

lares sont déployés de manière adaptée à chaque zone de peuplement. Trois grandes familles de solutions techniques peuvent être identifiées : cela va de la simple lampe solaire au kit solaire individuel, en passant par des mini-réseaux alimentés par des centrales électriques (thermique, solaire, hydraulique, biomasse, hybride...). Il y a aussi les kiosques énergétiques qui offrent aux communautés divers services utilisant l'énergie électrique. Peuvent être également cités les systèmes isolés permettant à des ménages ou à des structures collectives (écoles, centres de santé, pompes à eau...) d'accéder à l'électricité.

Il y a aussi des solutions individuelles pour les ménages : des installations individuelles de faible puissance permettent l'éclairage ainsi que la recharge des téléphones portables, une solution de recharge qui permet d'économiser du temps qui peut être consacré à des activités productives. De même, disposer le soir d'un éclairage devrait permettre aux enfants de mieux progresser dans leur travail scolaire. Les populations privées d'éclairage électrique ont recours à des énergies primaires coûteuses (kérosène, bougies, bois) ou multiplient les solutions individualisées et polluantes à long terme (petites lampes à pile ou batteries), les effets nocifs de ces solutions traditionnelles sur la santé et l'environnement ne sont généralement pas mesurés.

Pour les usages productifs, les solutions décentralisées d'accès à l'électricité offrent une capacité d'approvisionnement électrique pour les activités agricoles et les petites activités de service ou artisanales qui peuvent se développer en zones rurales (éclairage, réfrigération, irrigation, utilisation de petits outillages électriques). Ces activités font partie de celles qui ont le plus fort impact en matière de réduction de la pauvreté en Afrique subsaharienne.

Des investissements supportables et des prix de revient compétitifs

Avec la forte chute des coûts du solaire PV, l'énergie solaire devient réellement compétitive par rapport au fioul et peut apporter une contribution décisive à l'électrification du continent à un coût abordable et de manière propre. Au plan économique, les montants d'investissement sont aujourd'hui de quelques dizaines d'euros pour une bonne lampe solaire photovoltaïque à batterie intégrée, et de quelques centaines d'euros pour des kits solaires individuels.

Bien sûr, il faut prendre en compte le niveau de vie et le pouvoir d'achat des populations, qui est souvent faible. Un montage financier adapté est donc nécessaire avec la mise en œuvre de financements par prêts. Peuvent également être proposées la location de matériels solaires ou la vente de services électriques à des tarifs divers, si possible en impliquant des investisseurs privés assurant service et maintenance dans la durée.

Les mini-réseaux pour l'électrification rurale

Malgré des densités de population parfois importantes (villages, villes pouvant atteindre des centaines de milliers d'habitants), beaucoup de zones ne seront pas reliées au

réseau à court ou moyen terme, les coûts de développement de réseau classique n'étant pas supportables par les États. Le développement de mini-réseaux (*minigrids*) est alors une solution adaptée (100 Kw et au-dessus – en-dessous de 100 kW, on parle aussi de micro-réseaux). Là encore, le solaire a tout son rôle à jouer pour la production d'électricité et fournir un service électrique de qualité capable de soutenir le développement des usages commerciaux et industriels.

Pour les mini-réseaux, le solaire peut désormais être une option privilégiée. Ces zones, si elles sont électrifiées aujourd'hui, le sont bien souvent grâce à des petits groupes thermiques électrogènes, diesel ou essence, au coût de revient très élevé. La production en est fondamentalement chère et il convient de prendre en compte les surcoûts (parfois plus de 50 %) liés à l'approvisionnement complexe en carburant, ces lieux étant souvent isolés. Un système à base solaire PV permet aujourd'hui de produire des kWh à un coût de revient compétitif, nettement inférieur à celui du diesel, parfois moitié moins. Couplés à d'autres moyens de production (thermique ou, idéalement, hydroélectrique ou biomasse) permettant de gérer les intermittences et les pics de demande (notamment le soir) en attendant une baisse suffisante du coût du stockage (attendu d'ici à cinq ans), les systèmes hybrides sont des solutions économiquement performantes. Ces « petites » centrales hybrides ont également d'autres avantages : rapidité et facilité d'installation (moins d'un an), modularité et proximité possible avec les consommateurs pour limiter les coûts du réseau local, s'il s'agit d'un réseau intelligent.

Quel modèle économique pour les mini-réseaux ruraux ? Les obstacles à lever

La compétitivité des mini-réseaux solaires est démontrée en termes de coût de production. Il reste à assurer leur déploiement sur le terrain. Cela nécessite un modèle économique adapté, avec l'intégration de plusieurs métiers et compétences comme l'innovation financière, et efficace (facturation, recouvrement, notamment en utilisant la technologie du paiement mobile). Il faut également veiller à la formation des ressources humaines pour assurer la gestion et la maintenance du système sur le long terme et d'autres innovations.

Les SHS (Solar Home Systems) et le Pay As You Go

Depuis une dizaine d'années, l'Afrique connaît une véritable révolution grâce à l'émergence du téléphone et du paiement mobiles (dit *Pay As You Go*). Dans les zones éloignées du réseau, caractérisées par une faible densité de population, les systèmes solaires individuels sont généralement la solution à privilégier avec des panneaux solaire PV (1 à 40 Wc) et une batterie pour le stockage. Cette solution permet à l'utilisateur de se procurer un système solaire en payant un petit montant initial, puis en procédant à des paiements réguliers (chaque semaine, chaque mois, etc.) pour l'énergie consommée. Chaque fois que l'utilisateur fait un paiement, le système solaire est opérationnel pour un certain nombre de jours. Il existe en principe deux systèmes de prépaiement : le forfait énergie/temps (x unités valides jusqu'à une date y), qui est la formule la plus généralisée, et le compteur prépayé

avec des unités valides quasi indéfiniment. Lorsque « les unités » sont consommées, le système solaire est bloqué jusqu'au prochain paiement par l'utilisateur. C'est une forme de micro-paiement pour pouvoir accéder à l'électricité à moindre coût.

Leur diffusion relève maintenant de plus en plus d'initiatives commerciales privées, bien plus que de projets financés par des ONG ou des agences d'aide. L'arrivée à maturité d'un marché pour les solutions individuelles reste cependant conditionnée par la mise en place d'infrastructures de marché, notamment des réseaux de distribution et de maintenance, ou des solutions de financement dédiées (telles que des institutions de microfinance).

Au Bénin, des centrales solaires raccordées au réseau

Aujourd'hui, les coûts d'investissement dans les centrales solaires photovoltaïques sont de l'ordre de 1000 US\$/kWc. Une analyse comparative sur des projets de centrales solaires PV On grid de pays de la sous-région comme le Maroc, le Burkina ou le Sénégal, a montré que le kWc de solaire photovoltaïque est déjà en dessous de 1 000 US\$ et peut même avoisiner les 800 US\$, ce qui amène à dire que pour le développement des centrales solaires PV On grid, le coût d'investissement ne constitue plus une barrière comme par le passé.

La capacité maximale intermittente pouvant être présente simultanément sur le réseau constitue alors la contrainte majeure pour une installation massive de centrales solaires.

Les principales barrières qui peuvent limiter le développement de ce type de centrale sont :

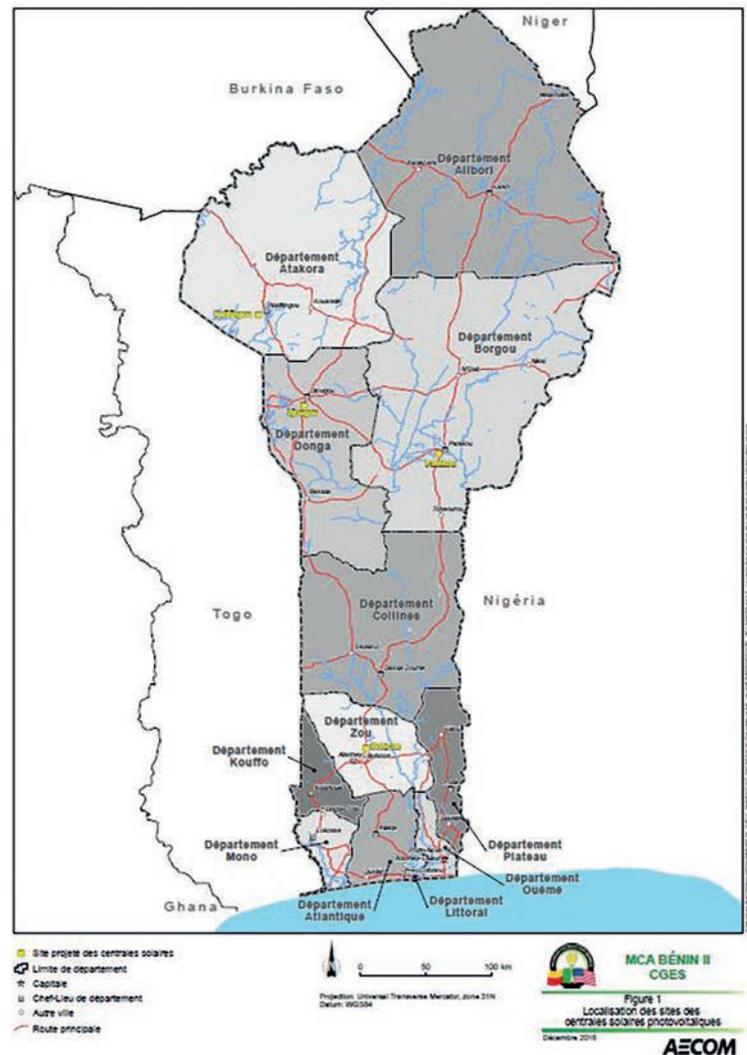
- la capacité du réseau à absorber la puissance disponible au niveau du point de production. À cet effet, une étude statique et dynamique du réseau doit être effectuée avant d'arrêter le choix des sites d'implantation des centrales solaires PV ;
- le problème de la stabilité de la production qui est souvent sujet aux aléas climatiques : par exemple, un changement brusque du temps passant d'ensoleillé à nuageux peut faire chuter la production de 50 à 70 % en quelques fractions de seconde, ce qui oblige le reste du parc de production à s'adapter très rapidement. Afin de surmonter cet obstacle, il faut procéder géographiquement à une dispersion stratégique de l'implantation des sites de centrales solaires PV.

Le Bénin, petit pays de 11 millions d'habitants, était jusqu'alors très déficitaire en énergie électrique : il était importateur, via la CEB (communauté électrique du Bénin), d'électricité venant de pays voisins, le Togo, le Ghana et le Nigéria. Le gouvernement béninois a décidé d'engager un important programme d'investissement pour tendre vers l'autonomie énergétique et permettre l'accès généralisé à l'énergie pour toute sa population ; le MCA Benin II soutient plusieurs grands projets.

En effet, les projets de centrales solaires raccordées au réseau conventionnel en sont encore à l'étape embryon-

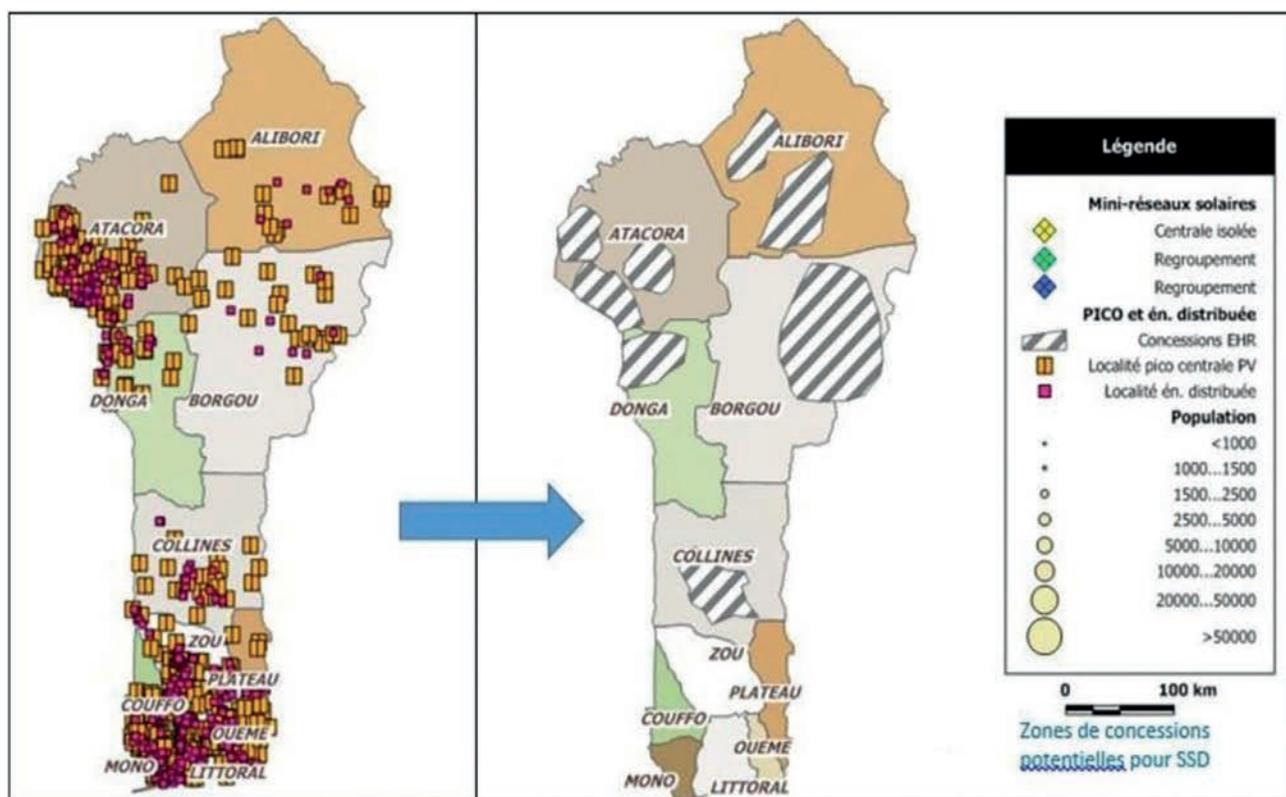
naire : élaboration des dossiers d'appels d'offres et finalisation par le gouvernement de la mise à disposition des producteurs indépendants d'électricité (IPP) des terrains correspondant aux quatre sites libres de toute contrainte environnementale et sociale retenus pour l'implantation des centrales solaires du MCA-Bénin II. Une étape qui inclut également la mise en œuvre du plan d'action de réinstallation (PAR) des personnes affectées par le projet.

Le projet des centrales solaires du MCA-Bénin II concerne la conception, la construction, l'exploitation, l'entretien-maintenance et le financement de quatre centrales solaires photovoltaïques, réalisées par des IPP. Ces quatre centrales solaires photovoltaïques d'une capacité totale de 50 MW seront construites sur les sites suivants : Bohicon (50 ha), Djougou (25 ha), Natitingou (20 ha) et Parakou (48 ha).



L'électrification solaire hors réseau : des exemples au Bénin

La nouvelle politique de promotion des sources d'énergie hors réseau a permis au Bénin de mettre en œuvre plusieurs projets et programmes ces dernières années. Néanmoins, il faut souligner que le potentiel de ressources énergétiques renouvelables reste très faiblement valorisé (solaire, éolien, hydroélectricité, biomasse agricole et animale).



Source : MCA-Bénin II.

Environ 2 % des localités ont été électrifiées au moyen de mini-centrales solaires et 6 % par des kits solaires PV. Des services énergétiques comme le chauffage de l'eau, le séchage solaire ou même la force motrice pour diverses activités (irrigation, pompage, mouture de grains, etc.) sont très peu développés. La micro-hydroélectricité, l'éolien et les applications modernes de la biomasse sont très rarement sollicités, voire inexistantes.

Malgré les nombreuses difficultés, des projets et programmes ont quand même été exécutés permettant l'installation d'équipements d'énergie renouvelable.

D'ailleurs, c'est dans cette veine que travaille le MCA-Bénin II en mettant en place la Facilité d'énergie propre hors réseau, qui est un fonds à frais partagés destiné à financer des solutions d'énergies renouvelables hors réseau et d'efficacité énergétique, contribuant à accroître l'accès à l'électricité pour la majorité de la population actuellement non desservie dans les zones rurales et péri-urbaines et permettant de réduire les coûts initiaux de raccordement et les obstacles à l'investissement dans le secteur de l'énergie électrique.

Les fonds de la Facilité visent quatre principaux domaines ou « fenêtres » :

- autonomie en matière de source d'énergie électrique et continuité du service pour les infrastructures publiques essentielles, telles que les infrastructures de traitement et de pompage de l'eau, l'éclairage public, les hôpitaux, les centres de santé, les tribunaux, les universités, les écoles et d'autres infrastructures sociocommunautaires ;
- production et distribution d'électricité *via* des mini-réseaux pour les collectivités locales et les communautés ;

- services énergétiques aux ménages. Cette fenêtre permettra de venir en appui des entreprises qui importent, vendent, distribuent, installent ou réparent des équipements de technologie solaire pour les ménages. Un intérêt particulier sera accordé aux propositions qui encouragent l'usage de l'électricité à des fins productives au niveau des ménages ou celles qui contribuent à réduire, pour les femmes, le temps de travail et la pénibilité de leurs tâches ;
- et, enfin, efficacité énergétique.

Il a fallu repenser le cadre légal et réglementaire, mais aussi l'espace afin de redéfinir une électrification hors réseau optimale.

Le plan directeur d'électrification hors réseau (PDEHR) du Bénin est un outil de mise en œuvre de ce type de politique d'électrification, avec inventaire des opportunités d'investissement pour un accès, dès aujourd'hui, à l'électricité en milieu rural dans ce pays. La politique EHR pose les fondements d'une vision nationale pour l'accès à l'électricité hors réseau, afin de permettre à chaque Béninois, particulier ou acteur économique, de bénéficier d'un accès à un service électrique de qualité, semblable à celui proposé en milieu urbain, afin de promouvoir le développement économique et social sur l'ensemble du territoire. Cette vision s'appuie sur une implication grandissante du secteur privé, qui bénéficie d'un environnement propice et rassurant pour développer et mettre en œuvre des projets.

Une réflexion « géographique » est menée pour pérenniser l'implication du secteur privé, des concessions géographiques sont notamment envisagées. La figure ci-dessus indique des zones susceptibles de faire l'objet d'une

concession au profit de SSD (sociétés de services décentralisés).

En conclusion

En matière d'électrification, il n'y a pas de réponse unique, ni de modèle unique ! Au niveau de la demande d'énergie sur le terrain, on se heurte à des facteurs techniques, financiers, institutionnels et psychologiques, et l'acceptabilité sociale est impérative. Il faut être concret, pragmatique, c'est une multitude de micro-décisions qui doivent être prises. Des partenariats souvent complexes du fait de la multiplicité des acteurs doivent être engagés en associant et en intégrant le savoir-faire et la valeur ajoutée de chacun, entre public et privé et forces du marché, en créant des sociétés locales pour assurer la commercialisation des services, et l'exploitation et la maintenance des installations dans la durée.

Au niveau des zones propices à l'installation de mini-réseaux, au Bénin comme dans les autres pays, l'acceptabilité sociale est une composante déterminante.

L'environnement actuel limite encore le développement des différentes solutions décentralisées renouvelables.

Soutenir le développement de cette électrification signifie aussi d'engager une réforme des politiques publiques pour qu'elles intègrent la création de nouveaux modèles d'affaires s'appuyant sur des lois et réglementations pérennes et stables.

Notre conviction est que, pour être efficace dans le traitement des défis gigantesques qui se posent en matière d'énergie, d'environnement et de développement durable, il faudra des coopérations de long terme entre tous les acteurs, pour que chacun apporte son savoir-faire, en particulier les utilisateurs et les populations concernées. Cela nécessitera beaucoup d'efforts en matière d'éducation et d'apprentissage. Il faudra également veiller à procéder à une adaptation du cadre légal.