁰¹ et compromettent sérieusement la quantité et la qualité de l'approvisionnement énergétique, avec des conséquences en termes de coût économique. La corruption et la mauvaise gestion, qui viennent s'ajouter au vol et au vandalisme, aggravent la situation dans ce secteur. L'exemple classique est celui de la chaîne d'approvisionnement du réseau électrique nigérian²⁰².

On constate toutefois quelques progrès. Le Sénégal, par exemple, est parvenu à réduire sensiblement ses pertes²⁰³. Ces résultats peuvent être imputés à d'importantes réformes visant à renforcer l'efficacité des systèmes d'approvisionnement énergétique.

Outre les mesures politiques et les solutions technologiques destinées à améliorer les systèmes de recouvrement des recettes et à protéger les infrastructures d'approvisionnement énergétique, on assiste actuellement à la rénovation d'infrastructures de transport et de distribution existantes et au déploiement de nouveaux réseaux. Le Ghana, en première ligne, a élargi le raccordement au réseau aux zones rurales²⁰⁴. Même la République démocratique du Congo, qui affiche l'un des

taux d'électrification les plus faibles d'Afrique (9 %), a investi en 2014 dans la rénovation des lignes électriques qui relient Inga Falls au Katanga, un district d'exploitation du cuivre²⁰⁵.

Un solide engagement politique, renforcé par le soutien financier de banques multilatérales et du secteur privé, a permis de concrétiser d'importants plans de développement des réseaux de transport et de distribution dans des pays comme l'Éthiopie, le Ghana, le Kenya, le Mozambique et le Nigéria. La plupart de ces investissements profitent toutefois à des projets régionaux d'infrastructures de transport et de distribution, et ne visent pas spécifiquement à raccorder les populations mal desservies. Pour accélérer les progrès vers l'accès universel à l'énergie, les pays d'Afrique doivent veiller à ce que toutes les zones urbaines et rurales à la portée du réseau électrique soient prises en compte dans la planification et le développement des réseaux de transport et de distribution.

Les efforts actuels, bien que louables, n'ont pas permis de mettre fin à la crise de la chaîne d'approvisionnement énergétique. Les pays d'Afrique doivent redoubler leurs investissements dans les lignes électriques et les réseaux de distribution, qui actuellement ne répondent absolument pas aux attentes²⁰⁶. Face aux pertes considérables et à la nécessité d'élargir la couverture du réseau, des investissements de l'ordre de 800 milliards de dollars US jusqu'en 2040 seraient nécessaires²⁰⁷.

DISTRIBUTION

Renforcer le réseau

L'expérience montre que les décideurs ont tendance à laisser certaines personnes de côté alors qu'il serait possible de les raccorder au réseau (les populations vivant dans des régions rurales proches des sources de production d'énergie ou à la périphérie des villes, par exemple). L'une des raisons principales est que l'approvisionnement énergétique, soumis à des contraintes physiques et financières considérables, est incapable de faire face à une demande supplémentaire dans ces régions.

L'absence d'accès à l'énergie est particulièrement grave dans les zones périurbaines, qui abritent les citadins pauvres de l'Afrique et présentent souvent un habitat spontané et une croissance rapide. Près de 200 millions d'Africains (des migrants originaires des zones rurales ou des personnes déplacées à cause du marché du logement urbain, pour la plupart) sont contraints de vivre dans des agglomérations mal conçues et insuffisamment équipées. Les quartiers de West Point à Monrovia, au Libéria, et de Kibera à Nairobi, au Kenya, comptent parmi les plus grands bidonvilles d'Afrique²⁰⁸. Les habitants des bidonvilles, livrés à eux-mêmes, se raccordent souvent au réseau de façon illégale, dans la mesure où les petits dispositifs hors réseau ne répondent pas à leurs besoins énergétiques²⁰⁹.

Diverses solutions à court terme, ne faisant guère appel aux infrastructures de transport et de distribution

ou très peu, ont vu le jour afin de combler le fossé énergétique ; c'est notamment le cas du marché florissant des générateurs diesel²¹⁰. Le développement du réseau est toutefois le meilleur moyen d'accroître l'accès à une énergie abordable dans certaines régions.

En Inde, une nouvelle stratégie de développement du réseau par une compagnie d'électricité privée, Tata Power Delhi Distribution Limited, a permis d'étendre le raccordement à 217 bidonvilles (soit 175 000 consommateurs) à New Delhi. Ce modèle, fondé sur la mobilisation communautaire, est parvenu à élargir le réseau en associant l'accès à l'énergie à un programme de développement socioéconomique plus large²¹¹. Au cours des cinq dernières années, la compagnie d'électricité a ainsi réussi à réduire ses pertes non techniques, à élargir sa clientèle et à améliorer ses revenus, passés d'à peine 0,3 million de dollars US à 17 millions de dollars US.

Les solutions à court terme n'apportent aucune garantie de durabilité. En République démocratique du Congo, les systèmes d'approvisionnement en électricité mis en place par les sociétés minières ont rarement profité aux communautés et aux entreprises voisines. Le modèle indien pourrait toutefois être reproduit et adapté aux pays d'Afrique, en particulier pour les projets d'élargissement du réseau dans les zones périurbaines où vivent la majorité des citadins pauvres.



SECTION SPÉCIALE:

PRÉVENIR LES PERTES ET LES VOLS D'ÉLECTRICITÉ

Les pertes d'électricité, et notamment les vols, posent problème aux sociétés de distribution du monde entier, et plus particulièrement en Afrique. **(Voir l'infographie « Vol et pertes d'énergie en Afrique »)** Dans les pays industrialisés, les pertes totales se situent généralement entre 7 % et 10 %²¹². L'étude de diagnostic des infrastructures nationales en Afrique a révélé que les pertes liées au transport et à la distribution atteignaient 50 % dans certains pays d'Afrique.

Les pertes techniques se produisent au niveau des lignes électriques, des réseaux de distribution, des transformateurs et des compteurs. Elles sont plus importantes lorsque les infrastructures et le matériel sont mal entretenus ou de mauvaise qualité. La Banque mondiale suggère que les pertes techniques ne devraient pas dépasser 10 % de l'électricité totale produite en Afrique.

Les pertes non techniques sont causées par des individus, de façon délibérée (vol) ou involontaire (erreurs de comptage, par exemple), et par du matériel défectueux ne servant pas directement à l'approvisionnement en électricité (compteurs, par exemple). L'objectif proposé par la Banque mondiale pour les pertes non techniques en Afrique est également de 10 % de l'électricité totale produite, mais les pertes sont plus de deux ou trois fois supérieures à ce chiffre dans certains pays.

Les pertes non techniques sont essentiellement dues à des vols d'électricité, généralement réalisés en trafiquant le compteur ou en installant une dérivation, et parfois commis avec la complicité d'agents corrompus des services énergétiques²¹³. Les vols d'électricité peuvent également prendre la forme de factures impayées. À

l'échelle mondiale, les vols d'électricité représentent un coût de 89,3 milliards de dollars US par an²¹⁴. Aux États-Unis, premier pays consommateur d'électricité au monde, ils représentent 6 milliards de dollars US par an.

En Afrique, les vols d'électricité ne sont généralement pas commis par des personnes trop démunies pour pouvoir payer leur consommation, mais par des personnes et des organisations qui consomment d'importantes quantités d'électricité et qui auraient les moyens de payer, notamment des administrations, des sociétés, et des groupes industriels et commerciaux. Les secteurs de l'énergie sont souvent inefficaces et incapables d'assurer un approvisionnement en électricité suffisant ou fiable. Les vols, la fraude et la corruption aggravent les problèmes rencontrés par les sociétés chargées de la distribution d'électricité.

Les vols d'électricité diminuent les recettes de services énergétiques en proie à des problèmes financiers, ce qui restreint leur capacité à investir afin d'améliorer le système et à étendre leurs services aux personnes qui n'y ont pas accès ; ils augmentent par ailleurs le coût de l'électricité pour les consommateurs africains. En diminuant les recettes et les bénéfices, ils rendent également le secteur moins attrayant pour les investisseurs du secteur privé.

Les vols d'électricité peuvent en outre contribuer aux coupures de courant lorsqu'ils font peser une charge trop lourde sur le système ou qu'ils endommagent les infrastructures de transport et de distribution. Les coupures de courant peuvent toucher un grand nombre de consommateurs. De même, l'incapacité des sociétés de distribution à investir à cause de leurs faibles recettes nuit à l'ensemble des consommateurs.

Quelle est l'ampleur des vols d'électricité ?

Les données concernant les pertes d'électricité sur le continent ne sont ni complètes ni à jour, mais on estime que les pertes liées au transport et à la distribution en Afrique avoisinaient 20 % de l'énergie totale produite en 2000²¹⁵. D'autres estimations avancent une moyenne de

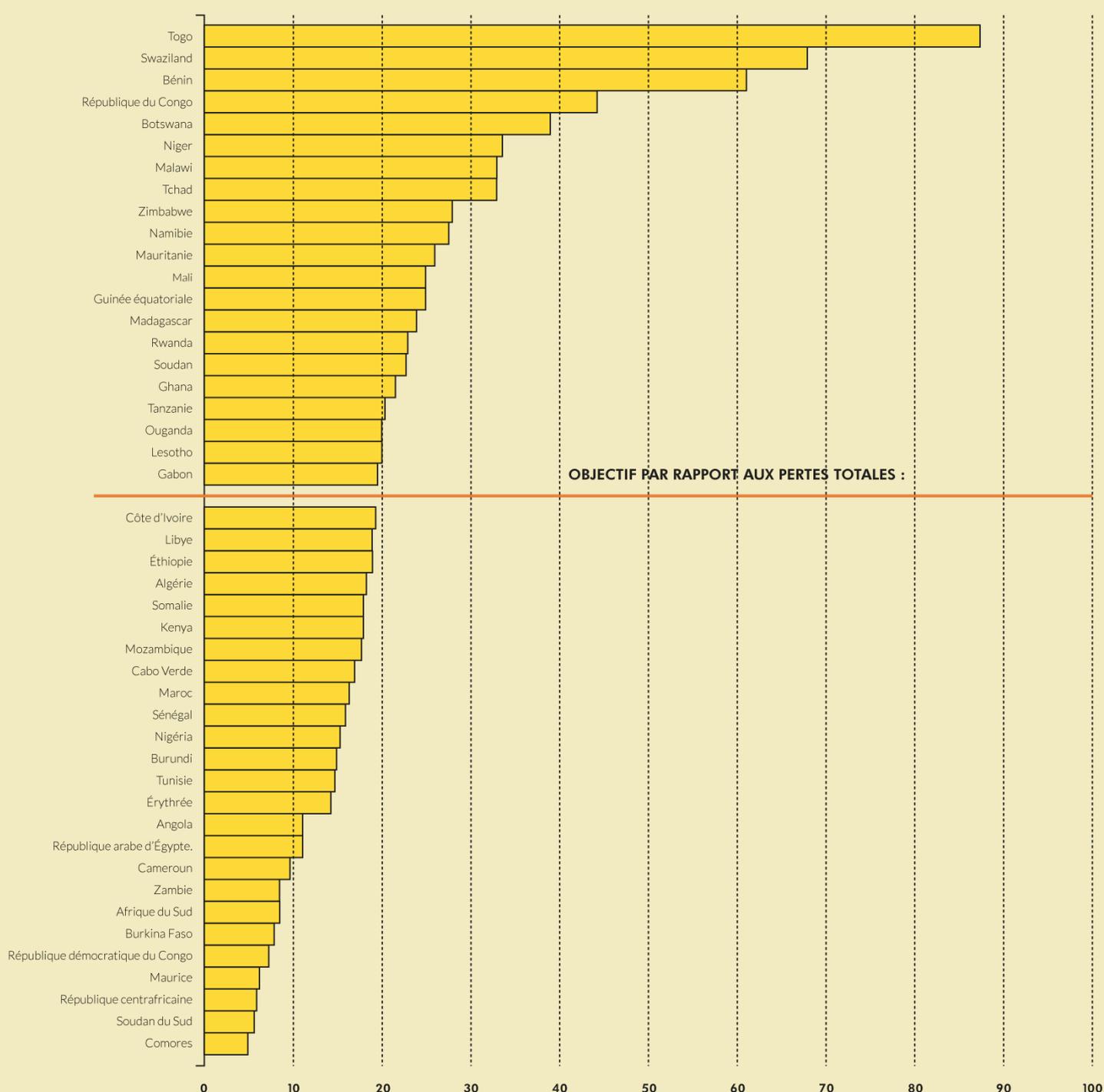
27,5 %²¹⁶, avec en moyenne 23 % rien que pour les pertes liées à la distribution²¹⁷. Ces chiffres régionaux masquent d'importantes variations entre les pays (figure 20). L'Angola, le Botswana et le Burundi, par exemple, n'ont enregistré que 15 % de pertes, tandis que le Swaziland affiche des pertes de 68 %.

Les factures impayées représentent plus de la moitié des vols d'électricité. Le montant non recouvré s'élève à 1,73 milliard de dollars US par an dans la région, contre 1,48 milliard de dollars US de pertes liées au système²¹⁸. En

termes économiques, les factures d'électricité impayées représentaient 0,4 % du produit intérieur brut (PIB) de la région, contre 0,34 % pour les pertes liées au système.

FIGURE 20 : PERTES TOTALES D'ÉLECTRICITÉ PAR PAYS

% de la production totale, année disponible la plus



⚡ VOL ET PERTES D'ÉNERGIE EN AFRIQUE

EN QUOI CONSISTENT LES PERTES D'ÉNERGIE?

- ⚡ **Les pertes techniques** ont lieu lors de la transmission et de la distribution, en raison de la dissipation d'énergie et de l'insuffisance des infrastructures.
- ⚡ **Les pertes non techniques** sont dues au vol, au vandalisme, au non-paiement des factures et aux erreurs de comptage.

POURQUOI LE VOL D'ÉLECTRICITÉ?

- 🔒 La majeure partie de l'électricité volée est dérobée par des individus et des organisations qui consomment de grandes quantités d'électricité et qui ont les moyens de payer cette consommation.
- 🔒 Certaines personnes sont dans l'incapacité de payer parce qu'elles sont trop pauvres. De nombreux Africains vivent sous le seuil de pauvreté.
- 🔒 Le défaut de paiement des factures peut s'expliquer par un manque de confiance entre les clients et les fournisseurs.

IMPACT ↓

Le vol d'électricité est plus important en Afrique que dans la plupart des autres régions.



Le vol d'électricité :
réduit les recettes des sociétés de services publics, déjà confrontées à des difficultés financières, ce qui...



diminue les investissements en faveur de l'amélioration du système et les efforts de distribution des services aux personnes qui n'y ont pas accès, et...



augmente le prix de l'électricité pour les consommateurs payants.

COMMENT L'ÉLECTRICITÉ EST-ELLE VOLÉE ?

Le non-paiement des factures d'électricité représente plus de la moitié des vols d'électricité.

Chaque année, près de **2 milliards de dollars** ne sont pas recouvrés en Afrique.

PRÈS DE   **\$2 MILLIARDS** 

Raccordements illégaux :

- Les raccordements illégaux aux lignes aériennes surchargent le système et entraînent des pannes d'électricité.
- Les raccordements illégaux aux fils nus ou aux lignes souterraines représentent 80% de l'ensemble des vols d'électricité.

Modification frauduleuse des compteurs :

le compteur est modifié de manière intentionnelle de sorte qu'il n'enregistre plus les données d'utilisation correctes.

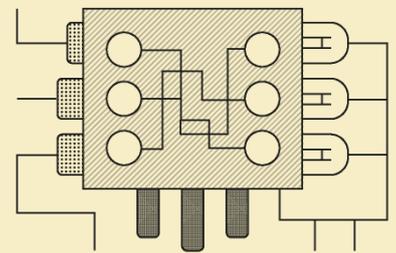
Court-circuit au niveau du compteur :

les bornes d'entrée et de sortie du compteur ont été court-circuitées.

COMMENT LUTTER CONTRE CE PROBLÈME

MOYENS TECHNIQUES

Le système Kamata, utilisé en Ouganda, mesure le courant circulant à travers le câble secteur et détecte toute tentative de modification frauduleuse du compteur. Si une fraude est détectée, le système coupe automatiquement l'alimentation et envoie les coordonnées du client et l'adresse du lieu concerné au distributeur d'électricité.



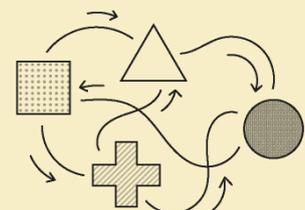
MOYENS LIÉS À LA GESTION

Des contrats de gestion ont été introduits dans plusieurs pays pour les entreprises d'État, afin d'améliorer l'efficacité des services de distribution d'électricité. Ces contrats ont permis d'augmenter les taux de recouvrement et de réduire les pertes.



CHANGEMENTS SYSTÉMIQUES

- Restructurer le secteur de l'énergie et l'ouvrir aux acteurs commerciaux du secteur privé.
- Construire une relation de confiance et favoriser une plus grande transparence entre les clients et les sociétés de distribution.
- Éduquer les consommateurs et mener des campagnes d'information, qui aident à mieux comprendre le problème du vol d'électricité et ses conséquences, et sensibilisent la population à ces questions.



UGANDA

Selon Umeme, la principale société de distribution d'Ouganda, les pertes d'énergie s'élevaient à 35 % en 2009. Umeme perd 30 millions de dollars par an à cause du vol d'électricité.

KENYA

La principale société de distribution d'énergie du pays a perdu 900 GWh (20 % de la production d'électricité) au cours du deuxième semestre 2015, soit près de 100 millions de dollars, selon les estimations.

NIGÉRIA

La Port Harcourt Distribution Company estime que 60 % de ses clients ne règlent pas leurs factures d'électricité, y compris une large proportion de clients équipés de compteurs prépayés.

AFRIQUE DU SUD

En 2015-2016, les pertes non techniques d'Eskom, en grande partie dues au vol, s'élevaient à plus de 350 millions de dollars.

Pourquoi y a-t-il des vols d'électricité ?

La majeure partie de l'électricité volée est dérobée par des individus et des organisations qui consomment de grandes quantités d'électricité et qui ont les moyens de payer. En Afrique du Sud, il s'est avéré que deux tiers des pertes liées au recouvrement concernaient des entreprises et des consommateurs industriels et commerciaux. En Ouganda, les vols commis par de gros consommateurs représentaient 65 % des pertes liées au recouvrement enregistrées par la principale entreprise de distribution²¹⁹. Les organisations gouvernementales comptaient parmi les principaux mauvais payeurs, avec une dette de 19 millions de dollars US. De même, au Nigéria (où les pertes liées au recouvrement s'élèvent à 40 % de l'énergie distribuée), les organisations gouvernementales totalisaient fin avril 2016 plus de 390 millions de dollars US de factures impayées, et plus de la moitié de ce montant était dû par l'armée²²⁰. Ces chiffres trahissent l'impunité du secteur public en ce qui concerne les défauts de paiement.

Si la majeure partie des vols n'est pas motivée par la pauvreté ou l'incapacité de payer, la principale forme de

vol (factures impayées) peut être due à un manque de confiance entre les consommateurs et les fournisseurs²²¹. En effet, les consommateurs ne font pas confiance au personnel chargé de relever les compteurs et de recouvrer les recettes ; ils se méfient des factures, en particulier lorsqu'elles sont fondées sur des estimations ; ils ne sont pas suffisamment renseignés et informés au sujet de leur propre consommation d'électricité ; et ils sont frustrés par le manque de fiabilité de l'approvisionnement en électricité. De leur côté, les sociétés de distribution, issues du secteur public, ne sont pas toujours axées sur les besoins des consommateurs et ne font pas forcément confiance à leurs clients, compte tenu des problèmes de piratage de compteurs et de factures impayées.

Les entreprises et les particuliers dérobent de l'électricité parce qu'ils estiment que cela vaut la peine de courir le risque de se faire prendre et d'être sanctionné. La probabilité d'être déconnecté du réseau ou sanctionné est en effet relativement faible compte tenu du manque d'efficacité, de la corruption et du clientélisme des services énergétiques.

Comment lutte-t-on contre ce problème ?

Les stratégies visant à réduire les vols d'électricité passent par des solutions techniques et d'ingénierie, des méthodes de gestion et un changement de système²²². Les entreprises d'électricité et les pouvoirs publics privilégient les solutions techniques visant à réduire les pertes²²³. Cependant, lorsque les pertes sont très importantes, il est évident que ces mesures ne sont pas suffisantes.

Solutions techniques et d'ingénierie

Les compteurs prépayés, introduits en Afrique dans les années 1980 lorsque l'approvisionnement en électricité a été élargi à des familles à faible revenu en Afrique du Sud²²⁴, sont un moyen de réduire les défauts de paiement. Ils sont désormais utilisés dans de nombreux pays, notamment au Ghana, au Kenya, au Nigéria, en Ouganda et en Sierra Leone. Ils permettent aux consommateurs de mieux contrôler leurs dépenses et leur consommation d'électricité, mais également d'éviter les dettes. Les

sociétés de distribution d'électricité, quant à elles, bénéficient d'un meilleur recouvrement des recettes.

Les taux de recouvrement des recettes peuvent également être améliorés en recourant à des compteurs collectifs pour l'approvisionnement électrique de groupes de micro et petites entreprises. En Ouganda, l'utilisation des compteurs collectifs repose sur la relation entre les opérateurs privés et la personne responsable du compteur, et sur les paiements effectués par le groupe à la compagnie d'électricité.

Néanmoins, au Nigéria, où bon nombre de consommateurs ne disposent d'aucun type de compteur, l'utilisation des compteurs collectifs est en passe d'être abandonnée²²⁵. La grande méfiance dont font preuve les Nigériens envers la facturation de l'électricité dans l'ensemble du pays a probablement contribué à cette décision.

On observe un déploiement croissant des compteurs électroniques « intelligents », qui enregistrent la consommation d'électricité et la communiquent à la société de distribution. Les compteurs intelligents prépayés enregistrent et affichent le montant du crédit dont dispose le consommateur, qui a la possibilité de recharger son compteur.

À Kitwe, en Zambie, par exemple, les compteurs prépayés ont été adoptés pour l'ensemble des consommateurs en 2010. Il est possible d'acheter des recharges auprès du service public d'électricité, de vendeurs agréés, de banques et de systèmes de paiement mobile. Le consommateur obtient alors un code à 12 chiffres à saisir sur son compteur²²⁶. Ce dispositif permet aux consommateurs de contrôler directement leurs dépenses d'électricité.

L'adoption de compteurs prépayés n'empêche pas totalement les vols d'électricité. Les compteurs, même numériques, peuvent être trafiqués ou piratés au moyen d'un raccordement illégal directement sur une ligne aérienne à basse tension. Les compteurs intelligents eux-mêmes peuvent être soumis au piratage et à la fraude.

Méthodes de gestion

L'évolution technologique des compteurs a permis d'abandonner la facturation des consommateurs une fois l'électricité consommée au profit du prépaiement. Dans certains systèmes de prépaiement, l'achat de recharges impose des difficultés ou des coûts supplémentaires (transport, par exemple) aux consommateurs. Les systèmes numériques peuvent automatiser le contrôle de la consommation et le suivi des paiements, deux moyens de réduire les coûts pour la compagnie d'électricité et d'éliminer les possibilités de vol. Ils permettent également aux compagnies d'analyser les flux d'électricité dans leur réseau de distribution afin de repérer où les vols peuvent se produire, et ainsi automatiser le travail d'inspection. Les compagnies d'électricité doivent toutefois acquérir de nouvelles compétences techniques afin de tirer parti de ces avantages.

Des contrats de gestion ont été introduits dans plusieurs pays pour les entreprises d'État, afin d'améliorer l'efficacité des services d'électricité. Ces contrats ont

permis d'augmenter les taux de recouvrement et de réduire les pertes. En Tanzanie, les taux de recouvrement sont ainsi passés de 67 % à 93 % entre 2002 et 2005 dans le cadre d'un contrat de gestion²²⁷.

Au Kenya, les réformes de gestion ont permis de faire passer les taux de recouvrement des recettes de 81 % à 100 % entre 2004 et 2006²²⁸. La principale société de distribution, Kenya Power (Kenya Power & Lighting Company), a depuis adopté une stratégie communautaire visant à réduire le nombre de raccordements illégaux dans les établissements urbains spontanés. Cette stratégie passe par une promotion active des avantages d'un raccordement légal (sécurité, fiabilité et accessibilité financière), favorisé par un subventionnement des frais et des tarifs de raccordement²²⁹.

Changement de système

Les réformes du secteur de l'énergie peuvent contribuer à réduire les pertes. Elles sont influencées par l'environnement culturel et le cadre de gouvernance dominants, qui conditionnent également l'ampleur des vols d'électricité et l'efficacité des mesures visant à les combattre. La restructuration doit s'accompagner d'une transparence accrue et d'une meilleure disponibilité des informations, qui contribueront à améliorer la gouvernance au sein du secteur²³⁰. La réduction des vols d'électricité passe également par l'établissement d'une relation de confiance entre les clients et les sociétés de distribution.

L'éducation des consommateurs et les campagnes d'information peuvent également contribuer à la lutte contre les vols d'électricité. En 2010, la société Eskom a ainsi lancé l'opération Khanyisa afin de remédier au problème des vols d'électricité en Afrique du Sud (**figure 21**). Cette campagne informe la population et attire son attention sur les vols d'électricité et leurs conséquences, sensibilise les consommateurs à l'efficacité énergétique et à l'attitude à adopter face aux vols d'électricité, et encourage le public à signaler ces derniers. Entre 2010 et 2014, l'opération Khanyisa a permis le recouvrement de 689 millions de rands (environ 52 millions de dollars US) et a entraîné plus de 138 000 déconnexions du réseau²³¹.

FIGURE 21 : BROCHURE DE L'OPÉRATION KHANYISA



Source: <http://integratedreport.eskom.co.za/bec-customer.php>

La restructuration des services énergétiques publics par privatisation n'a pas résolu les problèmes de vol. La réponse réside en partie dans la mise en place de systèmes de gouvernance et de responsabilité efficaces chargés de veiller à ce que les ministères et autres organismes gouvernementaux soient tenus responsables des défauts de paiement de leurs factures d'électricité, mais également de surveiller les activités des sociétés d'énergie privées et de protéger les consommateurs des pratiques abusives.

Les vols d'électricité ne pourront jamais être totalement éradiqués²³². Pour de nombreux systèmes énergétiques africains, le défi consiste à les ramener à un volume raisonnable. Lorsque les systèmes sont efficaces au regard des critères régionaux ou internationaux, les efforts visant à contrôler les vols peuvent être axés sur des mesures technologiques ou administratives. En revanche, dans les pays qui enregistrent des pertes très élevées, avec un système énergétique inefficace et une gouvernance généralement faible, les solutions technologiques et administratives auront des effets plus limités sur la réduction des pertes et l'augmentation des recettes.

ENCADRÉ 7 : LE BARRAGE DU GRAND INGA – PROMESSES ET OBSTACLES

Le projet de barrage du Grand Inga, en République démocratique du Congo, permettrait de produire près de la moitié de l'électricité actuellement consommée en Afrique subsaharienne²³³. Une fois terminé, ce projet d'une capacité totale d'environ 40 GW pourrait en effet produire au moins 200 TWh. Avec un coût de production estimé à seulement 0,03 dollar US par kWh, il incarne la solution idéale au trilemme énergétique de l'Afrique : fournir une électricité fiable, abordable et durable.

Ce projet consiste à construire progressivement une série de barrages sur le site d'Inga, sur le fleuve Congo. Il vise à relier les pools énergétiques régionaux qui couvrent la majeure partie de l'Afrique, avec des lignes électriques allant jusqu'en Afrique du Sud et en Égypte.

La République démocratique du Congo sera le principal bénéficiaire de ce projet. Bien qu'il abrite la moitié du potentiel hydroélectrique techniquement exploitable de l'Afrique, le pays n'a développé que 2,5 % de sa capacité hydraulique. Exploiter ne serait-ce qu'une fraction de ce potentiel pourrait sans doute transformer ce pays pauvre en énergie en puissance internationale comparable à la Chine et à la Russie.

Malgré son envergure et son potentiel, l'initiative Grand Inga ne présente pas de difficultés d'un point de vue technique et d'ingénierie. Elle fait rêver les gouvernements africains et la communauté internationale du développement depuis des dizaines d'années. Les deux premiers barrages d'Inga ont été achevés en 1972 et 1982. Toutefois, seule 20 % de leur capacité de production totale (initialement prévue pour atteindre 2 GW) est actuellement opérationnelle. L'incapacité du projet à tenir ses promesses s'explique par les dettes considérables contractées lors de la construction, mais également par un faible taux de consommation et des recettes insuffisantes, qui ont alimenté un cycle constant de mauvais résultats. La réhabilitation est en cours mais a connu des retards répétés dans un contexte marqué par des problèmes de financement et de gouvernance.

Ces problèmes pourraient être résolus par l'établissement d'un consensus politique et la mise en œuvre de l'initiative Grand Inga en tant que projet panafricain. Cette démarche est vivement encouragée et soutenue par l'Union africaine et son Nouveau partenariat pour le développement de l'Afrique (NEPAD), la Banque africaine de développement et le Programme de développement des infrastructures en Afrique (PIDA), ainsi que par les dirigeants de l'Afrique du Sud, du Nigéria et de la République démocratique du Congo.

Compte tenu des dépenses d'investissement colossales nécessaires pour le mener à bien (80 à 100 milliards de dollars US, et bien davantage pour déployer les réseaux de transport et de distribution), Grand Inga est l'un des projets les plus coûteux au monde. L'intérêt grandissant de la Chine pour le développement des infrastructures africaines pourrait lui donner un sérieux coup de pouce.

Le barrage d'Inga III, d'une capacité de production de 4,5 GW, constitue la première phase et devrait coûter 5 à 12 milliards de dollars US, avec un financement structuré sous forme de partenariat public-privé. En août 2016, un consortium chinois composé de China Three Gorges Corporation et de Sinohydro était en concurrence avec un consortium espagnol, composé d'Actividades de Construcción y Servicios et d'Eurofinsa. S'il reçoit les financements escomptés de la banque chinoise Exim Bank et des banques publiques, Grand Inga pourrait devenir le plus grand projet d'infrastructure financé par des investisseurs chinois.

Les risques sont bien trop élevés pour la plupart des investisseurs internationaux. Pour les atténuer, une solution consisterait à créer une demande suffisante pour l'énergie produite. La République démocratique du Congo et l'Afrique du Sud ont signé un accord relatif au rachat de 2,5 GW d'électricité d'ici 2020²³⁴ et à la construction de lignes électriques. Des accords sont également conclus avec l'Égypte et le Nigéria. Cependant, fournir d'importants volumes d'électricité aux marchés régionaux sans développer le marché national pourrait accroître les risques politiques auxquels s'expose le pays. La République démocratique du Congo, riche en minerais, pourrait renforcer la demande intérieure en développant des industries gourmandes en énergie, telles que le

raffinage de l'aluminium et du cuivre. Il faudrait convaincre les investisseurs qu'ils bénéficieraient d'un retour sur investissement proportionnel aux risques encourus, en particulier concernant les incertitudes liées à la puissance fournie.

Le projet Grand Inga sera réalisé en plusieurs phases, qui s'étaleront sur de nombreuses années : seule une fraction de la capacité totale devra donc être assurée chaque année, et la trésorerie des phases précédentes devra permettre d'injecter des capitaux importants pour les phases ultérieures, avec la probabilité que ce projet finisse par s'autofinancer.

La coordination transfrontalière est essentielle, dans la mesure où l'exécution du projet entraînera la mise en place et la gestion d'un ensemble de systèmes de réseaux dans plusieurs pays. L'initiative devra s'appuyer sur une planification détaillée à l'échelle nationale et régionale, sur la définition de règles interrégionales et sur une étroite coordination entre les différents pays partenaires du début à la fin du projet. Le NEPAD pourrait exercer une autorité crédible en assurant un consensus politique qui permettrait de gérer les problèmes transfrontaliers et de garantir des bénéfices mutuels à l'ensemble des partenaires.

Les incertitudes politiques nationales, qui avaient menacé la viabilité du projet, semblent s'atténuer avec le récent accord qui prévoit une transition politique fin 2017. Le renforcement des systèmes nationaux de gouvernance et la recherche de solutions à des problèmes communs par le biais de plateformes continentales pourraient s'avérer déterminants pour assurer l'exécution du Grand Inga et sa protection au titre de bien public africain commun.

Le projet a également suscité des inquiétudes quant à ses coûts environnementaux, sociaux et économiques. En effet, le détournement du fleuve Congo aura des répercussions sur les habitats naturels, les terres agricoles, les communautés et les moyens de subsistance, et pourrait déplacer 30 000 personnes. La Banque mondiale a estimé que les impacts seraient minimes ; ces préoccupations sont néanmoins légitimes, et leur prise en compte maximisera les bénéfices du projet. La Banque mondiale a finalement suspendu le financement de l'assistance technique en juillet 2016²³⁵, en invoquant une « orientation stratégique différente ».

Il est urgent d'obtenir le financement d'une étude d'impact environnemental et social détaillée, qui devrait être accordé par le Fonds de financement de préparation des projets d'infrastructure du NEPAD et la Banque africaine de développement.

L'initiative Grand Inga est réalisable, à condition de bien structurer le projet et d'atténuer les risques. Une forte volonté politique à l'échelle nationale et régionale permettrait de mobiliser des financements, de structurer et d'élaborer le projet, et de transformer le paysage énergétique africain.



LE COMMERCE RÉGIONAL DE L'ÉNERGIE POURRAIT TRANSFORMER L'AFRIQUE

Les échanges d'électricité transfrontaliers sont nécessaires pour permettre à l'Afrique de fournir à ses habitants une énergie abordable et assurer la viabilité des nouveaux projets de production et de transport d'électricité, mais également pour accélérer le programme d'intégration plus large du continent. Une production et un commerce rentables de l'électricité au niveau régional contribueraient à résoudre le « trilemme » énergétique de l'Afrique : fournir une énergie fiable et durable à un prix abordable²³⁶. Pourtant, moins de 8 % de l'électricité est aujourd'hui exportée d'un pays à l'autre en Afrique.

L'objectif ultime devrait être de rassembler et de relier les nombreuses initiatives qui existent actuellement un peu partout en Afrique dans le secteur de l'énergie, afin de créer un seul grand réseau panafricain. En vue d'atteindre cet objectif, les pays africains vont devoir coopérer beaucoup plus étroitement et remédier au manque de financement pour les projets d'interconnexion supranationaux.

Le commerce de l'énergie permet d'exporter l'excédent d'électricité de certains pays à d'autres pays confrontés à un déficit énergétique, au sein d'une même région ou d'une région à une autre. La mutualisation et l'optimisation des ressources permettraient d'économiser 50 milliards de dollars US²³⁷ de dépenses de production. De même, les coûts moyens actualisés de l'énergie devraient diminuer de 6 % en Afrique australe et de 10 % en Afrique de l'Est, ce qui rendrait l'électricité transfrontalière compétitive sur le plan économique.

Au fil des années, plusieurs initiatives transfrontalières ont été mises en œuvre dans le but d'améliorer l'interconnexion et les échanges d'électricité à l'échelle régionale. La capacité d'interconnexion a par conséquent presque doublé en Afrique entre 2005 et 2011, passant de 5,4 GW à 9,3 GW²³⁸. Plus récemment, de grands projets énergétiques régionaux ont été engagés : une fois terminés, ils devraient accroître la capacité d'interconnexion du continent de façon spectaculaire dans un avenir proche.

Il existe déjà un cadre africain relatif au commerce de l'énergie

Les projets énergétiques de grande envergure ne peuvent entraîner des économies d'échelle et être rentables que s'ils sont partagés entre plusieurs pays. Les initiatives énergétiques transfrontalières ont donc tout à gagner de l'instauration d'une coopération et de dispositions de partage de l'énergie régionales efficaces. Cela vaut pour les projets énergétiques phares de l'Afrique, tels que le barrage du Grand Inga (encadré 7) et le barrage de la Grande Renaissance en Éthiopie (6 GW), mais c'est également le cas pour des initiatives comme le barrage de Manantali, au Mali, et le projet hydroélectrique Rusizi III, à la frontière entre le Burundi et le Rwanda.

Le Programme de développement des infrastructures en Afrique, validé en 2012 par le sommet des chefs d'État

et de gouvernement de l'Union africaine, constitue le fondement stratégique permettant d'orienter le développement des infrastructures énergétiques transfrontalières ainsi que les investissements en Afrique. Il s'agit d'une collaboration entre la Commission de l'Union africaine, le Secrétariat du NEPAD et la Banque africaine de développement, cette dernière étant chargée de l'exécution du programme.

Ce programme vise à accélérer les projets énergétiques régionaux, en particulier ceux qui ont trait aux interconnexions régionales. Dans ce cadre, 15 projets énergétiques ont été considérés comme prioritaires et devaient être mis en œuvre entre 2012 et 2020 : neuf projets hydroélectriques, quatre corridors de

transmission et deux pipelines (un gazoduc et un oléoduc), pour un montant total de 40,5 milliards de dollars US²³⁹.

Bon nombre des ressources énergétiques de l'Afrique sont communes à plusieurs pays (les ressources hydriques, par exemple) et il existe des faiblesses persistantes au niveau régional, en particulier en termes de coopération et de financement. Il est de plus en plus impératif d'adopter une stratégie continentale de développement et de gestion des infrastructures énergétiques, afin de construire et de renforcer des infrastructures stratégiques, d'accroître les

échanges d'électricité transfrontaliers et de protéger les biens publics africains des incertitudes et des risques²⁴⁰.

Les principales institutions panafricaines ont un rôle particulier à jouer dans l'intensification des échanges d'électricité transfrontaliers²⁴¹, qu'il s'agisse de l'Union africaine, de la Banque africaine de développement ou de la Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique, ou encore des huit communautés économiques régionales du continent qui composent l'Union africaine.

Les échanges régionaux d'électricité doivent encore dépasser les accords bilatéraux

Il existe actuellement cinq pools énergétiques régionaux, créés à partir des communautés économiques régionales existantes ²⁴²:

- le Pool énergétique d'Afrique australe (SAPP), auquel sont raccordés tous les pays non insulaires de la Communauté de développement d'Afrique australe (SADC) à l'exception de l'Angola, du Malawi et de la Tanzanie ;
- le Pool énergétique de l'Afrique de l'Ouest (WAPP), qui dessert 14 pays de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO) ;
- le Pool énergétique de l'Afrique centrale (CAPP), qui relie 11 pays de la Communauté économique des États de l'Afrique centrale (CEEAC) ;
- le Pool énergétique de l'Afrique de l'Est (EAPP), qui dessert les pays du Marché commun pour l'Afrique orientale et australe (COMESA) et les États membres de l'Initiative du Bassin du Nil (notamment l'Égypte et la Tanzanie) ;
- le Pool énergétique de l'Afrique du Nord (NAPP), qui relie les pays de l'Union du Maghreb arabe (UMA).

Dans l'ensemble, ces pools énergétiques sont en cours de développement, ce qui explique pourquoi les échanges

d'électricité au sein des régions sont encore limités. Pour la plupart, ils élaborent actuellement leur plan directeur, qui leur servira d'outil de référence pour coordonner les efforts d'interconnexion et d'intégration à l'échelle régionale. Les liens entre les différents pools énergétiques sont par ailleurs très limités²⁴³.

En conséquence, seulement 8 % de l'électricité est échangée d'un pays à l'autre en Afrique, en très grande majorité dans le Pool énergétique d'Afrique australe (7,5 %), où près de 5,3 TWh d'électricité ont été échangés en 2012-2013. L'Afrique du Sud, principal producteur, exporte de l'énergie au Botswana et en Namibie et importe de l'électricité du barrage de Cahora Bassa au Mozambique afin de la réexporter pour alimenter le secteur minier du sud du Mozambique. Ailleurs, moins de 1 % de l'électricité est échangée au sein des Pools énergétiques de l'Afrique centrale et de l'Est. Enfin, il existe peu d'interconnexions entre les pays du Pool énergétique de l'Afrique du Nord.

L'intégration énergétique et les échanges d'électricité à l'échelle régionale ont été limités par l'absence de réseau d'infrastructures de transport et de distribution efficace. Souvent, l'électricité est échangée entre pays voisins en vertu d'accords bilatéraux. Dans de nombreux cas, ces

dispositions ont permis de compenser efficacement la faible connectivité régionale. C'est le cas en Afrique de l'Ouest, où le Ghana et la Côte d'Ivoire procèdent depuis longtemps à des échanges d'électricité dans les deux sens. D'autres pays ont conclu des accords bilatéraux à sens unique, notamment l'Afrique du Sud avec la Namibie et avec le Botswana, ou encore le Kenya, qui importe de grandes quantités d'énergie d'Ouganda²⁴⁴.

Évolutions récentes

Afin de combler les lacunes et d'accélérer l'intégration énergétique régionale, les pays d'Afrique ont convenu de renforcer les interconnexions existantes et potentielles au sein des pools énergétiques et entre ces derniers. Ils plaident en faveur d'une coordination régionale accrue dans la planification des initiatives et l'harmonisation des politiques, des procédures, des normes, des systèmes et des cadres économiques, entre autres²⁴⁶. Diverses mesures concrètes ont été mises en place afin de créer et d'améliorer les interconnexions et les réseaux de transport à haute tension.

Couloirs énergétiques

Le Programme de développement des infrastructures en Afrique a accordé la priorité à la mise en place de quatre couloirs²⁴⁷:

- la ligne électrique Nord-Sud, entre l'Égypte et l'Afrique du Sud ;
- le corridor central, reliant l'Angola et l'Afrique du Sud ;
- la ligne électrique nord-africaine, entre l'Égypte et le Maroc ;
- le corridor de transmission électrique d'Afrique de l'Ouest, entre le Ghana et le Sénégal.

L'objectif de ces couloirs, dont les ramifications s'étendent dans chacune des régions, est de renforcer les interconnexions entre les différents pools énergétiques.

Interconnexions électriques

L'Afrique progresse vers une connectivité régionale accrue. Elle a lancé ces dernières années plusieurs initiatives d'interconnexion électrique, notamment la

L'Éthiopie apparaît depuis peu comme un acteur majeur du commerce de l'énergie en Afrique de l'Est. Le pays abrite la première ligne d'interconnexion électrique de la région, qui relie Djibouti depuis 2012²⁴⁵, déploie des lignes électriques afin de relier le Kenya, et prévoit d'autres grands projets d'expansion.

ligne électrique de 500 kV et d'une capacité de 2 GW reliant l'Éthiopie au Kenya, qui devrait être opérationnelle cette année, ainsi qu'une ligne électrique de 400 kV qui doit relier le Kenya, l'Ouganda et le Rwanda, et dont la capacité s'élève à 500 MW pour les échanges d'électricité transfrontaliers²⁴⁸.



L'AFRIQUE PROGRESSE VERS UNE CONNECTIVITÉ RÉGIONALE ACCRUE.

Les perspectives d'une intégration énergétique régionale accrue semblent prometteuses pour l'Afrique de l'Est. Des projets d'interconnecteurs Soudan-Éthiopie, Égypte-Soudan, Rwanda-Tanzanie, Ouganda-Soudan du Sud, Libye-Égypte et Kenya-Ouganda doivent être mis en place d'ici 2020²⁴⁹. Des contrats d'approvisionnement ont été conclus, et l'harmonisation des codes de réseau est déjà en cours.

En Afrique de l'Ouest, la ligne électrique de 225 kV reliant la Côte d'Ivoire, le Libéria, la Sierra Leone et la Gambie (CLSG) est l'un des projets prioritaires du Pool énergétique de l'Afrique de l'Ouest ; elle sera raccordée à l'interconnexion qui existe déjà entre la Côte d'Ivoire, le Bénin, le Togo et le Nigéria. Elle coûtera 500 millions de dollars US et devrait être opérationnelle en 2017. D'autres

projets sont prévus au cours des trois prochaines années, notamment l'interconnecteur de 225 kV qui couvrira la Guinée et la sous-région, pour une capacité d'échange de 800 MW et un coût avoisinant les 900 millions de dollars US, ainsi qu'une liaison entre les réseaux du Ghana, du Burkina Faso et de la Côte d'Ivoire.

En Afrique du Nord, un interconnecteur de 400 MW permet déjà au Maroc d'importer de l'électricité d'Espagne²⁵⁰. Le corridor de transmission électrique d'Afrique du Nord reliant l'Égypte, la Libye, la Tunisie, l'Algérie et le Maroc sera renforcé par 4,5 GW d'interconnexion supplémentaire. D'autres projets ont été proposés, notamment une interconnexion de 400 kV et d'une capacité de 4 GW permettant de relier le sud (Algérie et Tunisie) et le nord du bassin méditerranéen (Italie et Espagne), en partie dans le cadre du projet énergétique DESERTEC²⁵¹.

Le Pool énergétique d'Afrique australe s'appuie sur de nombreux interconnecteurs existants. La Communauté de développement d'Afrique australe (SADC) construit actuellement la première ligne électrique transrégionale, qui reliera la Zambie, la Tanzanie et le Kenya. La première phase des travaux devait commencer fin 2016²⁵². Ce projet de 1,4 milliard de dollars US a été mis en œuvre en vertu d'une coopération tripartite entre trois groupements

régionaux : le Marché commun pour l'Afrique orientale et australe (COMESA), la Communauté d'Afrique de l'Est (CAE) et la Communauté de développement d'Afrique australe (SADC). Conformément à cet accord, chaque pays est tenu de construire des infrastructures sur son territoire (la Zambie étant le coordinateur principal du projet) et de mettre en place des mécanismes commerciaux.

Autre projet phare en cours de construction : l'interconnecteur Zizabona reliant le Zimbabwe, la Zambie, le Botswana et la Namibie, d'une capacité de 600 MW, qui devrait permettre d'échanger l'électricité produite par les centrales hydroélectriques existantes et potentielles de la Zambie et du Zimbabwe²⁵³. Étant donné l'importance des montants engagés (5 milliards de dollars US), la SADC invite ses États membres à adopter d'ici 2019 des tarifs reflétant les coûts afin de susciter l'intérêt des investisseurs privés pour le projet. Neuf autres projets prioritaires de transport d'électricité sont en préparation, pour un montant de 4 milliards de dollars US. L'engagement de l'Afrique du Sud à acheter 2 500 MW d'électricité produite par le barrage du Grand Inga a donné au projet un coup de pouce indispensable. Il reste maintenant à déterminer la trajectoire optimale pour les lignes électriques qui relieront les deux pays. Des interconnecteurs pourraient également être mis en place afin de relier le barrage au Nigéria et à l'Égypte.

Initiatives en cours

Lignes électriques : l'Afrique de l'Est investit massivement dans le déploiement de lignes à haute tension dans le but d'intégrer les marchés énergétiques régionaux²⁵⁴. Un certain nombre de lignes électriques devraient être achevées entre 2016 et 2018 afin de relier le Kenya et l'Ouganda, l'Éthiopie et le Kenya ou encore la Tanzanie et le Kenya. Une partie de leur financement sera assurée par des investisseurs chinois, comme dans le cas du projet de raccordement électrique entre l'Éthiopie et le Kenya. On déplore généralement les retards systématiques de ces

projets, dus au manque de planification et de coordination, aux déficits de financement et à d'autres problèmes tels que les conflits fonciers.

Capacités de production : en Afrique de l'Est, la centrale hydroélectrique de Rusizi III a récemment obtenu 138 millions de dollars US de financements (sur un montant total de 625 millions de dollars US) de la Banque africaine de développement, en tant que projet prioritaire²⁵⁵ du Programme de développement des infrastructures

en Afrique. Cette initiative régionale, qui doit couvrir la République démocratique du Congo et le Rwanda et alimenter le Pool énergétique de l'Afrique de l'Est, augmentera de 147 MW la capacité de production d'électricité de la région. Il s'agit du premier projet réalisé dans le cadre d'un partenariat public-privé en Afrique de l'Est, sous la supervision de l'Organisation de la CEPGL pour l'énergie des Grands Lacs.

Les projets énergétiques menés en Afrique australe étaient censés augmenter de 3 GW la capacité du réseau régional²⁵⁶ en 2016. L'Afrique du Sud devait y contribuer

Tendances du commerce de l'énergie

Certains experts affirment que l'électricité deviendra bientôt la marchandise la plus échangée, en particulier sur le marché de l'Afrique australe²⁵⁷. Le commerce de l'énergie est en augmentation au sein du Pool énergétique d'Afrique australe, où les échanges ont été évalués à 50 millions de dollars US entre avril 2014 et mars 2015²⁵⁸. Le volume échangé dépassait 900 000 MWh, contre 508 000 MWh l'année précédente, en raison des échanges d'électricité à court terme pratiqués par les pays du pool énergétique dans le but de réduire les coupures de courant et les délestages électriques. Les investissements en faveur de l'interconnectivité régionale seront poursuivis.

L'hydroélectricité continuera sans doute à dominer le commerce régional de l'énergie, en particulier en Afrique de l'Est. Sa part dans le bouquet énergétique devrait augmenter sur le marché de l'Afrique australe, puisque la République démocratique du Congo est censée produire 430 MW supplémentaires pour alimenter le Pool énergétique d'Afrique australe au cours de l'année 2016. Le gaz s'impose de plus en plus comme une ressource majeure, en particulier en Afrique australe, qui prévoit de mettre en place le Pipeline de la Renaissance africaine afin de relier le Mozambique à l'Afrique du Sud²⁵⁹. La Tanzanie, elle-même un important producteur de gaz, se prépare à entamer la réalisation d'un gazoduc qui reliera l'Ouganda. Une partie de l'électricité produite permettra de répondre aux besoins en électricité des deux pays.

pour la plus grande part en commandant au moins trois centrales électriques pouvant produire au total plus de 1,5 GW. Les initiatives menées en Zambie (300 MW) et en République démocratique du Congo (430 MW) ont également beaucoup contribué au renforcement du Pool énergétique d'Afrique australe. L'Angola a annoncé des investissements massifs dans des projets énergétiques alors que le pays est durement touché par la chute des prix du pétrole. Il était censé augmenter la capacité de production de la région de 780 MW en 2016, alors qu'il n'était même pas encore relié au pool énergétique régional.

Quant aux initiatives régionales de construction de gazoduc, l'expérience du Ghana incite à la prudence. Achevé en 2005, le gazoduc ouest-africain de 680 km n'a en effet pas fourni de gaz au Ghana avant 2008. Depuis qu'il est enfin opérationnel, l'approvisionnement est intermittent en raison d'actes de vandalisme commis plus en amont, au Nigéria, mais également d'autres dommages et irrégularités. La situation est rapidement devenue désastreuse, et des pénuries régulières de gaz ont contraint le Ghana à rationner l'électricité²⁶⁰. Compte tenu de la récente découverte de gisements de gaz offshore, le Ghana étudie désormais des solutions alternatives pour résoudre ses problèmes de gaz. Le gazoduc ouest-africain s'étant tari, le pays cherche à exploiter ses propres gisements et à commander de nouvelles centrales à gaz afin de pallier le manque d'approvisionnement en gaz à l'échelle régionale²⁶¹.

Le commerce régional de l'énergie a récemment évolué avec la commercialisation de l'électricité produite par la centrale géothermique d'Olkaria, au Kenya, qui doit alimenter le Pool énergétique de l'Afrique de l'Est. L'accord initial prévoyait la vente de 30 MW d'électricité du Kenya au Rwanda via l'Ouganda avant juillet 2015. Cette année, ces trois pays commenceront à échanger 15 MW d'électricité, malgré des retards dans la réalisation de la ligne électrique de 400 kV et d'une capacité d'échange de plus de 500 MW qui doit les relier²⁶².

Compte tenu du changement climatique et des sécheresses récurrentes, la diversification du bouquet énergétique et la réduction de la dépendance à l'hydroélectricité contribueront fortement au renforcement du commerce régional de l'énergie et des pools énergétiques régionaux. Des experts de la région du SAPP mettent toutefois en

garde contre une hausse du recours aux énergies propres dans les pools énergétiques régionaux, qui provoquerait une intensification des problèmes de charge et de sécurité de l'approvisionnement, comme à Cabo Verde par exemple.

Défis

Malgré des progrès encourageants, la voie qui mène vers l'instauration d'un unique réseau électrique géant en Afrique est semée d'embûches. La mise en place d'initiatives énergétiques régionales est limitée par un certain nombre de goulets d'étranglement et de faiblesses. Il convient d'adopter de nouvelles stratégies d'atténuation et de réduction des risques dès lors que les dynamiques dépassent les compétences des pools énergétiques régionaux.

Infrastructures et marchés énergétiques : le manque d'infrastructures est souvent cité comme un obstacle majeur à la coopération énergétique régionale. Un réseau de transport transfrontalier efficace et fiable est une condition indispensable à l'intégration des marchés énergétiques. L'un des problèmes, généralement passé sous silence, est que les pays adoptent une posture protectionniste vis-à-vis de leurs plans énergétiques nationaux et sont réticents à l'idée de dépendre d'importations d'électricité, de peur de devenir énergétiquement dépendants. Autre source d'inquiétude : la taille limitée des marchés énergétiques régionaux, qui tend à faire augmenter les coûts de la production d'électricité au lieu de les faire diminuer. Il est nécessaire de développer la demande d'électricité lorsque l'on met en œuvre des projets de grande envergure, et un large soutien est jugé nécessaire pour justifier l'envergure et le coût des grands projets d'infrastructure²⁶³.

Coopération régionale : une forte coopération régionale est essentielle à la réussite des grands projets régionaux ; elle doit être régie par un cadre réglementaire solide. Les pays doivent coordonner toutes les activités relatives au projet tout au long son cycle de vie et régler les problèmes à mesure qu'ils se présentent, notamment en matière de sécurité énergétique²⁶⁴. La récente sortie de l'Égypte du Pool énergétique de l'Afrique de l'Est en raison de l'utilisation des eaux du Nil est un exemple typique d'échec de coopération²⁶⁵. Le plan directeur signé par l'ensemble des États membres à l'exception de l'Égypte sera mis en œuvre comme prévu, mais l'annonce de l'Égypte va probablement retarder la réalisation des interconnexions Libye-Égypte et Égypte-Soudan.

Gouvernance : des modalités de gouvernance doivent être définies afin de clarifier et d'accélérer les initiatives énergétiques régionales²⁶⁶ : gestion par une entreprise privée, publique ou partenariat public-privé, définition de la collaboration entre divers blocs et groupements régionaux, explication des systèmes d'enchères, et mise au point concernant le nombre d'entités impliquées et le partage des bénéfices issus des accords d'achat d'électricité.

Financement : les projets régionaux nécessitent des investissements colossaux, et le financement constitue un défi permanent. Les banques multilatérales, et en particulier la Banque africaine de développement, assurent une partie du financement, généralement complétée par

d'autres sources (États-Unis, Chine et Union européenne, notamment). Malgré la contribution des recettes tirées des exportations d'électricité, les pays d'Afrique doivent chercher d'autres moyens de mobiliser des financements, souvent sous la forme de dotations budgétaires.

Mettre au point un modèle économique viable : une étude sur les interconnexions dans le bassin méditerranéen affirme qu'il est indispensable de mettre au point un modèle économique adéquat pour les interconnexions régionales²⁶⁷. Selon cette étude, un modèle économique performant doit comporter les caractéristiques suivantes:

- mesures permettant d'encourager l'investissement ainsi qu'un fonctionnement efficace ;
- gestion des risques et des incertitudes ;
- coordination de la planification et de la gouvernance.

Les pools énergétiques régionaux africains n'ayant pas tous le même niveau d'interconnexion et la même structure de marché, il n'est pas évident de choisir entre un système réglementé et un système fondé sur le marché.

PRENDRE LES BONNES DÉCISIONS FINANCIÈRES POUR RENDRE L'ÉNERGIE DURABLE

Malgré d'importantes contraintes budgétaires, de nombreux pays d'Afrique s'emploient à assurer l'accès universel à l'énergie d'ici 2030, conformément à l'objectif de développement durable 7. Comment les responsables de la planification déterminent-ils quelle solution (dispositifs autonomes ou hors réseau, mini-réseaux ou réseau national) offre le meilleur rapport qualité-prix, compte tenu de critères tels que la situation géographique, les sources d'énergie ou encore les revenus et la consommation électrique des consommateurs ? L'évaluation financière est un outil essentiel qui permet aux décideurs de comparer, de sélectionner, de financer, de réaliser et de poursuivre des projets de production, de transport et de distribution d'énergie.

Coûts liés à la situation géographique : dans chaque localité, quatre grands paramètres sont pris en considération : i) la quantité et la qualité d'énergie nécessaires, ii) la densité de population, iii) l'existence d'un raccordement au réseau à proximité, et iv) les autres ressources locales disponibles et le coût des technologies permettant de les utiliser pour fournir de l'électricité²⁶⁸. L'estimation de la quantité et de la qualité d'énergie nécessaires s'appuie sur une échelle (**figure 15**) allant

du niveau 0 (lampes torches et radio uniquement, ou consommation inférieure à 3 kWh par foyer et par an) au niveau 5 (appareils gourmands en énergie ou fonctionnant en continu, comme la climatisation, ainsi que le chauffage de l'eau, le repassage, le pompage, la cuisson du riz et la réfrigération, pour une consommation supérieure à 2 121 kWh par an). Une faible densité de population entraîne des coûts par foyer raccordé plus importants et influence les choix en matière de transport et de distribution. La distance du réseau le plus proche influe à la fois sur le coût du raccordement et sur les pertes liées au transport, et le coût de l'électricité en réseau est également important. D'autres sources énergétiques locales peuvent être disponibles à proximité, notamment des ressources éoliennes, solaires, hydroélectriques ou de biomasse. Le coût et la disponibilité du diesel doivent également être pris en compte.

L'utilisation de ces paramètres permet de déterminer dans chaque cas la meilleure solution en matière de technologie et de raccordement, en fonction de deux mesures : le coût total par foyer raccordé entre 2015 et 2030, et le coût moyen actualisé de l'électricité, qui détermine si un projet pourrait atteindre l'équilibre financier au cours



de son cycle de vie. Il est possible d'utiliser des systèmes d'information géographique (SIG) ou d'autres logiciels de géolocalisation, à la fois pour explorer des solutions locales et pour réaliser des études régionales complexes. Des chercheurs ont ainsi créé des cartes des différents types de raccordement pour plusieurs régions du Nigéria et de l'Éthiopie, en s'appuyant sur l'extension attendue des principales lignes électriques et sur les centrales électriques en activité, en cours de construction, prévues ou envisagées. Selon leurs conclusions, l'électricité en réseau serait la solution la moins coûteuse pour 85 % des foyers nouvellement électrifiés au Nigéria et pour 93 % en Éthiopie, mais les mini-réseaux et les dispositifs autonomes seraient intéressants dans les régions affichant une faible densité de population, ce qui est le cas pour une grande partie de l'Éthiopie.

Accessibilité économique : un tiers de la population des 22 pays d'Afrique subsaharienne étudiés consomme de l'électricité, dont une proportion démesurément élevée de citoyens riches²⁶⁹, alors que deux tiers des foyers se situent en zone rurale. Même dans les communautés où il existe un raccordement, tous les foyers n'ont pas accès à l'électricité, essentiellement en raison de coûts trop élevés. Seuls six de ces pays proposaient des prix très bas pour une faible consommation (inférieure ou égale à 30 kWh par mois). Le problème de l'accessibilité est par ailleurs amplifié par le partage des compteurs entre plusieurs foyers et les coûts de raccordement élevés.

On considère que l'électricité est « accessible » si les foyers ayant une consommation inférieure ou égale à 30 kWh par mois consacrent moins de 5 % de leurs dépenses mensuelles à ce poste. L'électricité en réseau (ne serait-ce que le minimum vital) reste hors de portée des populations pauvres dans 11 pays, et la situation est encore pire si l'on prend en compte les frais de raccordement. Certains foyers paient trop peu, voire pas du tout, en recourant à la fraude (piratage des compteurs), au vol (raccordements illégaux), aux irrégularités en matière de facturation, ou en ne payant pas leurs factures. Plusieurs mesures

ont été identifiées pour favoriser l'accès à l'électricité des populations pauvres : compteurs individuels, subventionnement des installations, encouragement des compteurs prépayés, redéfinition des tarifs pour une consommation minimale (« tarifs sociaux »), et lutte contre la corruption afin d'éliminer les pots-de-vin. Les compteurs prépayés favorisent les petites transactions fréquentes (plus adaptées qu'un cycle de facturation mensuel pour les foyers pauvres), suppriment les coûts de raccordement et évitent les factures impayées.

Dans le même ordre d'idées, une étude plus récente²⁷⁰ a révélé que sur 27 pays d'Afrique, deux tiers avaient recours à une tarification progressive, et que certains proposaient des subventions supplémentaires pour les personnes pauvres, malgré des frais fixes parfois relativement élevés (1 à 3 dollars US par mois). En moyenne, les tarifs en vigueur étaient accessibles pour 90 % des consommateurs existants ; en revanche, ils ne seraient accessibles que pour 25 % des foyers n'ayant pas encore été raccordés. Si près de 80 % des pays ont totalement récupéré leurs coûts opérationnels, seuls 30 % ont recouvré la totalité de leurs dépenses d'investissement.

Les coûts de raccordement sont particulièrement importants pour l'approvisionnement en énergie renouvelable hors réseau (installations solaires domestiques, notamment). Les consommateurs à faible revenu n'ont généralement pas les capitaux nécessaires pour en acquérir, et leur déploiement nécessite des modèles économiques innovants²⁷¹.

Déficit de financement : on estime²⁷² que sur les 8 milliards de dollars US consacrés au financement des infrastructures énergétiques africaines en 2013, près de la moitié provient de financements publics nationaux, le reste émanant de la participation du secteur privé dans les projets d'infrastructure, du financement public du développement et des investissements chinois. Comme nous l'avons indiqué dans le rapport 2015 de l'Africa Progress Panel, intitulé Énergie, population et

planète, le coût total des besoins de financement pour les infrastructures énergétiques s'élevait à 63 milliards de dollars US rien qu'en 2013, soit un déficit de financement de 55 milliards de dollars US.

Le financement public du développement, principale source de financement externe des infrastructures dans les années 1990, est resté important : il représentait en 2012 près de 35 % de l'ensemble des financements, avec 3,5 milliards de dollars US investis dans des projets énergétiques. La participation du secteur privé dans les projets d'infrastructure connaît une croissance rapide, mais seuls 19 % du montant total des financements accordés entre 2005 et 2013 concernait le secteur de l'électricité. Les financements privés et chinois ont principalement profité à la production d'électricité, tandis que le transport et la distribution ont essentiellement été financés par les gouvernements et la Chine. Entre 2010 et 2015, la Chine a financé un cinquième des investissements réalisés dans le secteur de l'énergie en Afrique, soit 13 milliards de dollars US. Les énergies renouvelables représentaient 56 % de la capacité de production (dont 49 % pour l'hydroélectricité). L'initiative américaine Power Africa, un plan de 7 milliards de dollars US sur quatre ans, a permis de coordonner diverses agences américaines et entreprises privées. Quant à l'Union européenne, elle renforce sa coopération énergétique avec l'Afrique par le biais du Partenariat Afrique-UE pour l'énergie.

Les coûts initiaux des grands projets d'énergie renouvelable sont généralement plus élevés que ceux des projets à forte émission de carbone (construction de centrales à charbon ou autre ressource, par exemple). Il convient de définir des mesures incitatives appropriées afin d'adopter, en matière de bouquet énergétique, une stratégie globale et à plus long terme, qui bénéficiera au monde entier en minimisant les émissions de carbone.

Les États pourraient améliorer l'efficacité de leurs processus d'investissement : 40 % des investissements publics effectués dans les pays à faible revenu²⁷³ sont en effet gaspillés en raison des retards, des majorations de coût et d'un entretien insuffisant. Les marchés de capitaux nationaux pourraient être un vecteur utile pour lever

des financements à long terme en devises locales dans les infrastructures, sous forme d'obligations ou autres investissements. Ils pourraient également encourager l'épargne institutionnelle à long terme (fonds de pension et d'assurance, notamment) et le recours à des instruments en devises locales pour les investisseurs étrangers. Les financements en devises locales sont d'ailleurs dopés par la Banque africaine de développement et la Société financière internationale.

Élargir le portefeuille d'études de faisabilité bancaire permettrait d'encourager les investissements. Ces études pourraient être réalisées par les gouvernements nationaux, les communautés économiques régionales, les financiers et les organisations multilatérales, les experts et les unités spécialisées dans la préparation de projets. Les mécanismes d'atténuation des risques existants, tels que l'Agence multilatérale de garantie des investissements (MIGA) de la Banque mondiale et les garanties partielles de risque de son Association internationale de développement, sont essentiels si l'on souhaite lancer de nombreux projets et réduire leurs coûts.



Les banques d'investissement et de développement peuvent se spécialiser dans l'élaboration et la mise en œuvre des projets et passer le relais à d'autres institutions (les fonds de pension, par exemple) une fois les flux de liquidité devenus plus prévisibles²⁷⁴. Par ailleurs, la présence d'un partenaire tel que la Banque africaine de développement ou la Banque mondiale dans un consortium est encourageante pour les investisseurs privés, qui se disent qu'une telle structure pourra faire pression sur les gouvernements afin qu'ils honorent leurs engagements.

Pour attirer un plus grand nombre d'investisseurs privés et internationaux, il convient de relever plusieurs défis, notamment réduire les risques politiques et liés

au pays, veiller à ce que la rentabilité des projets soit proportionnelle aux risques encourus, et améliorer l'environnement juridique et réglementaire²⁷⁵. Plusieurs mesures permettraient de favoriser les investissements dans des projets énergétiques : la prévisibilité des régimes tarifaires, la simplification des procédures d'octroi de licences, l'harmonisation des accords d'achat d'énergie en fonction des technologies utilisées, et l'adoption d'outils de planification énergétique réalistes²⁷⁶. La faisabilité des projets de production d'électricité repose essentiellement sur les accords d'exploitation ou d'achat d'énergie. Les investissements en faveur du transport et de la distribution nécessitent également des services énergétiques solvables, bien gérés et ayant les moyens de respecter leurs obligations, ainsi que des réseaux efficaces ne perdant pas trop d'argent en pertes et en défaillances.

Financer l'industrie : le manque d'électricité est source de coûts rédhibitoires pour les entreprises. Selon les chefs d'entreprise, l'approvisionnement énergétique est le principal obstacle à la croissance de la région. On estime²⁷⁷ que les entreprises africaines perdent 5 % de leurs ventes annuelles à cause des coupures de courant. Les générateurs diesel privés fournissent déjà plus de 5 % de l'électricité totale, essentiellement pour des entreprises, et les coûts de l'utilisation de générateurs de secours représentent 1 à 4 % du produit intérieur brut (PIB). Les fabricants nigériens, par exemple, consacrent à la production d'électricité une part de leurs coûts de fabrication quatre à huit fois supérieure à celle de leurs concurrents dans des économies similaires.

Les entreprises pourraient pourtant créer des unités de production d'énergie « captives »²⁷⁸, stratégiquement situées dans des zones à forte demande, comme nous l'avons souligné dans la partie II ci-dessus. Ces mini-réseaux pourraient améliorer la fiabilité et la qualité de l'approvisionnement énergétique (un atout essentiel pour la compétitivité de l'industrie manufacturière), réduire les pertes liées au transport et diminuer sensiblement le temps, la planification et les capitaux investis dans les nouveaux projets. Les consommateurs pourraient ajouter ou retirer des unités de production en fonction de l'évolution de la demande, mais également revendre leur

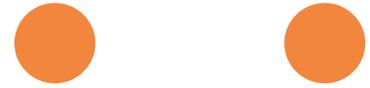
excédent d'électricité, qui serait réinjecté dans le réseau national. Les sociétés d'approvisionnement en électricité pourraient choisir leurs clients en fonction de leur solvabilité au lieu de dépendre d'un seul acheteur (société de distribution ou entreprise publique). Elles pourraient également assurer une production plus propre et plus efficace que les générateurs diesel individuels, auxquels de nombreuses entreprises ont recours actuellement. Pour fonctionner, ces mini-réseaux captifs nécessitent un environnement politique et réglementaire favorable, des industries locales bien implantées, un approvisionnement fiable en combustibles (gaz, notamment), et des compétences techniques et entrepreneuriales. Cette solution, qui constitue une option de placement évolutive et viable, permettrait de s'attaquer au déficit énergétique qui paralyse les entreprises.

Le manque d'électricité en Afrique freine le développement du continent. Il fait obstacle aux entreprises qui favorisent la croissance économique et l'emploi, dans la mesure où leurs concurrents ont accès à de l'énergie moins coûteuse et plus fiable. Le fossé énergétique compromet également le développement, l'éducation et la santé à l'échelle des foyers.

Ce rapport montre que les décideurs africains ont de nombreuses options à leur disposition : réformer les réglementations, restructurer les services énergétiques, opter pour une planification globale et encourager diverses solutions en fonction de chaque situation, ou encore intégrer l'électricité produite par les dispositifs hors réseau, les mini-réseaux et les énergies renouvelables dans le réseau national tout en élargissant l'accès à ce dernier. Il met en évidence les mesures et les réformes nécessaires pour atteindre ces objectifs et explique à l'aide d'exemples concrets comment financer ces projets et améliorer l'efficacité et la durabilité des systèmes énergétiques.

Ce rapport met l'accent sur les réussites spectaculaires déjà enregistrées en Afrique et propose des solutions pouvant être reproduites à plus grande échelle par d'autres pays.





PARTIE IV. RECOMMANDATIONS POLITIQUES

Les besoins énergétiques considérables de l'Afrique ont accentué le sentiment d'urgence et accru le niveau d'ambition du continent, où de nouvelles initiatives ont vu le jour depuis la publication du Rapport 2015 sur les progrès en Afrique, intitulé Énergie, population et planète. Ce nouveau rapport montre comment maintenir et intensifier ce sentiment d'urgence et cette ambition en utilisant tous les moyens disponibles pour accélérer l'électrification, en réseau et hors réseau, par le biais de projets de toute envergure. Nous évoquons également la possibilité pour l'Afrique de faire un grand bond en avant en tirant parti des nouvelles forces qui bouleversent actuellement les marchés technologiques et énergétiques dans le monde entier. (Voir l'infographie « Les technologies de rupture libèrent l'avenir énergétique de l'Afrique »)

Cette section présente quelques-unes des grandes recommandations politiques de ce rapport et met en évidence les ingrédients nécessaires à la transition énergétique de l'Afrique : les cadres nationaux et régionaux de planification, les cadres politiques et réglementaires, le financement, le renforcement des capacités, les réformes du secteur de l'énergie, le développement de nouveaux systèmes énergétiques, et les mesures spécifiques en faveur de l'énergie solaire hors réseau, des autres énergies renouvelables et des mini-réseaux.

Ces recommandations politiques (tout comme l'ensemble de ce rapport, d'ailleurs) reposent sur les messages clés suivants.

Premièrement, si les pays veulent mieux contrôler leur évolution en matière d'énergie, ils doivent trouver des solutions pour combler leur grave déficit de capacités. Ils

devront procéder à des investissements considérables et mettre en œuvre une stratégie à long terme afin de créer les établissements d'enseignement qui fourniront la main-d'œuvre technique, administrative et politique nécessaire.

Deuxièmement, et dans le même ordre d'idées, les acteurs nationaux doivent jouer un rôle plus affirmé et plus central dans la planification, le financement et la mise en œuvre des projets.

Troisièmement, le consensus mondial sur la transition vers les énergies renouvelables est extrêmement encourageant. Cependant, avec un financement des investissements dans l'énergie de plus en plus axé sur les sources d'énergie renouvelable, les pays d'Afrique risquent d'opérer cette transition en prenant du retard dans la construction des infrastructures de production, de transport et de distribution dont ils ont besoin. C'est pourquoi nous avons appelé les pays à adopter un bouquet énergétique judicieux, qui leur permettra de répondre à leurs besoins énergétiques urgents à court terme tout en assurant leur transition vers les énergies renouvelables de façon progressive et suivant un calendrier réaliste.

Enfin, la coopération Sud-Sud est essentielle : bon nombre des enseignements et des ressources nécessaires pour propulser l'Afrique dans une nouvelle ère alimentée par les énergies renouvelables viendront des pays du Sud. Comme nous l'avons souligné dans ce rapport, l'innovation est déjà en marche, stimulée par les possibilités de bond en avant. Les enseignements tirés des initiatives menées avec succès dans les pays et régions en développement du monde entier seront décisifs pour la transformation énergétique de l'Afrique.

LES TECHNOLOGIES DE RUPTURE LIBÈRENT L'AVENIR ÉNERGÉTIQUE DE L'AFRIQUE

Une transformation radicale qui remanie les marchés

GRANDES TENDANCES MONDIALES :

Les évolutions en matière d'urbanisation, de démographie, de technologie et de politique modifient les règles fondamentales et ouvrent des marchés.

LE RACCOURCI TECHNOLOGIQUE DE L'AFRIQUE :

En adoptant directement les technologies mobiles sans passer par les lignes fixes, l'Afrique a démontré ses capacités d'adaptation et d'innovation.

ÉCHELLE, PORTÉE ET COMPLEXITÉ :

Le marché de l'énergie est bien plus important que celui des télécommunications, ce qui présume une transformation massive et rapide.

MONDE

Réorganisation des marchés : les grandes entreprises révolutionnaires

UBER

facebook

TESLA

Grandes tendances mondiales : bouleversement du secteur de l'énergie



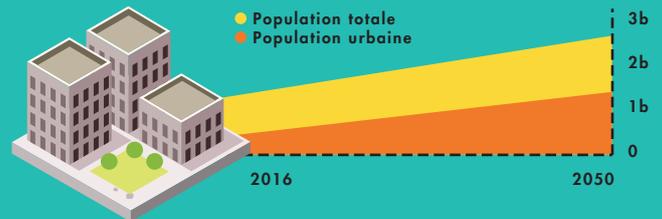
Les innovations en matière de stockage d'énergie pourraient permettre aux consommateurs hors réseau de devenir autosuffisants



Les technologies permettant d'économiser de l'énergie, telles que Ecoisme, Rachio, Ecobee et Tado° peuvent suivre la consommation énergétique de tout appareil et donner des conseils afin de diminuer la consommation.

AFRIQUE

Démographie : La population de l'Afrique devrait atteindre 2,5 milliards de personnes d'ici 2050



Urbanisation : En 2050, la moitié de la population africaine vivra dans des villes, contre à peine plus d'un tiers aujourd'hui



Technologie : Les avancées technologiques offrent de nouvelles possibilités pour la fourniture d'énergie, concernant notamment les systèmes en réseau, hors réseau, les mini-réseaux et les technologies hybrides



Évolution des priorités politiques : L'accès à l'énergie est devenu un impératif sur le plan politique. De nouvelles politiques et réglementations favorisent l'accroissement des investissements dans le secteur de l'énergie

Entreprises africaines favorisant une économie à faible émission de carbone



M-Kopa : (Kenya, Tanzanie, Ouganda) Un modèle d'entreprise révolutionnaire qui permet aux clients d'accéder à l'énergie solaire} en payant peu à peu



Sahelia Solar : (Burkina Faso) Fournit de l'énergie solaire hors réseau à de petites entreprises au moyen d'un système de paiement à l'utilisation



Mandulis Energy : (Ouganda) Produit de l'électricité de manière fiable et pour un coût abordable à partir de déchets issus de l'agriculture ou de l'industrie agroalimentaire pour les communautés des marchés émergents qu'elles soient ou non raccordées au réseau



Programme de partenariat pour le biogaz en Afrique : (Burkina Faso, Éthiopie, Kenya, Ouganda, Tanzanie) Pourrait permettre de remplacer les cuisinières traditionnelles utilisées par 500 000 personnes d'ici 2017

RENFORCER LES CADRES POLITIQUES NATIONAUX ET RÉGIONAUX

Élaborer des cadres politiques nationaux favorables et cohérents pour des stratégies d'électrification

prévoyant :

- Une planification visant à encourager les partenariats public-privé (PPP), le cas échéant, et à proposer une large gamme de solutions (énergie hors réseau et mini-réseaux, énergies renouvelables et conventionnelles) en s'appuyant sur un transport, une distribution aux consommateurs et un recouvrement des recettes efficaces ;
- Un système national de planification et d'évaluation de projets bien défini, utilisant notamment des outils de planification fondés sur un système d'information géographique (SIG) ;
- Les outils de mesure utilisés pour l'intégration des solutions hors réseau et des mini-réseaux, notamment pour assurer leur compatibilité avec le réseau ;
- Le rythme de développement de l'électrification, qui devra être en phase avec les objectifs dans ce domaine, que le système soit centralisé ou décentralisé ;
- Un environnement opérationnel stable, avec des politiques, des réglementations, des normes et des processus clairs et prévisibles ;
- Des mécanismes de tarification spécifiques aux projets de mini-réseaux et d'énergies renouvelables et adaptés aux conditions socioéconomiques ;
- Un engagement à optimiser les bénéfices du secteur énergétique en développant les chaînes de valeur locales (fabrication et recherche-développement), qui créeront des emplois à la fois pour les travailleurs très qualifiés et très peu qualifiés, et en nouant des liens avec d'autres secteurs économiques ;
- Une très bonne capacité des institutions publiques à réaliser des analyses de qualité et à mettre en œuvre des politiques ;
- Un renforcement des capacités, des compétences et de l'expérience ;
- Un engagement en faveur de l'inclusion et de la durabilité environnementale.

Renforcer la coopération politique régionale

- Accélérer l'intégration énergétique régionale grâce à des réglementations transfrontalières et des modèles économiques efficaces ;
- Investir massivement dans des infrastructures régionales de transport de l'énergie ;
- Harmoniser les codes de réseau à l'échelle régionale pour les énergies renouvelables, la qualité de l'approvisionnement énergétique et la planification de la production et du transport de l'énergie ;
- Mettre en place des mécanismes commerciaux et encourager les échanges d'électricité transfrontaliers et interrégionaux en élaborant de nouvelles dispositions en la matière ;
- Mobiliser des financements alternatifs pour les initiatives énergétiques régionales.



ÉNERGIE SOLAIRE HORS RÉSEAU : GRAVIR L'ÉCHELLE ÉNERGÉTIQUE

Poser les bases d'une industrie solaire hors réseau dynamique

- Favoriser la transparence de la planification électrique afin de permettre aux familles et aux communautés d'investir dans la production d'énergie hors réseau en sachant quand elles pourront être raccordées à un réseau plus large ;
- Engager les fournisseurs à étudier les modalités d'une participation au marché du hors réseau ;
- Intégrer des objectifs et des échéances concernant le nombre d'installations solaires à proposer sur les différents marchés, soulignant ainsi l'aide apportée aux acteurs privés.

Stimuler le marché de l'énergie solaire hors réseau

- Supprimer les droits de douane et autres obstacles (complexité des procédures d'importation, notamment) afin d'accélérer l'adoption des technologies solaires hors réseau ;
- Envisager l'octroi de subventions basées sur les performances afin d'attirer de nouveaux acteurs sur le marché ;
- Étudier les modèles et les méthodes permettant de débloquer des financements nationaux privés ;
- Combler le déficit de financement en assouplissant les réglementations qui limitent les échanges de devises et en accroissant les finances publiques ou en octroyant des garanties de prêt.

Développer à grande échelle le marché de l'énergie solaire hors réseau

- Apporter un soutien financier et technique afin de former des techniciens en énergie solaire et d'encourager les entrepreneurs qui fabriquent et distribuent des installations solaires et des appareils économes en énergie ;
- Veiller à ce que des prêts à la consommation soient proposés par les organismes de microfinancement ou disponibles par le biais de mécanismes de facturation à l'utilisation ;
- Mettre en place l'environnement réglementaire et les infrastructures nécessaires pour proposer des services bancaires mobiles dans les pays où ces derniers ne sont pas encore disponibles ;
- Établir des lignes de crédit pour permettre aux organismes de microfinancement de consentir des prêts destinés à financer des solutions solaires ;
- Sensibiliser les populations aux avantages de l'éclairage électrique en termes de santé et d'économies potentielles ;
- Stimuler l'innovation dans le domaine des appareils économes en énergie adaptés au marché du hors réseau en soutenant des programmes de formation technique, en renforçant les lois sur la propriété intellectuelle et en investissant dans la recherche et le développement.

MINI-RÉSEAUX : DESSERVIR LE « MAILLON MANQUANT »

Concevoir une stratégie appropriée pour les mini-réseaux

- Élaborer une politique relative aux tarifs pouvant être facturés par les opérateurs de mini-réseaux ;
- Nouer des liens avec le secteur productif de manière à assurer la viabilité financière des mini-réseaux ;
- Élaborer une politique définissant le type de modèles de mini-réseaux à utiliser : technologies, usage (communautaire, industriel, commercial), taille, compatibilité en vue d'une intégration au réseau national (au niveau des normes des réseaux de distribution) et stratégies de sortie pour les investisseurs dans l'éventualité d'un raccordement au réseau national.

Concevoir un cadre réglementaire et politique cohérent pour les mini-réseaux

- Réglementations techniques définissant des normes d'ingénierie et de construction, règles environnementales et normes de qualité de service ;
- Réglementations financières régissant les tarifs (essentielles pour la viabilité financière de l'exploitation de mini-réseaux), réglementations fiscales, mesures incitatives et subventions publiques, et réglementations visant les mécanismes de financement ;
- Réglementations concernant les procédures : règles d'octroi de licences et de permis (pour la production et la distribution d'électricité, par exemple), réglementation des contrats, exigences en matière d'engagement communautaire et procédures de connexion aux services et de déconnexion.

RÉPARER ET DÉVELOPPER LE RÉSEAU

Améliorer l'efficacité de la planification énergétique

- Identifier et exécuter les projets prioritaires qui généreront des retours rapides en termes de développement et de renforcement des infrastructures énergétiques (approvisionnement énergétique, transport et distribution, nouveaux réseaux) ;
- Améliorer la couverture du réseau électrique et réduire les disparités et les interruptions, en s'appuyant notamment sur les avancées technologiques ;
- Ajuster les tarifs de façon à assurer la viabilité des nouveaux projets de réseaux, et expliquer aux populations la nécessité d'une telle démarche : une tarification progressive assure l'accessibilité financière de l'électricité pour les personnes pauvres,

et des tarifs compétitifs encouragent l'industrie et les petites et moyennes entreprises tout en offrant un approvisionnement moins cher et plus fiable qu'avec des générateurs autonomes (diesel ou autre).

Réduire les pertes

- Améliorer la maintenance et l'efficacité, et limiter les pertes lors du transport et de la distribution ;
- Réduire les vols d'électricité grâce à des solutions techniques/d'ingénierie, à des méthodes de gestion et à un changement de système ;
- Renforcer les systèmes de recouvrement des recettes ;
- Veiller à ce que le secteur public, responsable d'une part importante des factures d'électricité non payées, montre l'exemple en réglant ses factures dans les délais.

Améliorer le financement

- Proposer des accords d'exploitation sûrs, avec des prix et des tarifs prévisibles et réglementés, et veiller à ce que les acheteurs d'énergie qui signent ces accords aient la solidité financière suffisante pour les honorer ;
- Identifier et créer des cadres solides afin de stimuler le financement local des infrastructures et des projets énergétiques, en intervenant notamment sur le climat d'investissement, le cadre réglementaire destiné aux producteurs d'électricité indépendants et autres partenariats public-privé, et le cadre applicable aux marchés de capitaux afin de répondre aux besoins des partenaires de financements locaux, nationaux et internationaux, avec notamment des circuits pour les devises locales (obligations pour la construction d'infrastructures, par exemple).



Accélérer l'approvisionnement en énergies renouvelables

- Créer des mesures incitatives afin d'accroître la part des énergies durables et renouvelables dans le bouquet énergétique ;
- Cartographier les opportunités, utiliser des outils SIG pour recenser l'ensemble des différents projets d'énergies renouvelables (énergie éolienne, géothermique, hydroélectrique ou solaire, gaz naturel, biomasse, et méthane) et intégrer tous ces projets dans la planification ;
- Tirer les enseignements des initiatives menées avec succès dans des pays comme l'Afrique du Sud et le Maroc, où les coûts de production sont parmi les plus faibles au monde pour les sources d'énergie renouvelable. Le programme Renewable Energy Independent Power Producer Procurement Programme (REI4P) mis en place en Afrique du Sud pourrait ainsi être adapté, avec prudence, aux besoins des différents pays, dans la mesure du possible ;
- Envisager toute la panoplie de mesures politiques qui permettraient d'améliorer l'accès au marché et d'accroître l'approvisionnement en énergies renouvelables : objectifs en matière d'électrification, tarifs de rachat, ventes aux enchères d'énergie, exonérations fiscales et réductions d'impôts, notamment ;
- Veiller à intéresser les fonds de pension et les investisseurs afin qu'ils contribuent à résoudre les difficultés de financement à long terme des programmes d'énergie renouvelable.

S'assurer que les réformes du secteur de l'énergie profitent à tous

- Évoluer vers une participation généralisée du secteur privé dans le secteur de l'énergie, en s'attachant non seulement à améliorer l'efficacité et à réaliser des bénéfices, mais également à assurer un accès universel à l'énergie et à faire progresser le programme de développement au sens large ;
- Déterminer au cas par cas les réponses les plus appropriées parmi les diverses solutions possibles : partenariats public-privé, contrats de gestion, transformation des entreprises d'État en sociétés commerciales, dégroupage des services et producteurs d'électricité indépendants ;
- Veiller à l'existence de cadres juridiques, réglementaires et d'octroi de licences clairs afin de trouver un juste équilibre entre les besoins des populations et le développement, d'une part, et les mesures permettant d'inciter les investisseurs et les gouvernements à monter des projets, d'autre part. Mettre en place des mécanismes efficaces (instances réglementaires, notamment) afin de faire appliquer ces cadres. Il peut également s'agir d'accords avec les parties prenantes dans le cas des partenariats public-privé ;
- Établir des mécanismes de gouvernance solides afin d'accroître la responsabilité et la transparence des opérateurs d'énergie et de s'assurer que les financements sont effectivement affectés aux projets énergétiques et correctement utilisés (en minimisant la corruption et les problèmes de mauvaise gestion) ;
- Renforcer les capacités institutionnelles des entités gouvernementales (nouvelles et existantes) impliquées dans la transition vers des systèmes de production d'énergie propre, de façon à ce qu'elles puissent élaborer des projets énergétiques aptes à bénéficier de financements, mettre en place et gérer des systèmes d'enchères (comme l'a fait le programme REI4P en Afrique du Sud, par exemple), mobiliser des financements externes suffisants (y compris auprès de nouvelles sources comme la Chine et les États du Golfe) et nouer des partenariats innovants, notamment des partenariats public-privé et des partenariats entre différentes municipalités ;
- Mettre en place des systèmes adaptés (subventions ciblées, par exemple) afin d'aider et de protéger les consommateurs et de les encourager à produire de l'énergie (en leur donnant la possibilité de la réinjecter dans le réseau national, par exemple).

RÉFÉRENCES

- A.T. Kearney et GOGLA, 2014, Investment and Finance Study for Off-Grid Lighting, A.T. Kearney et Global Off-Grid Lighting Association (GOGLA), https://www.gogla.org/sites/www.gogla.org/files/recource_docs/investment-study-vol-2.pdf
- Africa Progress Panel, 2015, Énergie, population et planète : Saisir les opportunités énergétiques et climatiques de l'Afrique, Africa Progress Panel, Genève, http://www.africaprogresspanel.org/wp-content/uploads/2015/06/APP_FR_2015_Web_FINAL_PRINT.pdf
- Initiative pour les énergies renouvelables en Afrique (IAER), 2015, Un cadre permettant la transformation de l'Afrique vers un avenir énergétique, alimenté par les énergies renouvelables, accessibles à tous, IAER, http://www.arei.org/wp-content/uploads/2016/06/IAER-Cadre_FR.pdf
- Partenariat Afrique-UE pour l'énergie (PAEE), Africa-EU Energy Partnership Status Report Update: 2016, PAEE, Eschborn, Allemagne, <https://www.africa-energy.com/sites/default/files/AEEP-2016-final-web.pdf>
- Banque africaine de développement (BAfD), 2016a, Rapport annuel 2015 de la Banque africaine de développement, Banque africaine de développement, Abidjan
- Alstone, P., Gershenson, D. et Kammen, D., 2015, « Decentralized energy systems for clean energy access », Nature Climate Change, Vol. 5, publié en ligne le 25 mars 2015, NClimate 2512, <https://rael.berkeley.edu/wp-content/uploads/2016/04/Alstone-Gershenson-Kammen-NatureClimateChange-2015-EnergyAccess.pdf>
- Banque asiatique de développement (BAD), 2011, Viet Nam's Success in Increasing Access to Energy through Rural Electrification, BAD, Manille, <https://www.adb.org/sites/default/files/publication/28952/rural-electrification-vie.pdf>
- Bafana, B., 2016, « Africa's cities of the future », Africa Renewal, avril 2016, <http://www.un.org/africarenewal/magazine/april-2016/africa%E2%80%99s-cities-future>
- Baker, A., 2016, « How Rwanda turned a toxic menace into a source of power », Time, 17 mai 2016, <http://time.com/4338310/rwanda-kivu-watt-methane-lake-kivu/>
- Barber, D., 2014, « Solar panel factories spark job growth across Africa », AFK Insider, <http://afkinsider.com/48374/africas-solar-panel-manufacturing-creating-jobs/>
- Bates, M. et Bruce, N., non daté, WHO Indoor Air Quality Guidelines: Household Fuel Combustion Review 9: Summary of systematic review of household kerosene use, Organisation mondiale de la Santé, Genève, http://www.who.int/indoorair/guidelines/hhfc/Review_9.pdf
- Bazilian, M. et Pielke, R. Jr., 2013, « Making energy access meaningful », Issues in Science and Technology, Vol. 29, no 4, <http://issues.org/29-4/making-energy-access-meaningful/>
- Bazilian, M. et al., 2012a, « Improving access to modern energy services: insights from case studies », The Electricity Journal, Vol. 25, no 1, Elsevier, Amsterdam
- Bazilian, M. et al., 2012b, « Energy access scenarios to 2030 for the power sector in sub-Saharan Africa », Utilities Policy, Vol. 20, no 1, mars 2012, Elsevier, Amsterdam
- Berenbach, S., 2015, « What's holding back Africa's renewable energy entrepreneurs? », ONE.org, <https://www.one.org/us/2015/07/23/whats-holding-back-africas-renewable-energy-entrepreneurs/>
- Bloomberg New Energy Finance (BNEF), 2016, « Clean energy defies fossil fuel price crash to attract record \$329bn global investment in 2015 », BNEF, <https://about.bnef.com/press-releases/clean-energy-defies-fossil-fuel-price-crash-to-attract-record-329bn-global-investment-in-2015/>
- Briceño-Garmendia, C. et Shkaratan, M., 2011, « Power tariffs caught between cost recovery and affordability », Unité du Développement durable de la région Afrique, Banque mondiale, Washington D.C., <http://documents.worldbank.org/curated/en/234441468161963356/Power-tariffs-caught-between-cost-recovery-and-affordability>
- Bundock, R., 2014, « Electricity theft on an industrial scale », The Africa Report, 13 août 2014, <http://www.theafricareport.com/East-Horn-Africa/electricity-theft-on-an-industrial-scale.html>
- Burney, J., Naylor, R. et Postel, S., 2013, « The case for distributed irrigation as a development priority in Sub-Saharan Africa », PNAS, Vol. 110, no 31, <http://www.pnas.org/content/110/31/12513.full.pdf>
- CAFOD, 2013, Thinking small 2: Big ideas from small entrepreneurs – Understanding the needs and priorities of small-scale farmers and business owners, CAFOD, Londres, <http://cafod.org.uk/content/download/12681/98366/file/Thinking%20Small%202.pdf>

- Castellano, A. et al., 2015a, Brighter Africa: The growth potential of the Sub-Saharan electricity sector, McKinsey, http://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/dotcom/client_service/EPNG/PDFs/Brighter_Africa-The_growth_potential_of_the_sub-Saharan_electricity_sector.ashx
- Castellano, A. et al., 2015b, Powering Africa, McKinsey, <http://www.mckinsey.com/industries/electric-power-and-natural-gas/our-insights/powering-africa>
- Cayten, M. et Bazilian, M., 2016, « Powering Africa: How captive generation can electrify the continent », Foreign Affairs, 16 septembre 2016, Council for Foreign Relations, New York, <https://www.foreignaffairs.com/articles/africa/2016-09-16/powering-africa>
- Conférence du groupe ministériel sur l'énergie propre, 2014, rencontre ministérielle sur les énergies propres, Séoul, mai 2014, <http://www.cleanenergyministerial.org/Events/CEM5>
- Climatescope, 2016, Mixed results for West Africa in Climatescope 2015, Climatescope, <http://global-climatescope.org/en/blog/2016/06/02/climatescope-update-westafrica/>
- Coal International, 2016, « Post-COP21: A mixed picture for African coal », mai-juin 2016, http://www.kslaw.com/imageserver/KSPublic/library/publication/2016articles/7-13-16_Coal_International.pdf
- Creamer, T., 2016, « Progress on 'Zizabona' interconnector critical to unlocking Southern African power projects », Engineering News, 16 février 2016, <http://www.engineeringnews.co.za/article/progress-on-zizabona-interconnector-critical-to-unlocking-southern-african-power-projects-2016-02-16>
- Davis, K., 2016, « Top 5 opportunities for power investment in Sub-Saharan Africa », AFK Insider, <http://afkinsider.com/127011/top-top-5-opportunities-for-power-investment-in-sub-saharan-africa/>
- Del Bello, L., 2016, « In pictures: the energy poor of Africa's biggest slum », Climate Change News, 30 septembre 2016, <http://www.climatechange-news.com/2016/09/30/in-pictures-the-energy-poor-of-africas-biggest-slum/>
- Deloitte, 2013, « Using analytics to crack down on electricity theft », Deloitte/Wall Street Journal, 2 décembre 2013, <http://deloitte.wsj.com/cio/2013/12/02/using-analytics-to-crack-down-on-electricity-theft/>
- Demierre, J. et al., 2014, Potential for Regional Use of East Africa's Natural Gas, Réseau des solutions pour le développement durable, http://unsdsn.org/wp-content/uploads/2014/05/140528_East_Africa_report_WEB.pdf
- Diecker, J., Scott, A. et Wheeldon, S., 2016, Accelerating access to electricity in Africa with off-grid solar: Policies to expand the market for solar household solutions, Overseas Development Institute, Londres, <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/10231.pdf>
- Disrupt Africa, 2015, « Powerhive first company to receive Kenyan utility concession », <http://disrupt-africa.com/2015/07/powerhive-first-company-to-receive-kenyan-utility-concession/>
- Dubey, S., 2015, « Jamaica, Kenya take cues from India on electrifying urban slums », Banque mondiale, 27 août 2015, <http://blogs.worldbank.org/energy/jamaica-kenya-take-cues-india-electrifying-urban-slums>
- East African, 2016, « AfDB approves \$138m for Rusizi III hydro project », The East African, 2 janvier 2016, <https://www.theeastafrican.co.ke/Rwanda/Business/AfDB-approves--138m-for-Rusizi-III-hydro-project-/1433224-3017284-v7c905/index.html>
- Eberhard, A., 2016, « It's time South Africa learnt from others and overhauled its power sector », The Conversation, <http://theconversation.com/its-time-south-africa-learnt-from-others-and-overhauled-its-power-sector-64379>
- Eberhard, A. et al., 2008, Underpowered: The State of the Power Sector in Sub-Saharan Africa, Banque mondiale, Washington D.C., <http://documents.worldbank.org/curated/en/142991468006934762/pdf/482140ESWOP11110PowerSectorReview.pdf>
- Eberhard, A. et al., 2011, Africa's Power Infrastructure: Investment, Integration, Efficiency, Banque mondiale, Washington D.C., <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2290/613090PUB0Afr158344B09780821384558.pdf>
- Eberhard, A. et al., 2016, Private Investment Trends and Challenges in Power in Africa, Africa Utility Week, Finance and Investment Forum, 17 mai 2016, Le Cap, Afrique du Sud, <https://www.esi-africa.com/wp-content/uploads/2016/05/Anton-Eberhard-UCT.pdf>
- Economist Intelligence Unit (EIU), 2016, Power Up: Delivering Renewable Energy in Africa, Economist Intelligence Unit, Londres, <https://www.eiuperpectives.economist.com/sites/default/files/Power%20Up.pdf>
- CEREEC, 2012, Baseline Report for the ECOWAS Renewable Energy Policy, Centre pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique de la CEDEAO (CEREEC), http://www.ecreee.org/sites/default/files/documents/basic_page/221012_baseline_report_including_annexes.pdf
- ENEA, 2016, Rapporto Annuale Efficienza Energetica 2016, Unità Tecnica Efficienza Energetica dell'ENEA, Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economic sostenibile, Rome, <http://www.enea.it/it/pubblicazioni/edizioni-enea/2016/rapporto-annuale-efficienza-energetica-2016>
- Energy 4 Impact et Inensus, 2016, « Green mini-grids in sub-Saharan Africa: Analysis of barriers to growth and the potential role of the African Development Bank in supporting the sector », Green Mini-Grids Market Development Programme, série de documents no 1, décembre 2016, <https://www.energy4impact.org/fr/publications>
- ESI Africa, 2015, ESI Africa, no 4, 2015, Rondebosch, Afrique du Sud

- ESI Africa, 2016, « West Africa Gas Pipeline puts Ghanaian power supply at risk », ESI Africa, 15 avril 2016, <https://www.esi-africa.com/news/west-africa-gas-pipeline-puts-ghanaian-power-supply-at-risk/>
- Eskom, 2016, The Power is in Your Hands: Operation Khanyisa Fact Sheet, Eskom, <http://www.operationkhanyisa.co.za/wp-content/uploads/2016/06/Operation-Khanyisa-Fact-Sheet.pdf>
- ESMAP, 2015, Beyond Connections: Energy Access Redefined, ESMAP/Banque mondiale, Washington D.C., <http://www.worldbank.org/en/topic/energy/publication/energy-access-redefined>
- EY, 2016, « Power Transactions and Trends: 2015 review and 2016 outlook », EY, Brisbane, [http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-power-transactions-and-trends-q4-2015/\\$FILE/EY-power-transactions-and-trends-q4-2015.pdf](http://www.ey.com/Publication/vwLUAssets/EY-power-transactions-and-trends-q4-2015/$FILE/EY-power-transactions-and-trends-q4-2015.pdf)
- Ford, N., 2016, « Gas fuels Tanzania, Mozambique growth », The Africa Report, 30 août 2016, <http://www.theafricareport.com/East-Horn-Africa/gas-fuels-tanzania-mozambique-growth.html>
- France24, 2016, « Pas de lumière pour faire ses devoirs ? Voici le cartable solaire ivoirien », France24, 9 septembre 2016, <http://observers.france24.com/fr/20160906-cote-ivoire-cartable-solaire-ivoirien-solarpak-invention-ecole-enfants>
- Frankfurt School, 2015, Renewable Energy in Hybrid Mini-Grids and Isolated Grids: Economic Benefits and Business Cases, Frankfurt School of Finance and Management/PNU, <http://fs-unep-centre.org/sites/default/files/publications/hybridgrids-economicbenefits.pdf>
- GIZ, 2016, Photovoltaics for Productive Use Applications: A Catalogue of DC Appliances, Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ), Eschborn, [http://thecleannetwork.org/downloads/97-GIZ_\(2016\)_Catalogue_PV_Appliances_for_Micro_Enterprises.pdf](http://thecleannetwork.org/downloads/97-GIZ_(2016)_Catalogue_PV_Appliances_for_Micro_Enterprises.pdf)
- Global LEAP, 2015, Off-Grid Appliance Market Survey: Global Lighting and Energy Access Partnership, Global Lighting and Energy Access Partnership (Global LEAP), <http://energyaccess.org/wp-content/uploads/2015/07/GlobalLEAPOff-GridApplianceSurvey-April2015-for-publications.pdf>
- Global LEAP, 2016, The State of the Global Off-Grid Appliance Market, Global LEAP, http://www.cleanenergyministerial.org/Portals/2/pdfs/GlobalLEAP_Market_Reserarch_Summary.pdf
- GreenCape, 2016, Utility Scale-Renewable Energy Sector: 2016 Market Intelligence Report, GreenCape, Le Cap, Afrique du Sud, <http://greencape.co.za/assets/GreenCape-Renewable-Energy-MIR-2016.pdf>
- GTM Research, 2014, « US Microgrid Capacity Will Exceed 1.8GW by 2018 », GreenTechMedia, 2014, <http://www.greentechmedia.com/articles/read/US-Microgrid-Capacity-Will-Exceed-1.8-GW-by-2018>
- GTM Research, 2015, « Cumulative US Microgrid Investments Will Surpass \$3.5 Billion From 2015-2020 », GreenTechMedia, <http://www.greentechmedia.com/articles/read/cumulative-us-microgrid-investments-will-surpass-3.5-billion-from-2015-thro>
- GTZ, 2007, Successful Energy Policy Interventions in Africa, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Eschborn, http://www.globalbioenergy.org/uploads/media/0707_GTZ_-_Successful_energy_policy_interventions_in_Africa.pdf
- Guay, J., 2016, « Who will serve the world's missing middle? », The Huffington Post, 25 mai 2016, http://www.huffingtonpost.com/justin-guay/who-will-serve-the-worlds_b_10129844.html
- GVEP, 2011a, Phone Charging Micro-businesses in Tanzania and Uganda, GVEP International, http://www.energy4impact.org/sites/default/files/phone_charging_businesses_report_with_gsma_final_for_web_0.pdf
- GVEP, 2011b, The history of mini-grid development in developing countries, GVEP International, http://www.energy4impact.org/sites/default/files/policy_briefing_-_mini-grid_final.pdf
- Harrison, K., Hogarth, R. et Scott, A., 2016, Accelerating access to electricity with off-grid solar: The impact of solar household solutions, Overseas Development Institute, Londres, <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/10229.pdf>
- Harsdorff, M. et Bamanyaki, P., 2009, Impact assessment of the solar electrification of micro enterprises, households and the development of the rural solar market, Programme de promotion des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, Kampala, https://energypedia.info/images/d/d4/Impact_assessment_shs_preep_uganda_2009.pdf
- Hill, M. et Wilson, T., 2016, « Congo to select phase-1 builder of \$100 billion dam by August », Bloomberg News, 6 mai 2016, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-05-06/congo-to-select-phase-1-builder-of-100-billion-dam-by-august>
- Hogarth, R., 2012, « Promoting diffusion of solar lanterns through microfinance and carbon finance: A case study of FINCA-Uganda's solar loan programme », Energy for Sustainable Development, Vol. 16, no 4, Elsevier, Amsterdam
- Hogarth, R. et Granoff, I., 2015, Speaking Truth to Power: Why energy distribution, more than generation, is Africa's poverty reduction challenge, Oxfam/Overseas Development Institute, Londres, https://policy-practice.oxfamamerica.org/static/media/files/FINAL_speakingpowertotruth_SH.pdf
- Consortium pour les infrastructures en Afrique (ICA), 2013, Infrastructure Financing Trends in Africa: ICA Annual Report 2012, Secrétariat de l'ICA, Banque africaine de développement, Tunis, http://www.icafrica.org/fileadmin/documents/Annual_Reports/ICA%20AnnualReport%202012.pdf
- Agence internationale de l'énergie (AIE), 2011, World Energy Outlook 2011, Organisation de coopération et de développement économiques/AIE, Paris, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2011_WEB.pdf

Agence internationale de l'énergie (AIE), 2014, Africa Energy Outlook, rapport spécial pour le World Energy Outlook 2014, Organisation de coopération et de développements économiques/AIE, Paris, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/WEO2014_AfricaEnergyOutlook.pdf

Agence internationale de l'énergie, 2016, Boosting the Power Sector in Sub-Saharan Africa: China's Involvement, Organisation de coopération et de développements économiques/AIE, Paris, https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/Partner_Country_SeriesChinaBoosting_the_Power_Sector_in_SubSaharan_Africa_Chinas_Involvement.pdf

Fonds monétaire international, 2015, « Making Public Investment More Efficient », rapport élaboré par le personnel, FMI, Washington D.C., <http://www.imf.org/external/np/pp/eng/2015/061115.pdf>

IRENA, 2012, Prospects for the African Power Sector, Agence internationale pour les énergies renouvelables (IRENA), Abu Dhabi, https://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/Prospects_for_the_African_PowerSector.pdf

IRENA, 2013a, Africa's Renewable Future: The Path to Sustainable Growth, IRENA, Abu Dhabi, http://www.irena.org/documentdownloads/publications/africa_renewable_future.pdf

IRENA, 2013b, Renewable Energy and Jobs, IRENA, Abu Dhabi, <http://www.irena.org/rejobs.pdf>

IRENA, 2015a, Battery storage for renewables: Market status and technology outlook, IRENA, Abu Dhabi, http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Battery_Storage_report_2015.pdf

IRENA, 2015b, Off-Grid Renewable Energy Systems: Status and Methodological Issues, IRENA, Abu Dhabi, http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Off-grid_Renewable_Systems_WP_2015.pdf

IRENA, 2015c, Africa 2030: Roadmap for a Renewable Energy Future, IRENA, Abu Dhabi, http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Africa_2030_REmap_2015_low-res.pdf

IRENA, 2016, Roadmap for a Renewable Future: 2016 Edition, IRENA, Abu Dhabi, http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_REmap_2016_edition_report.pdf

Jain, A., 2015, « Solar energy brings smiles to healthy babies and happy farmers », Banque mondiale, 8 août 2015, <http://blogs.worldbank.org/energy/solar-energy-brings-smile-to-healthy-babies-and-happy-farmers>

Kojima, M. et al., 2016, « Who uses electricity in sub-Saharan Africa? Findings from household surveys », rapport destiné à l'Energy and Extractives Global Practice Group, Banque mondiale, Washington D.C.

KPMG, 2015, Sector Report: Power in Africa, KPMG

KPMG, 2016, Sub-Saharan Africa Power Outlook 2016, KPMG, <https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2016/05/kpmg-sub-saharan-africa-power-outlook.pdf>

Lam, N. et al., 2012a, « Kerosene: A review of household uses and their hazards in low- and middle-income countries », Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B: Critical Reviews, 2012, no 15(6), p. 396-432, Taylor & Francis Group, Londres, <https://www.scribd.com/document/248203937/Kerosene-Review-12>

Lam, N. et al., 2012b, « Household light makes global heat: high black carbon emissions from kerosene wick lamps », Environmental Science & Technology, 2012, no 46(24), p. 13 531-13 538, ACS Publications, Washington D.C., <http://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/es302697h>

Latham & Watkins LLP, 2016, Nigerian Power Sector: Opportunities and Challenges for Investment in 2016, Latham & Watkins, Londres, <https://www.lw.com/thoughtLeadership/lw-nigerian-power-sector-oppo-and-challenges>

Ligami, C., 2016a, « East African countries commence trade of power from Olkaria geothermal plant », Renewable Energy World, 4 mai 2016, <http://www.renewableenergyworld.com/articles/2016/05/east-african-countries-commence-trade-of-power-from-olkaria-geothermal-plant.html>

Ligami, C., 2016b, « Egypt Pulls Out of Regional Power Pool As It Protests Use of Nile Water », The East African, 6 février 2016, <http://www.theeastafrican.co.ke/news/Egypt-pulls-out-of-power-pool-as-it-protests-use-of-Nile-waters/2558-3065704-x4qbu2z/index.html>

Malama, A. et al., 2014, « The effects of the introduction of prepayment meters on the energy usage behaviour of different housing consumer groups in Kitwe, Zambia », publié par AIMS Energy, Vol. 2, no 3, p. 237-259, AIMS Press, Springfield, Missouri, États-Unis, <http://www.aimspress.com/fileOther/PDF/energy/20140303.pdf>

Mills, E., 2015, « Identifying and reducing the health and safety impacts of fuel-based lighting », Energy for Sustainable Development, no 30 (2016), p. 39-50, Elsevier, Amsterdam, <http://evanmills.lbl.gov/pubs/pdf/mills-off-grid-lighting-and-health.pdf>

Miret, S., 2015, « The rise of micro-grid start-ups », Berkeley Energy & Resources Collaborative, BEREC Solar News, 18 mars 2015, <http://berc.berkeley.edu/the-rise-of-micro-grid-start-ups>

Montmasson-Clair, G. et Ryan, G., 2014, « Lessons from South Africa's renewable energy regulatory and procurement experience », Journal of Economic and Financial Services, septembre 2014, Johannesburg, <https://ssrn.com/abstract=2747885>

Navigant, 2015, Market Data: Remote Microgrids and Nanogrids, Navigant Research, Boulder, Colorado, États-Unis, <https://www.navigantresearch.com/research/market-data-remote-microgrids-and-nanogrids>

- NERC, 2015, « NERC replies Senate's Query on fixed charge and estimated billing », Nigerian Electricity Regulatory Commission (NERC), 18 août 2015, <http://www.nercng.org/index.php/media-and-publicity/press-releases/298-nerc-replies-senate-s-query-on-fixed-charge-and-estimated-billing>
- NERC, 2015, Amended Multi Year Tariff Order (MYTO) – 2.1, Arrêté no NERC/REG/3/2015, Nigerian Electricity Regulation Commission (NERC), Abuja, <http://www.nigeriaelectricityhub.com/download/myto-2-1-multi-year-tariff-order-for-2015-2018/>
- Nerini, F. et al., 2015, « A cost comparison of technology approaches for improving access to electricity services », Energy, disponible en ligne en 2015, publié dans Energy no 95 (2016), p. 255-265, Elsevier, Amsterdam
- Never, B., 2015, « Social norms, trust and control of power theft in Uganda: Does bulk metering work for MSEs? », Energy Policy, Vol. 82, Elsevier, Amsterdam
- Nyeko, E., 2016, « Power of Innovation: Sustainable Industrialization and Economic Development in Rural Africa », LinkedIn Pulse, <https://www.linkedin.com/pulse/power-innovation-sustainable-industrialization-economic-nyeko>
- Obeng, G. et Evers, H.D., 2010, « Impacts of public solar PV electrification on rural micro-enterprises », Energy for Sustainable Development, Vol. 14, no 3, Elsevier, Amsterdam, http://www.academia.edu/5100571/Impacts_of_public_solar_PV_electrification_on_rural_micro-enterprises_The_case_of_Ghana
- OCP Policy Center, 2016, « Morocco's Green Energy Opportunity », document de politique générale, octobre 2016, OCP Policy Center, Rabat
- Okafor, C., 2016, « MDAs, States, LGs' owe Discos N78.7bn in electricity bills », This Day, 8 mai 2016, <http://www.thisdaylive.com/index.php/2016/05/08/mdas-states-lgs-owe-discos-n78-7bn-in-electricity-bills/>
- Orlandi, I., Tyabji, N. et Chase, J., 2016, Off-Grid Solar Market Trends Report 2016, Bloomberg New Energy Finance et Lighting Global, https://data.bloomberglp.com/bnef/sites/4/2016/03/20160303_BNEF_WorldBankIFC_Off-GridSolarReport_.pdf
- Pachauri, S. et al., 2013, Energy for All: Harnessing the Power of Energy Access for Chronic Poverty Reduction, Chronic Poverty Advisory Network, Londres, <https://dl.orangedox.com/Energy-Policy-Guide-2013>
- Palit, D. et Chaurey, A., 2011, « Off-grid electrification experiences from South Asia: Status and best practices », Energy for Sustainable Development, Vol. 15, 2011, <https://www.dmu.ac.uk/documents/technology-documents/research-faculties/oasys/project-outputs/peer-reviewed-journal-articles/pj1-palit-chaurey-paper.pdf>
- Poggiolini, D., 2016, « Power lines binding Africa », NowHow, 4 avril 2016, <http://nowhow.international/power-lines-binding-africa/>
- Poudineh, R. et Rubino, A., 2016, Business Model for Cross-border Interconnections in the Mediterranean Basin, The Oxford Institute for Energy Studies, université d'Oxford, <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2016/06/Business-model-for-cross-border-interconnections-in-the-Mediterranean-basin-EL-19.pdf>
- Practical Action, 2013, Poor People's Energy Outlook 2013, Practical Action Publishing, Rugby, Royaume-Uni, <http://infohub.practicalaction.org/oknowledge/bitstream/11283/556928/1/PPEO%202013.pdf>
- Practical Action, 2014, Poor People's Energy Outlook 2014, Practical Action Publishing Ltd, Rugby, Royaume-Uni, http://infohub.practicalaction.org/oknowledge/bitstream/11283/556929/9/PPEO_English_2014_LowRes_New.pdf
- PRNewswire, 2014, « World Loses \$89.3 Billion to electricity theft annually, \$58.7 billion in emerging markets », PRNewswire, 9 décembre 2014, <http://www.prnewswire.com/news-releases/world-loses-893-billion-to-electricity-theft-annually-587-billion-in-emerging-markets-300006515.html>
- PV Insider, 2016, « South Africa's PV firms eye Sub-Saharan markets for growth », PV Insider, <http://analysis.pv-insider.com/south-africas-pv-firms-eye-sub-saharan-markets-growth>
- PwC, 2016, Powering Nigeria for the Future, PwC, <https://www.pwc.com/gx/en/growth-markets-centre/assets/pdf/powering-nigeria-future.pdf>
- Quartz Africa, 2015, « Kenya's M-Kopa is set to deliver solar power to a million homes », Quartz Africa, 9 décembre 2015, <http://qz.com/569815/kenyas-m-kopa-is-set-to-deliver-solar-power-to-a-million-homes-in-east-africa/>
- Quitow, R. et al., 2016, The Future of Africa's Energy Supply: Potentials and Development Options for Renewable Energy, Institute for Advanced Sustainability Studies, Potsdam, Allemagne, http://www.iass-potsdam.de/sites/default/files/files/study_march_2016_the_future_of_africas_energy_supply.pdf
- RECP, 2013, Mini-Grid Policy Toolkit: Policy and Business Frameworks for Successful Mini-grid Roll-outs, Programme de coopération Afrique-UE dans le domaine des énergies renouvelables (RECP), http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/MGT/MinigrdPolicyToolkit_Sep2014_EN.pdf
- REI4P, 2016, Independent Power Producers Procurement Programme (IPPPP), An Overview at 30 September 2016, ministères de l'Énergie et du Trésor national, Afrique du Sud, <https://www.ipp-projects.co.za/Publications>
- REN21, 2016, Renewables 2016 Global Status Report, REN21, Paris, http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_Full-Report_en_11.pdf
- Fondation Rockefeller, 2013, « Waste and spoilage in the food chain, Decision Intelligence Document May 2013 », Fondation Rockefeller, New York, États-Unis, <https://www.rockefellerfoundation.org/app/uploads/Waste-and-Spoilage-in-the-Food-Chain.pdf>

- Rosen, J., 2015, « Lake Kivu's great gas gamble », MIT Technology Review, 16 avril 2015, Cambridge, Massachusetts, États-Unis, <https://www.technologyreview.com/s/536656/lake-kivus-great-gas-gamble/>
- SARDC, 2016, « SADC to commission 3,000 MW of new power in 2016 », Southern Africa News Features, 12 mai 2016, Centre de recherche et de documentation de l'Afrique australe (SARDC), <http://www.sardc.net/en/southern-african-news-features/sadc-to-commission-3000mw-of-new-power-in-2016/>
- SBI, 2013, Scaling up Successful Micro-Utilities for Rural Electrification: Private Sector Perspectives on Operational Approaches, Financing Instruments and Stakeholder Interaction, Sustainable Business Initiative (SBI), <http://www.inensus.de/download/2013-SBI-INENSUS-Studie.pdf>
- Schnitzer, D. et al., 2014), « Microgrids for rural electrification: A critical review of best practices based on seven case studies », Fondation des Nations Unies, https://ceic.tepper.cmu.edu/-/media/files/tepper/centers/ceic/publications/reports/2014/micro-grids-rural_electrification-critical-rev-best-practices-based-seven_case_studies%20pdf
- Scott, A. et Miller, C., 2016, Accelerating access to electricity in Africa with off-grid solar – The market for solar household solutions, Overseas Development Institute, Londres, <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/10230.pdf>
- Scott, A. et al., 2014, How does electricity insecurity affect businesses in low and middle income countries?, Overseas Development Institute, Londres, <https://www.odi.org/sites/odi.org.uk/files/odi-assets/publications-opinion-files/9425.pdf>
- SE4All, 2014, High Impact Opportunity: Clean Energy Mini-grids, Sustainable Energy for All (SE4All), <http://www.se4all.org/sites/default/files/l/2014/08/MinigridsHIO.pdf>
- Seguin, R., 2014, « Economic feasibility of rural electrification projects », présentation donnée en marge de la Conférence de haut niveau du Partenariat Afrique-UE pour l'énergie, Addis-Abeba, 11 février 2014, <http://docz.io/doc/2901762/energy-systems-modelling---reiner-lemoine-institut>
- Senelwa, K., 2015, « Regional high voltage lines expected by 2018 », The East African, 12 septembre 2015, <http://www.theeastafrican.co.ke/business/Regional-high-voltage-lines-expected-by-2018-/2560-2867884-ndn0syz/index.html>
- Shared Solar, non daté, « Smart microgrids for energy access », <http://sharedsolar.org/>
- Smith, T., 2004, « Electricity theft: a comparative analysis », Energy Policy, Vol. 32, no 18, Elsevier, Amsterdam, <http://www.provedor.nuca.ie.ufrj.br/eletrobras/estudos/smith1.pdf>
- SolarServer, 2016, « Powerhive completes USD 20 million financing to support development of off-grid energy access solutions in emerging markets », <http://www.solarserver.com/solar-magazine/solar-news/archive-2016/2016/kw04/powerhive-completes-usd-20-million-financing-to-support-development-of-off-grid-energy-access-solutions-in-emerging-markets.html>
- Sovacool, B., Bazilian, M. et Toman, M., 2016, « Paradigms and poverty in global energy policy: research needs for achieving universal energy access », Environmental Research Letters, Vol. 11, no 6, juin 2016, IOP Publishing, Bristol, Royaume-Uni, <http://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/6/064014/pdf>
- Standard Bank, 2016, « Power trading will drive electricity landscape over the next five years », Standard Bank, Johannesburg, Afrique du Sud, <http://corporateandinvestment.standardbank.com/CIB/Latest-News/Power-trading-will-drive-electricity-landscape-over-the-next-five-years>
- Strohmeier, H., 2015, Why Sustainable Energy Matters to Children: The Critical Importance of Sustainable Energy for Children and Future Generations, UNICEF, New York, https://www.unicef.org/environment/files/UNICEF_Sustainable_Energy_for_Children_2015.pdf
- Sy, A. et Copley, A., 2016, « Closing the financing gap for African energy infrastructure: Trends, challenges, and opportunities », article publié par Africa Growth Initiative, The Brookings Institution, Washington D.C.
- Szabó, S. et al., 2013, « Sustainable energy planning: Leapfrogging the energy poverty gap in Africa », Renewable and Sustainable Energy Reviews, Vol. 28, Elsevier, Amsterdam
- Tallapragada, P. et al., 2009, Monitoring Performance of Electric Utilities: Indicators and Benchmarking in Sub-Saharan Africa, Banque mondiale, Washington D.C., <http://hdl.handle.net/10986/13030>
- Tortora, B. et Rheault, M., 2012, « In sub-Saharan Africa, most workers are without electricity », Gallup, <http://www.gallup.com/poll/151889/sub-saharan-africa-workers-without-electricity.aspx>
- Traoré, A., 2013, Independent Power Generation: The Ivorian Model, Proparco, Paris, http://www.proparco.fr/webdav/site/proparco/shared/POR-TAILS/Secteur_privé_developpement/PDF/SPD18/SPD18_Amidou_traore_UK.pdf
- Tsiko, S., 2015, « SADC power trading volumes hit USD50m », The Southern Times, 18 décembre 2015, <http://southernafrican.news/2015/12/18/sadc-power-trading-volumes-hit-us50m/>
- Tsiko, S., 2016, « Boost for SADC power – First phase interconnector project nears completion », The Southern Times, 7 avril 2016, <https://southernafrican.news/2016/04/07/boost-for-sadc-power-first-phase-interconnector-project-nears-completion/>
- Tumiwa, S., 2014, « Energy for all, promoting mini-grids in Asia and the Pacific », présentation donnée lors de l'atelier ESMAP-UNF-USAID sur les mini-réseaux, octobre 2014, <https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/Samuel%20Tumiwa%20ADB%20Mini%20Grid%20Conference%20Slides%20Oct%202014.pdf>

- Tungu-Kabiri, 2016, « The Tungu-Kabiri community hydro project », <http://microhydropower.net/ke/Tungu-Kabiri/>
- Département des affaires économiques et sociales des Nations Unies (DAES), 2016, Universal Access to Electricity: Visualizing Electrification Modeling Results, DAES, New York, <https://un-desa-modelling.github.io/electrification-paths-presentation/>
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2014a, Light and Livelihood: A Bright Outlook for Employment in the Transition from Fuel-Based Lighting to Electrical Alternatives, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi, http://www.ecreee.org/sites/default/files/documents/news/light_and_livelihood_-_a_bright_outlook_for_employment_0.pdf
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2014b, « Light for life: Identifying and reducing the health and safety impacts of fuel-based lighting », Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi, http://www.ecreee.org/sites/default/files/light_for_life_-_health_and_safety_impacts_of_fuel-based_lighting_0.pdf
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2015a, Élaborer une politique d'éclairage hors réseau efficace : Note d'orientation à l'attention des gouvernements en Afrique, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi, http://www.enlighten-initiative.org/portals/0/documents/Resources/publications/Off-grid-lighting_en.lighten_French_2016-01-08.pdf
- Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), 2015b, Increasing Private Capital Investment into Energy Access: The Case for Mini-grid Pooling Facilities, Programme des Nations Unies pour l'environnement, Nairobi, <https://wedocs.unep.org/rest/bitstreams/16808/retrieve>
- Commission économique des Nations Unies pour l'Afrique (CEA), 2016, Vers une industrialisation verte en Afrique : Rapport économique sur l'Afrique, CEA, Addis-Abeba, http://www.uneca.org/sites/default/files/PublicationFiles/era-2016_fre_rev6may.pdf
- Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC), 2017, site Internet présentant les documents de contribution prévue déterminée au niveau national pour les différents pays (disponible uniquement en anglais), <http://www4.unfccc.int/Submissions/INDC/Submission%20Pages/submissions.aspx>
- Organisation des Nations Unies pour le développement industriel (ONUDI), 2005, Sustainable Energy Regulation and Policymaking Training Manual, Module 4: The reform of the power sector in Africa, ONUDI, Vienne, http://www.unido.org/fileadmin/import/83245_Module4.pdf
- USAID, 2015, Power Africa Annual Report July 2015, Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), Washington D.C., https://www.usaid.gov/sites/default/files/documents/1860/PA_2015_Report_V16_TAGGING_508.pdf
- USAID, non daté, Powering Health: Electrification options for rural health centers, Agence des États-Unis pour le développement international (USAID), Washington D.C., <http://www.poweringhealth.org/Pubs/PNADJ557.pdf>
- Wilson, T., 2016, « World Bank stops funding world's biggest power plant plan », Bloomberg News, 16 juillet 2016, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2016-07-26/world-bank-halts-funding-for-inga-hydropower-project-in-congo-ir3sxliv>
- Winiacki, J. et Kumar, K., 2014, Access to Energy via Digital Finance: Overview of Models and Prospects for Innovation, Consultative Group to Assist the Poor, Washington D.C., https://www.cgap.org/sites/default/files/DigitallyFinancedEnergy%20_FINAL.pdf
- Winther, T., 2012, « Electricity theft as a relational issue: a comparative look at Zanzibar, Tanzania, and the Sunderban Islands, India », Energy for Sustainable Development, Vol. 16, no 1, Elsevier, Amsterdam
- Banque mondiale, 2015a, « Électrifier les bidonvilles kényans : de dures leçons pour des gains énormes », Banque mondiale, 20 août 2015, <http://www.banquemondiale.org/fr/news/feature/2015/08/17/bringing-electricity-to-kenyas-slums-hard-lessons-lead-to-great-gains>
- Banque mondiale, 2015b, Progress towards Sustainable Energy, Global Tracking Framework 2015, Banque internationale pour la reconstruction et le développement/Banque mondiale et Agence internationale de l'énergie, Washington D.C., <http://trackingenergy4all.worldbank.org/~media/GIAWB/GTF/Documents/GTF-2105-Full-Report.pdf>
- Banque mondiale, 2016a, « Le Groupe de la Banque mondiale suspend le financement de son assistance technique au projet Inga-3 Basse Chute », communiqué de presse du 25 juillet 2016, Banque mondiale, Washington D.C., <http://www.banquemondiale.org/fr/news/press-release/2016/07/25/world-bank-group-suspends-financing-to-the-inga-3-basse-chute-technical-assistance-project>
- Banque mondiale, 2016b, « Current activities and challenges to scaling up mini-grids in Kenya », mai 2016, Banque mondiale, Washington D.C., https://www.esmap.org/sites/esmap.org/files/DocumentLibrary/ESMAP_Kenya%20Roundtable_May%202016_formatted-v4.pdf
- Conseil pour l'avenir du monde, 2016, « What place for renewables in the INDCs? », version mise à jour le 12 mars 2016

SOURCES : INFOGRAPHIES

LA RÉUSSITE DES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE DÉPEND DE LEUR RÉUSSITE EN AFRIQUE : IL EST URGENT D'ÉLECTRIFIER L'AFRIQUE POUR ATTEINDRE LES OBJECTIFS MONDIAUX

Africa Progress Panel (2015), Power, People, Planet: Seizing Africa's Energy and Climate Opportunities, Africa Progress Panel, Geneva, http://www.africaprogresspanel.org/wp-content/uploads/2015/06/APP_REPORT_2015_FINAL_low1.pdf

FAO (n.d.) "Food Loss and Food Waste", FAO, <http://www.fao.org/food-loss-and-food-waste/en/>

International Finance Corporation, World Bank, and GSMA (2014), Tower Power Africa: Energy Challenges and Opportunities for the Mobile Industry in Africa, GSMA, <http://www.gsma.com/mobilefordevelopment/wp-content/uploads/2014/11/Africa-Market-Report-GPM-final.pdf>

Lighting Africa (2015), "Pilot Project Confirms Benefits of Solar Lanterns to Maternal Care in Nigeria" (Project News), <https://www.lightingafrica.org/pilot-project-confirms-benefits-of-solar-lanterns-to-maternal-care-in-nigeria/>

Power for All (2016), Power for All Fact Sheet: Keeping Families Healthy and Safe, Power for All, <http://www.powerforall.org/fact-sheets/>

Practical Action. (2014). Poor people's energy outlook 2014. Practical Action Publishing Ltd., Rugby, UK, http://infohub.practicalaction.org/oknowledge/bitstream/11283/556929/9/PPEO_English_2014_LowRes_New.pdf

UNDESA (2014) Electricity and education: The benefits, barriers, and recommendations for achieving the electrification of primary and secondary schools, UNDESA, <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1608Electricity%20and%20Education.pdf>

LE GRAND ÉCART : LE DÉFICIT ÉNERGÉTIQUE DE L'AFRIQUE EST IMPORTANT ET S'ACCENTUE

Africa Progress Panel (2015), Power, People, Planet: Seizing Africa's Energy and Climate Opportunities, Africa Progress Panel, Geneva, http://www.africaprogresspanel.org/wp-content/uploads/2015/06/APP_REPORT_2015_FINAL_low1.pdf

LA TRANSFORMATION ÉNERGÉTIQUE DE L'AFRIQUE

Africa Progress Panel (2015), Power, People, Planet: Seizing Africa's Energy and Climate Opportunities, Africa Progress Panel, Geneva, http://www.africaprogresspanel.org/wp-content/uploads/2015/06/APP_REPORT_2015_FINAL_low1.pdf

L'ÉCHELLE ÉNERGÉTIQUE EN AFRIQUE : ACCÉLÉRER L'ACCÈS

OECD, IEA (2012), World Energy Outlook 2012, International Energy Agency, Paris, France, <http://www.worldenergyoutlook.org/weo2012/>

MINI-RÉSEAUX : COMPARAISON AFRIQUE / ASIE

IRENA (2015), Off-Grid Renewable Energy Systems: Status and Methodological Issues, IRENA, http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_Off-grid_Renewable_Systems_WP_2015.pdf

Manandhar, Pushkar (2016), Mini-Grid Development in Nepal: Approaches, Key Challenges and Requirements, <https://d20c0ihd6a5bt.cloudfront.net/wp-content/uploads/sites/837/2016/04/4-Pushkar-Manandhar.pdf>

PwC Power & Utilities (2016), Electricity beyond the grid: Accelerating access to sustainable power for all, PwC, <https://www.pwc.com/gx/en/energy-utilities-mining/pdf/electricity-beyond-grid.pdf>

REN21 (2016), Renewables 2016 Global Status Report, REN21, http://www.ren21.net/wp-content/uploads/2016/10/REN21_GSR2016_FullReport_en_11.pdf

Tenenbaum, B., Greacen, C., Siyambalapatiya, T., and Knuckles, J. (2014) From the Bottom Up: How Small Power Producers and Mini-Grids Can Deliver Electrification and Renewable Energy in Africa, The World Bank, Washington DC. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/16571>

VOL ET PERTES D'ÉNERGIE EN AFRIQUE

Dike, D.O., Uchechukwu, A.O., Nwokorie, E.C., and Dike, B.C. (2015), "Minimizing Household Electricity Theft in Nigeria Using GSM Based Prepaid Meter", American Journal of Engineering Research, Volume IV, Issue 1, [http://www.ajer.org/papers/v4\(01\)/10401059069.pdf](http://www.ajer.org/papers/v4(01)/10401059069.pdf)

Eberhard, A., Rosnes, O., Shkaratan, M. and Vennemo, H. (2011) Africa's Power Infrastructure: Investment, Integration, Efficiency, The World Bank, Washington DC. <https://openknowledge.worldbank.org/bitstream/handle/10986/2290/613090PUB0Afri158344B097808213845at58.pdf?sequence=1>

ERA (2011), Study on Distribution System Losses and Collection Rates by Umeme Ltd., Electricity Regulatory Authority Uganda, http://www.era.or.ug/index.php/2013-12-14-14-58-04/sector-reports/doc_download/23-umeme-distribution-loss-study

Munaza, Stephen (2014), "Umeme seeks help to cut electricity theft", Redpepper, <http://www.redpepper.co.ug/umeme-seeks-help-to-cut-electricity-theft/>

New Stage (2016) "Power firm loses N238bn monthly to electricity theft", New Stage, <http://newstage.com.ng/2016/07/23/power-firm-loses-n238bn-monthly-electricity-theft/>

Otuki, Neville (2016), "Electricity theft and leakages cost Kenya Power Sh10bn in six months", Business Daily, <http://www.businessdailyafrica.com/Electricity-theft-and-leakages-cost-Kenya-Power-/539546-3092716-106648uz/index.html>

Operation Khanyisa (n.d.) "Operation Khanyisa Fact Sheet", <http://www.operationkhanyisa.co.za/2016/06/08/operation-khanyisa-fact-sheet/>

Winkless, L. (2016), 'These Young Inventors are Tackling Africa's Electricity Crisis', Forbes, <http://www.forbes.com/sites/lauriewinkless/2016/06/11/these-two-young-inventors-are-tackling-africas-electricity-crisis/#2ca28706451e>

LES TECHNOLOGIES DE RUPTURE LIBÈRENT L'AVENIR ÉNERGÉTIQUE DE L'AFRIQUE

Arica Biogas Partnership Programme (n.d.), "Africa Biogas Partnership Programme", <http://www.africabiogas.org/africa-biogas-partnership-programme/>

Africa Progress Panel (2015), Power, People, Planet: Seizing Africa's Energy and Climate Opportunities, Africa Progress Panel, Geneva, http://www.africaprogresspanel.org/wp-content/uploads/2015/06/APP_REPORT_2015_FINAL_low1.pdf

M-Kopa (n.d.) "Our Impact", M-Kopa, <http://solar.m-kopa.com/about/our-impact/>

Mandulis Energy (n.d.), Mandulis Energy, <http://www.mandulisenergy.com/>

Sahelia Solar (n.d.) "La Société", Sahelia Solar, <http://saheliasolar.com/la-societe/>

UNDESA (2015), World Population Prospects: The 2015 Revision: Key Findings and Advance Tables, United Nations, New York, https://esa.un.org/unpd/wpp/publications/files/key_findings_wpp_2015.pdf

NOTES DE FIN

¹France24, 2016

²Quartz Africa, 2015

³Agence internationale de l'énergie (2015)

⁴Nerini et al. (2016)

⁵Le présent rapport se réfère à l'ensemble des dispositifs solaires, désignés par des termes tels que « source d'énergie solaire à usage domestique » ou « installations solaires hors réseau », sauf en cas de mention spécifique des lanternes solaires ou des systèmes d'énergie solaire à usage domestique de plus grande envergure.

⁶Bazilian et Pielke (2013)

⁷Alstone, Gershenson et Kammen (2015)

⁸Comme l'expliquent en détail McKinsey et l'Agence internationale de l'énergie (AIE).

⁹Castellano et al. (2015a, p. 36) ; AIE (2014)

¹⁰Les installations pico-solaires « de marque » comprennent, entre autres, les produits dont la qualité a été vérifiée par le programme Lighting Global.

¹¹Les produits pico-solaires génériques englobent les produits sans marque, les copies et les contrefaçons. Les chiffres de ventes de ces produits demeurent hautement hypothétiques, compte tenu de l'absence de déclarations de la part des revendeurs.

¹²Les chiffres relatifs aux produits de marque sont tirés de Orlandi, Tyabji et Chase (2016). Les chiffres concernant les produits génériques sont basés sur les estimations de ventes de produits génériques à l'échelle internationale. Ils ont été calculés en partant de l'hypothèse selon laquelle le ratio des ventes Afrique/Asie est le même pour les produits de marque et génériques

¹³En Afrique, les frais de raccordement au réseau peuvent varier de 2 à 400 dollars US (Harrison, Scott et Hogarth, 2016). Au Kenya, au Rwanda, en Tanzanie, au Burkina Faso et en République centrafricaine, ils sont supérieurs au revenu mensuel moyen (Alstone, Gershenson et Kammen, 2015). La procédure de raccordement des foyers après l'électrification d'un

village est donc lente et régressive, les familles les plus riches étant les premières à avoir accès au réseau (Pachauri et al., 2013)

¹⁴En Afrique subsaharienne, les réseaux électriques subissent plus de huit coupures de courant par mois, qui durent en moyenne 5,3 heures chacune (Scott et al., 2014). Le réseau est en panne pendant 540 heures par an en moyenne (soit 6 % du temps). Ce nombre est encore plus élevé au Nigéria, en Guinée et en République centrafricaine (AIE, 2014).

¹⁵Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

¹⁶Scott et Miller (2016)

¹⁷ESMAP (2015)

¹⁸Alstone, Gershenson et Kammen (2015)

¹⁹Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

²⁰Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

²¹Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

²²Alstone, Gershenson et Kammen (2015)

²³Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

²⁴Harrison, Scott et Hogarth (2016)

²⁵Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

²⁶Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

²⁷D'après SolarAid, les économies réalisées par les utilisateurs de lanternes solaires sont orientées vers les secteurs suivants : alimentation (46 % des personnes interrogées) ; éducation (frais de scolarité, uniformes, livres) (30 %) ; intrants agricoles (engrais, semences, équipements) (8 %) ; et autres entreprises de petite taille (7 %) (Harrison, Scott et Hogarth, 2016).

²⁸Entre 1998 et 2006, près de 24 000 incendies ayant entraîné la mort de 1 088 personnes ont été signalés dans des logements informels pour la seule Afrique du Sud. Un tiers d'entre eux ont été associés à des bougies (voir également PNUE, 2014b, qui indique que les bougies sont responsables de 40 % des incendies dans les villages). Au Nigéria, les explosions de lampes à pétrole étaient responsables des blessures de près d'un tiers des personnes admises à l'hôpital pour brûlures

(Mills, 2015).

²⁹Les teneurs en composés chimiques émis par les équipements alimentés au kérosène – monoxyde de carbone (CO), monoxyde d'azote (NOx) et dioxyde de soufre (SO₂) – dépassent les niveaux établis par l'Organisation mondiale de la Santé. Ces composés nuisent au bon fonctionnement des poumons et augmentent le risque de maladie infectieuse (y compris la tuberculose), d'asthme et de cancer (Lam et al., 2012a ; Bates et Bruce, non daté).

³⁰Le remplacement des systèmes d'éclairage au kérosène peut également réduire considérablement les émissions de gaz à effet de serre (Lam et al., 2012b). Au total, les lanternes à pétrole produisent l'équivalent de 240 millions de tonnes de CO₂ par an, soit la moitié des émissions annuelles du Royaume-Uni ou 0,5 % des émissions totales de la planète (Orlandi, Tyabji et Chase, 2016).

³¹L'empoisonnement au kérosène est une affection commune, qui touche 80 000 enfants par an pour la seule Afrique du Sud (Orlandi, Tyabji et Chase, 2016). Les complications les plus courantes sont la pneumonie chimique et les lésions à l'appareil pulmonaire et au système nerveux central. L'ingestion d'une dose aussi faible que 10 ml peut être fatale (Mills, 2015).

³²Harrison, Scott et Hogarth (2016)

³³Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

³⁴Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

³⁵Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

³⁶Hogarth (2012)

³⁷Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

³⁸Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

³⁹Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

⁴⁰Diecker, Wheeldon et Scott (2016)

⁴¹Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

⁴²Global LEAP (2015)

⁴³Global LEAP (2016)

⁴⁴Au Kenya, par exemple, un demi-million de foyers a signalé une modification des pratiques suite au visionnage d'une émission télévisée populaire consacrée à la gestion financière. Autre exemple, une série tanzanienne mettant en lumière les forts taux de fécondité dans le pays a eu pour conséquence une multiplication des discussions sur la planification familiale

(Global LEAP, 2016).

⁴⁵Global LEAP (2016)

⁴⁶Les clients versent généralement une somme initiale d'environ 30 dollars US, puis procèdent à des paiements réguliers allant de 0,20-0,50 dollar US par jour pour les systèmes de petite taille à 2 dollars par jour pour les plus importants. Certains modèles de paiement à la carte, tels que M-KOPA, ont recours aux paiements « par téléphonie mobile » ; d'autres, comme Azuri Technologies, utilisent des cartes à gratter. Certaines sociétés opèrent sur la base du leasing, dans le cadre duquel le client accède à terme à la pleine propriété de son système d'énergie solaire à usage domestique ; d'autres préfèrent les paiements perpétuels (Orlandi, Tyabji et Chase, 2016 ; Scott et Miller, 2016).

⁴⁷Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

⁴⁸IRENA (2015a)

⁴⁹La réduction des coûts sera, dans la plupart des cas, due à l'utilisation accrue d'appareils DC au détriment des appareils AC standards. À l'heure actuelle, les appareils DC sont moins courants et plus chers. Ils sont toutefois plus compatibles avec l'utilisation de panneaux solaires, qui produisent un courant continu. Le coût des appareils DC devrait baisser à mesure qu'ils se démocratiseront (Orlandi, Tyabji et Chase, 2016)

⁵⁰Global LEAP (2016)

⁵¹En attendant, la diffusion de réfrigérateurs économes en énergie est plus susceptible d'être dopée par la demande des entreprises non raccordées que par celle des ménages.

⁵²Global LEAP (2016) ; Orlandi, Tyabji et Chase (2016).

⁵³Winięcki et Kumar (2014)

⁵⁴Les personnes faisant l'acquisition de systèmes d'énergie solaire à usage domestique dans le cadre de modèles de leasing à la carte deviendront propriétaires d'un bien qu'elles pourront utiliser comme garantie (Orlandi, Tyabji et Chase, 2016).

⁵⁵Orlandi, Tyabji et Chase (2016)

⁵⁶Hogarth et Granoff, 2015

⁵⁷D'après les calculs d'USAID (non daté), les besoins en électricité d'une grande clinique (60 lits) variaient entre 5 et 10 kWh par jour. Practical Action (2013) estime que les besoins d'une école primaire comptant environ 100 élèves et quatre salles de classe étaient comparables.

Hogarth et Granoff (2015) ont calculé que les technologies hors réseau – systèmes d'énergie éolienne, solaire ou hybride solaire-diesel – étaient généralement plus rentables sur une période de 20 ans que le réseau électrique pour fournir 5 kWh par jour aux écoles rurales et aux petites cliniques actuellement situées à plus de 3,2 km du réseau électrique.

⁵⁸Practical Action (2014) ; USAID (non daté)

⁵⁹Practical Action (2013)

⁶⁰Africa Progress Panel (2015)

⁶¹Practical Action (2014)

⁶²Strohmeier (2015)

⁶³Scott et al. (2014)

⁶⁴CAFOD (2013)

⁶⁵Tortora et Rheault (2012)

⁶⁶D'après une étude menée au Ghana, par exemple, le revenu moyen des entreprises raccordées au réseau électrique solaire était 82 % plus élevé que les entreprises non électrifiées (bien que le lien de cause à effet de ce rapport eut été difficile à comprendre) (Obeng et Evers, 2010). En Ouganda, les micro-entreprises solaires attiraient plus de clients par jour et gagnaient 4,40 dollars US de plus par mois que les sociétés non raccordées à l'électricité (Harsdorff et Bamanyaki, 2009).

⁶⁷Harrison, Scott et Hogarth (2016) ; Harsdorff et Bamanyaki (2009) ; Obeng et Evers (2010)

⁶⁸Pachauri et al. (2013)

⁶⁹GVEP (2011a)

⁷⁰Burney, Naylor et Postel (2013)

⁷¹Jain (2015)

⁷²Hogarth et Granoff (2015)

⁷³GIZ (2016)

⁷⁴Global LEAP (2016)

⁷⁵GIZ (2016)

⁷⁶Practical Action (2014)

⁷⁷PNUE (2015a)

⁷⁸IRENA (2013b)

⁷⁹Barber (2014)

⁸⁰Global LEAP (2016)

⁸¹Africa Progress Panel (2015)

⁸²IRENA (2015b)

⁸³AIE (2014)

⁸⁴Selon les estimations de la Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO), la demande

de mini-réseaux fonctionnant aux énergies renouvelables pourrait s'élever à 156 000 installations d'ici 2030 (ECREEE, 2012).

⁸⁵En Afrique subsaharienne, le coût du raccordement des communautés rurales au réseau est estimé à près de 2 300 dollars US contre 1 300 à 1 900 dollars US pour la construction d'un mini-réseau, selon les recherches menées par McKinsey (Castellano et al., 2015a).

⁸⁶RECP (2013)

⁸⁷AIE (2014)

⁸⁸RECP (2013)

⁸⁹SE4All (2014)

⁹⁰IRENA (2015b)

⁹¹Cette classification est également utilisée dans le rapport de situation publié par la République du Kenya (Banque mondiale, 2016b), lequel fait référence aux catégories de types 1, 2 et 3.

⁹²IRENA (2012)

⁹³AIE (2014)

⁹⁴AIE (2014)

⁹⁵Basé sur une analyse du coût actualisé de l'énergie, c'est-à-dire tout au long du cycle de vie du projet.

⁹⁶Frankfurt School (2015)

⁹⁷AIE (2011) ; Szabo et al. (2013)

⁹⁸DAES (2016)

⁹⁹GVEP (2011b) ; RECP (2013) ; SBI (2013)

¹⁰⁰RECP (2013)

¹⁰¹RECP (2013) ; SBI (2013)

¹⁰²PNUE (2015b)

¹⁰³SolarServer (2016)

¹⁰⁴GVEP (2011b) ; RECP (2013) ; SBI (2013)

¹⁰⁵Tungu-Kabiri (2016)

¹⁰⁶RECP (2013)

¹⁰⁷ESI Africa (2015)

¹⁰⁸Navigant (2015)

¹⁰⁹Palit et Chaurey (2011)

¹¹⁰Inspiré des travaux de Tumiwa (2014)

¹¹¹Aux Philippines, les mini-réseaux fonctionnant au diesel possèdent une puissance installée d'environ 375 MW. La plupart sont exploités par le National Power Cooperation-Small Power Utility Group (NPC-SGUP), qui gère 221 sites (IRENA, 2015).

¹¹²Les paragraphes suivants s'inspirent des travaux de Palit et Chaurey (2011)

- ¹¹³Schnitzer et al. (2014)
- ¹¹⁴GTM Research (2014)
- ¹¹⁵GTM Research (2015)
- ¹¹⁶La panne d'électricité qui a frappé une grande partie du nord-est des États-Unis en 2003 et les ouragans Katrina (2005) et Sandy (2012) ont mis en évidence la nécessité de garantir un approvisionnement en électricité résilient.
- ¹¹⁷GTM Research (2015)
- ¹¹⁸En 2015, l'État de New York a octroyé un budget de 40 millions de dollars US aux projets de micro-réseaux ; le Massachusetts a affecté 18 millions de dollars US à 13 projets ; la Californie a fourni 26,5 millions de dollars US en faveur des micro-réseaux fonctionnant aux énergies renouvelables (Miret, 2015).
- ¹¹⁹Disrupt Africa (2015)
- ¹²⁰SharedSolar (non daté)
- ¹²¹AIE (2011)
- ¹²²AIE, (2014)
- ¹²³Cette partie s'appuie sur les publications d'Energy 4 Impact et Inensus (2016).
- ¹²⁴PNUE (2015b)
- ¹²⁵SBI (2013) ; PNUE (2015b) ; ENEA (2016)
- ¹²⁶IAER (2015)
- ¹²⁷Castellano et al. (2015b)
- ¹²⁸AIE (2014)
- ¹²⁹IRENA (2015c)
- ¹³⁰CEA (2016)
- ¹³¹IAER (2015)
- ¹³²KPMG (2016)
- ¹³³KPMG (2016)
- ¹³⁴PAEE (2016)
- ¹³⁵BAD (2011)
- ¹³⁶Bazilian et al. (2012a)
- ¹³⁷ONUDI (2005)
- ¹³⁸Eberhard et al. (2016)
- ¹³⁹Eberhard et al. (2016)
- ¹⁴⁰Bazilian et al. (2012b)
- ¹⁴¹Sovacool, Bazilian et Toman (2016)
- ¹⁴²BaFD (2016)
- ¹⁴³REI4P (2016)
- ¹⁴⁴Eberhard et al. (2016)
- ¹⁴⁵Latham et Watkins (2016)
- ¹⁴⁶CEA (2016)
- ¹⁴⁷Traoré (2013)
- ¹⁴⁸Bazilian et al. (2012a)
- ¹⁴⁹Eberhard et al. (2016)
- ¹⁵⁰Eberhard (2016)
- ¹⁵¹Cette section s'appuie sur les sources suivantes : AIE (2016) ; CCNUCC (2017) pour les documents de contribution prévue déterminée au niveau national (INDC) pour l'Afrique du Sud, le Botswana, l'Égypte, le Nigéria et le Sénégal ; Coal International (2016) ; Conseil pour l'avenir du monde (2016) ; EY (2016) ; OCP Policy Center (2016)
- ¹⁵²Site Internet de statistiques de l'Afrique du Sud, <http://www.statssa.gov.za/?p=4820>
- ¹⁵³Conseil pour l'avenir du monde (mars 2016)
- ¹⁵⁴Également appelés « tarifs de rachat », puisqu'il s'agit des prix auxquels un producteur vend son électricité au réseau de transport
- ¹⁵⁵IRENA (2016)
- ¹⁵⁶EIU (2016)
- ¹⁵⁷BNEF (2016)
- ¹⁵⁸REN21 (2016)
- ¹⁵⁹IRENA (2012)
- ¹⁶⁰IRENA (2015c)
- ¹⁶¹IRENA (2016)
- ¹⁶²CEA (2016)
- ¹⁶³CEA (2016)
- ¹⁶⁴Quitow et al. (2016)
- ¹⁶⁵EIU (2016)
- ¹⁶⁶Climatescope (2016)
- ¹⁶⁷PAEE (2016)
- ¹⁶⁸IRENA (2015b)
- ¹⁶⁹CEA (2016)
- ¹⁷⁰Davis (2016)
- ¹⁷¹PAEE (2016)
- ¹⁷²Davis (2016)
- ¹⁷³PAEE (2016)
- ¹⁷⁴PAEE (2016)
- ¹⁷⁵GTZ (2007)
- ¹⁷⁶Nyeko (2016)
- ¹⁷⁷USAID (2015)
- ¹⁷⁸Rosen (2015)
- ¹⁷⁹Baker (2016)
- ¹⁸⁰Quitow et al. (2016)
- ¹⁸¹Climatescope (2016)
- ¹⁸²EIU (2016)

- ¹⁸³GTZ (2007)
- ¹⁸⁴Quitow et al. (2016)
- ¹⁸⁵CEA (2016)
- ¹⁸⁶EIU (2016)
- ¹⁸⁷GreenCape (2016)
- ¹⁸⁸GreenCape (2016)
- ¹⁸⁹CEA (2016)
- ¹⁹⁰IRENA (2015c)
- ¹⁹¹Climatescope (2016)
- ¹⁹²EIU (2016)
- ¹⁹³CEA (2016)
- ¹⁹⁴GreenCape (2016)
- ¹⁹⁵Montmasson-Clair et Ryan (2014)
- ¹⁹⁶Berenbach (2015)
- ¹⁹⁷PV Insider (2016)
- ¹⁹⁸IRENA (2015c)
- ¹⁹⁹CEA (2016) ; PAEE (2016)
- ²⁰⁰On peut également faire la distinction entre les pertes liées au transport et les pertes liées à la distribution, selon l'étape de la chaîne d'approvisionnement à laquelle elles se produisent.
- ²⁰¹AIE (2014)
- ²⁰²PwC (2016)
- ²⁰³KPMG (2015)
- ²⁰⁴Davis (2016)
- ²⁰⁵KPMG (2016)
- ²⁰⁶CEA (2016)
- ²⁰⁷Cayten et Bazilian (2016)
- ²⁰⁸Bafana (2016)
- ²⁰⁹Del Bello (2016)
- ²¹⁰Guay (2016)
- ²¹¹Dubey (2015)
- ²¹²Cette section s'appuie sur Tallapragada et al. (2009), Eberhard et al. (2008), Deloitte (2013).
- ²¹³Ce montant ne comprend pas les vols de lignes aériennes, de composants de transformateurs et autres matériaux. Bien que ce type de vols provoque également des pertes d'électricité, il ne s'agit pas à proprement parler de vols d'électricité. Les vols de matériaux constituent un problème majeur dans certains pays.
- ²¹⁴PRNewswire (2014)
- ²¹⁵Smith (2004)
- ²¹⁶Tallapragada et al. (2009)
- ²¹⁷Eberhard et al. (2011)
- ²¹⁸Eberhard et al. (2011)
- ²¹⁹Bundock (2014)
- ²²⁰Okafor (2016)
- ²²¹Never (2015) ; Winther (2012)
- ²²²Smith (2004)
- ²²³Never (2015)
- ²²⁴Malama et al. (2014)
- ²²⁵NERC (2015)
- ²²⁶Malama et al. (2014)
- ²²⁷Eberhard et al. (2011)
- ²²⁸Eberhard et al. (2011)
- ²²⁹Banque mondiale (2015a)
- ²³⁰Eberhard et al. (2011)
- ²³¹Eskom (2016)
- ²³²Smith (2004)
- ²³³Cette section s'appuie notamment sur Agence internationale de l'énergie (AIE) (2016).
- ²³⁴Hill, Matthew et Thomas Wilson (2016)
- ²³⁵Banque mondiale (2016a) ; Wilson, Thomas (2016)
- ²³⁶AIE (2014)
- ²³⁷Poggiolini (2016)
- ²³⁸PAEE (2016)
- ²³⁹IRENA (2013a)
- ²⁴⁰BAfD (2016)
- ²⁴¹CEA (2016)
- ²⁴²IRENA (2013a)
- ²⁴³AIE (2014)
- ²⁴⁴AIE (2014)
- ²⁴⁵IRENA (2013a)
- ²⁴⁶IRENA (2015c)
- ²⁴⁷IRENA (2013a)
- ²⁴⁸PAEE (2016)
- ²⁴⁹Poggiolini (2016)
- ²⁵⁰IRENA (2012)
- ²⁵¹IRENA (2012)
- ²⁵²Tsiko (2016)
- ²⁵³Creamer (2016)
- ²⁵⁴Senelwa (2015)
- ²⁵⁵East African (2016)
- ²⁵⁶SARDC (2016)
- ²⁵⁷Standard Bank (2016)
- ²⁵⁸Tsiko (2015)
- ²⁵⁹Ford (2016)
- ²⁶⁰AIE (2014)

²⁶¹ESI Africa (2016)

²⁶²Ligami (2016a)

²⁶³AIE (2014)

²⁶⁴Demierre et al. (2014)

²⁶⁵Ligami (2016b)

²⁶⁶Demierre et al. (2014)

²⁶⁷Poudineh et Rubino (2016)

²⁶⁸Nerini et al. (2016)

²⁶⁹Kojima et al. (2016). Les auteurs citent le rapport Global Tracking Framework (Banque mondiale, 2015b), qui révèle qu'environ 35 % des foyers africains n'avaient pas accès à l'électricité en 2012, contre 21 % dans l'avant-dernière région du classement, à savoir l'Asie du Sud. L'accès à l'électricité atteignait 69 % chez les résidents urbains mais seulement 15 % chez les résidents ruraux, contre 70 % chez les résidents ruraux en Asie du Sud.

²⁷⁰Briceño-Garmendia et Shkaratan (2011)

²⁷¹Africa Progress Panel (2015) ; Sy et Copley (2016)

²⁷²Sy et Copley (2016)

²⁷³FMI (2015)

²⁷⁴Sy et Copley (2016)

²⁷⁵ICA (2013)

²⁷⁶Antony Karembu, cité dans Sy et Copley (2016)

²⁷⁷Agence internationale de l'énergie (2014)

²⁷⁸Cayten et Bazilian (2016)

