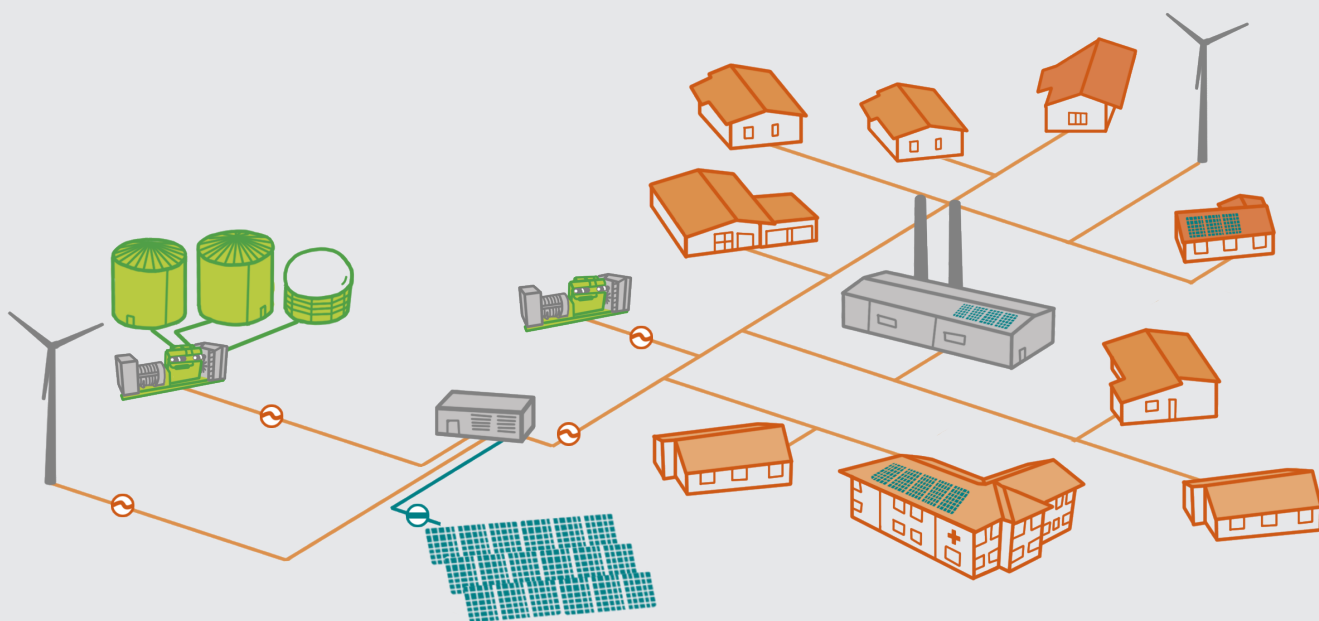


Synthèse des liens, N° 4, Décembre 2017

Changement climatique & Environnement

Miniréseaux



Principales observations

L'accès à l'électricité est un facteur important du développement économique et social des zones rurales, qui peut avoir des répercussions positives sur le plan de l'éducation, des revenus et de la santé. Cependant, plus d'un milliard de personnes n'ont pas encore accès à l'électricité, surtout dans les zones rurales des pays en développement. Dans le cadre de ses Objectifs de développement durable, les Nations-Unies veulent changer cette situation et universaliser l'accès à l'électricité d'ici 2030.

Compte-tenu des coûts considérables qu'implique l'électrification des zones rurales, les miniréseaux ont un rôle important à jouer dans la réalisation de cet objectif. Les innovations techniques qui permettent aux pays en développement de concevoir une architecture de réseau décentralisé pour électrifier les régions reculées, sont disponibles. L'électricité renouvelable peut largement remplacer les générateurs diesel des miniréseaux existants, les transformant en miniréseaux verts. Les nouveaux miniréseaux verts peuvent empêcher l'utilisation de combustibles fossiles, et aider ainsi à réduire nettement ou à éviter les émissions de CO₂.

Mais pour exploiter l'ensemble des capacités des miniréseaux aux fins de développement, il est impératif de relever les défis économiques, techniques et sociaux. La coopération au développement est primordiale dans ce contexte : pour diminuer la pression sur les budgets de développement nationaux, il faut développer de nouveaux modèles d'affaire afin d'attirer l'investissement privé dans les miniréseaux ; il faut accompagner les autorités nationales dans la préparation des cadres réglementaires relatifs à la construction et à l'exploitation des miniréseaux ; il faut soutenir les communautés de village et les entrepreneurs pour qu'ils optimisent leur usage de l'électricité disponible provenant des miniréseaux ; et il faut créer les réseaux de services pour l'entretien et la réparation des miniréseaux afin de garantir un approvisionnement électrique durable et fiable.

Contexte

Pourquoi cette synthèse des liens ?

Cette synthèse des liens porte sur l'électrification en milieu rural par des miniréseaux et de leur importance pour l'interaction entre développement durable, réduction de la pauvreté et changement climatique. Les miniréseaux ont un rôle important à jouer dans l'universalité d'accès à l'électricité, mais de nouveaux modèles d'affaire, des cadres réglementaires et des réseaux de services sont nécessaires pour faire face aux divers défis techniques, économiques et sociaux.

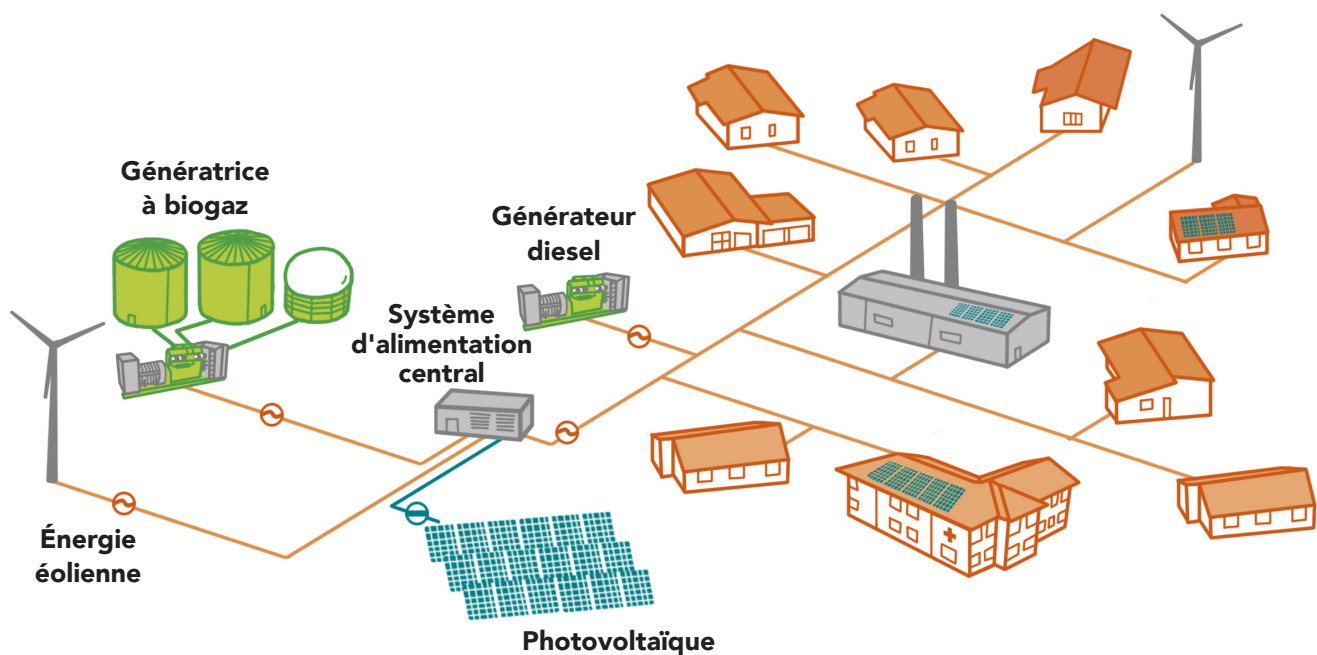
Miniréseaux verts dans le cadre du changement climatique et du développement durable

Il est largement admis que l'accès à l'électricité est un élément essentiel au développement économique. La santé

et l'éducation se détériorent en l'absence d'électricité, quand les médicaments et les vaccins ne peuvent pas être réfrigérés et quand il n'y a pas d'éclairage pour étudier le soir. L'accès à l'eau potable et à la sécurité alimentaire s'améliore lorsque l'électricité est disponible pour les pompes et l'irrigation. D'autres activités génératrices de revenus sont possibles quand l'électricité est disponible pour le broyage, le stockage frigorifique, la fabrication à petite échelle, les services et les technologies de l'information et de la communication. Aujourd'hui, plus d'un milliard d'habitants, surtout des ruraux, n'ont pas accès à l'électricité. L'Objectif de développement durable n° 7 s'efforce de remédier à cette situation en ciblant l'universalité d'accès à des services énergétiques abordables, fiables et modernes d'ici 2030 (<https://sustainabledevelopment.un.org/>).

Figure 1 : schéma d'un miniréseau hybride

Source : BINE Information Service, 2011:2



Définition d'un miniréseau

Un miniréseau est un ensemble de petits générateurs électriques et, éventuellement, de systèmes de stockage d'énergie interreliés à un réseau de distribution qui fournit de l'électricité à de petits groupes locaux de consommateurs, et qui fonctionne de manière autonome par rapport au réseau de distribution national (SE4All, 2017). Dans ce document, nous faisons notamment référence à des miniréseaux de village alimentés par un seul générateur d'une capacité de 10 kW à 200 kW. Les miniréseaux plus petits sont parfois appelés « microréseaux » ou « nanoréseaux ». Les miniréseaux alimentés par une énergie renouvelable sont aussi appelés « miniréseaux verts ».

Les solutions possibles pour l'accès à l'électricité dans les zones rurales incluent l'extension du réseau national, des miniréseaux et des systèmes autonomes. La plupart des gouvernements des pays en développement ont, dans le passé, privilégié l'extension du réseau pour électrifier les zones rurales. Les progrès étaient cependant très lents et, dans certains pays d'Afrique sub-saharienne, le taux d'électrification était inférieur à celui de la croissance démographique (RECP, 2014:25). Néanmoins, les gouvernements et les développeurs privés portent un intérêt croissant aux miniréseaux, vus comme un moyen d'électrifier

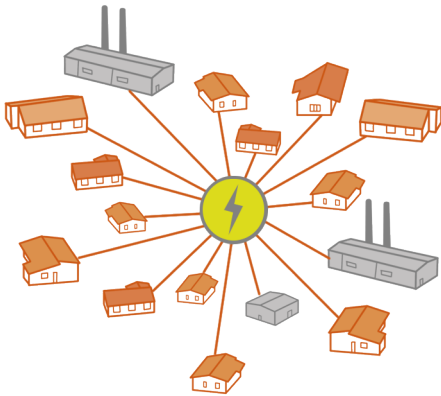
à moindre coût et plus rapidement. Les systèmes autonomes sont appropriés aux zones reculées avec une demande potentielle faible et des charges dispersées.

En Afrique sub-saharienne, aux Caraïbes et dans les îles du Pacifique, les miniréseaux fonctionnaient principalement avec des générateurs diesel, car c'est un mode d'électrification qui nécessite le moins d'investissements. L'inconvénient de ces miniréseaux diesel est le coût élevé du diesel. Ces coûts de fonctionnement élevés ont fait que les miniréseaux verts, alimentés principalement par l'énergie renouvelable, sont devenus un thème central des discussions internationales au cours des 15 dernières années. L'augmentation du prix du diesel a pesé lourdement sur les budgets des gouvernements qui, par conséquent, cherchent des moyens de réduire les coûts. Ces dernières années, grâce à l'accélération de la baisse des prix du photovoltaïque et d'autres sources d'énergie renouvelable, il est devenu possible d'alimenter ces miniréseaux en électricité produite à partir de sources d'énergie renouvelable. La combinaison de l'énergie traditionnelle et de l'énergie renouvelable s'appelle aussi « hybridation » des miniréseaux. IRENA (2016:3) estime qu'il est possible de transformer des miniréseaux diesel de 50 à 250 gigawatts en miniréseaux hybrides avec des sources d'énergie renouvelable. Cela équivaut à la capacité de 50 à 250 centrales nucléaires. Par conséquent, les miniréseaux verts réduisent non seulement les coûts de fonctionnement mais aussi les émissions de CO₂.

Figure 2 : d'une architecture de réseau centralisé à une architecture de réseau réparti

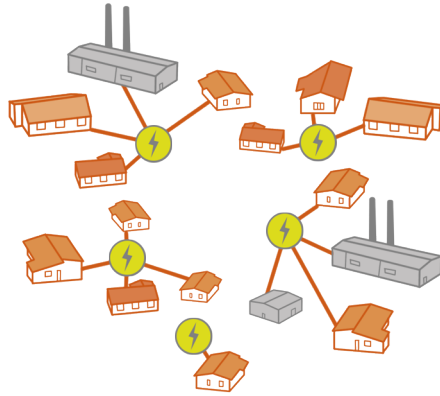
Source : Bacchetti et al., 2016

STRUCTURE DU SYSTÈME
de centralisée



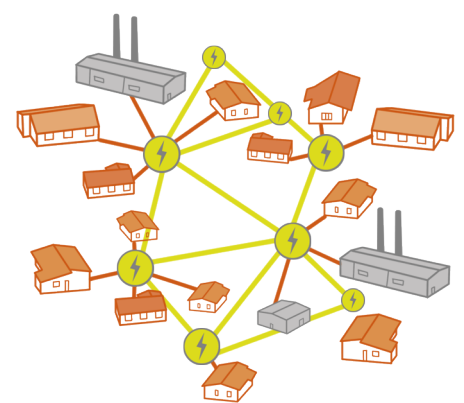
RESSOURCES
de non-renouvelables

à décentralisée



à renouvelables

et répartie



Les miniréseaux comme partie intégrante
de la future architecture de réseau

Le développement technologique des miniréseaux verts est aussi influencé par les développements des pays de l'OCDE (Organisation de coopération et de développement économiques). Le développement continu des centrales électriques photovoltaïques, éoliennes et alimentées en biomasse nécessitera d'adapter l'architecture des réseaux électriques. L'architecture de réseaux traditionnelle développée depuis une centaine d'années s'appuyait sur de plus grands générateurs électriques traditionnels centralisés. Le futur réseau ressemble à un maillage de nœuds répartis qui assurent le stockage, la production et la consommation et non à l'architecture mono-directionnelle actuelle (Figure 2). Cette structure de système réparti ressemblera à un maillage de miniréseaux interreliés. L'interconnexion est bénéfique à la stabilité du système mais ces sous-systèmes de miniréseaux devraient pouvoir, en théorie, fonctionner de manière autonome dès que les technologies intelligentes de réseaux de distribution et de stockage d'électricité deviendront matures et abordables.

Faits & Chiffres

1,2 milliard de personnes n'ont pas accès aux services énergétiques modernes

En 2014, 84 pour cent de la population mondiale avait accès à l'électricité, alors que près de 1,2 milliard de personnes n'avaient toujours pas accès aux services d'approvisionnement en électricité. L'objectif de développement durable n° 7 cible l'universalité d'accès à des services énergétiques abordables, fiables et modernes d'ici 2030 (Nations-Unies, 2015). Au cours des dernières années, l'Asie – où 79 pour cent de la population rurale a accès à l'électricité par rapport à 96 pour cent de la population urbaine – a fait le plus de progrès pour atteindre cet objectif. En revanche, en Afrique, le nombre de personnes qui n'ont pas accès à l'électricité a augmenté au cours des cinq dernières années. Seuls

28 pour cent de la population rurale et 71 pour cent de la population urbaine y ont accès. La situation est pire en Afrique sub-saharienne où le taux d'électrification en zones rurales reste inférieur à 10 pour cent dans 22 pays (Figures du Tableau 1: IEA, 2016).

La plupart des gouvernements africains de la région ont développé des stratégies d'électrification nationales en préconisant une extension de réseau et une électrification décentralisée au moyen de miniréseaux et de solutions hors-réseau isolé. Il n'existe pas de chiffres officiels sur le nombre de personnes qui ont actuellement accès à l'électricité via un raccordement à un miniréseau, mais compte-tenu de l'ampleur de la tâche présente, le nombre de miniréseaux existants est vraiment très faible.

Tableau 1 : accès à l'électricité en 2014 – Totaux régionaux

Source : IEA, 2016

Régions	Population sans électricité (millions)	Taux d'électrification (%)	Taux d'électrification urbaine (%)	Taux d'électrification rurale (%)
Pays en développement	1 185	79	92	67
Afrique	634	45	71	28
Afrique du Nord	1	99	100	99
Afrique sub-saharienne	632	35	63	19
Pays d'Asie en développement	512	86	96	79
Chine	0	100	100	100
Inde	244	81	96	74
Amérique Latine	22	95	98	85
Moyen-Orient	18	92	98	78
Économies en transition & OCDE	1	100	100	100
MONDE	1 186	84	95	71

Tableau 2 : investissement supplémentaire nécessaire pour atteindre l'objectif de l'universalité d'accès à l'électricité dans le cas « Énergie pour tous »

Source : IEA, 2011:22

	2010–2020	2021–2030	Total
Afrique	119	271	390
Afrique sub-saharienne	118	271	389
Pays d'Asie en développement	119	122	241
Inde	62	73	135
Reste de l'Asie en développement	58	49	107
Amérique latine	3	3	6
Pays en développement*	243	398	641
MONDE	243	398	641

* Le total des pays en développement englobe les pays du Moyen-Orient.

Il faut 641 milliards USD supplémentaires pour universaliser l'accès à l'électricité

On estime qu'il faudrait avoir un budget supplémentaire de 32 milliards USD par an pour atteindre cet objectif d'accès universel à l'électricité d'ici 2030. Même si l'investissement nécessaire est important, il ne représente qu'environ 3 pour cent de l'investissement annuel mondial dans les infrastructures énergétiques (IEA, 2011:20ff). L'Agence internationale de l'énergie estime que 45 pour cent de raccordements supplémentaires seront réalisés avec des extensions de réseaux au niveau national, 35 pour cent avec des miniréseaux et les 20 pour cent restants, avec des solutions hors-réseau autonomes. Dans ce cas de figure, l'investissement dans les miniréseaux s'élève à 12 milliards USD par an, ce qui permettrait à 19 millions de personnes supplémentaires par an de se raccorder. On s'attend à ce que 90 pour cent de ces nouveaux miniréseaux soient verts.

Défis techniques des miniréseaux

Le maintien d'un approvisionnement stable et fiable est le défi majeur que doit relever toute exploitation d'un réseau. En l'absence de dispositifs de stockage d'électricité importants, la fourniture doit être parfaitement équilibrée avec la consommation réelle pour maintenir une fréquence et un voltage stables. Cette tâche est plus facile à atteindre quand un réseau est alimenté par des turbines à énergie hydroélectrique ou des moteurs à combustion. Ce sont des sources d'énergie dites « dispatchable », c'est-à-dire que leur puissance utile peut être facilement ajustée pour satisfaire à la demande d'électricité réelle.

Avec un seul générateur, le contrôle du miniréseau peut se faire facilement par des ouvriers peu spécialisés. Si

plusieurs générateurs alimentent un miniréseau, la tâche s'avère plus compliquée car le courant alternatif des deux générateurs doit être synchronisé. Il faut généralement recourir à un canal de communication entre les générateurs et à des contrôleurs électroniques sophistiqués, ce qui augmente le coût du système.

Les défis augmentent si différents types de générateurs alimentent un miniréseau, en particulier dans le cas des énergies renouvelables, comme l'éolien ou le photovoltaïque. Ce sont des sources d'énergie dites « non-dispatchable », et leur puissance utile fluctue fortement avec des conditions météorologiques changeantes. Lorsque la part des énergies renouvelables dépasse 20 pour cent, une conception et des mesures d'exploitation spécifiques doivent être prises en compte.

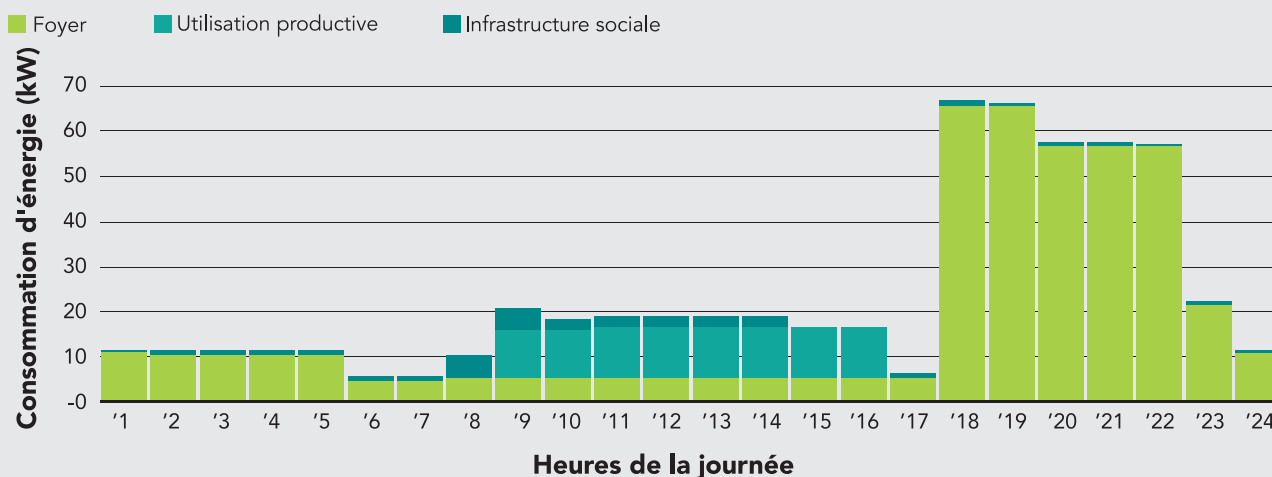
Défis économiques des miniréseaux

Les miniréseaux isolés souffrent souvent d'un facteur de charge faible (c.-à-d. le pourcentage d'énergie générée pendant un temps donné qui peut en fait être vendue). Lorsque l'électricité ne sert qu'à l'éclairage et au fonctionnement de deux télévisions, le facteur de charge peut être inférieur à 25 pour cent. La Figure 3 montre un profil de charge théorique d'un village indonésien de 350 foyers avec des activités économiques établies autres que l'agriculture (Blum et al., 2013:8).

Le profil de charge montre un pic en soirée important. Mais pendant la journée, la demande en électricité est assez faible malgré certaines activités économiques. Le revenu qui en résulte est bas et suffira à peine à couvrir les coûts d'exploitation et d'entretien courants ou à amortir l'investissement. Ces miniréseaux ne peuvent pas être exploités de façon durable sans des tarifs élevés couvrant les coûts ou des aides aux investissements. Si

Figure 3 : profil de charge typique d'un miniréseau isolé

Source : Blum et al., 2013:8



les villageois ne peuvent pas s'offrir ces tarifs élevés, les systèmes se détérioreront sûrement un jour ou l'autre.

Ces perspectives de rendement faible compliquent la recherche d'investisseurs privés pour développer les miniréseaux isolés. Renforcer l'attrait de ces miniréseaux exige de nouvelles utilisations productives qui créent un facteur de charge (et des revenus) supplémentaire pendant la journée.

L'expérience montre cependant qu'il n'est pas facile d'atteindre cette utilisation plus productive. Le simple fait que l'électricité soit disponible ne constitue pas en soi une condition suffisante.

Défis sociaux des miniréseaux

La construction d'un miniréseau dans des villages reculés chamboule les habitudes de vie et peut générer des conflits, surtout lorsque le modèle privilégié est la propriété et l'exploitation du miniréseau par la communauté. Les éléments de ce modèle peuvent être sources de conflits personnels et de luttes pour le pouvoir des ressources. Cela peut avoir une incidence négative sur l'exploitation du miniréseau :

- Le personnel associé à un comité de gestion de miniréseaux aura accès aux ressources (travail, salaires et pouvoir), et les personnes les plus influentes pourraient être choisies au détriment d'autres personnes plus appropriées.
- Si la capacité disponible du miniréseau n'est pas suffisante pour électrifier tous les foyers, les personnes non raccordées peuvent se sentir injustement traitées et pourraient saboter l'infrastructure du miniréseau.
- Dans certaines sociétés, les exploitants ne se sentent pas de prendre des sanctions envers des villageois qui voleraient de l'électricité ou qui ne paieraient pas

leurs factures. Cette approche peut avoir un effet négatif sur l'exploitation et la sécurité durables de la fourniture électrique.

- L'absence de contrôle indépendant de la part des exploitants peut entraîner des dépenses inappropriées et, par conséquent, une insuffisance de fonds pour des dépenses légitimes, comme pour l'entretien et les réparations.
- Si la propriété du terrain accueillant l'infrastructure du miniréseau n'est pas clairement définie, des demandes d'indemnisation pourraient voir le jour à plus ou moins brève échéance.

Modèles d'affaire possibles d'exploitation des miniréseaux

Outre la propriété détenue par la communauté, les miniréseaux peuvent aussi appartenir ou être exploités par le secteur public, le secteur privé ou une combinaison des deux. Le Tableau 3 montre un aperçu des différents modèles d'affaire.¹ La principale raison d'impliquer le secteur privé est d'augmenter le plafond des fonds publics alloués au développement de l'infrastructure. L'objectif ambitieux d'universaliser l'accès à l'électricité ne peut pas être atteint avec les seuls fonds publics engagés. Les modèles privilégiant les fonds publics ne sont donc pas une solution. Mais les modèles privilégiant les fonds privés ne sont pas une solution non plus, à cause des défis économiques décrits plus haut. Entre ces deux extrêmes, il existe des modèles mixtes avec de meilleures chances de succès.

Le modèle Partenariat Public-Privé (PPP)

Le gouvernement ou un service public prévoit et construit un projet de miniréseau incluant des générateurs électriques. L'exploitation du projet est soustraite à une société du secteur privé, responsable de la

Tableau 3 : modèles d'affaires de miniréseaux

Modèles d'affaire	Production/Distribution/Vente
Entièrement publics	Le gouvernement construit l'infrastructure
	Exploitation et maintenance par le service public
Entièrement privés	Propriété des actifs et exploitation et maintenance par une entreprise privée intégrée verticalement ou par deux ou plus entreprises privées
Modèle Partenariat Public-Privé (PPP, modèle mixte)	Propriété de l'infrastructure avec le secteur public, mais exploitation et maintenance sous-traitées au secteur privé dans le cadre d'un contrat de concession ou d'un contrat de gestion avec honoraires
Modèle Convention d'achat d'électricité (PPA, modèle mixte)	Production : le secteur privé construit et détient la partie production, et vend l'électricité en gros dans le cadre d'un PPA avec l'entreprise de service public
	Distribution/vente : l'entreprise de service public détient le réseau de distribution et gère la vente au détail de l'électricité

¹ Les modèles et leurs données sont une synthèse de différentes études : Tenenbaum et al., 2014; RECP, 2013 + 2014; ECA, 2014; Meier, 2012 + 2015.

production, de la distribution et de la vente de l'électricité. Le modèle PPP peut être utile si l'exploitation et la maintenance des miniréseaux existants sont privatisées. Un exploitant privé peut travailler pour un coût inférieur à celui du secteur public, et réduire ainsi la pression sur le budget de celui-ci. Cependant, pour la construction de nouveaux miniréseaux, ce modèle ne semble pas très attractif car les fonds publics ne lèvent pas d'investissement privé.

Le modèle Convention d'achat d'électricité (PPA)

Dans de nombreux pays en développement, les services publics ont construit des miniréseaux isolés pour alimenter les communautés peu susceptibles d'être raccordées au réseau principal de la compagnie nationale. Des générateurs diesel, dont l'investissement initial en capital est le plus faible, alimentent ces miniréseaux isolés. Une fois ces miniréseaux opérationnels, la compagnie nationale est obligée, en général, de vendre l'électricité aux consommateurs au prix de détail national, même si ses coûts de production à ces endroits sont plusieurs fois supérieurs à ce prix. Comme les énergies renouvelables sont devenues plus économiques, les producteurs d'énergie privés ont commencé à se rapprocher de la compagnie nationale en lui proposant de remplacer son carburant diesel par des ressources renouvelables moins coûteuses. Le secteur privé juge très intéressant le fait que le législateur fixe un tarif de rachat proche du coût d'exploitation relativement élevé des générateurs diesel de la compagnie – aussi appelé « coût évité ».

Le modèle PPA peut aussi être une solution pour les nouveaux projets de miniréseaux, car il comprend des mesures incitatives pour toutes les parties prenantes :

- Le secteur public ne paie pas l'infrastructure de production d'énergie, mais seulement l'infrastructure du réseau – mobilisant ainsi ses fonds propres ;
- L'investisseur du secteur privé se voit attribuer un tarif de rachat économiquement intéressant, et il n'est pas exposé aux risques inhérents à la vente d'électricité au détail ;
- Les villageois sont traités sur le même pied d'égalité que les clients raccordés au réseau, et peuvent bénéficier de tarifs nationaux interfinancés.

Le type de modèle choisi dépend toujours du cadre réglementaire applicable et des considérations politiques. Par exemple, dans les pays où une politique en faveur de tarifs nationaux uniques n'existe pas, les producteurs d'énergie privés peuvent être autorisés à facturer des tarifs de détail plus proches des coûts réels. Cela peut sembler injuste pour les communautés reculées, mais certainement moins que si elles étaient totalement privées de services de fourniture en électricité.

Enjeux clés

Enjeu clé 1 : l'exploitation durable est un défi pour de nombreux miniréseaux

Le déploiement de miniréseaux s'est souvent focalisé sur la planification technique et la construction physique, mais les questions liées à leur exploitation sur le long terme ont été, dans une certaine mesure, négligées. Les services de maintenance et de réparation systématiques sont souvent inexistantes dans les villages reculés, et l'effacement de consommation et les limites liées à l'augmentation de la demande sont parfois mal compris des exploitants. Les défis économiques empêchent les comités de gestion de miniréseaux de devenir des organisations financièrement saines. Dans le nord du Pakistan, une étude récente a révélé que « ... près des trois quarts des usines inspectées montraient des points faibles et des défauts, allant de défauts mineurs à une capacité sérieusement réduite jusqu'à la panne totale » (GIZ, 2013:10).

Les raisons de ces problèmes ne sont pas d'ordre technique mais organisationnel, dans la mesure où ce schéma n'est pas clair concernant l'exploitation et la maintenance de ces miniréseaux. L'exploitation de miniréseaux par la communauté ne peut qu'entraîner une exploitation durable avec un service après-vente adéquat. C'est peut-être le modèle d'affaire le plus facile à mettre en place, car un cadre réglementaire spécifique n'est pas nécessaire, et il ne grève pas les budgets gouvernementaux au-delà de l'investissement initial. Mais là où un service après-vente durable et régulier auprès des communautés ne peut être garanti, de nouveaux modèles d'affaire fondés sur un partenariat public-privé peuvent être proposés. Ces modèles ont besoin d'un certain type de subventions publiques et de la mise en place d'un cadre réglementaire. Ces efforts supplémentaires seront récompensés par une fourniture en électricité plus durable et plus fiable dans les régions reculées.

Enjeu clé 2 : le secteur privé doit s'impliquer davantage pour atteindre les objectifs de développement

Au vu des investissements importants nécessaires à la réalisation de cet objectif d'accès universel à l'électricité, le secteur énergétique a besoin de capitaux privés importants pour compléter les ressources publiques déficitaires. Cependant, l'investissement privé dans les miniréseaux reste rare, car il est difficile de générer des marges satisfaisantes. À ce jour, les compagnies tour-

nées vers le profit sont des fournisseurs de services d'ingénierie, de fourniture (du réseau électrique), d'installation et de mise en service.

Les concepteurs et les exploitants privés n'envisageront de se lancer sur le marché des miniréseaux que si celui-ci génère des profits ou, du moins, couvre les coûts dans le cas des entreprises à but social, des ONG et des coopératives (RECP, 2014). Mais avec les miniréseaux, les coûts de production et de distribution d'électricité sont supérieurs à ceux des réseaux nationaux. Par conséquent, pour attirer l'investissement privé, un système de miniréseaux doit pouvoir offrir des revenus supérieurs (soit par des tarifs de rachat ou de consommation appropriés) à ceux d'un système de réseau traditionnel.

Enjeu clé 3 : les cadres réglementaires sont inexistantes ou inappropriés

Mobiliser le secteur privé pour exploiter les miniréseaux est la clé pour renforcer le déploiement des miniréseaux, surtout dans les plus petits villages. Selon RECP (2014), un pays est prêt à accueillir des déploiements des miniréseaux dès qu'il remplit les trois prérequis suivants :

1. Il doit être autorisé à exploiter une mini- ou une micro-unité de service d'utilité publique, et les licences doivent être faciles à obtenir.
2. Les micro-unités doivent pouvoir appliquer des tarifs qui génèrent des marges « équivalent-risque ».
3. Les ministères et les autorités doivent ouvrir aux investisseurs potentiels ces villages et ces villes candidats à une électrification par miniréseaux qui ne peuvent être raccordés au réseau principal dans un délai garanti. Ils doivent aussi établir un projet à long terme, clair et fiable prévoyant une date d'arrivée du réseau national.

Dans de nombreux pays en développement, notamment en Afrique, les miniréseaux ne peuvent être exploités que de manière informelle selon le modèle d'exploitation communautaire qui est, on le sait, très difficile. Ce caractère informel empêche l'accès des exploitants de miniréseaux au financement. Par conséquent, les pays qui interdisent les exploitations privées légales de miniréseaux ne verront qu'un nombre limité de miniréseaux installés.

D'autres pays adoptent une approche décentralisée et ont dégroupé leur secteur de l'électricité, ouvrant à la concurrence la production et/ou la distribution d'électricité sous

réserve d'un contrôle strict de la part des autorités réglementaires. En principe, ces projets sont appropriés à une exploitation privée des miniréseaux, mais d'autres difficultés d'ordre pratique doivent être surmontées afin de permettre un déploiement plus important – par exemple, des procédures d'autorisation et de fixation des tarifs complexes et chronophages, ou des prix trop élevés pour les multiples licences, permis et autorisations.

Enjeu clé 4 : les miniréseaux doivent être extensibles pour répondre à l'augmentation de la demande

Les besoins de charge maximum d'un miniréseau sont souvent sous-estimés. Le rythme de développement des charges est difficile à prévoir, mais une augmentation rapide de la demande peut amener un générateur à atteindre sa pleine capacité seulement quelques mois après la mise en service de l'installation. Des cas comme celui-ci nécessitent de déployer des mesures d'effacement de consommation, comme le délestage pendant les heures de pointe. Les consommateurs n'acceptent pas facilement ce genre de mesures. Après tout, ils paient un coût de raccordement et s'attendent à bénéficier d'un service électrique permanent, pas occasionnel. Un problème plus grave encore est que des personnes supplémentaires se voient refuser un raccordement à cause d'une incapacité à répondre à la demande pendant les heures de pointe.

Du fait de ces problèmes potentiels, la conception des miniréseaux doit prendre en compte les possibilités d'extension de la capacité des centrales – un véritable enjeu compte tenu de la disponibilité limitée des ressources énergétiques naturelles. L'émergence de batteries abordables apportera de nouvelles solutions à ce problème. Autrefois, les systèmes étaient surdimensionnés par rapport à la charge moyenne, car l'objectif était de satisfaire autant que possible les pics de charge le soir. L'intégration de batteries dans la conception des miniréseaux permet de réduire la capacité des générateurs électriques à un niveau suffisant pour recharger les batteries. Les batteries seront alors utilisées pour fournir une puissance de crête – le terme technique est « écrêtage des pointes ». La dimension des générateurs électriques est directement liée aux investissements nécessaires. Le capital économisé dans le rapetissement des systèmes peut ainsi être investi dans des batteries. Le découplage du potentiel énergétique disponible et des besoins de charge maximum est particulièrement intéressant avec de petites centrales hydroélectriques. Ce potentiel hydroélectrique disponible peut être développé petit à petit pour permettre de synchroniser les accroissements de la capacité avec l'augmentation de la demande en électricité.

Enjeu clé 5 : les innovations techniques renforcent le potentiel des miniréseaux

L'évolution rapide des technologies dans les pays de l'OCDE peut être bénéfique aux pays en développement, qui peuvent saisir l'occasion de sauter des étapes du développement technologique. Par exemple, les pays en développement ont sauté l'étape des réseaux de téléphone filaire, en passant directement à la transmission hertzienne. De même, dans le secteur de l'énergie, les pays pourront sauter l'étape des réseaux électriques centralisés et passer directement à une architecture de réseaux décentralisés ou répartis. D'autres innovations à l'étude permettront d'avoir des miniréseaux plus verts et plus stables et d'augmenter leur adaptabilité et leur facilité d'utilisation (IRENA, 2016).

On s'attend notamment à ce que les technologies de stockage jouent un rôle plus important en rendant les systèmes énergétiques plus flexibles et en augmentant le taux de pénétration sur le marché de véhicules électriques, de systèmes de chauffage et de refroidissement et d'installations de miniréseaux. De nouveaux types de batteries favoriseront la concurrence qui fera baisser les prix en dessous de 50 USD/kWh d'ici 2035. Les technologies de l'Internet des objets permettront d'utiliser plus intelligemment l'électricité.

L'intégration de ces technologies dans les miniréseaux peut les rendre plus rentables et plus avantageux pour les communautés locales, ce qui accroîtrait leur potentiel et leur importance pour les régions en développement.

Pertinence de la coopération au développement

La coopération suisse au développement, les ONG et le secteur privé ont participé à l'électrification rurale depuis les tous premiers jours du développement. Au début, l'objectif était de développer des petites technologies hydroélectriques appropriées et de les transférer aux ateliers et aux techniciens locaux des pays partenaires. Les miniréseaux destinés à la distribution électrique faisaient partie de ces projets dès le départ.¹ Grâce aux efforts des organisations suisses, plusieurs petites entreprises de pays en développement ont contribué de manière individuelle à l'expansion de l'accès à l'électricité dans leur propre pays. Rien qu'en Indonésie, au Népal et au Pakistan, plusieurs milliers de petites centrales hydroélectriques s'appuyant sur le transfert des technologies suisses, sont actuellement en exploitation. Au cours des vingt dernières années, les nouvelles technologies renouvelables (photovoltaïque, éolien et biomasse) ont fait l'objet d'une attention accrue. Le gouvernement suisse soutient notamment les projets innovants dans ces domaines à travers sa plateforme interdépartementale REPIC².

Beaucoup a été accompli, mais les limites des capacités locales sont atteintes sur le terrain, comme le démontrent les défis et les problèmes clés décrits. Cela implique que les tâches de la coopération au développement sont loin d'être terminées. En revanche, pour atteindre les objectifs en matière d'accessibilité à l'électricité, de changement climatique et de développement durable sur le plan environnemental, il faut intensifier plus avant les actions. Les domaines de coopération au développement envisagés englobent les éléments suivants :

Les capacités des miniréseaux existants sont souvent sous-utilisées, sauf lors des pics du soir. Les communautés manquent d'idées, de connaissances et de compétences sur les moyens de parvenir à une meilleure utilisation de la puissance disponible. La coopération au développement doit développer et mettre en place des approches pour faciliter une meilleure utilisation de la puissance à des fins de production et de consommation.

Après la mise en service des miniréseaux, les communautés rurales n'avaient souvent pas accès à des services après-vente pour assurer l'exploitation, la maintenance et la réparation. La coopération au développement devrait faciliter la mise en place de ces structures de services. Le soutien de REPIC pour la création d'un réseau de services au Pakistan (voir encadré) peut servir de modèle.

Trouver des ingénieurs locaux qui peuvent résoudre des problèmes techniques particuliers n'est plus un problème, mais trouver des entrepreneurs locaux qui s'engagent dans l'électrification rurale et qui veulent investir dans des projets d'infrastructures énergétiques est toujours difficile. La coopération au développement pourrait aider à développer les systèmes d'incitation nécessaires. Pour relever ce défi, une des solutions serait de promouvoir la production d'électricité captive par les entrepreneurs locaux en tant que modèle d'affaire. Une compagnie locale pourrait être soutenue pour installer et exploiter un miniréseau et utiliser l'électricité la journée à des fins de production. En dehors des heures de travail, la compagnie deviendrait un fournisseur d'électricité pour les villageois alentour. En Asie et en Afrique, les usines à glace, les moulins agricoles et les scieries situés dans des régions reculées exploitent déjà ces miniréseaux.

La coopération au développement peut aussi apporter son aide en soutenant les autorités nationales et régionales dans la création de cadres réglementaires destinés à la construction et à l'exploitation de miniréseaux. Dans de nombreux endroits, le manque de clarté des cadres réglementaires et des responsabilités génère des problèmes. En Suisse, les centrales électriques implantées dans les zones rurales sont essentielles au développement rural. Les réglementations relatives aux droits sur les ressources, à la propriété, aux permis d'exploitation, aux licences et autres existent, et peuvent servir de modèles à transférer dans les pays en développement.

1 L'expertise technique est bien documentée dans MHPG Series publié dans les années 90 (voir <http://skat.ch/publications/publications-energy-climate>).

2 REPIC est la plateforme interdépartementale pour la promotion de l'énergie renouvelable et d'une utilisation plus efficace de l'énergie et des ressources dans la coopération internationale.

Réseau d'exploitation et de maintenance des miniréseaux au Pakistan

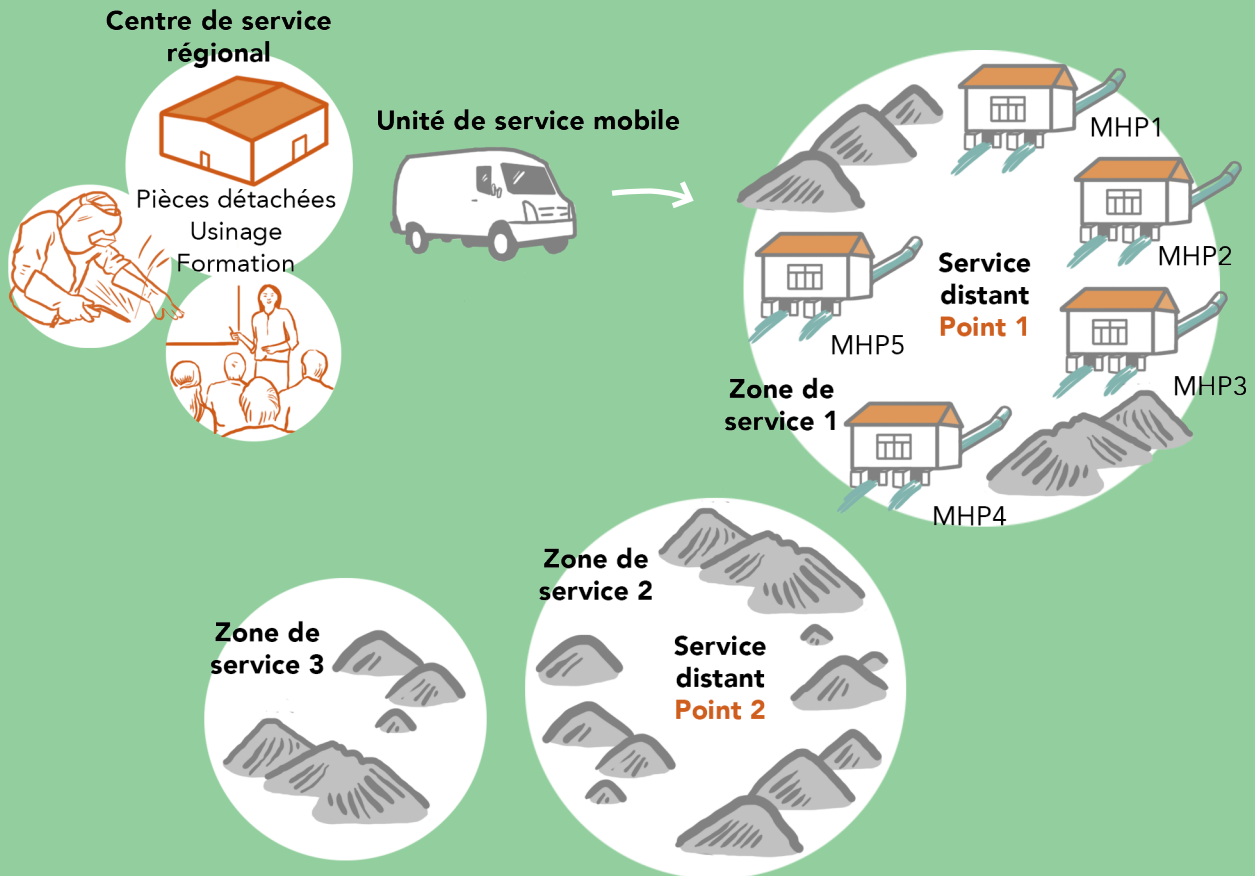
REPIC a soutenu la création d'un réseau d'exploitation et de maintenance de miniréseaux à Chitral, dans le nord du Pakistan. Dans cette région reculée, des centaines de miniréseaux existent, alimentés principalement par de petites centrales hydroélectriques. Le centre Micro-hydro Resource & Service Center exploite, dans toute la région, un réseau de points de service distants. Le réseau garantit aux exploitants des villages une intervention rapide en cas de problèmes techniques.

Le centre de services régional, situé à Chitral, accueille un atelier et une installation de soudage pour effectuer les réparations importantes et les révisions générales de l'équipement de la petite centrale hydroélectrique. Il accueille aussi des installations de formation et un magasin de pièces détachées. Pour les réparations sur site, le centre est équipé d'une unité de service mobile.

Le réseau de services contribue à améliorer l'exploitation durable des miniréseaux locaux. Pour pouvoir fournir ses services sur le long terme, le réseau de services doit lui-même être durable. Les communautés doivent donc payer pour ces services sans recevoir de subventions du gouvernement ou de bailleurs de fonds. Elles ne rechignent pas à payer car les tarifs appliqués par le centre de services restent inférieurs aux coûts qu'elles devraient supporter si elles étaient obligées de résoudre ces problèmes elles-mêmes.

Figure 4 : réseau de services des petites centrales hydroélectriques exploitées par le secteur privé à Chitral, au Pakistan

Source : GFA Entec



Références

- Bacchetti, E., Vezzoli, C., and Landoni, P. (2016): Sustainable Product-Service System (SPSS) applied to Distributed Renewable Energy (DRE) in Low and Middle-income contexts: A case study analysis. In: Procedia CIRP 47 (2016), pp. 442 - 447.
- BINE Information Service (2011): New operating system for stand-alone grids. BINE-Project info 16/2011. www.bine.info/fileadmin/content/Publikationen/Englische_Infos/ProjektInfo_1611_en_internetx.pdf
- Blum, N. U., Wakeling, R. S., and Schmidt, T. S. (2013). Rural electrification through village grids—Assessing the cost competitiveness of isolated renewable energy technologies in Indonesia. In: Renewable and Sustainable Energy Reviews, 22, pp. 482-496.
- ECA (2014): Project Design Study on the Renewable Energy Development for Off-Grid Power Supply in Rural Regions of Kenya. Final Report, November 2014 submitted to KfW by Economic Consulting Associates (UK), Trama Tecno Ambiental (Spain), Access Energy (Kenya).
- GIZ (2013): Strategy for Improved Quality and Management of Community Based Mini-Micro Hydro Power Plants (MHP) in Pakistan. Published by GIZ Renewable Energy and Energy Efficiency Project (REEE) Pakistan, September 2013.
- IRENA (2016): Innovation Outlook. Renewable Mini-Grids. Summary For Policy Makers. The International Renewable Energy Agency (IRENA).
- Meier, T. (2012): Policy Recommendations to Improve the Sustainability of Rural Water Supply Systems. Based on the Experience with Conventional and Photovoltaic Pumping Systems. IEA PVPS Program, Photovoltaic Services for Developing Countries.
- Meier, T. (2015): Innovative Business Models and Financing Mechanisms for PV Deployment in Emerging Regions. IEA PVPS Program, Photovoltaic Services for Developing Countries.
- RECP (2013): Overview of Framework to Attract Investment into Mini-Grids in the SADC Region. Supportive framework conditions for mini-grids employing renewable and hybrid generation. Study elaborated on behalf of the Regional Electricity Regulators' Association of Southern Africa (RERA), financed under the Africa-EU Renewable Energy Cooperation Programme (RECP).
- RECP (2014): Mini-grid Policy Toolkit. Policy and Business Frameworks for successful Mini-grid Roll-outs. Africa-EU Renewable Energy Cooperation Programme (RECP).
- SE4All (2017): Green Mini-Grid Help Desk. Website developed for the Sustainable Energy for All (SE4All) Africa Hub, hosted by the African Development Bank and funded through the Bank's Sustainable Energy Fund for Africa (SEFA). <http://greenminigrid.se4all-africa.org>
- Tenenbaum, B., Greacen, C., Siyambalapitiya, T. and Knuckles, J. (2014): From the Bottom Up: How Small Power Producers and Mini-Grids Can Deliver Electrification and Renewable Energy in Africa. Directions in Development. Washington, DC: World Bank.
- United Nations (2015): Transforming our world: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015.
- Progress towards the Sustainable Development Goals. Report of the Secretary-General, High-level political forum on sustainable development, convened under the auspices of the Economic and Social Council, May 11, 2017, E/2017/66.
- IEA (2011): Energy for All. Financing Access for the Poor. Special early excerpt from the World Energy Outlook 2011.
- IEA (2016): World Energy Outlook 2016. Electricity access database. International Energy Agency (IEA). <http://www.worldenergyoutlook.org/resources/energydevelopment/energyaccessdatabase>

Collaborateurs

Auteur : Thomas Meier (GFA Entec AG, St. Gallen)

Publié par le Réseau Changement climatique et Environnement de la DDC <https://www.shareweb.ch/site/Climate-Change-and-Environment/Pages/%B0.aspx>

Conception - Mise en page : Zoë Environment Network

