



Agence Micro Projets
30 ans de microprojets

EVALUATION ET CAPITALISATION DE MICROPROJETS

DECEMBRE 2014



L'accès à l'énergie photovoltaïque dans les microprojets d'aide au développement. Pertinence, exigences et alternatives.

Etude commanditée par la **Guilde Européenne du Raid**

Réalisée par **Virginie Escudié, Consultante indépendante, membre de LED**

Sous la direction de Mélanie Lunel, Agence des Micro Projets

Avec le soutien de l'Agence Française de développement





L'accès à l'énergie photovoltaïque dans les microprojets d'aide au développement.

Pertinence, exigences et alternatives.

VERSION PROVISOIRE

Editeur

Etude publiée en décembre 2014 par La Guilde Européenne du Raid

Auteur

Virginie Escudié, Consultante indépendante, membre de LED - association spécialisée dans l'appui et l'expertise aux réponses durables de la solidarité internationale.

Comité de pilotage de l'étude

Etude menée sous la direction de Mélanie Lunel, responsable de l'Observatoire des microprojets, Agence des Micro-Projets, avec l'appui du comité de pilotage interne à la Guilde :

Olivier Allard, délégué général de la Guilde

Olivier Mouzay, directeur des Programmes Initiatives et développement

Cécile Vilnet, coordinatrice de l'Agence des Micro-Projets, programme de la Guilde

Iconographie

Copyright : La Guilde.

Remerciements

Nous remercions très sincèrement l'ensemble des personnes interrogées dans le cadre de cette étude. Disponibles malgré une charge de travail souvent intense, s'accommodant des décalages horaires et des liaisons aléatoires, toutes ont accepté généreusement, et souvent avec passion, de partager leurs expériences, leurs astuces, bonheurs et déboires, en toute transparence.

Partenaire

Etude réalisée avec le soutien de l'Agence Française de Développement.



SOMMAIRE

1	Introduction méthodologique de l'étude.....	4
2	L'électrification en site isolé : le rôle des énergies renouvelables	6
2.1	Les exclus de l'énergie	6
2.2	Les énergies renouvelables en site isolé : des bénéfices admis mais difficilement vérifiables.....	6
2.3	L'énergie solaire : un atout pour les pays en développement	9
2.3.1	L'argument financier	9
2.3.2	Une ressource abondante.....	10
2.3.3	Une technologie simple, fiable et vulgarisée	10
2.3.4	L'énergie solaire est propre, silencieuse et stable.....	12
2.3.5	Des atouts variables selon les contextes	13
2.4	Le solaire, une énergie contraignante	14
2.4.1	Une énergie aléatoire et intermittente	14
2.4.2	Le stockage de l'énergie	14
2.4.3	Une consommation contrainte.....	15
2.4.4	Le soleil c'est gratuit !... oui, mais le service qu'il produit ne l'est pas !.....	15
2.4.5	L'énergie solaire est chère et limitée.....	16
2.5	La rencontre du renouvelable et du fossile : Une solution hybride qui offre un bon compromis.....	17
2.6	Le nombre d'installations solaires ne fonctionnant pas ou fonctionnant mal est conséquent	18
3	Quelles exigences pour des résultats pérennes?	20
3.1	Les facteurs de pérennité	20
3.2	La maintenance.....	20
3.3	Formation et sensibilisation.....	21
3.4	Le partenaire local : clé de voute d'un projet réussi.....	22
3.5	L'organisation d'un service payant	24
3.6	Savoir écouter, savoir observer	26
3.7	Une relation pérenne pour une énergie pérenne : savoir prendre son temps	28
3.8	La qualité du matériel	30
3.9	La protection contre les vols.....	31
3.10	La taille du projet.....	31
3.11	Le dimensionnement des installations	32
3.12	La meilleure énergie est celle que l'on ne consomme pas : quid de L'efficacité énergétique?	32
4	Questions de méthode.....	34
4.1	L'identification conception	34
4.1.1	La vertu pédagogique de l'échec	35
4.1.2	Construire une grille d'identification à partir des problèmes récurrents.....	35
4.2	Et les bonnes pratiques?	37
4.3	Quelques recommandations à l'encontre de certaines évidences.....	37
4.3.1	L'accès à l'énergie ne garantit pas le développement	38
4.3.2	L'électrification n'est pas toujours la solution.	38
4.4	Etre innovant : illustration a travers quelques exemples.....	40
4.4.1	Le Boeuf qui tourne - RFI.....	40
4.4.2	La "BoitaWatts", l'énergie en boîte.....	41
4.4.3	Les kiosques solaires HERi- Madagascar	41
5	Conclusion	44
6	Annexes	45
6.1	les énergies renouvelables mobilisées dans les micro projets.....	45
6.1.1	Fiche pratique 1 : la petite Hydroélectricité.....	45
6.1.2	Fiche pratique 2 : Le solaire photovoltaïque.....	46
6.1.3	Fiche pratique 3 : La Biomasse.....	48
6.1.4	Fiche pratique 4 : Aérogénérateur – Eolienne.....	50
6.2	Echantillonnage.....	52
6.3	bibliographie et références	53



1 INTRODUCTION METHODOLOGIQUE DE L'ETUDE

Soutien à l'éducation, amélioration de l'accès à des soins de qualité, aide au développement agricole et aux activités génératrices de revenu, les efforts entrepris par les associations de solidarité internationale se heurtent bien souvent à l'absence d'énergie électrique. Avec les récentes évolutions technologiques, les baisses de prix et la vulgarisation des solutions solaires, de plus en plus d'acteurs mobilisent cette technologie dans les micros projets qu'ils déploient. L'éclairage domestique et public, le pompage, l'électrification des centres de santé et des écoles en sont les applications les plus fréquentes.

Pour les porteurs de petits projets, souvent bénévoles, disposant de moyens modestes et qui ne sont pas spécialistes des problématiques énergétiques, il est souvent bien difficile de se faire une opinion quant aux bénéfices réels et aux contraintes qu'engendrent la décision d'électrifier une infrastructure et plus particulièrement à l'aide de l'énergie produite par le soleil.

Les travaux sur le sujet existent mais il semblerait qu'ils soient assez mal connus des non initiés. Par ailleurs, nombreuses sont les références qui concernent plutôt les grands programmes d'électrification. On trouve certains travaux sur les bonnes pratiques mais ils concernent rarement les micros projets. En outre, il manque selon nous à ces travaux une dimension essentielle et qui concerne les "*mauvaises pratiques*". Les évaluations, de ce point de vue, sont riches d'enseignement. Elles sont malheureusement trop rares sur le sujet. En tout cas, trop rares sont celles rendues publiques. Les organisations, trop soucieuses de valoriser leur image, communiquent beaucoup plus facilement sur leurs réussites que sur les difficultés et les écueils rencontrés.

La Guilde Européenne du Raid, dans sa volonté d'accompagner les associations qui tentent par leurs actions d'améliorer la situation des plus démunis s'interroge :

"L'électrification des infrastructures communautaires par panneaux solaires est-elle la solution la plus appropriée ? Quelles sont les exigences pour assurer la viabilité et le bon fonctionnement de ces équipements dans le temps ? Existe-t-il des solutions alternatives pour l'accès à l'énergie, aussi bien technologiques que sur l'organisation du service ?"

La question ainsi posée délimite le champ d'investigation du présent travail : il s'agit d'interroger la pertinence d'une technologie dans le contexte particulier des pays en développement, et dans le cadre encore plus spécifique des micros projets d'appui aux infrastructures collectives. Par ailleurs, le travail vise une portée pédagogique, il se veut un outil concret d'aide à la décision. Dans cette optique, et pour offrir des éléments de comparaison et des mises en perspective, nous n'avons pas cloisonné nos recherches et notre réflexion aux seules infrastructures collectives et aux seuls micros projets, bien qu'ils soient toujours en filigrane.

Dans cette perspective, nous avons donc proposé un travail de capitalisation d'expériences sur la base d'une source documentaire d'une part et des entretiens semi-directifs d'autre part. Pour ce qui concerne l'analyse documentaire, nous avons privilégié les travaux de nature évaluative afin d'identifier quelques grandes tendances. Les entretiens semi-directifs devaient nous permettre de consolider, de clarifier, voire d'accéder à des éléments moins apparents durant la recherche bibliographique et de recueillir les opinions des acteurs. Ils permettent, en outre de disposer d'une information d'actualité.

Nous avons effectué les entretiens auprès d'un échantillon de vingt sept personnes. Nous avons privilégié les acteurs spécialistes des questions d'accès à l'énergie pour leur pertinence sur le sujet. Sur les dix huit personnes concernées : neuf membres d'ONG, cinq consultants, trois membres de fondations, et trois entreprises (dont une entreprise burkinabé). Mais nous avons également échangé avec des acteurs moins avertis ayant une expérience en tant que "bénéficiaires". Neuf personnes ont ainsi été interrogées, toutes membres d'associations dans le domaine de la santé, de l'enfance, et du



développement local. Parmi elles, un responsable sénégalais et un responsable haïtien. Sur l'ensemble de ces acteurs, treize ont l'expérience des micros projets, et trois d'entre eux ont bénéficié du soutien de l'Agence des Micro Projets. Sur les vingt huit personnes, dix neuf sont des professionnels de l'énergie et/ou de la solidarité internationale, onze sont bénévoles (certains ont la double casquette). Seules deux femmes ont pu être interrogées. Dans le souci d'optimiser le travail d'enquête, nous avons privilégié les acteurs ayant une solide expérience, ainsi ils sont vingt à avoir mené ou accompagné plus de cinq projets et quatorze à mener des projets depuis plus de dix ans. L'Afrique francophone est le continent le mieux connu (vingt-quatre personnes), bien devant l'Asie (neuf personnes) et l'Amérique (huit personnes). Ce dernier point a pour conséquence que l'étude évoque essentiellement des expériences africaines francophones. Une caractéristique renforcée par la prédominance de l'Afrique dans les documents disponibles sur le sujet.

S'interroger sur la pertinence du recours à l'énergie solaire dans les petits et microprojets de solidarité, nous renvoie au cadre plus large des énergies renouvelables et de leur mobilisation pour répondre aux besoins d'énergie en sites isolés. C'est dans ce cadre que nous aborderons, dans un premier temps les avantages et les inconvénients de l'énergie d'origine solaire.

Si cette source d'énergie apparaît comme une solution appropriée dans certains contextes et pour satisfaire des besoins particuliers, il est néanmoins essentiel compte tenu des dysfonctionnements fréquents et du nombre d'installations abandonnées, de réfléchir aux exigences et aux contraintes fortes pour les décliner en facteurs de pérennité. Ce sera l'objet de la deuxième partie de ce travail.

Enfin, l'objectif n'étant pas ici de décourager les acteurs, mais bien plutôt d'offrir des outils d'aide à l'élaboration de projets pérennes, nous avons souhaité, dans une troisième et dernière partie proposer des éléments de méthode.



2 L'ELECTRIFICATION EN SITE ISOLE : LE ROLE DES ENERGIES RENOUVELABLES

2.1.1 LES EXCLUS DE L'ENERGIE

En 2012, l'Agence Internationale de l'Energie estime à près de 1,3 milliards, le nombre de personnes n'ayant pas accès à l'électricité¹. L'Afrique subsaharienne représentait en 2010 à elle seule la moitié de la population mondiale n'ayant pas accès à l'énergie ; elle devrait en représenter les deux tiers à horizon 2030. L'électrification dans cette région du monde ne suit même pas le rythme que sa croissance démographique². Bien sur, il existe des disparités sur le continent, et certains pays comme le Sénégal et l'Afrique du Sud, ont enregistré des progrès significatifs en termes d'accès à l'énergie.

En Asie, l'accès à l'énergie a beaucoup progressé, principalement sous l'influence de la Chine mais les disparités infrarégionales sont particulièrement importantes. Ainsi 2 % de la population vietnamienne n'a pas accès à l'électricité, alors que 54 % de la population bangladaise est concernée³.

L'Amérique latine et les Caraïbes sont beaucoup moins touchées par les problématiques d'accès à l'énergie, bien que quelques pays d'Amérique centrale ou Haïti affichent des Indices de Développement Energétique très faibles.

Le problème de l'accès à l'énergie concerne tout particulièrement les régions rurales éloignées et enclavées. On estime à 89% la population rurale d'Afrique sub-saharienne vivant sans électricité, soit plus du double de la population urbaine⁴. Les besoins sont énormes. Pour ces personnes, l'accès à l'énergie conduirait à des améliorations importantes dans les domaines de la santé, de l'eau, de l'éducation, de la transformation agricole, etc.

Par ailleurs, la facture énergétique supportée par les populations exclues des services est estimée à **plus de 37 milliards de dollars par an pour se fournir en énergie "traditionnelle"**⁵ : bois, gazoil, bougies. Les acteurs privés ont intégré cette opportunité économique au niveau du "bas de la Pyramide"⁶ et ils se positionnent désormais de plus en plus aux côtés des bailleurs multilatéraux dans les programmes d'accès à l'énergie.

2.2 LES ENERGIES RENOUVELABLES EN SITE ISOLE : DES BENEFICES ADMIS MAIS DIFFICILEMENT VERIFIABLES

Bien que les combustibles fossiles demeurent le noyau dur de la production d'électricité mondiale avec plus des deux tiers du total (68,1 % en 2012), la production d'électricité renouvelable a atteint 4 699,2 TWh dans le monde en 2012, ce qui représente 20,8% de la production d'électricité mondiale⁷.

¹ "World Energy Outlook 2012", AIE, p.8

² "Accès à l'énergie dans le monde : faits et scénarios", Alliance For Rural Electrification, 2010, <http://www.ruralelec.org>

³ "L'accès à l'énergie. Facts and figures", ENEA Consulting, juillet 2014, p.6.

⁴ "L'énergie solaire pour les pauvres, faits et chiffres", David J. Grimshaw and Sian Lewis, 2010, p.1 <http://www.scidev.net/fr/climate-change-and-energy/features/energie-solaire-pour-les-pauvres-faits-et-chiffres.html>.

⁵ "L'accès à l'énergie. Facts and figures", ENEA Consulting, juillet 2014, p.20

⁶ Voir les nombreux travaux sur le BOP : Base of the pyramid ou encore l'inclusive Business

⁷ "La production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde -15 eme inventaire - Edition 2013", Observ'Er, Fondem, chapitre 1, p.6



On distingue six sources d'énergie renouvelable⁸ :

- l'hydroélectricité, qui est la première d'entre elles et qui représente 78% de la production d'énergie renouvelable en 2012 ;
- l'énergie éolienne, qui depuis 2009 est devenue la deuxième source d'énergie renouvelable, soit 11,4 % du total ;
- la filière biomasse (solide, liquide, biogaz et déchets ménagers renouvelables) pour 6,9 % du total ;
- le solaire (2,2 %) qui rassemble les centrales photovoltaïques et les centrales solaires thermiques (héliothermodynamiques) ;
- la géothermie (1,5 %) ;
- les énergies marines (0,01 %) encore en phase de démonstration.

Malgré sa faible part dans le total, c'est la production d'énergie solaire qui connaît le plus fort taux de croissance annuel moyen entre 2002 et 2012 (+50,6%), pour atteindre un taux de +65,5% entre 2011 et 2012. Mais cette évolution est surtout le fait des pays développés (USA, Europe, Japon). Pourtant, la majeure partie des pays en développement dispose d'un très bon taux d'ensoleillement. On estime en effet à 325 le nombre de journées d'ensoleillement par an en Afrique⁹. Mais les pays les plus exposés sont aussi ceux qui ont les plus grandes difficultés à tirer partie de cette ressource abondante. Par ailleurs, le développement de la filière solaire répond à des besoins différents selon que l'on considère les pays développés et les pays en développement. En effet, dans les pays riches, le soleil est une source parmi d'autres d'un mix énergétique. Et dans la plupart des cas elle alimente le réseau national centralisé. Dans les pays en développement, la problématique est différente, et le recours à l'énergie solaire est le plus souvent une solution décentralisée pour répondre aux besoins dans les sites isolés.

L'accès aux énergies renouvelables dans les zones rurales isolées est largement reconnu comme étant un facteur d'amélioration des conditions de vie des populations. L'initiative SE4All (Energie durable pour tous) lancée en 2012 par les Nations Unies accorde un rôle fondamental à l'énergie comme composante horizontale essentielle du développement socio-économique, un facteur clé dans l'atteinte des objectifs du millénaire pour le développement.



Impact des énergies renouvelables sur le développement durable

Dans le domaine de la santé : l'éclairage des dispensaires et des maternités permet d'effectuer des soins et des accouchements de nuit dans de meilleures conditions - Les réfrigérateurs permettent la conservation de vaccins et de médicaments - Les structures de santé peuvent s'équiper de matériel tels que des microscopes - Le pompage et la filtration d'eau contribue à la lutte contre les maladies hydriques - Réduction des émissions de fumées toxiques dues au bois ou au pétrole.

Dans le domaine de l'éducation : l'éclairage des salles de classe permet d'organiser des heures d'études et des cours d'alphabétisation en soirée - Les écoles et les collèges peuvent s'équiper en matériel pédagogique : ordinateurs, photocopieurs, etc.

Le personnel médical et enseignant bénéficie d'un certain confort de vie qui contribue à sa venue et sa sédentarisation dans les zones rurales.

Dans la vie quotidienne : l'éclairage domestique et public améliore les conditions de vie - Les familles peuvent s'équiper pour de l'éclairage, accéder à un certain niveau d'équipement (téléviseurs, radios, recharges de téléphones, etc.) - l'éclairage public diminue l'insécurité - Les dépenses pour les services énergétiques peuvent diminuer : pétrole lampant, bougies, fuel pour les groupes électrogènes.

Dans la vie économique : l'accès à l'énergie permet aux commerçants d'étendre la durée d'ouverture de leurs magasins en soirée, des activités génératrices de revenu se développent : recharge de batteries et de téléphone, vente de produits frais - L'amélioration des systèmes de pompage et d'irrigation stimule la productivité agricole et maraîchère - L'arrivée de l'énergie nécessite le développement de nouveaux métiers

La préservation de l'environnement : les énergies renouvelables ne produisent pas de gaz à effet de serre - Elles contribuent à limiter la déforestation en réduisant le recours au bois de chauffe - Elles réduisent l'utilisation des groupes électrogènes ou la consommation de piles.



Si les effets de l'électrification rurale sur le développement sont admis, les études d'impact permettant d'en prendre la mesure sont quant à elles assez rares. Cela pose problème dans la mesure où les politiques et les projets d'électrification - et les financements induits - fondent leur justification sur les bénéfices de tels aménagements. L'absence d'éléments tangibles nous prive par ailleurs des arguments nécessaires pour comparer et par conséquent choisir entre différents types de projets¹⁰. La raison principale de cette lacune tient à la difficulté de l'exercice. En effet, de par son rôle transversal, l'apport d'énergie concerne un nombre de secteurs varié : santé, éducation, vie économique... Il devient alors difficile d'agrèger les effets obtenus. Par ailleurs, comment isoler l'impact de l'électrification parmi les autres composantes d'un projet d'amélioration de la santé ou de l'éducation? Dans quelles mesures l'amélioration des résultats scolaires est-elle due à l'électrification de l'école? A la création d'une bibliothèque? A l'arrivée d'un enseignant supplémentaire? A l'aménagement d'une cantine scolaire? Enfin, les comparaisons entre deux catégories de population ou entre deux villages : ceux qui ont accès à l'électricité d'une part, ceux qui ne l'ont pas d'autre part, sont tout aussi ardues. Les revenus dans le village électrifié sont supérieurs à ceux du village sans électricité? Comment discerner les causes derrière les corrélations? La réussite d'un projet d'électrification peut précisément être lié à la pré-existence d'un certain dynamisme local. Cela peut aussi faire partie des critères d'attribution. Un bailleur de fonds, un opérateur, peuvent privilégier les villages disposant déjà d'infrastructures, où les revenus sont en croissance et où d'autres projets sont en cours.

Ainsi, la "réussite" d'un projet d'électrification est-elle le plus souvent analysée à l'aune des résultats techniques : taux d'électrification, pérennité des installations.

L'association Electriciens sans frontières a entrepris il y a une dizaine d'années une vaste campagne d'évaluation de ses actions en Afrique et en Asie. Ces évaluations ont permis de mettre en évidence de nombreuses pistes d'amélioration dans la conception et le suivi des projets. En revanche, selon ses dirigeants, *"les effets de nos interventions sur la vie des populations restent très difficile à évaluer. Le suivi technique ne pose pas trop de difficultés grâce aux visites sur site. Aujourd'hui nous pouvons même installer des puces électroniques sur le matériel. Le suivi de la gestion s'organise. En revanche, suivre les impacts, savoir ce que nos projets ont changé sur la vie des élèves, la qualité des soins... ce n'est pas facile à quantifier"*.

L'impact le plus visible, celui qui est le plus facile à appréhender concerne le mieux être des populations que procure l'accès à l'éclairage domestique et aux technologies de l'information et de la communication (radio, télévision, recharge de téléphone). Certains considèrent cela comme étant marginal. Pour les bénéficiaires c'est essentiel.

Parmi les énergies renouvelables mobilisées dans les projets de solidarité internationale, et plus particulièrement les micros projets, celle d'origine solaire est la plus répandue.

¹⁰ Voir sur le sujet "Etudes d'impact des projets d'électrification rurale en Afrique sub-saharienne", Tanguy Bernard, division Evaluation et capitalisation, AFD, 2010, Paris.



2.3 L'ÉNERGIE SOLAIRE : UN ATOUT POUR LES PAYS EN DÉVELOPPEMENT



*Pompage solaire au Timor Oriental
Photo copyright Triangle GH*

Que n'a-t-on entendu sur le solaire comme solution pour les pays en développement! Et certes, nombreux sont les pays qui en sont bien dotés. Néanmoins, nombreuses sont les contraintes à surmonter pour transformer le potentiel en résultats concrets.

2.3.1 L'ARGUMENT FINANCIER

L'accès à l'énergie solaire pour les plus pauvres est aujourd'hui facilité par la baisse de prix considérable de la technologie photovoltaïque.

On estime, en effet, que le coût moyen de l'énergie photovoltaïque non subventionnée a diminué, dans les régions ensoleillées, de plus de 75%. **La production d'électricité à partir de panneaux solaires est désormais 60 % moins cher que la production à base de diesel**, et 50 % moins cher que de brûler du pétrole¹¹.

Parmi les personnes interrogées pour l'étude, plusieurs confirment cet état de fait dans le cadre des petits projets en sites isolés. Avec un prix du Watt Crête compris entre un et deux euros, les installations de petites tailles sont devenues très abordables. D'autant plus que le prix du pétrole a été multiplié environ par deux en dix ans pour atteindre aujourd'hui un coût avoisinant les cent euros le baril¹². L'énergie solaire est devenue une solution décentralisée moins coûteuse que l'usage des groupes électrogènes, y compris en incluant le coût de l'investissement. Toutefois, les arbitrages semblent devenir plus compliqués lorsque les besoins de puissances augmentent et les solutions hybrides peuvent s'avérer pertinentes (nous y reviendrons plus en détail).

Mais au delà du prix, quels sont les avantages de l'énergie solaire dans les projets d'électrification ?

¹¹ <http://www.lesechos.fr/idees-debats/editos-analyses/0203708563986-pour-la-moitie-de-lhumanite-le-solaire-est-lenergie-la-moins-chere-1034409.php>

¹² Données INSEE, <http://www.insee.fr/fr/bases-de-donnees/bsweb/serie.asp?idbank=000455743>



2.3.2 UNE RESSOURCE ABONDANTE

"*Du soleil, chez nous, il y en a partout*". Cette évidence soulignée par le dirigeant de l'Association des Originaires de Grand Plaine, en Haïti, est bien le premier atout de l'énergie solaire. Dans les pays à fort taux d'ensoleillement, il s'agit d'une ressource disponible partout, y compris dans les zones les plus isolées.

L'énergie solaire offre donc des solutions pertinentes aux populations éloignées du réseau électrique et pour lesquelles les coûts de raccordement sont prohibitifs.

La production d'énergie hydraulique, malgré des atouts indéniables (fonctionnement 24h/24, puissance disponible, faibles coûts d'exploitation), reste conditionnée à la proximité d'un cours d'eau, et plus précisément d'une chute d'eau sans quoi les coûts liés au transport pèsent trop lourdement dans les budgets.

Quant à la production par éolienne, elle nécessite des vents adaptés, forts et réguliers. Deux conditions difficiles à réunir dans la plupart des cas.

2.3.3 UNE TECHNOLOGIE SIMPLE, FIABLE ET VULGARISEE

La technologie solaire s'est considérablement banalisée au cours des dernières années, elle est considérée aujourd'hui par certains comme un bien de consommation courante. L'arrivée sur le marché des kits individuels et autres systèmes portatifs, ainsi que les baisses de prix ont, en effet, permis à cette technologie de se répandre dans les pays en développement, y compris auprès des populations les plus démunies. Cette diffusion technologique est considérablement facilitée par la simplicité de sa mise en oeuvre¹³ et la robustesse de la technique.

Les contraintes d'installation d'un petit système solaire sont minimales. Les cellules photovoltaïques, assemblées sous forme de modules, fournissent une énergie électrique proportionnelle à l'ensoleillement. Une fois celui-ci connu, l'installation peut-être dimensionnée en fonction des besoins de consommation. Par ailleurs, une installation solaire est **statique**, cette absence de pièces en mouvement lui confère une robustesse certaine. La durée de vie d'un module photovoltaïque, sous condition d'entretien minimum, dépasse **trente ans**.

¹³ Précisons qu'il est question ici de microprojets et par conséquent d'installations de taille modeste.



Retours d'expérience et éléments de comparaison avec l'éolien, L'hydraulique et la biomasse

L'installation d'une éolienne suppose une campagne de mesure des vents qui peut nécessiter quelques semaines voire plusieurs mois, l'utilisation d'outils adaptés, et la capacité à interpréter les relevés. Par ailleurs, les éoliennes s'usent prématurément sous l'effet des vents de sable, et leur disposition en hauteur est incompatible en zone cyclonique.

"J'ai intégré l'équipe Blue Energy pour ma connaissance de l'énergie éolienne. Nous en avons installé plusieurs pour alimenter des villages enclavés au Nicaragua. Mais aujourd'hui, nous avons renoncé au tout éolien. Les vents n'étaient pas assez forts, la salinité de l'air accélérât la corrosion des pales et du fait de notre situation enclavée, l'approvisionnement en pièces détachées était très coûteux. Les besoins de maintenance étaient trop lourds et les efforts des bailleurs en la matière trop réduits. Nous avons opté pour des systèmes photovoltaïques et nous avons considérablement réduit les besoins de maintenance". G.C

En matière d'aménagement hydraulique, des mesures de débit doivent être réalisées sur toute l'année, et selon la taille du projet, il peut être indispensable de mener des études d'impact. Les délais, les coûts et les compétences requises pour mener de tels projets découragent souvent les acteurs.

"Dans ma carrière, j'ai mené une vingtaine études de préfaisabilité dans les pays en développement. Une seule a débouché sur une réalisation". H.LB

Concernant les projets de biomasse se pose alors la question de l'approvisionnement en matière première. Comment s'assurer la fourniture d'une matière première de qualité, à des prix et des quantités stables? Nombreux sont les projets à base de jatropha qui se sont soldés par des échecs faute d'un approvisionnement en matière première de bonne qualité. La culture du jatropha et sa transformation en huile de qualité nécessitent la mise en oeuvre en amont de projets spécifiques.

L'énergie photovoltaïque est une solution appréciée pour les besoins d'éclairage et le pompage de l'eau

Grâce au développement des lampes à basse consommation et des diodes électroluminescentes (LED) qui offrent des rendements très supérieurs aux lampes à incandescence, le solaire offre une solution adaptée aux besoins d'éclairage domestique et collectif. De nombreux produits ont fait leur apparition sur le marché et plusieurs programmes ont été mis en oeuvre pour les diffuser auprès des populations dites "au bas de la pyramide".

La plupart des personnes interrogées précisent qu'en matière d'éclairage, le solaire est une solution bien adaptée. Les besoins d'éclairage sont universels, ils sont satisfaits dans les zones pauvres et isolées par des lampes à pétrole et des bougies ou des batteries. Des solutions coûteuses, polluantes et qui provoquent des incendies dans le cas des bougies et du pétrole lampant.

Les solutions solaires offrent des solutions de substitution intéressantes et rencontrent une demande réelle et solvable.



Exemple de substitution : le projet Konna - Association EDEN Mali

En 2009, l'association EDEN Mali mandate un consultant pour faire un diagnostic dans les villages périphériques de Konna (65 km au nord de Mopti). Durant sa mission, il va à la rencontre des différentes catégories de population et fait le tour des commerces pour prendre la mesure des besoins, des services offerts et du prix supporté par les familles pour s'éclairer. *"J'ai passé une semaine à m'éclairer à la lampe à pétrole pour faire ma propre estimation"* nous explique-t-il.

Il revient avec les données suivantes :

Lampes à pétrole

type lampes tempête :

- * Usage moyen : 5h / jour
- * Consommation : 1 litre / 32h
- * Consommation moyenne: 5 litres/mois
- * **Coût mensuel : 3 250 FCFA (5€)**

Eclairage par batterie

- * Usage moyen : 5h / jour
- * Recharge à Konna : 500 FCFA (0,75€)
- * Coût achat batterie : 40 300 FCFA (61,50€)
- * Coût mensuel batterie : 840 FCFA (1,30 €)
- * **Coût mensuel : 4 090 FCFA (6,20 €)**

Eclairage forfaitaire raccordé au réseau à Konna

Coût éclairage mois : 5 270 FCFA (8€)

L'Association proposera, après échanges avec les autorités locales et l'agence d'électrification, la mise en place d'un système de location de kits solaires.

Location du kit : 2000 FCFA (3€) par mois

Location des lampes : 500 FCFA (0,8€) par mois

Le pompage de l'eau grâce à l'énergie solaire est une autre application très appréciée. Tous les acteurs interrogés en reconnaissent la pertinence.



Le Pompage "au fil du soleil"¹

Le principe est simple : des panneaux solaires alimentent en direct une pompe pour faire monter l'eau en surface. La pompe fonctionne tant que les panneaux reçoivent les rayons du soleil, il n'y a pas de batteries, c'est pourquoi on parle de pompage "au fil du soleil". L'eau peut alors être utilisée en direct pour de l'irrigation, ou bien stockée dans un château d'eau pour être utilisée à d'autres moments. Les pompes solaires tendent à se substituer de plus en plus aux motopompes à essence en raison de l'économie réalisée sur la consommation de gasoil. Néanmoins, la taille de l'installation, et par conséquent, son coût sera très variable avec la profondeur et le débit souhaités.

2.3.4 L'ENERGIE SOLAIRE EST PROPRE, SILENCIEUSE ET STABLE

Un petit groupe électrogène dont la puissance est comprise entre 5 et 10 kW peut atteindre une puissance sonore allant de 75 à 100 décibels en fonction de sa qualité. Au delà du bruit, un groupe électrogène rejette dans l'air les pollutions suivantes : des oxydes d'azote, du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone, du dioxyde de soufre, des imbrulés et des poussières. Les quantités rejetées sont bien évidemment variables en fonction de la qualité du matériel, de son entretien et des intrants utilisés : huile et carburant.

Parmi les personnes interrogées pour cette étude, ils sont peu nombreux à avoir mentionné cet avantage. Il s'agit surtout des bénéficiaires. Sur ce point, le web documentaire réalisé dans le cadre du



projet Africa express offre une bonne illustration grâce au témoignage recueilli dans un lodge au Bostwana¹⁴.

Un dernier avantage réside dans la stabilité que procure l'énergie solaire. Dans des pays où les compagnies électriques sont souvent défaillantes, l'énergie fournie par le réseau est instable. Les délestages fréquents et les variations de tensions endommagent les appareils et mécontentent les consommateurs. Les solutions solaires sont donc appréciées aussi dans les zones urbaines et pour faire fonctionner certains appareils, notamment médicaux, en complément de l'énergie fournie par le réseau.

L'énergie solaire permet aussi de fournir des puissances suffisantes pour alimenter de l'outillage et mener des activités de transformations. C'est, par exemple, ce que fait le Gret en Mauritanie grâce à la mise en œuvre de plateformes multifonctionnelles fonctionnant intégralement à partir de l'énergie produite par le soleil.

Les projets ambitieux sont possibles comme en témoigne ce programme, néanmoins, le périmètre déborde largement celui d'un micro projet.



Programme ERUDI de plateformes solaires en Mauritanie - Gret

Après une phase pilote menée avec vingt quatre villages de la région de Brakna, ce sont aujourd'hui soixante dix villages qui sont concernés par le programme ERUDI. "Une plateforme solaire est un bâtiment qui regroupe plusieurs services alimentés par énergie solaire : moulin, congélateur, chargeur de téléphone, de batterie, activités artisanales, soudure, etc. C'est une solution d'électrification intermédiaire entre l'équipement individuel (kit solaire) et le réseau électrique, qui permet de développer des activités économiques de proximité dans des villages isolés. "¹ Le projet est mis en œuvre par le Gret, en partenariat avec 2 ONG mauritaniennes Tenmiya et Ecodev. Le coût s'élève à 3 500 000 euros, il est financé par l'APAUS (Agence pour la promotion de l'accès universel aux services) et l'Union européenne, mais les villages ont aussi été mis à contribution. Ils chacun apporté environ 5000 euros (16% du montant), une somme importante qu'ils ont mise en comparaison avec les bénéfices attendus.

2.3.5 DES ATOUTS VARIABLES SELON LES CONTEXTES

Si l'énergie solaire offre des avantages certains par rapport aux autres sources d'énergie renouvelables, une réflexion comparative reste néanmoins nécessaire en amont de tout projet. Les avantages de la solution solaire peuvent, en effet, être très atténués dans certaines régions. Ainsi par exemple, l'Asie du Sud Est, riche de cours d'eau, présente un potentiel naturel propice aux infrastructures hydrauliques de toute taille. Compte tenu de l'intérêt de cette solution pour le développement des activités économiques, l'option mérite d'être étudiée malgré les contraintes d'études préalables. Par ailleurs, de par cet avantage naturel, la technologie hydraulique s'est diffusée depuis de nombreuses années auprès des populations qui en connaissent les usages les contraintes et les filières.

Chaque pays, chaque région, chaque commune, présente des spécificités qu'il est indispensable de prendre en compte pour définir la solution technique la plus appropriée : données géo physiques, historiques, organisationnelles. Toute technique est une construction humaine, un fait social qui recouvre, certes des outils, mais aussi une organisation, des rivalités, de la production de connaissances, des représentations, des institutions, etc. L'objet technique "pur" n'existe pas, ou bien comme le dit Bruno Latour : "*sous la terre, rouillé*", "*l'objet archéologique attendant d'être découvert*".

¹⁴ <http://webdoc.africaexpress.org/fr>



L'avantage que représente une solution technique ne peut donc être analysé indépendamment du contexte dans lequel le projet s'inscrit. Bien que les avantages et inconvénients de chaque technologie soient aujourd'hui connu de façon générale, l'analyse n'aura de valeur qu'en les situant dans un contexte précis.

2.4 LE SOLAIRE, UNE ENERGIE CONTRAIGNANTE

Une énergie renouvelable est une énergie inépuisable, contrairement aux énergies fossiles dont l'utilisation intensive épuise les gisements, l'utilisation des rayonnements du soleil pour produire de l'énergie n'a aucune incidence sur le soleil. On parle d'énergie de "flux", en opposition à une énergie de "stock". En revanche, l'énergie solaire (comme l'énergie hydraulique ou éolienne) est aléatoire et intermittente.

2.4.1 UNE ENERGIE ALEATOIRE ET INTERMITTENTE

Se pose alors les questions de son stockage, des modes de consommation adaptés et des coûts d'investissement et d'exploitation qui limitent les applications possibles.

2.4.2 LE STOCKAGE DE L'ENERGIE

En dehors des installations au fil du soleil pour le pompage de l'eau (l'eau pouvant être stockée), les installations solaires nécessitent l'utilisation de batteries pour stocker l'énergie produite et ainsi permettre un usage différé.

La batterie, de l'avis d'une majorité d'acteurs, est le maillon faible des systèmes solaires. Si les panneaux photovoltaïques ont une espérance de vie comprise entre vingt et trente ans, il en va différemment pour les batteries dont l'espérance de vie est soumise, d'une part à la technologie utilisée, et d'autre part aux usages et à l'entretien réalisés.



Les différentes catégories de batteries

On distingue quatre catégories de batteries :

- **Les batteries Acide-Plomb ouvertes ou étanches :**
 - les batteries ouvertes avec électrolyte d'acide sulfurique dilué à l'eau. Une technologie fiable et bien connue mais qui nécessite un entretien régulier pour remettre le niveau d'électrolyte à niveau avec de l'eau distillée.
 - Les batteries étanches au gel ou AGM (Absorbed Glass Matt). Elles sont plus faciles à manipuler car il n'y a pas de risque de fuite, et ne nécessitent pas d'entretien. Elles supportent des décharges plus profondes. Elles ont l'inconvénient d'être plus chères à l'achat.
- **Les batteries NI-Cd :** de forte toxicité, elles sont aujourd'hui interdites en UE et sont remplacées progressivement par les batteries NIMH
- **Les batteries nickel métal hydrure NIMH :**elles ont une grande densité énergétique et peuvent être complètement déchargée sans porter préjudice à leur durée de vie. Elles sont de faible capacité, ce qui les destine à des appareils portables où l'autonomie dépasse rarement quelques heures.
- **Les batteries Lithium-ion Li-ion :** Energie massique élevée (densité d'énergie par rapport au volume) et absence d'effet mémoire (perte de la capacité d'une batterie à restituer l'énergie accumulée) en font ses principaux atouts. Leur coût est aujourd'hui quatre fois plus élevé que celui des batteries NIMH mais il est en baisse régulière, et du fait de leur masse plus modeste, le prix du transport est bien moindre que pour les autres technologies. Les batteries Li-ion apparaissent comme la technologie d'avenir.



Estimer l'espérance de vie d'une batterie est un exercice difficile. Indépendamment des informations données par les constructeurs, elle est très variable selon : la qualité du matériel, les usages, la température, la qualité du chargeur, la présence ou non de protections, l'entretien, etc.

Exemple : une batterie déchargée à 80% de sa capacité supporte 1150 cycles de charge/décharge. La même batterie déchargée à 30% durant sa vie supporte 3000 cycles.

Néanmoins, à de très rares exceptions, on avance souvent une durée de vie comprise en 6 mois et 3 ans, ce qui est à la fois très variable et assez court. Dès lors, la batterie est dans pratiquement tous les cas, le premier élément à changer. Toutes les populations ne le peuvent pas, pour des raisons financières ou d'accessibilité. Dès lors, il n'est pas rare de voir des installations abandonnées suite à la fin de vie de la batterie.



Comment prolonger la durée de vie d'une batterie?

"En évitant les décharges profondes qui poussent les batteries dans leurs limites physiques"

"En équipant mon installation d'un bon chargeur régulateur qui coupe la consommation si la batterie a atteint son seuil de décharge"

"Je démonte les connexions tous les six mois pour vérifier d'éventuelles corrosions"

"Mes clients me demandent d'installer un disjoncteur de protection"

"Une batterie c'est une technologie compliquée, il faut bien comprendre comment ça fonctionne si on veut l'utiliser correctement, ce n'est pas un simple condensateur qu'on charge et qu'on décharge."

"Je veille à ce que le parc de batteries soit installé dans un local bien ventilé"

Une fin de vie qui n'est pas sans poser problème. En effet, les batteries contiennent des métaux lourds et de l'acide très polluants et qui nécessitent la mise en œuvre de procédés particuliers de tri et de recyclage.

2.4.3 UNE CONSOMMATION CONTRAINTE

"Plus il y a de nuages, plus on allume la lumière. Et pourtant, il faudrait faire le contraire. Voilà toute la difficulté avec le renouvelable!" Y.M

Dépendre d'une source d'énergie solaire suppose d'adapter sa consommation aux conditions météorologiques, au rythme des saisons. En période de moussons, plusieurs semaines peuvent s'écouler sans pouvoir bénéficier des rayonnements du soleil.

La consommation possible dépend du taux et de la durée d'ensoleillement ainsi que de la puissance installée et de la capacité de stockage. Un mode de production qui contraint le niveau d'équipement mais également la durée d'utilisation. Sans oublier le compromis entre la demande et le coût.

2.4.4 LE SOLEIL C'EST GRATUIT !... OUI, MAIS LE SERVICE QU'IL PRODUIT NE L'EST PAS !

Tout le monde peut bénéficier des rayonnements du soleil, et les pays en développement sont le plus souvent très bien dotés. Les discours et les propos enthousiastes sur le solaire vendu comme l'avenir des pays en développement, et les nombreux projets construits sur le modèle du don ont pu donner l'illusion de la gratuité. Or, les bénéficiaires l'ont appris, et souvent à leurs dépens, tout



service d'énergie a un prix. L'illusion de gratuité dans les projets solaires dure le temps d'une ampoule, d'une batterie, d'un onduleur... le temps qu'advienne la première panne.

2.4.5 L'ENERGIE SOLAIRE EST CHERE ET LIMITEE

Un problème fréquemment évoqué s'agissant de l'énergie photovoltaïque concerne les limites d'usage.



Des électrons qui s'écoulent continuellement et dans une même direction sous l'effet d'une réaction chimique : un courant continu

Un panneau photovoltaïque est constitué d'un ensemble de cellules qui convertissent la lumière en électricité. Le courant produit est un courant continu. Tous les appareils alimentés par des piles et des batteries fonctionnent avec du courant continu, mais l'essentiel des appareils électriques : machines à laver, outillage, téléviseurs, etc. Fonctionnent (à quelques exceptions près) avec du courant alternatif. Il est alors nécessaire de transformer le courant continu en courant alternatif à l'aide d'un onduleur.

Par ailleurs, et même si les progrès techniques permettent d'atténuer cette caractéristique, un moteur nécessite au démarrage un appel de charge. Cette surintensité transitoire au démarrage peut être dix à quinze fois supérieure à l'intensité nominale de l'installation.

Dès lors on comprend aisément les difficultés engendrées par l'installation de certains équipements tels que machines à laver, ventilateurs, moulins à céréales, etc. Les dimensions des installations doivent être considérablement accrues et davantage de composants doivent être prévus. Cela se traduit par des besoins d'investissement et de maintenance considérablement augmentés.

Les petites installations solaires conviennent bien aux besoins d'éclairage, à la recharge de téléphones portables et de batteries, aux petits équipements individuels comme les radios. Elles sont accessibles aux petites associations menant des actions d'aide au développement et certaines familles peuvent acheter ou louer des kits solaires domestiques ou des lampes portables.

Mais plusieurs interlocuteurs le soulignent en le déplorant : "*ce n'est pas comme ça que l'on crée du développement*". Les besoins sont là, et les frustrations sont importantes. "*Nous voulons de la vraie électricité*" ! Nous disent les populations.



Exemple : Le village de Menguemé au Cameroun – Energies sans frontières et la Fondation Schneider Electric

La commune de Menguemé est un regroupement de 18 villages dont la moitié ne bénéficie d'aucun accès à l'énergie. Suite à un projet de formation de jeunes au métier d'électricien, la Fondation Schneider Electric étudie des possibilités de débouchées par la réalisation d'une extension du réseau électrique. L'association Energies sans frontières est sollicitée pour faire l'étude du projet.

Les investissements nécessaires s'avèrent prohibitifs : un million d'euros pour financer les 16 postes de transformation et les 6 km de lignes nécessaires. Les travaux doivent être réalisés en pleine forêt et la société nationale d'électricité (AES SONEL, rachetée récemment par des capitaux canadiens) exige de réaliser les travaux après reversement de la subvention.

L'association renonce. En partenariat avec la mairie de Menguemé et l'ASVC (Association Solidarité avec les Villages du Cameroun), une priorisation des besoins est effectuée et une solution solaire est proposée pour alimenter le centre de santé de Minlaba et mettre en place une centrale de recharge pour des lampes solaires individuelles de type In-Diya. Pour l'eau, une pompe solaire sera installée pour alimenter un château d'eau. Le montant du projet s'élève à plus de 65000 euros.

"Dans un premier temps, la population a été déçue. Les gens nous ont dit qu'ils voulaient de la "vraie électricité" pour brancher des frigos, des machines agricoles, des scies, des ordinateurs, des congélateurs et des ventilateurs. Il faut dire qu'ils sont dans une zone complètement enclavée et qu'ils ne bénéficient d'aucune infrastructure. En revanche, il y a du gibier, du poisson et du bois. Ils aimeraient pouvoir conserver, transformer ces ressources. On amène un mieux être, des améliorations, mais on ne crée pas de développement". S.M

2.5 LA RENCONTRE DU RENOUELABLE ET DU FOSSILE : UNE SOLUTION HYBRIDE QUI OFFRE UN BON COMPROMIS

Au fil des échanges avec les interlocuteurs, une solution nous est apparue bien appréciée des acteurs : le mixte solaire-groupe électrogène. Qu'ils soient "installateurs" ou bénéficiaires, ils sont nombreux à privilégier ce type d'installation hybrides pour pallier les limites du solaire. Par ailleurs, l'Agence Internationale de l'Energie (AIE) considère que c'est une solution d'avenir¹⁵. Et les microsystèmes hybrides connaissent déjà un véritable succès auprès des installateurs de centres de télécommunication.

Dans un village rural, la courbe de charge typique est une demande de base le matin aux premières heures, une demande importante le matin et l'après-midi, une pointe le soir qui correspond à une consommation de deux à cinq fois plus élevée que la puissance de base¹⁶. La demande nocturne est très rare. Les groupes électrogènes ne sont pas adaptés pour répondre à une très faible demande sur une période longue, un facteur de charge trop faible dégrade le moteur et entraîne une surconsommation de carburant. Ajouter un système solaire avec des batteries permet de couvrir les besoins modérés et ponctuels (par exemple la nuit pour un accouchement). Le solaire et le diesel sont deux solutions qui comportent des avantages et des inconvénients. Le diesel souffre d'une utilisation de sous régime et nécessite l'utilisation d'un carburant cher et polluant. Mais il peut répondre à des besoins de fortes puissances sans investissements initiaux excessifs. Le photovoltaïque est une énergie qui dépend du rayonnement du soleil, il est donc nécessaire de la stocker pour pouvoir consommer cette énergie en différé. Par ailleurs, les installations nécessaires pour produire de fortes puissances nécessitent des investissements conséquents.

¹⁵ Voir l'étude "Mini réseaux hybrides PV-diesel pour l'électrification rurale. Présentation générale et recommandations pour leur déploiement", Photovoltaic Power Program System (PVPS), G. Léna, AIE, Club ER, juillet 2013.

¹⁶ Ibid. p.8



Dès lors, l'hybridation des deux technologies offre des solutions intéressantes qui permettent de limiter l'usage du groupe électrogène en cas de besoins de puissance plus conséquents où lorsque les batteries n'ont pu être rechargées suffisamment par les panneaux (par exemple à la saison des pluies). Il est par ailleurs possible selon les situations de se dispenser du parc de batteries. La consommation se fait au fil du soleil et on bascule sur les groupes électrogènes à la tombée de la nuit.

Cette solution peut être utilisée dans le cadre d'un mini réseau. Elle présente aussi des avantages pour les infrastructures collectives, notamment les infrastructures de santé.

Sur un hôpital, la solution peut donc être tout à fait pertinente, elle suppose néanmoins une analyse fine des usages et du matériel. Ainsi qu'une maintenance très rigoureuse¹⁷.



Retours d'expérience

" Dans certains endroits, il arrive que nous restions trois semaines sans soleil, les batteries ne suffisent pas. Alors on prévoit aussi un groupe électrogène. Et puis, l'avantage avec un groupe c'est que le mode d'utilisation convient bien aux habitudes locales : on en a besoin? On met du carburant et on consomme en fonction de ce que l'on a mis. Avec le solaire c'est plus compliqué, il faut économiser en vue du remplacement éventuel d'une batterie à une échéance incertaine...". C.D

"Très souvent, on voit des parcs de batteries sur dimensionnés par rapport aux panneaux installés. Les batteries ne sont jamais chargées complètement et elles se dégradent prématurément. Nous, on sous dimensionne légèrement les batteries, comme ça on est certain qu'elles seront bien chargées et on installe un petit groupe électrogène (la plupart du temps il y en avait déjà un)". H.P

"Dans une infrastructure de santé, il faut bien connaître le matériel et les usages. Par exemple, un stérilisateur ça consomme beaucoup, mais il ne fonctionne que quelques heures dans la journée. On ne va pas le raccorder au réseau solaire. On prévoit de l'alimenter avec un groupe électrogène." J.P.L

2.6 LE NOMBRE D'INSTALLATIONS SOLAIRES NE FONCTIONNANT PAS OU FONCTIONNANT MAL EST CONSEQUENT

Bien que ne disposant pas de statistiques sur le sujet, la lecture des rapports d'évaluation (lorsqu'ils existent et qu'ils sont accessibles) et les témoignages d'acteurs sont éloquentes. Combien d'installations abandonnées sitôt la première panne arrivée? Parce-que les batteries n'ont pas été remplacées? Parce-que les panneaux ont disparus?

"L'Afrique est devenue un cimetière d'installations solaires", nous disent certains.

Les échecs et les dysfonctionnements renforcent le sentiment auprès des populations d'une "énergie au rabais". Mais pas seulement. Un responsable d'association installé de longue date à Madagascar insiste sur ce point : *"Les échecs c'est pire que de ne rien faire. Ça dégoûte tout le monde. Les bénéficiaires bien sûr, car ce sont eux qui en assument les conséquences et qui vivent les espoirs déçus. Mais cela alimente aussi l'aigreur des porteurs de projets et les réactions de rejets et de condescendance à l'égard des populations". R.B*

¹⁷ EDF HELP mène un projet de ce type en Haïti, sur l'hôpital Alma Mater de Gros Morne



Quelles sont les causes de ces mauvais résultats? La technologie solaire serait-elle, de par ses spécificités, porteuse de ces échecs? Ce serait oublier qu'il y a dix de cela, on nous disait : *"je reviens d'Afrique, ce continent est un cimetière de groupes électrogènes"*.

Pour l'Union Européenne, le coupable c'est le "don", un modèle qui aurait eu pour conséquence de limiter les effets des aides attribuées. De ce constat est née l'initiative Electri-FI en septembre 2014 qui vise à substituer les dons en prêts et à favoriser le secteur privé pour les programmes d'accès à l'énergie¹⁸.

Nous avons tendance à penser que les explications sont plurielles, ce que confirment la lecture des rapports d'évaluation et les échanges nombreux et riches que nous avons eu avec des acteurs de profils variés. Les échecs et les dysfonctionnements sont dans la tête de la plupart des acteurs. Nous leur avons demandé quelles étaient les exigences requises, celles sur lesquelles ils étaient plus particulièrement vigilants.

¹⁸ *Electrification Financing Initiative (ElectriFI), Rural Electrification Workshop on 29-30 September 2014, Brussels*



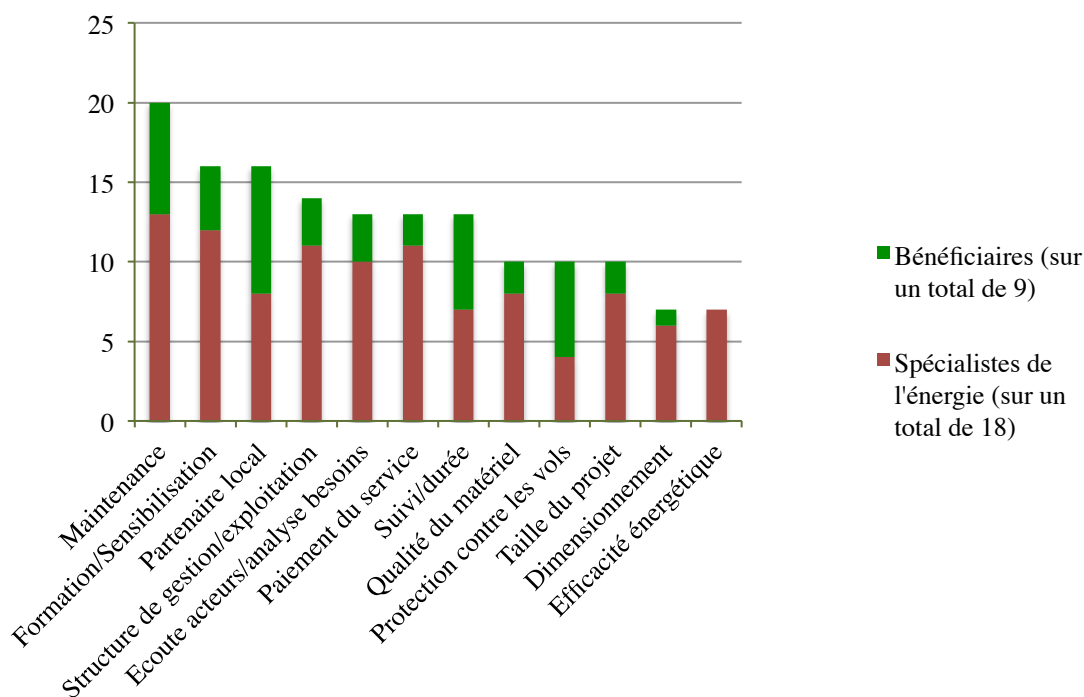
3 QUELLES EXIGENCES POUR DES RESULTATS PERENNES?

Nous l'avons vu, le recours à l'énergie solaire est une solution appropriée dans certains contextes et pour la satisfaction de certains types de besoins. Mais comment faire en sorte que le service soit pérenne? Nous avons posé la question aux vingt sept personnes interrogées dans le cadre de cette étude. Le graphique ci-dessous donne une représentation de la part des réponses selon que les personnes sont des spécialistes de l'énergie ou des bénéficiaires. La taille de l'échantillon est certes peu étendue mais les personnes interrogées ont dans leur grande majorité une riche expérience de la question.

3.1 LES FACTEURS DE PERENNITE

Les entretiens nous ont permis de mettre en exergue douze paramètres.

Graphique 1 : Facteurs de pérennité du photovoltaïque



3.2 LA MAINTENANCE

Sans maintenance point de pérennité. On pourrait considérer cette réponse comme une tautologie. Sa récurrence illustre le fait que les problèmes les plus fréquents sont liés au manque de maintenance. Trop souvent les gens n'interviennent qu'en cas de panne, tant que les systèmes fonctionnent, rien n'est fait.

Quels sont les besoins de maintenance sur une installation solaire de petite taille ?

- **Les panneaux** : ils doivent être nettoyés régulièrement afin de garantir un rendement optimal.



Pour les kits solaires domestiques, le besoin se limite à cela le plus souvent. Si plusieurs panneaux sont couplés, vérifier qu'ils fournissent les bonnes tensions. Les fixations doivent également être vérifiées. Ainsi que l'état des jonctions et des diodes le cas échéant.

- **Les batteries** : s'il s'agit de batteries Acide-plomb ouvertes il est nécessaire de remettre de l'eau distillée régulièrement. Pour tous les modèles de batteries : tous les 3-4 mois, vérifier l'état des cosses et les nettoyer en cas d'oxydation, vérifier les tensions du chargeur et les tensions de chaque élément. Veiller à la bonne ventilation du local de stockage le cas échéant (sensibilité à la chaleur et dégagement d'hydrogène).
- **Les régulateurs** : Il a pour rôle de faire le lien entre le module photovoltaïque, la batterie et les équipements. Il est indispensable à la bonne vie de la batterie. Sur le régulateur il faudra vérifier les seuils de régulation, de décharge et reprendre les réglages si nécessaire. C'est ce qui permet de protéger les batteries des décharges profondes.

Les exigences sont modestes mais incontournables. Lorsque les panneaux sont fixés sur un mât ou un toit, une échelle est nécessaire pour effectuer ces opérations. Cela peut paraître trivial mais il n'est pas rare de constater que les personnes en charge de l'entretien ne disposent pas d'échelle. Avoir à sa disposition un voltmètre et quelques outils est également préférable. Il faut, en outre, un certain savoir-faire, de la régularité et la capacité à agir en cas de dysfonctionnement. L'efficacité d'un système de maintenance dépend par conséquent de toute une chaîne de facteurs que nous allons aborder ci-après.

3.3 FORMATION ET SENSIBILISATION

- **Sensibiliser les usagers** : comme évoqué précédemment, l'énergie d'origine solaire offre un service contraint et les mauvais usages sont souvent à l'origine des dysfonctionnements constatés. Des lampes allumées toute la nuit, un accroissement du nombre d'appareils chargés sur des batteries non adaptées, des raccordements supplémentaires pour la famille ou un groupe de réfugiés, utilisation de lampes portables dans l'eau par les pêcheurs, les exemples ne manquent pas pour illustrer le besoin de sensibilisation des bénéficiaires. Les usages abusifs peuvent, en outre, témoigner d'une analyse erronée des besoins. Nous y reviendrons.
- **Former les personnes en charge de l'exploitation, de la maintenance** : lorsqu'un responsable est désigné pour assurer la maintenance et/ou l'exploitation d'un système il peut s'avérer nécessaire d'offrir une formation spécifique. Le cahier des charges varie nécessairement en fonction de la nature des installations.

Il est toutefois important de préciser qu'au cours des dernières années la situation a considérablement évolué. La diffusion de la technologie solaire dans les pays en développement s'est aussi accompagnée d'une évolution des compétences. A ce sujet, les témoignages font état de situations variables selon les pays. Ainsi, le Sénégal, le Burkina Faso ou le Vietnam sont appréciés pour leur niveau de compétences. Mais même dans ces pays, on observe de fortes disparités entre les zones urbaines et périphériques et celles qui sont isolées.



Exemples de projets de formation

– Des opérateurs publics, un projet interrégional

En 2011, le premier programme européen de développement d'une filière de l'électrification rurale est lancé à Bamako. Financé par la Facilité Énergie de l'Union Européenne, ce programme, intitulé « Aide à la formation initiale et continue aux opérateurs et acteurs de l'électrification rurale en Afrique de l'Ouest », est élaboré en partenariat avec EDF, 2iE (l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement- Burkina Faso), le FDE (Fonds de Développement de l'électrification au Burkina Faso) et l'AMADER, l'Agence Malienne pour le Développement de l'Énergie Domestique et l'électrification Rurale. Après son lancement dans deux pays pilotes : le Burkina Faso et le Mali, le programme vise à se déployer dans l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest pour accompagner les ambitieux objectifs annoncés en matière d'électrification rurale.

– Des partenariats entre ONG et Centres de formation

➤ Electriciens sans frontières

En 2002, l'association Electriciens sans frontières initie au Sénégal le projet "Lumière par l'école". Il s'agit d'installer des systèmes photovoltaïques dans des écoles, des cases santé et les logements des instituteurs et des infirmiers. En 2010, près de 100 villages ont bénéficié du projet. Pour mener à bien les opérations et assurer la pérennité du projet, l'association travaille en partenariat avec trois Centres Départementaux de Formation Professionnelle (CDFP). Dix formateurs sont formés et les centres sont équipés de matériel pédagogique. Depuis, tous les ans, un module de dix jours est consacré à la technologie solaire : notamment le dimensionnement et la maintenance. Les CDFP assurent la maintenance des sites ce qui permet aux élèves de compléter leur formation sur le terrain. L'évaluation externe du projet, menée en 2010 révèle l'intérêt de ce modèle qui contribue pour une large part à la viabilité des installations, par ailleurs des activités génératrices de revenus sont mises en place pour financer l'exploitation et la maintenance. Les centres sont désormais devenus des acteurs reconnus et sollicités pour installer et entretenir des systèmes solaires au Sénégal.

➤ Energies sans frontières



L'association Energies sans frontières accorde depuis plusieurs années une place particulière à cette composante dans ses projets. Partenaire de la Fondation Schneider Electric, qui privilégie la jeunesse et la formation, ils développent ensemble des projets comprenant d'une part, un volet théorique et d'autre part, un volet pratique qui est mis en oeuvre dans le cadre de projets d'électrification conçus comme des chantiers écoles.

Photo : Formation sur maquette à Menguémé - copyright Energies sans frontières

Néanmoins, l'intégration d'un volet formation, si elle est nécessaire est loin d'être une garantie suffisante selon certains. *"Si les débouchées ne sont pas suffisantes, celui qui est formé et qui est bon, il va s'en aller travailler pour lui" H.P.*

3.4 LE PARTENAIRE LOCAL : CLE DE VOUTE D'UN PROJET REUSSI

Dans leur très grande majorité, les associations, les fondations et les grands énergéticiens sollicités considèrent la qualité du partenaire local comme étant une garantie forte en matière de



pérennisation des installations. La qualité du partenaire est un critère essentiel dans la sélection des projets sur lesquels ils investiront leur budget et leurs compétences.

Les quelques consultants et bureaux d'étude interrogés semblent y accorder une moindre importance. Sans doute est-ce lié à la nature marchande de leurs interventions qui les inclinent moins à considérer les effets à moyen-long terme de leurs installations. Pour le directeur de la société burkinabé Projet Production Solaire, la question ne se pose pas dans la mesure où il s'engage à travers des contrats de maintenance.

Associations locales, comités villageois, coopératives de femmes, sociétés privées, collectivités locales, organisations religieuses, c'est à eux qu'il revient de gérer et d'entretenir les équipements. Le projet terminé, ils seront seuls responsables de la viabilité des installations.

Si l'importance du partenaire est une opinion partagée, les avis divergent, en revanche, s'agissant du type de partenaire à privilégier. De manière générale, on notera une certaine méfiance à l'égard des élus et des collectivités locales dont les qualités opérationnelles semblent peu vérifiées. Ils sont toutefois présents dans certains projets pour les aspects liés à la gestion.

Certains s'appuient sur les collectifs villageois quand d'autres considèrent qu'ils sont totalement inefficaces. Le débat est difficile à trancher, néanmoins, un fait semble acquis : un comité villageois créé *ex-nihilo* pour gérer des installations électriques est voué à l'échec. Les ONG de développement considèrent qu'il faut au moins trois ans pour mener de tels projets collectifs.

Concernant les communautés religieuses, elles sont le plus souvent appréciées pour leur gestion rigoureuse, et certains acteurs privilégient ce type de partenariat de façon systématique. Dans certains pays plus que d'autres le poids de ces communautés est prépondérant dans la sphère solidaire, c'est notamment le cas à Madagascar ou en RDC. Sans nier le rôle de ces acteurs, il est néanmoins important de souligner que tout projet d'électrification renforce le pouvoir de la communauté qui en bénéficie.

En tout état de cause, il est préférable de privilégier les structures collectives à des individus, aussi motivés et compétents soient-ils car cela fragilise le modèle. Les évaluations le montrent, faire porter le poids de la maintenance d'une installation sur les seules épaules d'un instituteur ou d'un infirmier c'est prendre le risque de voir l'équipement abandonné à la première mutation. Et si l'on devait dresser le portrait robot du partenaire idéal?

Voici quelques exemples d'associations locales unanimement reconnues pour leur efficacité et l'impact de leurs actions.

- **Akamasoa à Madagascar**¹⁹ : Association "*les bons amis*" créée par le Père Pedro il y a 25 ans. Cette association compte 8 centres répartis sur toute l'île. Aide d'urgence, retour à l'emploi, éducation, logement, formation professionnelle, on estime à 500 000 le nombre des personnes aidées par Akamasoa.²⁰
- **Maison Shalom au Burundi**²¹ : créée il y a 20 ans par Marguerite Barankitse, pour venir en aide aux enfants orphelins de la guerre, du SIDA, aux enfants des rues, l'association a assisté plus de 20 000 enfants. Santé, éducation, activités économiques, toutes les facettes d'un développement durable et humain font partie du champ d'intervention de la Maison Shalom.
- **Songhai au Bénin**²² : créée il y a 30 ans à Porto Novo, l'association oeuvre au développement de villes rurales vertes en s'appuyant sur une agriculture intégrée et biologique. Le centre

¹⁹ <http://www.perepedro.com/fr/index.php>

²⁰ Voir également sur youtube, les films de Raymond Bouter "*les bons amis du Père Pedro*" <http://www.youtube.com/user/Chaudron25160>

²¹ <http://www.maisonshalom.org>

²² <http://www.songhai.org/>



forme des jeunes à l'agro écologie. Le modèle Songhaï est aujourd'hui exporté dans de nombreux pays d'Afrique avec le soutien du PNUD.

- **Tin Tua au Burkina Faso**²³ : cette association est née en 1989 de la volonté de personnes nouvellement alphabétisées de mener des projet de développement avec la population agricole. Elle enrichie les programmes d'alphabétisation et développe des formations à la gestion des petits structures villageoises, à la santé, à l'éducation. Elle accompagne les paysans formés dans leurs projets, en privilégiant particulièrement les jeunes et les femmes. Aujourd'hui, l'association se divise en 15 *diémas* qui regroupent environ 9500 membres.
- **L'Association des Originaires de Grande Plaine en Haïti (AOG)** : créée en 1992, pour aider au développement de Grande Plaine et ses environs, lutter pour l'amélioration des conditions de vie et préparer la relève. Les projets concernent : l'éducation, l'alphabétisation, la santé, l'agriculture, l'environnement, l'insertion professionnelle. Si l'association emploie quelques personnes salariées, notamment des instituteurs, l'essentiel des actions sont menées dans le cadre du bénévolat. Les bénéficiaires travaillent pour eux mêmes, ils sont décideurs et acteurs de leurs projets. Les "*konbit*" (rassemblements) permettent de réaliser collectivement d'importants aménagements²⁴. Le personnel technique dispose de vraies compétences qui par ailleurs ne cessent d'évoluer au fil des projets et des partenariats. L'AOG bénéficie d'un soutien important des compatriotes vivant aux Etats-Unis.

Ce sont des associations locales, très structurées et menant des actions de longue date. Elles ont mis en place des équipes techniques qui savent réaliser la maintenance nécessaire, qui, le cas échéant sont en mesure d'identifier les fournisseurs et les opérateurs pertinents. Travailler avec ces équipes à des actions de formation prend tout son sens. L'Association des Originaires de Grand Plaine, dans le cadre de son partenariat avec EDF HELP pour l'hôpital Alma Mater a identifié parmi son personnel technique deux techniciens – des personnes fiables et compétentes - ayant les prérequis nécessaires pour venir en France suivre une formation dans une école EDF. L'équipe technique d'Akamasoa réalise des installations solaires très régulièrement à Madagascar, notamment pour des ONG.

Tous les acteurs interrogés en conviennent quelque soit le modèle qu'ils privilégient : ***travailler avec de tels partenaires, c'est la garantie d'un projet viable.***

3.5 L'ORGANISATION D'UN SERVICE PAYANT

Si les rayonnements du soleil sont accessibles à tous gratuitement, ce n'est pas le cas des services énergétiques qu'ils peuvent fournir. Et même si l'investissement initial est réalisé grâce à des dons, les frais de maintenance ne doivent pas être négligés. Il est notamment essentiel de prévoir le remplacement à moyen terme des batteries.

Par ailleurs, la plupart des acteurs considèrent que la gratuité encourage une certaine négligence à l'égard du matériel. Les bénéficiaires seraient plus attentifs à un matériel pour lequel ils doivent payer.

Enfin, le bénévolat est considéré par la plupart des personnes interrogées comme un luxe que ne peuvent s'offrir des populations trop pauvres pour subvenir aux besoins les plus élémentaires. "*Trop de personnes se lèvent le matin en se demandant s'ils pourront nourrir leurs enfants. Nous ne pouvons pas attendre d'elles qu'elles se préoccupent de l'entretien et du renouvellement des batteries*". Si l'on souhaite pérenniser une installation, il faut que la personne en charge de l'entretien soit rémunérée pour cela.

²³ <http://www.tintua.org/>

²⁴ On peut voir sur youtube quelques exemples de *konbit* : désenclavement de la route ou reboisement http://www.youtube.com/watch?v=RD0tVQC_o_o



La question est délicate et les cas de figure sont extrêmement variés. Ainsi, en Haïti, l'organisation des *Konbits* illustre parfaitement les possibilités en la matière. Le président d'Energie Développement Loire Océan s'insurge contre ceux qui prétendent que la solidarité n'existe pas en Afrique. Au Sénégal, le cabinet médical qu'il vient d'installer fonctionne grâce aux nombreux dentistes et ophtalmologistes qui viennent dans le village pour soigner gratuitement (ou pour un prix symbolique) leurs compatriotes. La question mérite d'être étudiée au cas par cas, selon les contextes, les modes d'organisation, le niveau de pauvreté.

S'agissant des équipements domestiques, diverses formules sont possibles pour organiser le paiement du service : vente ou location, les deux solutions semblent appréciées. Dans les deux cas, il est indispensable de pouvoir confier le service à un **exploitant/opérateur** qui sera en charge du bon fonctionnement des infrastructures. Ce peut être une structure privée, associative ou collective. Les associations spécialisées dans l'accès à l'énergie et qui interviennent dans le cadre de micro projets laissent aux organisations villageoises²⁵, aux coopératives et aux municipalités le soin d'organiser ce service marchand²⁶. Dans certains cas où les populations sont trop pauvres, des systèmes de troc sont mis en place, les familles payant l'exploitant avec des produits agricoles.

L'association anglaise GVEP (Global Village Energy Project) a fait un autre choix, qui consiste à soutenir et développer un secteur privé de l'énergie fondé sur les petits entrepreneurs : "*GVEP offre un soutien stratégique, technique, financier et opérationnel aux jeunes entreprises du secteur énergétique qui développent et utilisent diverses technologies propres, y compris les foyers améliorés, les briquettes biomasse, les systèmes solaires domestiques, le biogaz et les micro réseaux*"²⁷. GVEP utilise le financement des bailleurs de fonds pour soutenir les entreprises qui sauront fournir les produits et les services aux consommateurs.



Quelques conseils pour un bon fonctionnement

D'un avis partagé il est préférable d'isoler le service marchand des autres installations. Ce doit être un service spécifique, bénéficiant d'une installation distincte placée sous la responsabilité de la structure exploitante. Tout d'abord, en cas de mauvais usage ou de panne, cela n'aura pas de conséquence sur les installations collectives. Ensuite, et l'entrepreneur burkinabé que nous avons interrogé insiste beaucoup sur ce point, il est essentiel d'isoler le service marchand des services publics de santé ou d'éducation. "*Si on propose un service payant dans un dispensaire, on détourne les priorités. Le client devient prioritaire sur le patient. Par contre c'est très pertinent dans une pharmacie ou sur un marché. On fournit au comité villageois un kit de recharge qu'il installe et qu'il gère*". E.K

S'agissant des micro projets de soutien aux infrastructures collectives, la question du financement de la maintenance peut-être plus délicate. Pour ce qui concerne le pompage de l'eau, c'est le modèle du paiement à la bassine qui est retenu dans quasiment tous les projets de ce genre. Bien entendu, cela n'est pas sans poser de problème car il y a toujours des familles qui ne pourront pas payer pour ce service et qui continueront de boire l'eau de la rivière ou du marigot. Par ailleurs, une difficulté avec les installations solaires provient de l'illusion de gratuité car contrairement aux motopompes, il n'y a pas besoin de payer pour du carburant. Mais globalement, les acteurs interrogés considèrent le modèle comme étant plutôt efficace.

Au niveau des services de santé ou d'éducation, qui représentent une large part des microprojets de solidarité, il est plus difficile de constituer la réserve financière qui sera nécessaire au remplacement des ampoules et des batteries. En effet, le paiement des consultations et des frais de

²⁵ *Comités villageois, comités de gestion, Comités de Agua Potable y Saneamiento, etc.*

²⁶ *Eden Mali, Electriciens sans frontières, Energie Développement Loire Océan, Energies sans frontières, Energie Bretagne*

²⁷ <http://www.gvepinternational.org/fr>



scolarité est déjà une charge lourde pour les familles et les impayés sont extrêmement importants. La solution développée par de nombreux acteurs consiste à faire de l'apport d'énergie non seulement une charge financière mais aussi une source de revenus. Recharge de téléphones, vente de prestations de traitement de texte ou impression de documents, organisation de soirées télévision (notamment les matchs de football), prestations de moutures, sont des services appréciés dans les zones isolées. C'est une source de revenu non négligeable pour les structures en charge de gérer et d'entretenir les installations électriques.

3.6 SAVOIR ECOUTER, SAVOIR OBSERVER

Ce point est plus particulièrement mis en avant par les bénéficiaires, les personnes originaires des pays destinataires des projets, et les français qui se sont installés dans les pays bénéficiaires.

La méconnaissance des lieux, des personnes, des ressources locales et la duplication de modèles décontextualisés expliquent de nombreux échecs.

➤ L'analyse des besoins :

Que signifie un besoin d'énergie? Un besoin d'électricité? L'électricité n'est qu'une forme d'énergie parmi d'autres. L'énergie n'est qu'un moyen parmi d'autres de satisfaire des besoins humains. "*J'ai besoin de lumière pour lire et écrire le soir*", "*j'ai besoin de froid pour conserver mes aliments*", "*de chaleur pour les cuire*" "*j'ai besoin faire tourner mes machines*", etc. **Chaud, froid, lumière, force motrice : autant de besoins qui peuvent être satisfaits de diverses manières et parfois, sans apport d'énergie.** Une analyse fine des différents besoins nécessite une écoute attentive des différentes catégories d'acteurs.

➤ L'écoute des acteurs :

L'arrivée d'une technologie dans une organisation humaine qui en est dépourvue génère des satisfactions et des frustrations, des améliorations et des contraintes, elle est, en outre, un enjeu de pouvoir. Il est donc essentiel d'organiser la rencontre avec les différentes catégories de population pour cerner au mieux les jeux d'acteurs et établir des priorités. Une écoute de qualité implique une posture et des compétences adaptées pour identifier les "réels" problèmes auxquels les différentes catégories d'acteurs sont confrontées. Lorsqu'un projet est transféré dans la réalité et qu'il devient une réalisation, les représentations des concepteurs vont se heurter à une réalité autre que la fiction du projet souvent élaboré à partir d'une conception a priori du milieu récepteur. Se dévêtir des certitudes de "celui qui sait", savoir être attentif, être à l'écoute, observer, et si possible se dépouiller de ses *a priori* sont des postures à valoriser. L'exercice n'est pas simple. Il l'est d'autant moins que les *a priori* existent tout autant chez les potentiels bénéficiaires.



Quelques réflexions recueillies

" Il faut éviter d'arriver avec une casquette bien définie, car les besoins exprimés le seront en fonction de la spécialité annoncée. Surtout si les besoins globaux n'ont pas été identifiés. À Madagascar, dire non constitue une impolitesse. Il faut donc être capable de discerner les "vrais oui" des "oui – non". La gestuelle et les intonations sont des indicateurs. Une étude comportementale des populations bénéficiaires est indispensable. Et cette étude doit être faite par une personne avertie et non par les initiateurs du projet, persuadés du bien-fondé de leur démarche. Il ne faut pas oublier que dans certains endroits les gens n'ont absolument rien et sont complètement coupés du reste du monde. Les associations arrivent là avec leurs voitures et tout le reste! Tout ce qui peut être donné est bon à prendre, même si l'on ne sait pas encore pourquoi. La posture du toujours oui favorise les détournements de la part des bénéficiaires mais aussi les erreurs d'interprétation de la part d'un observateur non averti et non initié, malgré sa bonne foi." R.B

"Je refuse de parler d'appropriation. Cela signifie que les projets ne sont pas ceux qui ont été décidés et construits par les populations. Il y a plein d'ONG avec lesquelles nous refusons de travailler, elles pensent savoir mieux que nous. Mais il y en a aussi beaucoup qui veulent travailler avec nous, parce qu'elles savent que nos projets sont pérennes". G.J

"Si on ne tient pas compte des besoins exprimés par les populations on peut être certain que les installations ne dureront pas. Si les gens souhaitent une télévision et la possibilité de recharger leur téléphone, et si je m'obstine à ne leur fournir que l'éclairage, je peux être sûr qu'ils modifieront l'installation". E.K

➤ **La connaissance des ressources locales :**

Quelles sont les ressources disponibles localement pour répondre aux besoins? S'appuyer sur les ressources locales permet de limiter les zones de friction entre l'élément extérieur et le milieu récepteur. Elles permettent de réduire les coûts d'investissement et d'exploitation/maintenance et sont le gage d'une meilleure maîtrise par les populations. Quelles sont les ressources humaines mobilisables pour exploiter les installations? Quelles sont les sources d'approvisionnement en matériel de qualité? Quelle ressource privilégiée pour un projet d'électrification : l'eau, le vent, le soleil?

Une bonne appréhension du contexte local, des problèmes, des besoins et des ressources disponibles permet d'anticiper d'éventuels aléas.

Dans une note de huit pages réalisée par le CAFOD (Catholic aid agency for England and Wales) et l'IIED (International Institute for Environment and Development), s'appuyant sur le travail et la réflexion de nombreuses organisations spécialistes des questions d'énergie et de développement, insiste sur la nécessaire implication des populations. L'augmentation des solutions technologiques et financières ne pourra suffire, selon cette note, pour garantir le succès de l'initiative SE4All²⁸. Une véritable **approche ascendante et participative** est cruciale pour concevoir et fournir les services qui répondront aux vrais besoins et préférences énergétiques des bénéficiaires et pour s'assurer que les services sont adaptés aux différents contextes socioculturels. "Le cadre de développement post-2015 doit soutenir le développement de méthodologies pour permettre aux populations pauvres et à la société civile de prendre activement part dans les prises de décision en matière d'énergie. Il doit aussi reconnaître qu'une approche uniforme a une faible chance de parvenir à une progression efficace des services"²⁹.

Parmi les acteurs concernés par les projets d'électrification, il n'y a pas que les seuls bénéficiaires. Informer et solliciter les institutions concernées est aussi un passage obligé pour tous les interlocuteurs que nous avons interrogés. Les Ministères de l'énergie, les agences d'électrification rurales conduisent leurs propres programmes. Il est nécessaire de vérifier que la zone concernée par un projet ne sera pas électrifiée prochainement. Par ailleurs, les agences ont accès à certains

²⁸ "Sustainable Energy For All"(L'énergie durable pour tous), initiative lancée par le secrétaire général des Nations Unies en septembre 2012

²⁹ L'énergie dans le cadre de développement post-2015, CAFOD, IIED, p.5



financements qui peuvent être mobilisés dans le cadre de partenariat avec des ONG. Les retours d'expérience sont très critiques à l'égard de ces acteurs. Leur fiabilité, jugée aléatoire, ne fait pas d'eux des interlocuteurs privilégiés. Néanmoins ils sont considérés comme des incontournables.

Les institutions en charge des politiques de santé, d'éducation, de tout secteur concerné, font aussi partie des incontournables.

De l'avis de tous, une bonne appréhension des données de contexte est un exercice complexe et le rôle que peut jouer un partenaire local robuste apparaît ici évident. S'appuyer sur des personnes ressources peut aussi être une bonne solution : anthropologues et autres ethnologues spécialistes de la zone, mais aussi de simples citoyens ou résidents qui peuvent s'avérer d'excellents relais.



Quelques réflexions recueillies au sujet des centres de santé

"Avant d'électrifier un dispensaire pour les soins nocturnes, il est important de vérifier la présence d'un infirmier pendant les heures de nuit" C.D.

"Les programmes d'appui à la santé sont plus nombreux que ceux concernant l'éducation. C'est un atout pour les projets d'électrification qui peuvent alors envisager plus sereinement les possibilités d'entretiens et de renouvellement".

"De nombreux centres de santé sont équipés de réfrigérateurs à gaz, et cette solution semble être bien appréciée. Les campagnes de vaccination étant ponctuelles, en cas de besoin il est possible d'acheter une bouteille de gaz".

3.7 UNE RELATION PERENNE POUR UNE ENERGIE PERENNE : SAVOIR PRENDRE SON TEMPS

"Le one shot c'est la catastrophe !" Voilà une certitude largement partagée par nos interlocuteurs et les différents travaux sur le sujet insistent aussi sur cet aspect. Et pourtant, la plupart des acteurs de l'aide ne souhaitent pas s'installer durablement dans les zones où ils interviennent. Trouver l'équilibre juste sur un curseur allant de l'aide ponctuelle à l'assistantat, voir au néo colonialisme, est un exercice compliqué. La pérennité d'un projet d'accès à l'énergie nécessite un important travail en amont si l'on veut réduire la durée d'intervention du partenaire occidental : identification des partenaires, choix techniques, formation, etc. sont destinés à préparer le désengagement du partenaire occidental. Néanmoins, comme le souligne le directeur de la Fondation Energie pour le Monde, qui pourtant se défend de toute posture d'assistantat : "une énergie pérenne, c'est une relation pérenne".



EDF - Mission Accès à l'énergie - Evaluations, partage d'expérience et R&D

Depuis 2001, EDF intervient pour l'électrification des zones rurales dans les pays en développement. Le modèle d'intervention, développé en partenariat avec l'ADEME, est celui des Sociétés de Services Décentralisées (SSD), des sociétés de droit local créées pour proposer des services énergétiques aux populations les plus pauvres. Ces sociétés sont toujours créées en partenariat avec des partenaires locaux. D'autres acteurs énergétiques peuvent aussi intervenir dans le capital, c'est notamment le cas de Total au Maroc, en Afrique du Sud et au Mali. Les projets débutent toujours par la réalisation d'une étude socio-économique pour comprendre, évaluer les besoins et pour déterminer la capacité à payer des populations. Plusieurs services sont alors proposés pour ajuster l'offre aux besoins et aux capacités de chacun. L'investissement initial est subventionné mais l'exploitation, la maintenance, l'amortissement et le renouvellement des matériels sont financés par la redevance.

Le rôle voulu par EDF est *"un rôle d'innovation, d'entraînement et de développement"*. L'entreprise ne souhaite pas s'immiscer à long terme dans les projets d'électrification ainsi impulsés. Néanmoins, *"sachant que les cycles sont longs dans le secteur de l'énergie, l'engagement d'EDF dans l'accès à l'énergie se fait dans une perspective de long terme et avec une continuité dans l'action"*¹. Le chef de la mission Accès à l'énergie insiste sur l'importance de la capitalisation, du développement des compétences et des partages d'expérience. Des études d'impact sont réalisées périodiquement et alimentent les séminaires de partage d'expérience auxquels sont conviés toutes les SSD.

Par ailleurs, la Direction Recherche et Développement d'EDF est impliquée dans le programme pour aider à proposer des solutions techniques voire innovantes et des produits mieux adaptés aux contextes locaux.

Dans l'ensemble, les porteurs de projets considèrent qu'il est préférable de s'engager durablement sur une même zone géographique et avec des partenaires fidèles plutôt que de multiplier les interventions. *"On évite de se disperser"*. Ceci est d'autant plus vrai que les projets et les associations sont de taille modeste. Et cela se confirme encore davantage lorsque l'on souhaite s'investir auprès des populations les plus pauvres, les oubliés des zones très enclavées où se cumulent l'extrême pauvreté, l'absence de moyens de communication et d'infrastructures, le manque de matériel et de compétences. On trouve de nombreuses petites associations qui mènent ainsi des actions dans des villages amis depuis plus de dix ans voire plus de trente ans.

Sur la question du suivi, la posture des bailleurs est très critiquée. En effet, les projets doivent s'effectuer sur les délais courts n'excédant pas trois ans, et le financement du suivi semble difficile à faire valoir.



Le modèle développé par Electriciens sans frontières

Electriciens sans frontières est une association organisée en quatorze délégations régionales en France, chacune menant ses propres actions avec ses propres partenaires, mais selon un référentiel commun. L'association a, au cours des dix dernières années, mené un vaste programme d'évaluation de ses actions¹ en Afrique, en Asie et en Haïti. C'est suite à l'évaluation globale des projets menés au Burkina Faso que l'association a mis en place sa stratégie de suivi :

- Transformer le risque d'éparpillement en mode de coordination : désormais chaque équipe projet Electriciens sans frontières en mission dans un pays a la charge de se rendre sur les autres sites d'intervention de l'association les plus accessibles. Sur place, cela permet de recueillir de l'information, de vérifier l'état des installations, de déceler d'éventuelles défaillances, de faire les démarches nécessaires pour résoudre certains problèmes, de faire certaines réparations, etc.

- Multiplier les missions d'évaluations aujourd'hui conçues comme des "évaluations-suivi" pour organiser des retours d'informations et d'expériences réguliers, veiller au bon fonctionnement des installations et faire les gestes nécessaires le cas échéant.



Le temps du comportement

"Le temps de la formation est un temps long mais travailler sur les comportements exige de prendre un temps encore plus long". Ils sont trois à avoir insisté sur ce point. Une réflexion marginale qui néanmoins mérite selon nous que l'on s'y arrête. La question du temps nécessaire à l'adoption de nouveaux comportements – et c'est le cas lorsqu'on introduit une source d'énergie nouvelle - n'a rien à voir avec la situation géographique ou avec une quelconque considération interculturelle. Le travail mené par l'ADEME aujourd'hui en France dans le cadre de la transition énergétique en est une bonne illustration. En effet, si l'installation des nouveaux compteurs intelligents est une réponse technique au besoin d'information des consommateurs, force est de constater que la seule information et le seul accompagnement technique ne suffisent pas. Une étude sur l'impact des campagnes d'information conclue ainsi : *"La réussite de ces campagnes repose alors sur trois leviers d'action interdépendants : cognitif, à travers la transmission de savoirs techniques autour de l'énergie et la mise en forme des données de consommation ; matériel, avec la mise à disposition de kits d'objets économes et d'instruments de mesure ; et enfin social, en jouant sur l'accompagnement par les professionnels voire par le biais de dynamiques participatives."*³⁰ Ce travail permet de mettre en évidence le rôle majeur de l'accompagnement social. Le projet *"Familles à énergie positive"* en témoigne : *"Le sentiment d'appartenance à un groupe semble être une motivation à agir plus forte que le devenir de la planète ou les aspects budgétaires."*³¹

3.8 LA QUALITE DU MATERIEL

Un matériel de mauvaise qualité met en péril la viabilité des installations. Cette affirmation triviale mérite néanmoins d'être évoquée tant cette question déchaîne les passions !

La vulgarisation des technologies solaires s'est traduite par l'arrivée massive sur le marché de produits très bas de gamme, distribués dans les petits commerces de proximité (en Asie comme en Afrique). Pour des consommateurs non avertis il est extrêmement difficile de faire la distinction.

"Je reviens du Burkina Faso où j'ai fait le tour des revendeurs de matériel solaire. On trouve de faux panneaux "made in France", dont les marques n'existent même pas! Les puissances annoncées ne sont pas les bonnes, les batteries ont visiblement été transportées dans de mauvaises conditions. Il faut impérativement informer les gens!" G.M

Néanmoins, et cela est confirmé par plusieurs porteurs de projets, on trouve dans la plupart des pays du matériel de très bonne qualité. Le directeur de Projet Production Solaire, société burkinabé, est catégorique *" on ne peut pas dire qu'il n'y a pas de produits de qualité aujourd'hui en Afrique de l'Ouest! Je me fournis essentiellement en Europe, les équipements que j'installe sont d'une qualité comparable à ceux qui sont importés par les organisations de solidarité!" E.K*

Pour conclure nous dirons que les problèmes liés au matériel sont d'une part liés au manque de connaissance et d'informations nécessaires permettant au consommateur - et plus particulièrement au petit consommateur final - de faire la distinction entre le matériel de qualité et le matériel bas de gamme. D'autre part, il y a un problème d'accès à ce matériel pour les populations vivant dans les zones isolées. Enfin, le plus souvent, les ménages n'ont pas les moyens financiers d'acheter le matériel de bonne qualité plus cher que les produits bas de gamme.

³⁰ ADEME et Vous, Stratégie et études, n°39, février 2014

³¹ Ibid.



3.9 LA PROTECTION CONTRE LES VOLS

Ce sont les bénéficiaires qui évoquent plus particulièrement cette nécessité. Les panneaux solaires sont des produits recherchés qui se revendent très bien via des filières organisées qui se sont développées avec la multiplication des installations solaires.

Plusieurs parades peuvent être prévues : fixations antivol, fils barbelés, gardiens... les solutions varient selon les pays et les régions. Le problème des vols est particulièrement important dans les camps de réfugiés où règne une grande insécurité. Dans ce cas, en matière d'éclairage domestique il vaudra mieux privilégier les systèmes portables. Un chef de projet relate l'expérience qu'il a connue en Haïti où les gens démontraient tous les soirs les panneaux qui avaient été installés sur le toit de peur de se les faire voler. Les systèmes qui n'étaient pas nomades ont beaucoup soufferts de ces manipulations répétées.

3.10 LA TAILLE DU PROJET

Si l'effet taille est évoqué par certains acteurs ce n'est jamais en faveur des microprojets mais plutôt pour insister sur les effets d'échelle nécessaires à la pérennisation des actions. La création d'activités économiques est, en effet, très dépendante de la taille du marché. Un projet de grande ampleur permet, par exemple, de mutualiser les services. Prenons l'exemple d'un microprojet ayant permis de former un villageois à l'entretien et à la maintenance des installations. Si l'activité se limite aux installations mises en place dans le seul village, il est peu probable que cette personne en tire un revenu satisfaisant, et elle risque, faute de les utiliser, de perdre ses compétences. Mutualiser le service en s'adressant à un ensemble de villages peut être une solution, néanmoins, il faudra s'assurer des moyens de locomotions et du paiement effectif des services rendus.

Par ailleurs, prévoir la mise en œuvre d'activités génératrices de revenu pour assurer pérennité et développement nécessite de revoir à la hausse la taille d'un projet et par conséquent son budget. Quand deux cent Watts crête suffisent pour alimenter un centre de santé, il faut en prévoir mille pour pouvoir faire fonctionner quelques petits appareils.

L'évaluation d'impact menée par ENEA Consulting pour EDF Accès à l'énergie le confirme, lorsqu'on se contente d'installer des kits solaires individuels de puissance limitée on ne crée pas la même dynamique de développement qu'avec des micro-réseaux décentralisés qui permettent une grande variété d'activités génératrices de revenus³² au fort impact sur le développement économique local.



Exemples d'initiatives de grande ampleur en matière d'éclairage

Schneider Electric : Dans le cadre de son projet *Bip Bop* (Business Innovation and People at the Base of the Pyramid), Schneider Electric a développé des produits et des solutions adaptés. Notamment la solution d'éclairage IN-DIYA qui existe en différents modèles et dont le prix varie entre 10 et 70 euros selon le nombre de LED. Le prix inclus le panneau solaire. Elle dispose aussi d'une prise pour recharger les téléphones portables. Son alimentation électrique est assurée par une batterie rechargeable. Le modèle haut de gamme peut aussi se raccorder au réseau.

Total : commercialise la gamme de produits *Awango by Total* destiné à apporter des solutions aux besoins d'éclairage et de recharge de téléphones portables dans les pays en développement.

Le programme Lighting Africa : mis en œuvre en 2007 par la Banque Mondiale et la SFI pour faciliter l'accès à des solutions d'éclairage propres, efficaces et bon marché. Le programme certifie les produits répondant aux critères de coût et de qualité définis par l'institution.

L'Association proposera, après échanges avec les autorités locales et l'agence d'électrification, la mise en place d'un système de location de kits solaires.

Afrique" ENEA



3.11 LE DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS

Pour certains, essentiellement des personnes ayant des profils très techniques, la clé de la réussite d'un projet réside dans son juste dimensionnement technique.

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque dépend de deux facteurs : le taux d'ensoleillement d'une part, et le niveau de consommation d'autre part.

Un bon dimensionnement induit donc forcément une bonne analyse des conditions météorologiques locales, et une bonne analyse des usages et des équipements. On rejoint là l'importance évoquée de l'écoute des acteurs, de l'analyse des besoins exprimés et du contexte. Mais, il faut en outre être en mesure de traduire cela techniquement. L'exercice n'est pas simple, il faut avoir une estimation la plus précise possible des équipements qui seront utilisés et des usages qui en seront fait pour en déduire la puissance installée de panneaux solaires, dimensionner les batteries en conséquence et définir le processus de régulation. Il est par ailleurs important de prévoir autant que faire se peut les évolutions futures sans pour autant sur dimensionner l'installation. De l'avis même des spécialistes, faire un bon dimensionnement n'est pas chose aisée et nécessite de réelles compétences. Pourtant, plusieurs personnes interrogées relatent des exemples de dimensionnements qui témoignent d'un véritable amateurisme, définis par les seules informations recueillies sur internet.

3.12 LA MEILLEURE ENERGIE EST CELLE QUE L'ON NE CONSOMME PAS : QUID DE L'EFFICACITE ENERGETIQUE?

Peu de personnes ont évoqué la sobriété énergétique des équipements, ce sont exclusivement des spécialistes de l'accès à l'énergie. Pourtant cet aspect ne saurait être négligé. Installer du matériel de haute performance énergétique est la meilleure solution pour répondre efficacement à un besoin tout en limitant les coûts d'investissement et d'exploitation. On dispose aujourd'hui de matériel très performant : des réfrigérateurs et des congélateurs basse consommation, des téléviseurs au très faible appel de charge, des lampes scialytiques à LED, etc. Les progrès réalisés ces dernières années sont énormes. Le Directeur de la société Projet Production Solaire, expert en économie d'énergie, sensibilise systématiquement ses clients à l'efficacité énergétique. Mais selon lui, un problème majeur demeure dans les pays en développement et dans de nombreux projets de solidarité : le matériel d'occasion, le **matériel "Au revoir la France"** comme on l'appelle en Afrique. Ainsi, certains projets sont construits à partir de ces dons, véritables cadeaux empoisonnés pour les bénéficiaires. Ces équipements au rendement médiocre, sont énergivores et impliquent de sur dimensionner les installations.

Certaines organisations mènent une véritable "chasse" à ces produits d'occasion. Des études comparatives assez simples peuvent être un bon moyen pour expliquer les inconvénients de ces dons aux partenaires et bénéficiaires. Un responsable chez Electriciens sans frontières cite un projet pour lequel l'association était sollicitée et qui prévoyait d'électrifier un bâtiment pour l'équiper avec du matériel informatique donné. Après étude il s'avère qu'alimenter un ordinateur à écran cathodique de récupération nécessite une installation cinq fois supérieure à celle qui serait nécessaire pour faire fonctionner un ordinateur portable dernière génération. Ainsi, pour un même investissement, on pourrait faire tourner cinq ordinateurs neufs au lieu d'un seul ordinateur de récupération. Grâce aux économies réalisées sur le système de production d'électricité, il est au final plus économique d'acquérir un nouvel ordinateur que de vouloir utiliser du matériel récupéré et énergivore.

Cette réflexion collective sur les exigences à respecter nous amène à la conclusion suivante : Si les aspects techniques ne sont pas à négliger dans la recherche de viabilité d'un projet d'électrification



solaire on s'aperçoit néanmoins qu'ils ne sont pas prépondérants, en effet, ce sont plutôt des aspects organisationnels et économiques qui sont mis en évidence. Par ailleurs, les problèmes évoqués concernent tout autant les autres solutions renouvelables, le solaire apparaissant même moins fragile et complexe que les alternatives hydrauliques, éoliennes ou autres. "***Le problème ce n'est pas la technique***" nous disent de nombreux acteurs. Les choses étant ainsi posées, comment concevoir un projet d'accès à l'énergie pour garantir un impact certain et durable?



4 QUESTIONS DE METHODE

Les échecs sont nombreux. Ils sont à la mesure des exigences requises. Dès lors, se pose la question de la méthode à suivre. En la matière tout dogmatisme est à proscrire et la recherche de solutions duplicables ne nous apparaît pas être la posture adéquate. Le pragmatisme nous semble préférable en toute circonstance. Une posture qui privilégie l'observation des faits et l'adaptation au contexte dans une recherche constante d'efficacité.

4.1 L'IDENTIFICATION CONCEPTION

Le gaspillage que représentent les échecs de projets doit nous conduire à une réflexion sur l'évaluation *ex ante* des projets³³ et des risques d'erreur c'est-à-dire le risque de faire une mauvaise interprétation de la réalité. Trop souvent, les risques d'échecs sont négligés et on se borne à des réflexions sur les possibilités de financement et la capacité à exécuter des opérations. Les identifications conceptions ont un coût. Elles nécessitent : du temps, des compétences, de l'argent. Mais ce coût mérite d'être mis en perspective avec le coût des échecs. Pourtant, les bailleurs de fonds semblent insensibles à cette approche et les études préalables sont quasiment toujours exclues des dépenses éligibles.

Dès lors, il est essentiel de pouvoir optimiser et rationaliser cette étape clé dans la construction d'un projet.

Dans le cadre de micro projets d'électrification, une identification conception devra permettre d'identifier les points suivants :

- Les caractéristiques du groupe cible;
- la situation du secteur concerné. Dans le cas d'un projet d'électrification plusieurs secteurs seront généralement concernés : celui de l'énergie et celui au service duquel l'apport d'énergie est destiné (santé, éducation, agriculture, etc.);
- les caractéristiques de l'environnement;
- les objectifs et les caractéristiques du projet. Sa capacité à évoluer. De ce point de vue l'expérience nous montre qu'il est préférable de valoriser une direction, un processus plutôt qu'un point d'arrivée, un état qui serait une projection de l'avenir. Partir de la situation de départ, ce que l'on connaît plutôt que de l'endroit où l'on souhaite se rendre. Cela présente un double avantage : tout d'abord, les évaluations auront une plus grande probabilité d'être positives. Même si on n'a pas construit les 150 pompes prévues il y a quand même des chances d'avoir amélioré la qualité de l'eau pour de nombreux villageois). Ensuite, dans un contexte de grande précarité, il est toujours préférable de parler du présent et d'évoquer l'avenir en termes de désirs plutôt que de projets et d'objectifs³⁴.
- Les moyens nécessaires.

Comme le souligne Michel Garrabé, "on pourrait remplir des ouvrages entiers avec les recommandations parfaitement établies que tous les analystes ont pu produire sur tous les secteurs. Mais cela n'a eut que peu d'effet pour une raison au moins : les contraintes de temps et de coûts".³⁵ En matière de projets d'électrification, on pourra néanmoins consulter les brochures réalisées par la

³³ Voir sur le sujet l'article de M. Garrabé, "Méthodes d'évaluation de la pertinence d'un projet", Revue Tiers-Monde, volume 33, Paris, 1992.

³⁴ Sur le sujet, voir les travaux de Clair Michalon. Notamment : "Différences culturelles mode d'emploi", 2011, Editions Sépia, St Maur des Fossés.

³⁵ M. Garrabé, *Op. Cit.*; p.224



Fondation Energies pour le Monde qui sont d'une grande qualité pédagogique³⁶.

Michel Garrabé propose une méthode intéressante qui consiste à partir des causes d'échec récurrentes pour élaborer des "check-lists" déclinées ensuite comme des indicateurs à évaluer par les personnes en charge de l'identification pour tenter de s'assurer que les problèmes ne devraient pas se poser.

4.1.1 LA VERTU PEDAGOGIQUE DE L'ECHEC

Partir des échecs nous semble être une approche pertinente. Un projet ne peut être bien construit selon nous s'il se concentre exclusivement sur un objectif plus ou moins lointain visant la recherche d'impacts.

Prenons un exemple :

En 2011, l'association Electriciens sans frontières commande une évaluation externe de son projet Lumière par l'école au Sénégal. Parmi les recommandations il en est une qui nous interpelle : *"Il ressort de l'évaluation que les électrifications des logements d'enseignant/infirmiers n'ont qu'un impact limité sur la sédentarisation de ces derniers. L'objectif général d'amélioration des conditions de vie (et de travail) est rempli mais ces systèmes devaient également (objectif spécifique) augmenter la sédentarisation des enseignants. La recommandation correspondante est donc de ne plus électrifier les logements."*³⁷

Focalisé sur l'analyse d'impact, l'expert oublie un point important. Electrifier les logements des personnels soignants et enseignants, la pratique le montre, c'est aussi et surtout un moyen d'éviter que ces derniers ne « bricolent » ou détournent les installations du centre de santé ou de l'école pour leur usage propre. C'est un moyen de protéger et de faire perdurer les systèmes installés.

4.1.2 CONSTRUIRE UNE GRILLE D'IDENTIFICATION A PARTIR DES PROBLEMES RECURRENTS

Nous nous sommes livrés à l'exercice dans le cadre du sujet qui nous concerne ici : l'électrification d'infrastructures collectives dans des microprojets de solidarité internationale. La grille proposée est générique, les indicateurs seront à sélectionner en fonction de la nature du projet et du contexte.

Tableau 1 : Grille de diagnostic pour un microprojet potentiel d'électrification

Problèmes récurrents	Exemples d'indicateurs à identifier pour éviter aux problèmes de se produire
Manque de compétences locales	<ul style="list-style-type: none">- Le partenaire local dispose des compétences avérées- Des entreprises fiables et accessibles- Une organisation voisine dispose des compétences- Un centre de formation professionnelle à proximité- Certaines personnes disposent des prérequis nécessaires pour une formation
Absence de moyens financiers	<ul style="list-style-type: none">- La dépense en énergie des familles (bougies, pétrole lampant, batteries) est estimée- La dépense en énergie de l'infrastructure concernée est estimée- Coût de la maintenance calculé et communiqué aux intéressés- Recherche de matériel basse consommation- Comparaison du coût selon les différentes alternatives (gaz, pétrole, solaire, hydraulique si la ressource est présente, éolienne si la ressource est présente, système hybride)- Possibilité de développer des activités génératrices de revenus

³⁶ Voir notamment : "l'électrification grâce aux énergies renouvelables. De réels impacts pour les populations", "Vous êtes élu-e d'une commune rurale d'un pays du Sud", ou encore "Exploitant en électrification rurale, un métier d'avenir", accessibles sur le site internet de la fondation : <http://www.energies-renouvelables.org/accueil-fondation.asp>

³⁷ ENEA, Evaluation du projet ESF, Lumière par l'école, février 2011, Paris, p.31



	<ul style="list-style-type: none"> - D'autres programmes existent dans la région qui ont des moyens pour soutenir ce type de projets - La diaspora est active et envoie de l'argent
Pas de modèle économique	<ul style="list-style-type: none"> - Existence d'un comité de gestion ou d'une coopérative robuste et expérimenté - Un acteur privé sérieux et fiable - Une collectivité locale dynamique - Des solutions ont été inventées pour d'autres projets et qui fonctionnent - La capacité à payer des utilisateurs est définie - Des possibilités de développer des activités génératrices de revenus
Mauvaise qualité du matériel	<ul style="list-style-type: none"> - Des fournisseurs de qualité sont identifiés à proximité - Un cahier des charges définit les exigences de qualité - Une liste des références techniques est confiée au responsable - Les utilisateurs sont sensibilisés à la qualité - Un stock de pièces de rechange et d'outillage est constitué (ampoules, petit outillage) - Un dispositif d'alerte est prévu pour prévenir en cas de panne ou de besoin de remplacement
Des vols de matériel	<ul style="list-style-type: none"> - Un mode de fixation antivol est prévu - Un gardien fait des rondes pendant la nuit - Un petit éclairage de nuit éloigne les voleurs - Des verrous sont fixés sur les bâtiments et les responsables sont sensibilisés à la nécessité de les fermer à clé.
Manque de maintenance	<ul style="list-style-type: none"> - Un responsable fiable est désigné - Un contrat de maintenance est signé - Les responsables sont formés - Une caisse permet de financer les besoins de maintenance - Le partenaire a une compétence avérée - Le matériel installé nécessite une maintenance légère - Les responsables disposent des compétences et des outils nécessaires - Une fiche est réalisée sur laquelle figure la liste des contacts utiles : noms et numéros de téléphone - Les notices et manuels d'entretien sont distribués aux intéressés - Les femmes sont mobilisées - Le personnel est motivé (instituteur, personnel soignant, etc.) - Les réponses techniques apportées répondent très exactement aux attentes exprimées
Mauvais dimensionnement	<ul style="list-style-type: none"> - L'équipe projet se fait appuyer par des spécialistes aux compétences éprouvées (entreprise, association, consultant) - Une analyse rigoureuse des demandes et des besoins est menée (les évolutions potentielles prévues) - Les besoins émanent d'un partenaire local fiable ayant une très bonne connaissance du contexte et des populations - La population est sensibilisée aux contraintes d'usages et de coût - Les choix techniques sont le résultat d'une analyse comparative - Le matériel installé est performant, économe en énergie
Détournement d'usages/ pas d'appropriation	<ul style="list-style-type: none"> - Les installations sont protégées - Les responsables sont reconnus - Les parties prenantes sont toutes entendues - Les utilisateurs sont sensibilisés aux bons usages - L'analyse des besoins et l'écoute des populations sont rigoureuses. - L'équipe bénéficie de l'appui d'un(e) spécialiste ayant une connaissance et une expérience fines des populations locales - Un partenaire local robuste est porteur du projet
Absence d'impact	<ul style="list-style-type: none"> - Les installations sont prévues pour développer une activité génératrice de revenus - Les solutions techniques sont conçues pour répondre de manière optimale aux besoins réels dans les secteurs concernés - L'apport d'énergie est une composante d'un projet plus global de soutien à un secteur : santé, éducation, agriculture, culture, etc.
Absence de suivi	<ul style="list-style-type: none"> - Le partenaire local est fiable, il a fait ses preuves - Un budget est prévu pour le suivi - Des relais locaux peuvent être sollicités - Des visites sur site sont prévues à échéance régulière - Le suivi du matériel peut être fait à distance grâce à un équipement adapté - Les installations ont été remises à un exploitant confirmé



Cette grille peut fournir une base de travail sur laquelle s'appuyer pour concevoir des projets d'accès à l'énergie. Elle devra dans tous les cas être adaptée aux conditions particulières propres à chaque projet mais peut selon nous offrir un support méthodologique utile. Bien évidemment, certains risques ne pourront être identifiés ou éliminés. Comment se prémunir d'une bande de brigands armés volant les installations solaires d'un village burkinabé, comment anticiper que les forces d'Ansar Dine prendraient Konna au Mali, comment réagir lorsqu'un village du Nicaragua se retrouve au carrefour d'un trafic de drogue colombien?

Une identification robuste peut nécessiter la mobilisation de compétences qui ne sont pas disponibles dans l'équipe en charge du projet (compétences techniques, sociologiques, anthropologiques, etc.), il peut alors être utile de solliciter d'autres organisations ou des personnes relais³⁸.

D'aucuns pourraient être déçus de n'y point trouver de solutions techniques et organisationnelles standardisées. Mais la duplication de solutions et de modèles est la meilleure garantie d'échec, n'en déplaise aux bailleurs de fonds en quête de modèles universels. La seule règle qui vaille est que chaque solution doit être inventée au cas par cas. Les méthodes selon lesquelles ces solutions peuvent être élaborées pour garantir une probabilité de succès intéressante, méritent quant à elles d'être mieux partagées et valorisées.

4.2 ET LES BONNES PRATIQUES?

Bien évidemment, s'informer sur les bonnes pratiques est aussi une source de réflexion, nous renvoyons en la matière aux travaux remarquables qui ont déjà été réalisés et plus particulièrement :

1. Le programme PROVEN³⁹ mené en partenariat par la Fondation Energies pour le Monde et la Free Energy Foundation. Les trois volets de PROVEN :
 - L'échange d'informations sur des opérations d'électrification rurale décentralisée par énergies renouvelables qui ont démontré leur pertinence et viabilité, ainsi que des bonnes pratiques à suivre.
 - La réalisation et la diffusion d'outils de formation pour les différents acteurs de l'accès aux services de l'électricité en milieu rural : techniciens, distributeurs, maîtres d'ouvrage, investisseurs et bailleurs de fonds ;
 - La formation et l'échange d'informations ciblées : "savoir comment", "savoir quoi", "savoir quand", "savoir si", entre les acteurs, décideurs politiques et partenaires influençant le processus d'électrification rurale.
2. Le projet *Africa Express*, un tour d'Afrique de projets d'énergies renouvelables, mené en 2012 dans le cadre de "l'Année internationale de l'énergie durable pour tous" avec le soutien de la Fondation Schneider Electric et d'EDF. Vingt cinq projets sont ainsi interrogés pour mettre en exergue les bonnes pratiques en matières d'accès à l'énergie via différents solutions renouvelables. Le projet a donné lieu à un livre blanc et un web documentaire⁴⁰.

4.3 QUELQUES RECOMMANDATIONS A L'ENCONTRE DE CERTAINES EVIDENCES

Longtemps, l'accès à l'énergie semble avoir été négligé dans les grands programmes de développement, mais depuis 2012 et le lancement du SE4All par Ban Ki-Moon, le secrétaire général des Nations Unies, l'énergie est devenue un sujet de préoccupation majeur, reconnue pour être un

³⁸ Sur les aspects techniques les porteurs de microprojets non spécialistes peuvent bénéficier de l'appui de nombreuses organisations parmi celles que nous avons évoquées. Notamment l'association Solaire Sans Frontières, créée récemment par une équipe d'experts et pionniers du solaire en France. Leur seul objet : conseiller les acteurs de la solidarité en matière d'énergie solaire : dimensionnement, choix du matériel, identification des entreprises et fournisseurs locaux, etc.

³⁹ Sur le sujet, voir la brochure : "Les bonnes pratiques qui montrent la voie : Electrification par énergies renouvelables en Afrique sub-saharienne", Bulletin du réseau Scarabée, n°19-20, novembre 2007. Fondation Energies pour le Monde.

⁴⁰ <http://www.africaexpress.org/>



facteur clé dans l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement. Toutefois, l'accès à l'énergie ne saurait à lui seul garantir la réalisation des objectifs de développement, par ailleurs, il peut être pertinent dans certains cas d'étudier d'autres solutions que le seul apport d'énergie électrique.

4.3.1 L'ACCES A L'ENERGIE NE GARANTIT PAS LE DEVELOPPEMENT

Les approches sectorielles de programmation de l'offre ne sont pas suffisantes pour stimuler le développement. Seules les approches multidimensionnelles produisent des effets notables. Par exemple, en créant des synergies entre électrification, irrigation et télécommunications. Les programmes qui consistent à électrifier le plus grand nombre de villages ou de personnes ne créent pas les leviers attendus. *"L'électrification rurale n'est efficace que lorsqu'elle est accompagnée par des mesures permettant d'améliorer l'accès et l'utilisation de l'électricité, en vue d'impulser le développement économique et social local. L'usage productif de l'électricité, qui permet de maximiser ses effets, requiert des actions susceptibles d'améliorer l'utilisation et la connaissance des avantages des équipements électriques, et de doter les petites entreprises des moyens financiers pour s'équiper en outils électriques."*⁴¹ Tel est le résultat de l'évaluation menée sur dix-sept centres ruraux de développement commanditée par la Banque Africaine de Développement en 2010. Si l'électrification améliore assez spontanément les conditions de vie, en revanche cela est plus complexe en termes de développement. Car dans les endroits où l'électricité n'arrive pas, les équipements électriques sont aussi méconnus. De ce point de vue, le secteur associatif est plutôt reconnu comme pertinent car la plupart des associations utilisent l'énergie comme un moyen d'atteindre des objectifs particuliers. Une nuance doit être cependant apportée si l'on considère les associations dont l'objet consiste à apporter des solutions énergétiques. Elles peuvent, en effet, avoir pour faiblesse d'être par trop soumises aux compétences qu'elles mettent en œuvre et d'oublier que l'énergie n'est qu'un moyen au service de la satisfaction d'un besoin.

4.3.2 L'ELECTRIFICATION N'EST PAS TOUJOURS LA SOLUTION.

"La meilleure énergie, c'est celle que l'on ne consomme pas"⁴².

On considère en général que le point de départ de tout projet de solidarité est un besoin à satisfaire. Les projets mettent en relation d'une part ceux qui vivent une difficulté, et d'autre part, ceux qui ignorent cette difficulté. Dès lors, un déséquilibre se crée dans la relation. Celui qui ignore le problème est –paradoxalement– celui qui va apporter la solution !

Pour la plupart des occidentaux, la résolution de bons nombres de problèmes passent ainsi par l'usage de l'électricité. Ainsi, par exemple, "j'ai un problème parce que mes légumes pourrissent trop vite et je n'ai pas le temps de les vendre au marché" deviendra "elle a besoin d'électricité pour pouvoir faire fonctionner un réfrigérateur" (réfrigérateur qu'il faudra par ailleurs acheter car elle n'en a pas).

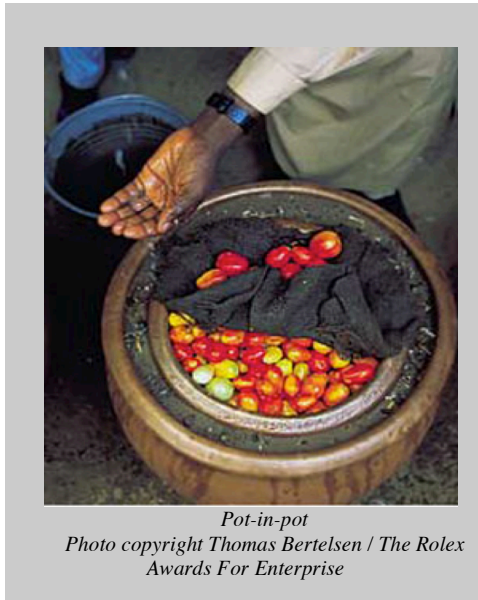
Pourtant, si l'on accepte de se défaire de la posture du "sachant" pour examiner le problème à travers une posture d'écoute et d'analyse des solutions en fonction des données de l'environnement, on peut faire émerger des solutions tout à fait pertinentes qui ne requièrent pas l'utilisation d'électricité. C'est une posture qui nécessite de s'interroger en tout premier lieu sur les ressources et les savoir-faire locaux.

Quelques exemples de solutions sans apport d'électricité :

➤ Le Pot-in-pot

⁴¹ Bénin : *Projet d'électrification de 17 centres ruraux, Rapport d'évaluation de performance de projet (REPP)*, Département de l'évaluation des opérations, Groupe de la Banque africaine de développement, 2010, p.25

⁴² Tel est le slogan des partisans et défenseurs des politiques d'efficacité énergétique.



Pot-in-pot
Photo copyright Thomas Bertelsen / The Rolex Awards For Enterprise

Mohammed Bah Abba⁴³ est un professeur Nigérian qui a reçu en 2000 le prix Rolex Awards for Enterprise pour avoir inventé un système de refroidissement simple permettant de conserver de la nourriture. Le système est simple : un pot en argile est placé dans un autre pot en argile plus grand. Les deux sont séparés par une couche de sable qui doit rester humide en permanence. Le phénomène d'évaporation fait que le pot intérieur reste plus frais que le pot extérieur. On peut conserver ainsi des légumes entre trois semaines et un mois (aubergines, tomates, gombos). On peut également utiliser les poteries pour conserver de l'eau fraîche. Monsieur Bah Abba propose des formations dans toute l'Afrique. Cette technique permet aux agriculteurs de ne pas avoir à vendre leur production immédiatement et de réduire les maladies causées par la nourriture avariée. Elle suscite une augmentation de revenu. Les femmes sont considérées comme les

grandes bénéficiaires de cette invention. En effet, elles peuvent vendre ainsi les fruits et légumes de chez elles et se procurer un revenu, tandis que les filles qui étaient envoyées vendre ces denrées alimentaires au marché tous les jours, peuvent à présent se concentrer sur l'école. Par ailleurs, ce produit offre une opportunité pour les fabricants de poteries.

➤ L'Egypte et l'auto aération des bâtiments

Depuis plusieurs années des projets voient le jour en Egypte pour valoriser des constructions économes en énergie. Il s'agit par exemple de privilégier les toits en arc aux toitures plates pour réaliser une économie en chaleur de l'ordre de 20%. Les toits en arc permettent en effet à l'air chaud de s'élever, laissant l'air plus froid au niveau du sol. D'autre part, des ouvertures en hauteur fournissent une "climatisation naturelle" par ventilation croisée. De plus, des lucarnes au niveau des voûtes et des dômes fournissent 4 à 5 fois plus de lumière que les fenêtres placées plus bas sur les murs verticaux. Moins de surface consacrée aux fenêtres est également nécessaire si l'on veut réduire les volumes à chauffer ou à refroidir.

Des techniques architecturales adaptées permettent d'obtenir une ventilation naturelle et évitent de recourir à des climatiseurs.

➤ Les techniques de pompage sans moteur

Il est souvent question motopompes et de pompage solaire dans les projets liés à l'eau, qu'il s'agisse de couvrir des besoins d'irrigation ou des besoins en eau potable. Il existe néanmoins des techniques sans apport d'énergie, et qui ont fait leurs preuves. La pompe à cordes et le béliet hydraulique peuvent offrir des solutions tout à fait pertinentes.

- Le béliet hydraulique est une technique inventée en 1792 par Joseph de Montgolfier. Le coup de béliet intervient lors de l'interruption brutale d'un écoulement d'un liquide dans un circuit, par exemple lorsque l'on ferme un robinet d'eau. L'onde de choc peut être très violente. C'est ce principe qui est utilisé dans le pompage par béliet hydraulique. Installée près d'une source ou d'une chute d'eau, la machine utilise l'énergie cinétique de la chute d'eau - le système nécessite donc l'existence d'un dénivelé - L'arrêt brutal de la chute par un clapet provoque une surpression (coup de béliet) permettant de monter le liquide jusqu'à plusieurs dizaines de mètres sans énergie autre que celle apportée par le courant et une fois lancée, elle ne s'arrête plus.

⁴³ http://www.rolexawards.com/profiles/laureates/mohammed_bah_abba



Le résultat dépend des quantités et des vitesses. Le bélier hydraulique est une technique rudimentaire, robuste ne nécessitant quasiment aucun entretien. Elle est propre, autonome, et d'installation simple et peu coûteuse. Il semblerait que certaines ONG s'intéressent de plus en plus à cette technique. Le responsable de l'association PVDD interrogé dans le cadre de ce travail le confirme, *"il y a à Kabinda un bélier installé depuis 40 ans, il a besoin de quelques travaux, notamment pour remplacer la tuyauterie, mais c'est cette technique que nous allons utiliser pour alimenter en eau les 30000 personnes concernées. C'est un système génial! Le seul entretien à faire c'est la vidange."* F.F

Les contraintes? Une topographie adéquate pour avoir une pente suffisante. En outre le pompage est moins profond qu'avec une pompe solaire ce qui implique parfois une raréfaction de la ressource en période sèche et aussi un besoin de traitement de l'eau.

- La pompe à corde⁴⁴ : Il s'agit d'un type de pompe à eau les **plus simples à fabriquer et à entretenir**. Elle est utilisable de diverses façons : manuellement, avec un vélo, une éolienne, etc. *"La pompe à corde fonctionne avec une corde fermée en boucle circulant dans un tube dont l'extrémité immergée forme un coude. Sur la corde ont été fixés à espacement régulier des pistons de même diamètre que le tube. Lorsqu'on actionne une roue située en hauteur, la corde circule dans le tube et l'eau est « tirée » vers le haut grâce à la dépression créée par les pistons"*⁴⁵. Le principe est très ancien, les romains et diverses civilisations anciennes l'utilisaient. Il a été abandonné pour des techniques plus modernes mais il refait son apparition depuis la fin des années 80, d'abord au Nicaragua puis en Afrique et Asie. Les avantages résident dans sa simplicité d'installation et la possible réalisation avec des matériaux locaux, voire de récupération. On considère qu'elles peuvent fonctionner jusqu'à 40 mètres de profondeur, néanmoins, elles sont plutôt recommandées pour des profondeurs n'excédant pas 20 mètres. Elles sont généralement installées sur des puits traditionnels, mais peuvent également équiper des forages. Elles sont adaptées pour de petites communautés d'une dizaine de familles. L'OCADES (Organisation Catholique pour le Développement et la Charité) a recours régulièrement et fait la promotion de cette solution.

Economiques et sans conséquence négative sur l'environnement, les techniques traditionnelles et les savoir-faire locaux offrent des alternatives tout à fait pertinentes qui, de surcroît, assurent une plus grande autonomie aux bénéficiaires.

4.4 ETRE INNOVANT : ILLUSTRATION A TRAVERS QUELQUES EXEMPLES

Quand l'apport d'énergie électrique est indispensable, l'ingéniosité et la créativité, doublées d'une bonne connaissance du contexte local, peuvent donner lieu à des solutions originales et pertinentes.

4.4.1 LE BOEUF QUI TOURNE - RFI

En Afrique, la radio est un média qui tient une place privilégiée dans la vie des habitants. Les équipes de Rfi planète radio sont engagées depuis plusieurs années, pour sécuriser les installations et leur permettre d'émettre le plus longtemps possible malgré les contraintes énergétiques. La plupart des stations de radio sont équipés de groupes électrogènes, mais le prix du pétrole entrave sérieusement la capacité à émettre. En 2008, lors de l'installation d'une radio en Centrafrique, l'équipe prend conscience que la radio a peu de chance de perdurer une fois qu'elle sera partie faute de moyens pour le carburant. Mais la région est riche d'une ressource : les bœufs. L'idée est lancée, après quelques

⁴⁴ http://www.burkinabe.be/foto/24_touwpomp/24_touwpomp_fr.html

⁴⁵ Voir la fiche réalisée par le Groupe URD (Urgence Réhabilitation Développement), www.urd.org/IMG/pdf/URD_-_Fiche_Pompe_a_corde_Tchad.pdf



mois de recherches et d'essais, Le bœuf tourne à Bouar pour faire fonctionner le générateur. Aujourd'hui le générateur est installé au Congo pour la radio Munku à Mbankana, dans une région agricole où les animaux font partie du paysage⁴⁶.

La traction animale combinée à un système de dynamo permet dix heures d'émission journalière, en place d'une seule produite par un générateur électrique à essence ...

4.4.2 LA "BOITAWATTS", L'ENERGIE EN BOITE

La "BoitaWatts" est un container maritime de 20 pieds, généralement dernier voyage, reconditionné pour apporter des solutions d'accès à l'énergie adaptées aux zones rurales isolées qui en sont dépourvues. L'objectif est d'utiliser tout l'éventail des énergies renouvelables existant : soleil, vent, eau. Mais l'appui d'un groupe électrogène est aussi prévu. La "BoitaWatts" a été conçue pour être facilement transportable, contenir l'ensemble des éléments pré installés pour capter, produire et distribuer l'électricité, fournir une puissance minimum de 3Kw, assurer la sécurité des personnes, être de conception simple et économique. Cette innovation, hébergée dans un premier temps par l'association Electriciens sans frontières Pays de la Loire a été reprise par Energie Développement Loire Océan, avec un large appui d'EDF et de ses filiales ainsi que de Polytech. En 2009, le projet a été primé par EDF dans le cadre des Trophées du Développement Durable.

La première Boitawatts a été utilisée par Electriciens sans frontières Pays de la Loire pour un projet de cabinet dentaire à Madagascar. L'Association Energie Développement Loire Océan continue à installer ce produit sur des projets d'amélioration de soins à Madagascar et au Sénégal, notamment pour permettre aux populations isolées d'avoir accès à des soins dentaires et d'optique de qualité. Le container est équipé d'un fauteuil, d'une lampe scialytique, d'une desserte pour les outils avec un éclairage et des prises de courant, adaptés aux besoins du praticien. Il abrite aussi un local technique équipé d'une armoire électrique, de batteries, d'un compresseur adapté à la puissance nécessaire au fonctionnement des appareils du dentiste, d'espace de rangement et de lavabo avec traitement des eaux usées. A l'extérieur du local "BoitaWatts", placée sur le toit :

- une structure métallique adaptée pour recevoir de 1 à 18 panneaux solaires (6kw), support antivol et orientable en fonction de la position de BoitaWatts et afin d'obtenir l'inclinaison la plus approprié (27 ° au Sénégal) par rapport au soleil
- si nécessaire une structure (mat métallique de 6 à 9 m de haut) pour recevoir une éolienne de 1 à 2 kW, facilement repliable en cas de cyclone.

Le local est isolé, sécurisé, étanche à l'eau et à la poussière, la puissance est évolutive et il reste mobile.

Le prix de revient d'une Boitawatts toute équipée est estimé à 35 000 euros auxquels s'ajoutent des frais de transport et d'installation variables selon les lieux d'implantation.

Ce projet associatif intéresse aujourd'hui EDF Energies Nouvelles et sa filiale Photowatt, ainsi que des entreprises ou des groupes privés liés soit aux énergies renouvelables, soit au monde de la santé. Il est également encouragé par des sociétés de transport terrestre ou maritime.

4.4.3 LES KIOSQUES SOLAIRES HERI- MADAGASCAR⁴⁷

HERi Madagascar est une entreprise sociale née en 2012 avec l'objectif de connecter les populations rurales isolées de Madagascar à des services et produits énergétiques innovants, performants et respectueux de l'environnement. Le concept de kiosques énergétiques doit permettre de répondre aux besoins des populations dans les zones rurales et vise à stimuler le développement local. Les populations concernées ont un revenu mensuel estimé de 50 000 Ariaris (15,50 euros). Les

⁴⁶ <http://www.terraeco.net/Les-boeufs-tournent-pour-Radio,18690.html>

⁴⁷ <http://www.beheri.com/FR>



kiosques sont installés au cœur des villages, les entrepreneurs (essentiellement des femmes) sont issus de la localité. Ils versent une redevance mensuelle de 40 000 Ar par mois. Grâce à son installation solaire autonome d'environ 1 KW, un kiosque HERi permet l'alimentation d'un large éventail d'appareils électriques et propose à ses clients tout un éventail de services :

- Un service de base : location de lampes LED et recharge de téléphones portables,
- des services optionnels qui dépendent des villages et de la demande des entrepreneurs : réfrigérateur, imprimante, tondeuse, téléviseur, etc. Dans ce cas l'entrepreneur paie une location à HERi.

Les bénéficiaires peuvent utiliser, louer ou acheter, selon le produit et leur pouvoir d'achat.

Deux fois par mois, un représentant commercial visite les kiosques pour s'assurer du bon fonctionnement. Des actions de sensibilisation et d'information au fonctionnement de l'énergie solaire sont menées, notamment dans les écoles primaires. HERi Madagascar s'engage également à faire la maintenance et à renouveler les installations solaires. Ceci est financé par les redevances des entrepreneurs, qui doivent, en outre leur permettre de se verser un revenu, d'embaucher des assistants et de renouveler le stock.

Un kiosque coûte entre 8000 et 10000 euros, cela inclus le bâtiment et le système solaire.

Depuis 2012, douze kiosques ont été installés et quarante huit emplois créés. HERi Madagascar étudie actuellement un produit clés en mains pour les ONG.



Le bœuf qui tourne
photo copyright RFI



BoittaWatts – Cabinet dentaire à Madagascar
Photo copyright Energie Développement Loire Océan



Kiosque solaire à Madagascar
Photo copyright HERi Madagascar



5 CONCLUSION

Le recours à l'énergie solaire est-elle une solution pertinente dans les microprojets?

Nous l'avons vu, le solaire offre de nombreux avantages, notamment sa disponibilité, son accessibilité dans les zones les plus isolées, il est devenu très compétitif, et une gamme de produits variés permet d'offrir des solutions pour tous les types de besoins et selon les moyens financiers. Néanmoins, l'énergie solaire a ses limites, notamment en termes de puissance et de stockage. Et les nombreuses installations endommagées ou abandonnées témoignent des difficultés aux quelles doivent se confronter les projets d'accès à l'énergie via l'énergie solaire.

Pour autant, les solutions à ces défaillances, sont-elles à chercher dans les technologies alternatives? La réponse est non.

Bien entendu, un choix technique, pour être pertinent doit être le résultat d'un processus rationnel permettant de prendre la mesure des atouts et des limites de chaque solution. Dans les régions bénéficiant de nombreux cours d'eau, où les populations sont habituées à l'usage de l'énergie hydraulique et où les compétences et le matériel sont disponibles, il peut paraître assez peu opportun d'écarter cette solution pour privilégier l'énergie solaire. Mais les exigences en matière de pérennité sont aussi importantes quelque soit la source d'énergie renouvelable envisagée. Le solaire, parce qu'il s'agit d'une technologie statique présente même certains avantages sur les technologies dynamiques (turbines, éolienne).

Les exigences en matière de viabilité sont essentiellement économiques et organisationnelles. Quelque soit la ou les technique(s) adoptée(s), c'est l'efficacité du modèle mis en œuvre qui garantit la réussite d'un projet. En la matière, il n'existe pas de panacée, aucun modèle pré existant à dupliquer. Chaque solution doit être imaginée en fonction du contexte particulier dans lequel elle s'inscrit, en ayant toujours à l'esprit les facteurs d'échecs, les ressources mobilisables localement et les possibilités d'innovation.

De grands espoirs semblent aujourd'hui fondés sur le développement des sociétés de services énergétiques. Des sociétés "technologiquement agnostiques"⁴⁸ pouvant offrir un très large éventail de solutions selon les besoins et les moyens de chacun. Des acteurs privés qui peuvent développer une activité économique à fort potentiel et avec un investissement réduit car contrairement au modèle traditionnel, il ne s'agit pas de produire un flux d'électricité destiné à un usage illimité mais de proposer une solution adaptée à une demande précise, y compris pour les besoins les plus modestes tels que recharger un téléphone ou s'équiper d'une lanterne solaire⁴⁹. A suivre...

⁴⁸ "How a New Breed of Distributed Energy Services Companies can reach 500mm energy-poor customers within a decade. A commercial solution to the energy access challenge", Pepukaye Bardouille & Dirk Muench, June 2014

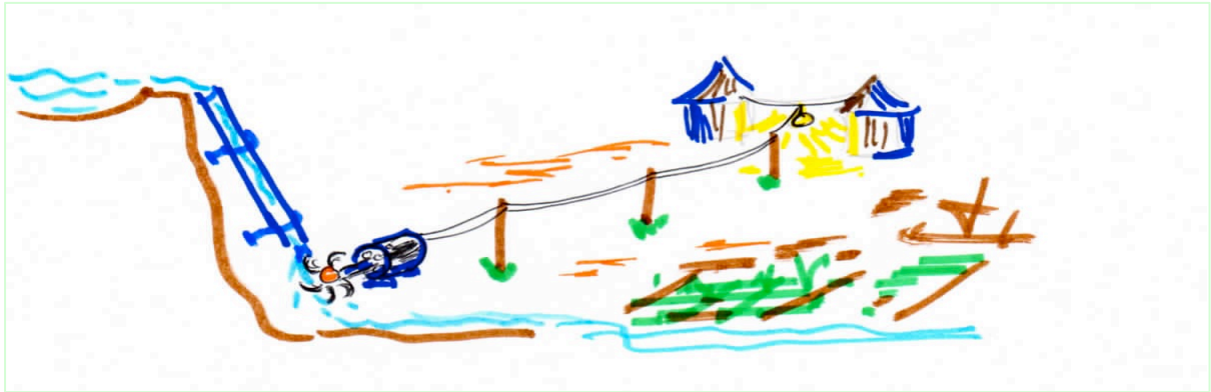
⁴⁹ Voir sur le sujet les projets menés par EDF Accès à l'énergie, Schneider Electric, HERi Madagascar, GVEP, Total.



6 ANNEXES

6.1 LES ENERGIES RENOUVELABLES MOBILISEES DANS LES MICRO PROJETS

6.1.1 FICHE PRATIQUE 1 : LA PETITE HYDROELECTRICITE



Le principe de l'hydroélectricité est d'utiliser la force de l'eau créée grâce à une hauteur de chute (barrage ou chute d'eau naturelle) pour entraîner une turbine elle-même reliée à un générateur d'électricité. En général, on parle de "petite hydroélectricité" pour les centrales dont la puissance est inférieure à 10MW.

Pour des puissances inférieures à 500 kW on parlera de microcentrales, entre 2 et 50 kW il s'agit de pico-centrales. En général, les petites centrales hydroélectriques sont des installations dites "au fil de l'eau". Elles utilisent les chutes d'eau naturelles et nécessitent des aménagements très simples : petits ouvrages de dérivation pour amener le débit disponible vers la centrale, et parfois un petit réservoir lorsque le débit est un peu trop faible.

Tableau 2 : Les atouts et limites selon la Fondation Energies pour le Monde

Atouts	limites
<ul style="list-style-type: none"> - Fiabilité technique - Longue durée de vie des équipements - Puissance disponible 24 h/24 - Faibles coûts d'exploitation - Parfaitement adapté au développement d'activités économiques 	<ul style="list-style-type: none"> - Nécessité de données précises sur le débit et la hauteur de la chute - Travaux de génie civil nécessaires - Baisse de puissance en fin de saison sèche - Concurrence possible pour l'eau avec l'agriculture - Maintenance nécessaire - Coût élevé à l'investissement

Les deux facteurs essentiels pour la récupération d'énergie sont la hauteur de chute et le débit. Ils dépendent des caractéristiques du site et doivent faire l'objet d'études préalables. De nombreuses études ont été réalisées et sont disponibles dans les bureaux des ministères.

Au Vietnam, en Chine et au Népal les systèmes pico-hydrauliques fabriqués localement sont devenus accessibles aux ménages ruraux les plus modestes : de 25 \$ pour une turbine de 200 W à 1000 \$ pour une turbine Pelton de 3000 W. Depuis la fin des années 80, près de 120 000 pico centrales ont été installées au Vietnam. Sans accompagnement (financier, technique, formation), le développement de cette filière laisse apparaître d'importants dysfonctionnements notamment à cause



de la qualité médiocre du matériel, mais le marché reste croissant avec plus de 20 000 unités installées par an. Les Philippines, l'Inde, et quelques pays d'Amérique du sud développent également cette technique⁵⁰.

Pour toute information sur l'hydroélectricité, consulter le site du RIAED : <http://www.riaed.net/?-Pico-et-microhydroelectricite-> ou le "guide pour le montage de projets de petite hydroélectricité" réalisé par l'ADEME.

EXEMPLE DE PROJET : ELECTRICIENS SANS FRONTIERES AU NORD LAOS

De nombreux villages du nord Laos n'ont pas accès à l'électricité. Isolés, et dispersés dans une région extrêmement accidentée, de faible densité de population, ces villages ne peuvent compter sur une extension du réseau national pour être électrifiés.

L'objectif du projet est de fournir l'électricité aux familles de vingt quatre villages situés le long de la rivière Nam Ou. Les villageois connaissent la technologie des pico turbines. Le potentiel hydraulique est très important dans cette partie du Laos.

1ere phase : transfert de compétences : dans chaque village, trois techniciens sont sélectionnés par le chef du village et suivent une formation sur la mise en place de pico turbines et de micro réseaux d'électricité ainsi que sur la maintenance.

2eme phase : De retour dans leur village, les techniciens réalisent les installations avec l'aide des villageois. Electriciens sans frontières prend en charge le financement et la livraison des pico turbines et du matériel électrique.

Une pico turbine de 1000 W (ou 500 W) est partagée entre 10 et 15 familles. Chaque famille paie une redevance de 2000 kips par mois. Cette somme est dédiée à la maintenance des pico turbines. Il est parfois nécessaire d'organiser des redevances exceptionnelles.

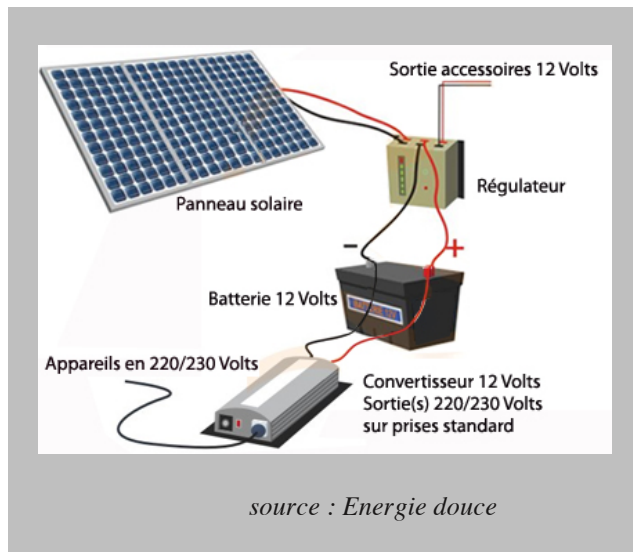
Les villageois allument la lumière en moyenne 6 heures par jour. Les familles disposent entre une et trois lampes selon leur niveau de vie. L'autre équipement le plus fréquent : les lecteurs de CD et ensembles de karaoké.

6.1.2 FICHE PRATIQUE 2 : LE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE



L'énergie solaire photovoltaïque désigne l'électricité produite par transformation d'une partie du rayonnement solaire grâce à des cellules photovoltaïques. On peut utiliser l'énergie ainsi produite en direct ou bien la stocker en vue d'un usage différé.

⁵⁰ La pico hydroélectricité pour le développement : l'expérience d'un projet de l'ESMAP en Equateur <http://www.riaed.net>



Un système solaire se compose de :

– Un module solaire : une surface vitrée composée de cellules solaires qui exposées au soleil génère un courant électrique continu, dont la tension est proportionnelle au nombre de cellules et à leur qualité. L'intensité dépend quant à elle de la surface des cellules et de leur qualité ainsi que du rayonnement solaire.

– Des câbles électriques : ils seront exposés au vent, aux pluies, au sable, il est donc nécessaire d'utiliser des câbles adaptés. Il est également important de veiller à la bonne section de câble en fonction de l'intensité.

- Une structure de montage : on conseille des structures en aluminium pour éviter la corrosion. Elles doivent être prévues pour résister aux conditions locales. Des systèmes antivols sont à prévoir.
- Un régulateur : il reçoit le courant généré par les modules et le transmet aux batteries tout en surveillant leur état de charge. Il coupe la charge quand les batteries sont assez chargées, il peut également contrôler le niveau de décharge pour éviter les décharges profondes. Les équipements sont connectés au régulateur. On peut ajouter un onduleur (convertisseur) pour transformer le courant continu en 220 volts alternatifs.
- Des batteries : elles permettent de stocker l'électricité. On utilise des batteries à décharge lente (appelées aussi batteries à plaques épaisses, stationnaires ou semi stationnaires), contrairement aux batteries de voiture qui doivent fournir une importante intensité sur une période courte.

La puissance crête d'un système photovoltaïque correspond à la puissance électrique délivrée par ce même système dans des conditions standard d'ensoleillement (1000 W/m^2), de température (25°C) et de spectre de lumière standard AM 1,5⁵¹.

Exemple : un module de 200 Wc (Watts crête⁵²) est un module qui produira une puissance électrique de 200 W si on le place sous ensoleillement de 1000 W/m^2 .

On distingue les systèmes photovoltaïques à usage individuel (domestique ou social) et les centrales photovoltaïques (avec réseau).

S'agissant des usages individuels, on trouve les équipements suivants :

- **Lanterne solaire** : système comprenant un petit panneau solaire, une batterie et une ampoule LED, destiné à l'éclairage et pouvant permettre aussi des recharges externes (téléphones portables notamment)
- **Kit solaire** (système " plug-and-play ") : un panneau solaire portable, des batteries, des ampoules et des prises pour différentes applications (radio, télévision)

⁵¹ Spectre solaire AM 1.5 : il s'agit du spectre de la lumière solaire après qu'elle ait traversé une épaisseur d'air sans nuages correspondant à 1.5 fois l'épaisseur de l'atmosphère.

⁵² Pour mémoire : **Un watt (symbole W)** est la puissance d'un système énergétique dans lequel est transférée uniformément une énergie de 1 joule pendant 1 seconde. $1 \text{ W (puissance)} = 1 \text{ J (énergie)} / 1 \text{ s (temps)}$
Un kilowatt (symbole kW) correspond à 1000 W, soit 1000 joules pendant 1 seconde. **Un kilowattheure (symbole kWh)** correspond à l'énergie consommée par un appareil d'une puissance d'un kilowatt (1 000 watts) qui a fonctionné pendant une heure (1 kilowatt \times 1 heure). Le kilowattheure est une unité pratique de mesure d'énergie valant 3,6 mégajoules.



- **Système Solaire Domestique** : installation fixe, le plus souvent sur un toit, fournissant des capacités de stockage de plusieurs jours et permettant différents services énergétiques (éclairage, télévision, réfrigérateur)
- A partir d'un **micro réseau photovoltaïque**, on peut électrifier un ensemble de maisons, des unités de production motorisées et les infrastructures collectives.

Tableau 3 : Atouts et faiblesses d'une centrale photovoltaïque (avec micro réseau) selon la Fondation Energies pour le Monde

Atouts	Limites
<ul style="list-style-type: none"> - Fiabilité technique - Facilité d'exploitation et d'entretien - Facilité d'accès dans les zones enclavées - Pas de bruit - Faible coût de maintenance - Modularité possible de l'investissement 	<ul style="list-style-type: none"> - Service souvent limité à quelques heures/jour - Maîtrise de la consommation nécessaire - Coût élevé à l'investissement - Entretien régulier nécessaire

Tableau 4 : Atouts et faiblesses d'un système photovoltaïque à usage individuel et social selon la Fondation Energies pour le Monde

Atouts	Limites
<ul style="list-style-type: none"> - Fiabilité technique - Facilité d'exploitation et d'entretien - Facilité d'accès dans les zones enclavées - Pas de bruit - Faible coût d'exploitation et de maintenance - Modularité possible de l'investissement - Très faible maintenance 	<ul style="list-style-type: none"> - Faible puissance unitaire : limitation en puissance, inadapté aux activités économiques de puissance - Standardisation des services - Maîtrise de la consommation nécessaire - Coût élevé à l'investissement - Maintenance régulière nécessaire - Entretien simple régulier nécessaire

6.1.3 FICHE PRATIQUE 3 : LA BIOMASSE

La biomasse désigne l'ensemble des matières organiques végétales ou animales brutes (bois, cultures énergétiques, déchets verts,...) ou ayant subi une transformation (effluents, déchets,...) pouvant devenir source d'énergie. Cette énergie n'est renouvelable que si sa consommation ne dépasse pas le rythme de croissance des intrants. Dans le cas où les émissions de carbone liées à la consommation de la biomasse ne sont pas compensées par sa croissance naturelle (par exemple dans le cas d'une forêt surexploitée), la biomasse ne peut être considérée comme une source d'énergie renouvelable.

On peut extraire deux types d'énergie :

- les biocombustibles : bois, produits ligneux, déchets de riz, maïs, canne à sucre...
- les biocarburants :
 - le bioéthanol à partir de plantes dites sucrières (betteraves à sucres, cannes à sucre) ou de plantes amylicées (maïs, blé)
 - les huiles végétales et biodiésels à partir de graines oléagineuses : Huile de pourghère (*jatropha*), huile de palme...



Tableau 5 : Atouts et faiblesses d'une centrale aux biocombustibles selon la Fondation Energies pour le Monde

Atouts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none">- Puissance importante possible- Création d'emplois locaux- Exploitation de produits locaux- Faible coût de maintenance	<ul style="list-style-type: none">- Présence constante d'un technicien pour l'exploitation et la maintenance- Disponibilité de combustible à proximité- Stockage de combustible nécessaire

Tableau 6 : Atouts et faiblesses d'un groupe électrogène aux biocarburants selon la Fondation Energies pour le Monde

Atouts	Limites
<ul style="list-style-type: none">- Puissance importante disponible- Faibles coûts d'exploitation- Exploitation de produits locaux- Création de nouveaux revenus pour les agriculteurs	<ul style="list-style-type: none">- Concurrence des cultures vivrières et énergétiques- Présence constante d'un technicien pour l'exploitation- Dépendance de la qualité des récoltes- Nécessité d'une presse

Exemple : Projet de Jatropha au Bénin – GERES

Le Geres (Groupe énergies renouvelables, environnement et solidarités) opère depuis 2003 au Bénin. Après réalisation d'une étude de faisabilité en 2008, il se lance dans le développement d'une filière de jatropha comme moyen de substitution total ou partiel du gasoil pour les activités économiques.

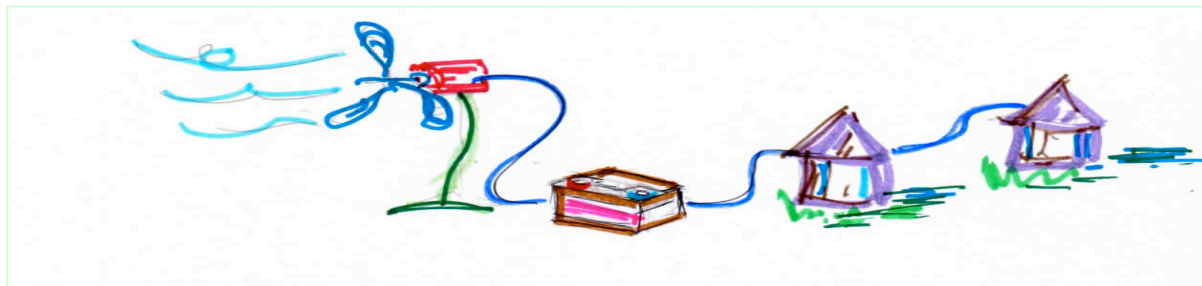
Le programme pilote se décline en 4 phases de développement :

- Première étape : l'évaluation des besoins énergétiques sur sept commune du département du Zou. Un inventaire précis des services énergétiques disponibles a été réalisé. Ceci a permis de dimensionner la surface agricole nécessaire pour répondre aux besoins en carburant de chaque localité.
- Ensuite, le Geres s'est appuyé sur les Centres communaux de production agricole pour la sélectionner des agriculteurs volontaires disposant d'assez de terres cultivables. La filière est locale, et aucun producteur ne peut donc y consacrer plus du dixième de sa surface. Pratiquement 1000 agriculteurs participent au programme.
- La transformation des graines de jatropha huile végétale pure : L'objectif est de s'appuyer sur un entrepreneur local capable de gérer une petite usine d'extraction.

Enfin, l'étape finale est de créer et de consolider la filière complète : identifier les distributeurs dans chaque localité, garantir une offre d'huile permettant une économie par rapport au diesel et assurer des débouchés commerciaux pour l'huile produite.



6.1.4 FICHE PRATIQUE 4 : AEROGENERATEUR – EOLIENNE

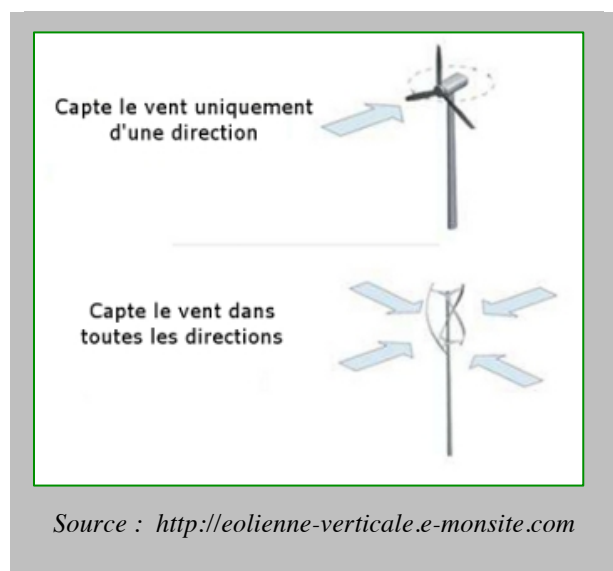


Produite par le vent, l'énergie éolienne est transformée en courant électrique par des aérogénérateurs ou éoliennes.

Une éolienne comporte plusieurs éléments:

- Un mât sur lequel sont fixés la nacelle et le rotor;
- Un rotor sur lequel sont fixées les pales Les pales permettent de transformer l'énergie cinétique (énergie que possède un corps du fait de son mouvement) du vent en énergie mécanique.
- Une nacelle qui contient :
 - Le générateur, qui transforme l'énergie mécanique en énergie électrique
 - Le multiplicateur de vitesse qui augmente la vitesse de rotation du rotor (de 12-25 tours/min à 1 500 tours/min)
 - Les équipements servant à freiner les éoliennes et à l'orienter.

L'énergie produite par une éolienne peut être intermittente et il peut donc être nécessaire de prévoir un système de stockage. Le courant produit est un courant continu.



L'option est intéressante sur les sites où les vents sont réguliers et suffisamment forts, sans trop de turbulences, et tout au long de l'année. Des conditions qui correspondent essentiellement aux zones côtières. Des études de vent sur site sont donc toujours indispensables. Par ailleurs, les éoliennes se détériorent prématurément sous l'effet des vents de sable et d'une trop grande salinité de l'air.

Depuis quelques années, se développe la technologie des éoliennes à axe vertical, elles présentent le défaut d'un rendement moindre que les éoliennes à axes horizontaux mais peuvent se satisfaire de vents de moindre puissance et sont moins vulnérables aux vents violents.



Tableau 7 : Atouts et faiblesses et l'électrification par aérogénérateur

Atouts	Faiblesses
<ul style="list-style-type: none">- Facilité d'accès dans les zones enclavées- Energie propre et silencieuse- Technique fiable- Maintenance légère sur les petites installations	<ul style="list-style-type: none">- Etudes préalables des vents nécessaires- Nécessite des vents forts et réguliers- Stockage nécessaire (sauf pompage)- Maintenance régulière nécessaire- Sensible aux vents de sable et à la salinité de l'air- Usages contraints

Exemple de projets : La Fondation Energies pour le Monde au Maroc

Coût du projet : 230 000 euros

En 2000, la Fondation Energies pour le Monde apporte son soutien au village de Moulay Bouzertoune, au Nord d'Essaouira sur le littoral atlantique. Le village compte 250 habitants qui n'ont pas accès à l'énergie. La Fondation assure l'étude de faisabilité, fournit et installe les équipements de production. Elle forme les agents en charge de l'exploitation. L'Office National de l'Electricité (ONE) prend en charge le réseau et la fourniture d'un groupe électrogène. Le Programme des Nations Unies pour le Développement se charge de la formation à la maintenance et la province a pris en charge la construction des bâtiments techniques.

Eclairage, équipements audiovisuels, sonorisation de la mosquée, réfrigérateurs pour les commerçants et bureautique à la Mairie sont les principaux usages.



6.2 ECHANTILLONNAGE

Tableau 8 : Personnes interrogées dans le cadre de l'étude

Nom-Prénom	structure	Fonction
Ndiaye Alphonse Joseph	Eau Vive Sénégal	Coordinateur Sénégal
Bouther Raymond	CODEV avec Madagascar	Président
Briand Alain	Schneider Electric	Business developer BipBop
Cerdan Jean-Pierre	Electriciens sans frontières	Secrétaire général
Chamonin Denis	Société Denis Chamonin	Consultant /Expert Energie-Environnement
Charlier Gilles	Blue Energy	Chargé de projet Nicaragua/ Chercheur en énergie éolienne
Debreu Jeremy	Africa Express	Fondateur/ Expert accès à l'énergie renouvelable en zone rurale
Delorme Camille	PU-AMI	Chargée de ressources humaines expatriées
Erembert Roland	EDF HELP	Ingénieur projet
Fondeur François	Pour un Vrai Développement Durable (PVDD)	Président
Gay Bernard	GRET Mauritanie	Assistance Technique à la Direction de l'Hydraulique
Gouyet Hervé	Electriciens sans frontières	Président
Herann Pierre	Les amis de Gonse	Chef de projet
Houssou Jean-Claude	Accès à l'Energie	Chef de la mission
Jean Gaston	Association des originaires de Grand Plaine (AOG)	Administrateur
Kabore Emmanuel	Projet Production Solaire (PPS Sarl)	Directeur Vice Président de l'association des professionnels du solaire de la CEDEAO
Laperdrix Jean-Pierre	Energie Développement Loire Océan	Président
Le Bars Hugues	IED Migrations et Développement Cosim Rhône Alpes	Salarié Bénévole Ancien président
Magnin Serge	Energie sans frontières	Responsable projets ancien président
Maigne Yves	Fondation Energies pour le Monde (FONDEM)	Directeur
Maréchal Jacques	EDEN Mali	Président
Martin Eric	Triangle Génération Humanitaire	Référent technique WaSH
Moine Gérard	Transsénergie Solaire sans frontières	Ancien directeur Président / Expert énergie solaire
Nouvelon Marc	Energie sans frontières	Chargé de projets
Pasquier Hubert	Energie Morbihan	Président
Rudant Marine	Terre Des Hommes	Chargée de mission
Viaut JP	Action Energie Sud	Concepteur système

Par ailleurs, plusieurs personnes ont été sollicitées sur des points particuliers via le forum Experts-Solidaires <https://www.linkedin.com/groups?home=&gid=4368665&trk=anet ug hm>.



6.3 BIBLIOGRAPHIE ET REFERENCES

Ouvrages

ADEME et Vous, "*Stratégie et études*", n°39, février 2014

Alliance For Rural Electrification, "*Accès à l'énergie dans le monde : faits et scénarios*", 2010.

Agence Internationale de l'Energie (AIE), "*World Energy Outlook 2012*".

ARENE, FONDEM, "*Accès aux services de l'électricité. Energies locales et développement rural*", 2007, Paris

Banque Africaine de Développement, "*Bénin : Projet d'électrification de 17 centres ruraux*", Rapport d'évaluation de performance de projet (REPP), Département de l'évaluation des opérations, Groupe de la Banque africaine de développement, 2010.

P. Besson et R. Musy, "*Projet d'électrification dans le Nord Laos. Evaluation des réalisations menées dans 6 villages du district de Phongsaly*", Electriciens sans frontières, 2011.

P. Bardouille and D. Muench "*How a New Breed of Distributed Energy Services Companies can reach 500mm energy-poor customers within a decade. A commercial solution to the energy access challenge, June 2014*

N. Bentaleb, "*L'électrification rurale décentralisée dans le sud*", Revue Vertigo, 2004

T. Bernard, "*Etudes d'impact des projets d'électrification rurale en Afrique sub-saharienne*", division Evaluation et capitalisation, AFD, 2010, Paris.

M. Duprat, "Appui aux initiatives de développement des centres de santé de base dans le district d'Ambalavao d'Electriciens Sans Frontières à Madagascar", Evaluation Rétrospective Externe du projet, 2008.

ENEA Consulting, "*L'accès à l'énergie. Facts and figures*", juillet 2014, Paris

ENEA Consulting pour EDF Accès à l'énergie, "*Evaluation des impacts sociaux et économiques des projets d'accès à l'énergie en Afrique*", février 2013, Paris

ENEA Consulting, "*Evaluation du projet ESF, Lumière par l'école*", février 2011, Paris

ENEA Consulting et SIDI, "*Solaire photovoltaïque au Mali*", Open ideas, 2011, Paris

EDF, Accès à l'énergie : <http://strategie.edf.com/nos-priorites/societal/acces-a-l-energie-pays-en-developpement/la-strategie-84669.html>

FONDEM, "*l'électrification grâce aux énergies renouvelables. De réels impacts pour les populations*", Paris

FONDEM, "*Vous êtes élu-e d'une commune rurale d'un pays du Sud*", Paris

FONDEM, "*Exploitant en électrification rurale, un métier d'avenir*", Paris

FONDEM, "*Les bonnes pratiques qui montrent la voie : Electrification par énergies renouvelables en Afrique sub-saharienne*", Bulletin du réseau Scarabée, n°19-20, novembre 2007. Fondation Energies



pour le Monde.

M. Garrabé, *"Méthodes d'évaluation de la pertinence d'un projet"*, Revue Tiers-Monde, volume 33, Paris, 1992.

DJ. Grinmshaw and S. Lewis *"L'énergie solaire pour les pauvres, faits et chiffres"*, Science et développement, 2010

G. Léna *"Mini réseaux hybrides PV-diesel pour l'électrification rurale. Présentation générale et recommandations pour leur déploiement"*, Photovoltaic Power Program System (PVPS), AIE, Club ER, juillet 2013.

PA. Machelon, A. Deneuveille, *"Pour la moitié de l'humanité, le solaire est l'énergie la moins chère"*, Les Echos, 20 août 2014.

C. Michalon, *"Différences culturelles mode d'emploi"*, 2011, Editions Sépia, St Maur des Fossés.

Nodalis Conseil et Axenne, pour l'AFD, *"Etude sur le montage de projets photovoltaïques en Afrique Subsaharienne"*, Programme de Coopération Afrique-Union européenne pour le développement des Energies Renouvelables (RECP), avril 2012.

Observ'Er, Fondem *"La production d'électricité d'origine renouvelable dans le monde -15^{eme} inventaire - Edition 2013"*

M. Totté, *"Evaluation des actions d'Electriciens sans frontières au Burkina Faso"*, ENDA Tiers-Monde, Avec l'appui du F3E, 2007, Paris.

Union Européenne, *"Electrification Financing Initiative (ElectriFI), Rural Electrification Workshop on 29-30 September 2014"*, Brussels

S. Wikes, B. Garside, A. Leopold, *"L'énergie dans le cadre de développement post-2015"*, CAFOD, IIED, 2014

Sites et liens internet

Africa Express, Vidéo et livre blanc : <http://webdoc.africaexpress.org/fr/>

Association Akamasoa : <http://www.perepedro.com/fr/index.php>

Association Maison Shalom : <http://www.maisonshalom.org/>

Association Songhai : <http://www.songhai.org/>

Association Tin Tua <http://www.tintua.org/>

Boitawatts : <https://www.lenergieenquestions.fr/la-boitawatt-micro-centrale-electrique-verte-a-pris-la-route-du-senegal/>

Climatisation sans énergie :

http://www.lecourrierdelarchitecte.com/article_1787

http://www.habiter-autrement.org/12.energies/20_ener.htm.

FONDEM : <http://www.energies-renouvelables.org/accueil-fondation.asp>



Global Village Energy Partnership (GVEP) : <http://www.gvepinternational.org/fr>

Gret, programme ERUDI : <http://www.gret.org/2014/10/vers-une-plateforme-energie-solidaire-et-climat/>

HERI Madagascar : <http://www.beheri.com/FR>

INSEE : <http://www.insee.fr/fr/bases-de-donnees/bsweb/serie.asp?idbank=000455743>

Les films de Raymond Bouter : <http://www.youtube.com/user/Chaudron25160>

Les konbit en images : http://www.youtube.com/watch?v=RD0tVQC_o_o

ONU-SE4All : <http://www.un.org/fr/events/sustainableenergyforall/>

Pot-in-pot : http://www.rolexawards.com/profiles/laureates/mohammed_bah_abba

Pompes à corde :

http://www.burkinabe.be/foto/24_touwpomp/24_touwpomp_fr.html

http://www.urd.org/IMG/pdf/URD_-_Fiche_Pompe_a_corde_Tchad.pdf

Réseau International d'Accès aux Energies Durables (RIAED) : <http://www.riaed.net>

RFI, Le bœuf qui tourne : <http://www.terraeco.net/Les-boeufs-tournent-pour-Radio,18690.html>

Schneider Electric : <http://www.bipbop-energy.com/>