



Equipements pour les usages productifs des énergies renouvelables décentralisées au Bénin, Cameroun et Madagascar

Table des matières

Table des matières	2	3.4 Sources d'énergies renouvelables disponibles pour les équipements utilisés à des fins productives	23
Figures et tableaux	3	3.4.1 Hydroélectricité	23
Glossaire	4	3.4.2 Solaire	23
1. Introduction & résumé	5	3.5 Demande en électricité pour les équipements alimentés par les ERD à des fins productives au Cameroun	24
Bénin	7	3.5.1 Cacao	24
2. Le marché des équipements pour l'utilisation des ERD à des fins productives au Bénin	8	3.5.2 Sorgho	25
2.1 Introduction	8	3.6 Le marché actuel des équipements à usages productifs alimentés par les ERD au Cameroun	25
2.2 Fiche technique	9	Une initiative pour le traitement des D3E : Le projet WEEECAM	29
2.3 Cadre réglementaire en vigueur pour les ERD	10	Madagascar	30
2.4 Sources d'énergies renouvelables disponibles pour les équipements utilisés à des fins productives	11	4. Le marché des équipements pour l'utilisation des ERD à des fins productives au Madagascar	31
2.4.1 Hydroélectricité	11	4.1 Introduction	31
2.4.2 Solaire	12	4.2 Fiche technique	32
2.5 Demande en électricité pour les équipements alimentés par les ERD à des fins productives au Bénin	12	4.3 Cadre réglementaire en vigueur pour les ERD	33
2.5.1 Le coton	12	4.4 Sources d'énergies renouvelables disponibles pour les équipements utilisés à des fins productives	34
2.5.2 La noix de cajou	13	4.5 Demande en électricité pour les équipements alimentés par des ERD à des fins productives à Madagascar	35
2.5.3 Les rizicultures	14	4.5.1 Pêche et aquaculture	35
2.6 Le marché actuel des équipements à usages productifs alimentés par les ERD au Bénin	15	4.5.2 L'élevage	36
2.7 Recyclage	18	4.6 Le marché actuel des équipements à usages productifs alimentés par des ERD à Madagascar	36
Cameroun	19	4.7 Recyclage	40
3. Le marché des équipements pour l'utilisation des ERD à des fins productives au Cameroun	20	Références	41
3.1 Introduction	20		
3.2 Fiche technique	21		
3.3 Cadre réglementaire en vigueur pour les ERD	21		

Figures et tableaux

Figure 1	10
Catégorie de service EHR et exigences réglementaires au Bénin	
Figure 2	13
Répartition des cultures de coton, noix de cajou et riz au Bénin	
Figure 3	16
Entretien avec ARESS, 2023	
Figure 4	38
Entretien avec Pascal Monard, Chef de Projet, WEEECAM, mené en 2023	
Figure 5	37
Entretien avec Africa GreenTec mené en 2023	
Figure 6	38
Entretien mené avec CIDR Pamiga en 2023	
Tableau 1	17
Aperçu du marché des équipements ERD pour des usages productifs actuels au Bénin	
Tableau 2	27
Aperçu du marché actuel des équipements à usages productifs alimentés par les ERD au Cameroun	
Tableau 3	39
Aperçu du marché actuel des équipements à usages productifs alimentés par les ERD à Madagascar	

Glossaire

BNM Bureau des normes de Madagascar

D3E Déchets d'équipements électriques et électroniques

EHR Énergie hors-réseau

ES Environnemental et social

EIES Études des impacts environnementaux et sociaux

EnR Énergies renouvelables

EnDev Energising Development

ERD Énergies renouvelables décentralisées

IMF Institutions de microfinance

ORE Office de Régulation de l'Électricité (Madagascar)

PGES Plan de gestion environnementale et social

PND Plan National de Développement (Madagascar)

NPE Nouvelle Politique de l'Énergie (Madagascar)

1. Introduction & résumé

Alors que 675 millions de personnes dans le monde n'ont toujours pas accès à l'électricité, et que 2,3 milliards de personnes supplémentaires souffrent de services électriques peu fiables,¹ les utilisations productives des énergies renouvelables pourraient jouer un rôle essentiel pour garantir que le déploiement de l'électrification renouvelable décentralisée se traduise également par un développement socio-économique plus large.

La majorité des populations n'ayant qu'un accès limité au réseau électrique vit dans des zones rurales, où les énergies renouvelables décentralisées (ERD) possèdent un potentiel considérable. De plus, **86 % des habitants de ces zones dépendent de l'agriculture comme principale source de revenus², rendant le lien entre les usages productifs de l'énergie et le secteur agricole particulièrement pertinent.**

Cette étude se concentrera ainsi sur les équipements utilisant les ERD à des fins productives dans les secteurs agricoles et agroalimentaires. Parmi ces équipements, on trouve par exemple les pompes à eau solaires et les réfrigérateurs, qui peuvent avoir un impact significatif sur le plan économique, éducatif et sanitaire, tout en améliorant la qualité de vie des populations rurales.

L'utilisation des ERD à des fins productives est ici définie comme « l'alimentation d'activités agricoles, commerciales et industrielles par des sources d'énergie renouvelables, générant des revenus ».³

L'Afrique subsaharienne est particulièrement confrontée à un important problème d'accès à l'électricité. Au rythme actuel d'électrification au niveau mondial, environ 620 millions de personnes n'auront toujours pas accès à une électricité propre et abordable d'ici 2030, dont 85 % en Afrique subsaharienne. En même temps, **cette région offre un énorme potentiel pour que les équipements à usage productif prospèrent et déclenchent des cycles de développement vertueux**, grâce, par exemple, au déploiement de pompes à eau solaires qui permettent d'irriguer de manière constante les rizières et ainsi améliorer les récoltes et les revenus.

Les pays du Bénin, du Cameroun et de Madagascar offrent des opportunités particulières dans ce domaine. Chacun présente des déficits importants en matière d'accès à l'électricité, mais aussi un potentiel important pour que les ERD et les équipements productifs alimentés par ces énergies, grâce à leurs gisements d'énergies renouvelables (EnR) et l'importance de l'agriculture dans leur PIB.

Au Bénin, il existe des possibilités dans les filières agricoles telles que le coton, la noix de cajou et le riz, où une alimentation fiable en électricité permettrait de stimuler la productivité et la modernisation, renforçant ainsi le développement socio-économique du pays.

Au Cameroun, les chaînes de valeurs locales fondées sur des cultures comme le sorgho, le manioc et le maïs, ainsi que les industries d'exportation telles que le cacao, la banane, le café, le coton et le caoutchouc, se prêtent particulièrement à l'intégration des ERD.

1 United Nations, *The Sustainable Development Goals Report – Special Edition*, 2023

2 ARE, *Decentralised Renewable Energy Innovations to Boost Agri-Sector Productivity & Address Global Food System Challenges*, 2021

3 ARE & AEEP, *The Productive Use of Renewable Energy in Africa*, 2015

Madagascar, célèbre dans le monde entier pour production de vanille, pourrait également renforcer ses chaînes de valeurs agricoles à fort potentiel d'exportation, notamment dans la pêche et l'élevage.

En général, les ERD à des fins productives contribuent à la **création d'emplois verts** directs et indirects, se traduisant par un **pouvoir d'achat augmenté** ; à une **économie locale plus forte** grâce aux services plus diversifiés, notamment dans le secteur commercial et agricole ; à **l'amélioration de l'égalité des sexes** lorsque les femmes sont impliquées dans les projets.

C'est dans cette perspective que l'étude présentée ici, élaborée par l'Alliance for Rural Electrification (ARE) avec le soutien de l'Agence de la transition écologique (ADEME) et leurs partenaires, fournit des informations sur les équipements existants pour les usages productifs alimentés par les ERD au Bénin, au Cameroun et à Madagascar. Elle vise à éclairer les décideurs nationaux des trois pays concernés, les agences d'électrification rurale, des entreprises du secteur, ainsi que les partenaires financiers, en particulier les institutions de microfinance (IMF), sur le potentiel de ces technologies, tant sur le plan économique que social et environnemental.

Cette étude renforce les conclusions de la littérature générale et démontre qu'il existe des opportunités substantielles dans les chaînes de valeurs agricoles des trois pays analysés. Elle démontre que ces opportunités peuvent être davantage saisies grâce à une série de mesures de développement du marché telles que **la sensibilisation** pour encourager l'adoption des équipements et informer sur les avantages des ERD, **l'adoption et le renforcement de normes techniques et d'infrastructures électriques de qualité, la responsabilisation des consommateurs et du secteur privé, l'intégration des systèmes de recyclage viables et l'assemblage local des équipements.**

Grâce à ces mesures, l'ARE souhaite s'associer avec des partenaires qui partagent les mêmes objectifs de développement socio-économique local et considère que le développement de ce marché est à la fois faisable, réaliste et nécessaire.



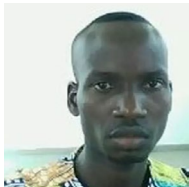
Bénin

2. Le marché des équipements pour l'utilisation des ERD à des fins productives au Bénin

« Les opportunités pour les équipements à usages productifs sont bien présentes au Bénin. Le Bénin est un pays avec une importante partie de la population active dans le milieu agricole dont elle dépend économiquement.

Les pompes solaires et l'irrigation représentent une réelle opportunité pour différentes filières telles que la filière maraîchère, en particulier l'ananas. En effet, l'ananas a un fort potentiel pour l'exportation et est encore peu développé comparativement au coton.

Autant d'opportunités pour les équipements à usages productifs, en particulier les pompes solaires, afin d'aider le milieu de la transformation agricole à grandir ».



Roland G. Pamphille Kpatenon⁴

Directeur de l'électrification hors-réseau et de l'éclairage public

Agence Béninoise d'électrification rurale et de maîtrise d'énergie (ABERME)

2.1 Introduction

Environ **56,5 % de la population au Bénin a accès à l'électricité**, avec une forte disparité entre la population urbaine électrifiée, environ 71,1 %, et la population rurale où le taux d'électrification est de 45,5 %.⁵

Aujourd'hui, **60 % de la population est active dans le secteur agricole, qui contribue aux alentours de 35 % du PIB**. L'enjeu de l'électrification rurale et de l'accès aux équipements pour les usages productifs liés au domaine de l'agriculture se révèle donc crucial.

La majorité des agriculteurs pratiquent une agriculture de subsistance et s'exposent à des risques climatiques élevés. En 2008, seulement 1 % des terres étaient irriguées. Les équipements pour les usages productifs se révèlent essentiels pour permettre un développement plus prospère des zones rurales et pour ouvrir les populations à de nouvelles opportunités comme la transformation du coton, de la noix de cajou ou l'irrigation des rizières.⁶

Le marché des équipements productifs a connu une forte croissance et est principalement dominé par les pompes solaires et les réfrigérateurs. Depuis 2015, le marché des pompes à eau solaires au Bénin est en plein essor avec une croissance exponentielle et un doublement du volume des ventes chaque année.⁷ La majorité des équipements sont analysés et certifiés par VeraSol, programme de certification international qui vise à garantir la conformité des équipements aux standards reconnus

⁴ Citation de 2022, avant la dissolution de l'ABERME

⁵ World Bank, *Access to electricity (% of population) – Benin*, 2023

⁶ GIZ, *Bénin Solar Water Pump Market Analysis*, 2022

⁷ Ibid.

internationalement en termes de qualité et durabilité. Ce programme est géré par CLASP et a été lancé dans le prolongement du programme Lighting Global, initiative de la Banque mondiale.⁸ Cependant, il existe aussi une quantité de produits non-certifiés sur le marché.

2.2 Fiche technique

Indicateurs	Données
A. Démographie⁹	
Surface (km ²)	114 763
Population totale	13 712 828 (2023)
Part de la population rurale (%)	51 % (2023)
Part de la population urbaine (%)	49 % (2023)
Age moyen	18,8 ¹⁰ (2023)
B. Economie¹¹	
PIB par habitant (USD)	1 434.7 (2023)
Croissance du PIB (% annuel)	6,4 % (2023)
Pauvreté extrême (moins 2.15 USD par jour) (% de la population)	12,7 % (2021)
Revenus moyens	n/a
Secteurs d'activités principaux	Agriculture : 60% Industrie alimentaire : 13%
C. Accès à l'électricité¹²	
Accès à l'électricité (% de la population)	56,5 % (2022)
Accès à l'électricité – population urbaine (%)	71,1 % (2022)
Accès à l'électricité - population rurale (%)	45,5 % (2022)
Production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables hors énergie hydroélectrique (% du total)	1,5 % (2015)
Nombre de systèmes autonomes existants	250 000 (2022) ¹³
Nombre de mini-réseaux opérationnels	75 (2022) ¹⁴

8 VeraSol, *Certification VeraSol*, 2023

9 World Bank, *Données Bénin*, 2023

10 Statista, *Age médian de la population au Bénin*, 2023

11 World Bank, *Données Bénin*, 2023

12 World Bank, *Access to electricity (% of population) – Benin*, 2023

13 ABERME, 2022

14 *Ibid.*

2.3 Cadre réglementaire en vigueur pour les ERD

Le cadre réglementaire de l'énergie hors-réseau (EHR) au Bénin a été créé dans le but d'accélérer l'expansion de l'accès à l'énergie dans tout le pays et de favoriser un développement socio-économique durable.

Le cadre réglementaire comprend différentes catégories d'électrification hors-réseau en fonction de la capacité du système :

- **Catégorie EHR 1** : capacité cumulée strictement inférieure à 500 kW
- **Catégorie EHR 2** : capacité cumulée supérieure ou égale à 500 kW

Catégorie de service EHR	Catégorie 1	Catégorie 2
Capacité cumulée	< 500 kW	> 500 kW
Service typique	· Approvisionnement des ménages · Autres consommateurs d'une localité par un mini-réseau avec centrale énergie renouvelable · Souvent lié à une initiative spontanée	· Approvisionnement des ménages · Autres consommateurs dans plusieurs autres localités par mini-réseaux avec centrale énergie renouvelable ou · Parcs de kits solaire et pico-centrales
Régime réglementaire	Autorisation	Concession
Exigence environnementale	Due diligence ES EIES allégée et PGES Suivi des batteries	Due diligence ES EIES et PGES
Exigence genre et inclusion sociale	Engagement du promoteur pour l'inclusion sociale et la dimension genre Evaluation rapide de l'inclusion sociale et du genre à mener en même temps que la due-diligence ES	Engagement du promoteur pour l'inclusion sociale et la dimension genre Evaluation rapide de l'inclusion sociale et du genre à mener en même temps que la due-diligence ES

Figure 1: Catégorie de service EHR et exigences réglementaires au Bénin¹⁵

15 Bénin Energie, *Bilan énergétique*, 2023

Le projet d'arrêté tel que présenté dans le cadre réglementaire définit les termes et les conditions pour l'exploitation et la gestion d'un système d'électrification hors réseau au Bénin. Les articles de ce projet d'arrêté incluent : i) la portée de la production, de la distribution et de la commercialisation d'un système d'électrification hors réseau ; ii) les indicateurs de qualité des services ; et iii) les droits et devoirs du concessionnaire.¹⁶ Enfin, le cadre réglementaire recommande l'application des normes techniques et de sécurité de l'électrification hors-réseau de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI)¹⁷ au Bénin pour les systèmes solaires PV, les systèmes hybrides, la mini-hydro et la biomasse. Les normes techniques auxquelles les équipements électriques hors-réseau doivent répondre sont les suivantes :

1. **IEC TS 62257-9-5** : 2016 - Recommandations pour les systèmes d'énergies renouvelables et hybrides pour l'électrification rurale - Partie 9-5: Systèmes intégrés - Sélection de kits d'éclairage autonomes pour l'électrification rurale ;
2. **IEC TS 62257-9-3 ED. 2.0 EN** : 2016 - Recommandations pour les systèmes d'énergies renouvelables et hybrides pour l'électrification rurale - Partie 9-3 : Systèmes intégrés - Interface utilisateur.¹⁸

2.4 Sources d'énergies renouvelables disponibles pour les équipements utilisés à des fins productives

Le Bénin s'est fixé pour ambition d'atteindre 30 % d'accès à l'électricité à l'horizon 2030 par des solutions autonomes ou des mini-réseaux et a comme ressources d'énergies renouvelables principales l'hydroélectricité et le solaire.

2.4.1 Hydroélectricité

A l'heure actuelle, il existe seulement une microcentrale d'une capacité de **500 kW** qui fonctionne de façon saisonnière et produit à peine 0,20 % de l'énergie électrique consommée au Bénin.¹⁹

Il existe cependant d'autres études qui ont évalué à 1 230 GWh/an le potentiel hydroélectrique des grands cours d'eau qui coulent sur le territoire national. Il s'agit des sites d'Adjarala (154 MW) sur le Mono, de Kétou (122 MW), et d'Olougbé (60 MW) sur l'Ouémé, d'Okpara (29 MW), ainsi que les sites de Kota, de Tanougou, d'Agbado et de Dyodyonga. La puissance cumulée du potentiel en hydroélectricité du Bénin est estimée à 624 MW.²⁰

Il est à souligner que le Bénin dispose à la fois de ressources hydriques où peuvent être aménagées d'importantes centrales hydroélectriques avec un potentiel réel entre 100 et 200 MW (3 sites dans

¹⁶ Bénin Energie, *Bilan énergétique*, 2023

¹⁷ La CEI, Commission Electrotechnique Internationale, est une organisation mondiale à but non lucratif dont les travaux sont à la base de l'infrastructure de qualité et du commerce international des produits électriques et électroniques. La CEI publie environ 10 000 normes internationales CEI qui, avec l'évaluation de la conformité, fournissent le cadre technique qui permet aux gouvernements de mettre en place une infrastructure nationale de qualité et aux entreprises de toutes tailles d'acheter et de vendre des produits sûrs et fiables dans la plupart des pays du monde. Les normes internationales CEI servent de base à la gestion des risques et de la qualité et sont utilisées dans les essais et la certification pour vérifier que les promesses des fabricants sont tenues.

¹⁸ Bénin Energie, *Bilan énergétique*, 2023

¹⁹ Yêhouénou, *Transition énergétique au Bénin : quel apport du solaire photovoltaïque*, 2020

²⁰ *Ibid.*

le plateau et le Couffo), ainsi que de sites de faibles capacités entre 2 MW et 99 MW. Cependant, une grande partie du potentiel consiste en énergie secondaire, à cause des longues périodes d'étiage et des possibilités limitées de régularisation de l'écoulement des cours d'eau.²¹

2.4.2 Solaire

Le Bénin dispose de fortes potentialités d'ensoleillement qui lui permettent d'avoir une capacité annuelle de production située entre 1 800 et 2 200 kW/m².²²

En ce qui concerne les mini-réseaux, leur potentiel concerne principalement les localités à plus de 7-10 km du réseau conventionnel. D'ici 2030, 1.8 million d'habitants pourraient y être raccordés, contre 37 000 habitants pour l'hydro d'ici 2030 d'après Energydata.²³

2.5 Demande en électricité pour les équipements alimentés par les ERD à des fins productives au Bénin

Indicateurs	Données
PIB/habitant (USD)	1 434.7 ²⁴ (2023)
PIB par secteur 25	Agriculture : 29,4 % Industries : 17 % (dont 6 % pour les industries agroalimentaires) Services : 53 % (dont 11,8 % pour le commerce et 7,3 % pour le transport)
Exportations agricoles	780 millions USD en 2020 Principalement 3 produits agricoles non-transformés : Coton et ses sous-produits : 56 % Noix de cajou : 6,7 % Karité : 5,5 %
Dépenses mensuelles en énergie	5 % du revenu en moyenne
Opportunités pour les usages productifs de l'énergie	Transformation agricole de la filière cotonnière et anacarde Irrigation des rizières, maraichage

2.5.1 Le coton

Au Bénin, le coton est la première filière économique, qui génère plus de 40 % des emplois en milieu rural et fait vivre plus de 50 % de la population. Le pays est le plus grand exportateur de coton d'Afrique, avec plus de 765 000 tonnes produites en 2020. Le coton est principalement cultivé dans le nord du pays et dans une moindre mesure dans le centre. Le pays est divisé en quatre zones représentant le bassin cotonnier :

²¹ Ibid.

²² Yêhouénou, *Transition énergétique au Bénin : quel apport du solaire photovoltaïque*, 2020

²³ ESMAP and World Bank Group, *Global Electrification Platform*, 2023

²⁴ World Bank, *Données Bénin*, 2023

²⁵ Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, Direction générale du Trésor, *Situation économique et financière*, 2023

1. Alibori
2. Borgou
3. Atakora, Donga
4. Zou, Colline, Mono, Couffo, Plateau

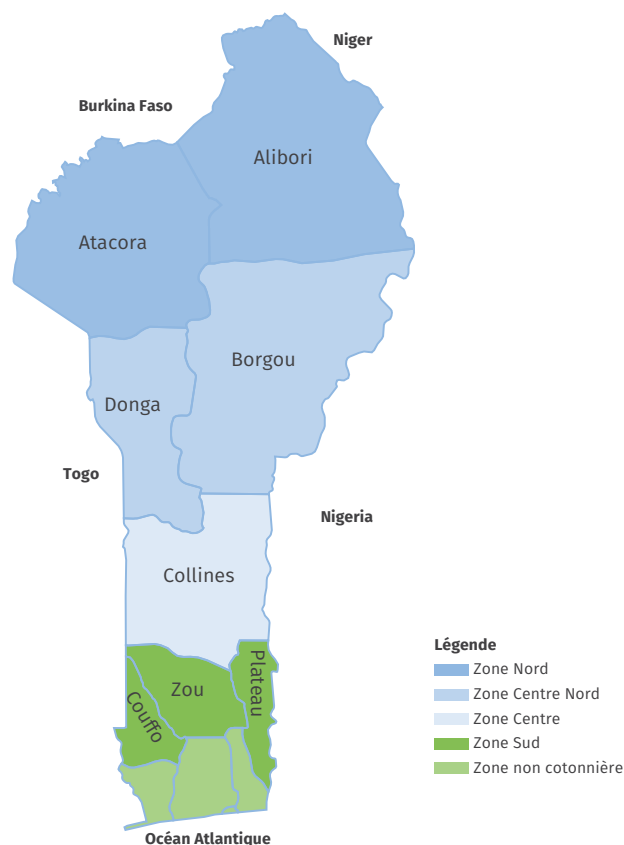


Figure 2: Répartition des cultures de coton, noix de cajou et riz au Bénin

2.5.2 La noix de cajou

La noix de cajou représente plus de 6 % des exportations de produits non transformés au Bénin. Chaque année, le pays produit 180 000 tonnes de noix de cajou, dont seulement 30 000 tonnes sont transformées sur place. Ceci représente un manque à gagner important pour le pays, puisqu'une fois transformée, sa valeur passe de 5 300 dollars la tonne à près de 9 000 dollars la tonne.²⁶

En plus de sa noix, la pomme de cajou peut être transformée en jus de fruit et sa coque peut être utilisée pour produire un baume de cajou (*Cashew Nut Shell Liquid ou CNSL* en anglais) qui contient trois produits chimiques principaux : l'acide anacardique, le cardol et le cardanol. Ce dernier a une grande valeur pour l'industrie chimique et peut être utilisé dans divers secteurs tels que la peinture, les systèmes de freinage, l'aéronautique et même l'industrie pharmaceutique.

Les équipements pour l'utilisation des ERD à des fins productives tels que les réfrigérateurs peuvent contribuer positivement au stockage et à la longévité des pommes de cajou sous la forme de jus de

²⁶ La Libre Afrique, *Benin : transformer localement la noix de cajou, pour ne rien en perdre*, Bénin : transformer localement la noix de cajou, pour ne rien perdre 2019

pomme de cajou. Les moulins solaires électriques peuvent également contribuer à accroître la productivité dans l'industrie. Enfin, les réacteurs de pyrolyse sont une solution de choix pour valoriser les coques de noix de cajou. En effet, aujourd'hui les coques de noix de cajou sont souvent brûlées à l'air libre, ce qui entraîne une importante émission de gaz à effet de serre et une pollution de l'air.

Le réacteur de pyrolyse permet de brûler les coques de noix de cajou à haute température en absence d'oxygène, ce qui produit du gaz combustible et du charbon. Cette technique permet de valoriser environ 82% de la masse des coques et de réduire de manière significative leur impact environnemental. L'énergie dégagée par la flamme est également utilisée pour chauffer la chaudière et alimenter en vapeur l'autoclave de fragilisation des coques. Des tests sont en cours pour optimiser la technologie et exploiter le potentiel énergétique du reste de la production de coques pour produire de l'électricité²⁷.

Étapes de transformation de la noix de cajou ²⁸		
Noix de cajou en amande blanche	Noix de cajou en amandes de cajou torréfiées ou grillées	Pommes de cajou en jus de pomme de cajou
stocker les noix	stocker les noix	triage
sécher les noix (ex : séchoir solaire)	sécher les noix (ex : séchoir solaire)	lavage
décortiquer les noix (ex : décortiqueuse électrique)	décortiquer les noix (ex : décortiqueuse électrique)	découpage
sécher les amandes (ex : séchoir solaire)	sécher les amandes	extraction
dépelliculer les amandes	dépelliculer les amandes	filtration
trier et peser les amandes	torréfier (ou griller) les amandes	clarification
classifier et conditionner les amandes	trier les amandes torréfiées (ou grillées)	réchauffage
	classifier et conditionner les amandes torréfiées (ou grillées)	embouteillage
		capsulage des bouteilles
		pasteurisation
		Refroidissement (ex. : frigo solaire)

Opportunités pour une transformation locale grâce aux équipements pour les usages productif

2.5.3 Les rizicultures

La culture du riz dépend de trois éléments majeurs : le sol, la gestion des intrants et l'eau. Cependant, face aux contraintes environnementales amplifiées par les changements climatiques, la riziculture est en difficulté et le rendement est en baisse constante augmentant les risques d'insécurité alimentaire.

27 Thierry Godjo, Jean-Philippe Tagutchou, Pascale Naquin, Rémy Gourdon, *Valorisation des coques d'anacarde par pyrolyse au Bénin*, 2015

28 Organisation internationale du Travail, *Commerce et chaînes de valeur dans les activités porteuses d'emplois (TRAVERA) : cas de l'anacarde au Bénin*, 2020

Au Bénin, le potentiel en terres rizicultivables évalué à environ 375 000 ha n'est exploité qu'à 21 % pour une production de 374 706 tonnes de riz paddy par an. Le potentiel de cette filière est aujourd'hui insuffisamment valorisé. Parmi les barrières mentionnées par le ministère de l'Agriculture, de l'élevage et de la pêche du Bénin, on trouve **le manque de matériel et d'équipements adaptés à la production et à la post-récolte (semoirs, matériel de désherbage, équipements de récolte de riz et pompes à eau par exemple). Certaines de ces barrières pourraient être comblées par une plus grande accessibilité et connaissance de ces équipements solaires ou alimentés par des solutions d'ERD.**

La Stratégie Nationale de Développement de la Riziculture (SNDR) du Bénin a l'ambition suivante : « A l'horizon 2025, la production locale du riz couvre largement les besoins de consommation de la population béninoise et est compétitive sur les marchés national et régional [...] L'objectif global de la SNDR est d'améliorer les performances des chaînes de valeur agricole du riz pour les rendre capables de contribuer à la sécurité alimentaire et nutritionnelle et au développement économique du Bénin ».

Afin d'arriver à cet objectif ambitieux, **le Bénin reconnaît comme prioritaire, parmi d'autres éléments, la maîtrise de l'eau pour la production rizicole et l'accès aux équipements agricoles modernes.**

2.6 Le marché actuel des équipements à usages productifs alimentés par des ERD au Bénin

Après avoir analysé la demande en énergie et les opportunités pour les équipements comme les systèmes de refroidissement et les pompes à eau pour l'irrigation, cette partie sera consacrée aux équipements alimentés par des ERD présents au Bénin. Comme mentionné dans l'introduction de l'étude, ne seront ici répertoriés que les équipements relatifs au secteur agricole, à savoir les réfrigérateurs et les pompes à eau solaires. En effet, ce dernier domine principalement le marché des équipements productifs au Bénin.

La majorité des équipements ont été analysés et certifiés par VeraSol, entité qui assure la conformité des équipements aux standards reconnus internationalement en termes de qualité et durabilité. Cependant, il existe aussi une quantité de produits non-certifiés sur le marché qui pourraient compromettre le développement et la confiance des utilisateurs dans les équipements pour les différents usages productifs de l'énergie et potentiellement les ERD.

Les **pompes solaires** existent dans une gamme de 150 W à 2,25 kW et celles qui sont adaptées aux énergies renouvelables hors réseau sont généralement en DC. Il existe de nombreux distributeurs sur le marché, comme BM Solutions, Jesuton, Précis Services, Soconeme, ARESS, BRCE, ISMAST Energy, etc.



ARESS compte parmi les principaux acteurs des énergies renouvelables au Bénin. Parmi les services proposés, ARESS vend des pompes à eau solaires de marque Haier alimentées par un champ solaire indépendant ainsi que des congélateurs d'une contenance de 480 litres.

A l'origine destinés pour les vaccins, les congélateurs ont finalement trouvé leur finalité dans la conservation des aliments.

La stratégie utilisée par ARESS afin de faire **adopter les équipements pour les usages productifs ali-**

mentés par l'énergie solaire par les entrepreneurs locaux consiste à :

- Mettre en place des points de présence dans toutes les communes et régions pour faire la communication autour des produits
- Les agents ARESS sont secondés par les agents MTN (société de télécommunication) pour relayer les informations
- Constituer un « réseau de clients satisfaits » pour témoigner de leur satisfaction auprès de potentiels nouveaux clients
- Collaborer avec un réseau d'institutions de microfinance (IMF)
- Faciliter le remboursement des équipements en donnant jusqu'à 4 ans pour ce faire

Cycle de vie des équipements vendus par ARESS :

ARESS est un acteur innovant sur le **marché du recyclage** au Bénin. Alors qu'aucune initiative pérenne n'existe aujourd'hui, la société a réfléchi à des solutions pour leurs clients et se place ainsi sur la chaîne « installer, déployer et recycler ».

Aujourd'hui, une expérience pilote a vu le jour. Pour les équipements qui ont plus de 7 ans, ARESS propose de les racheter à bas prix et de réinstaller de nouveaux modèles. ARESS collabore avec des centres de recyclages pour le traitement des équipements récupérés.

Figure 3: Entretien avec ARESS, 2023

Moins de 2% des Béninois ont un réfrigérateur. Les **réfrigérateurs** alimentés par des ERD sont en forte demande, mais une faible pénétration du marché. Il existe aussi un nombre d'autres solutions de réfrigération pouvant être alimentées par des ERD dans le marché, telles que le Sundanzer (en DC) et Roch (en AC).

Malgré les avantages économiques offerts par l'utilisation de ces équipements, les coûts initiaux représentent un obstacle majeur.

Pour atténuer les risques liés à l'acquisition et à la vente d'équipements destinés à un usage productif, plusieurs options de financement sont proposées. Ces mesures incluent l'attribution de subventions visant à réduire les coûts d'acquisition des équipements, ainsi que la mise en place de fonds de financement pour les distributeurs, afin de limiter les risques de crédit associés aux ventes.

Il existe également des programmes de financements basés sur le résultat qui permettent de subventionner la vente de ces équipements.

Au-delà des risques liés à l'irrecouvrabilité des créances, il est également essentiel de former les entreprises distributrices de ces équipements. En effet, d'entre elles proposent des paiements échelonnés, mais peinent à recouvrer le paiement en raison de leur manque de compétences dans la gestion des crédits pour les équipements à usages productifs. Les IMF peuvent également soutenir le secteur afin d'atteindre un plus grand nombre de clients potentiels. **A l'heure actuelle, six IMF ont pu signer un protocole d'accord avec au moins un fournisseur d'équipements via l'initiative GBE.**²⁹

29 Initiative GBE au Bénin : GBE (Grüne Bürger Energie) est une initiative ministérielle allemande menée dans 9 pays africains dont le Bénin.

Tableau 1 : Aperçu du marché des équipements ERD pour des usages productifs actuels au Bénin

Catégorie	Distributeur	Marque	Produit	Puissance (W)	AC / DC (voltage)	Testé
Pompes solaires	Précis Services	Bengal Renewable Energy	Pompe solaire submersible	1 kW	DC (30 - 96 V)	VeraSol
	BM Solution, Jesuton, Précis Service, Soconeme, ARESS, BRCE, ISMAST Energy	Bernt Lorentz	Pompe à eau solaire submersible	150 W - 4 kW	DC (44 - 150 V)	VeraSol
	Précis Services	Colergy	SPE 24	172 W	DC (n/a)	VeraSol
	Précis Services	Ennos AG	Sunlight pump – pompe de surface	500 W	DC (15 - 65 V)	VeraSol
	Africa Green Power, Bhaau Technology, BM Solution, BRCE, Jesuton, Précis service, Soconeme, SIGRADE technology, ISMAST Energy	Grundfos	Pompe à eau solaire submersible	1 000 W	DC (30 -300 V)	VeraSol
	ISMAST Energy Soconeme	Shenzhen Solartech	Pompe à eau solaire submersible	330 W	DC (20 - 80 V)	VeraSol
	BRCE, récis Services	Simusolar	Pompe à eau solaire submersible	2.25 kW	DC (60 - 400 V)	VeraSol
Réfrigérateurs solaires	Précis Services	Global Ice-Tec	Réfrigérateur solaire	n/a	DC (12 -24V)	VeraSol
	Africa Green Power, MAYA Group, Précis Services, ARESS, Bahaau Technology	Haier	Frigo/congélateur	65 W	AC (220 - 240 V)	VeraSol
	HBC Services, récis Services	Roch	Frigo/congélateur	1.39 kWh (/24h)	AC (230V)	VeraSol
		SunDanzer	Frigo solaire	0.167 kWh (/24h)	DC (12 - 24V)	VeraSol
Moulins solaires	MIONWA, récis Services	SolarMilling	ZebraMill	2.2 kW	n/a	CE
	MIONWA, récis Services	OmniVoltaic	Moulin solaire à grain de soya	n/a	n/a	n/a

L'initiative est un projet d'assistance technique pour les énergies renouvelables décentralisées qui a été mené entre 2019 et 2023.

2.7 Recyclage

Avec l'augmentation prévue de la capacité des EnR au Bénin dans le cadre de la politique nationale de développement des énergies renouvelables (PONADER), il est essentiel d'assurer une gestion appropriée de la fin de vie des équipements utilisés pour garantir la durabilité et éviter les impacts négatifs sur l'environnement et la santé humaine.

A l'heure actuelle,³⁰ le **Bénin ne dispose pas de politique nationale sur la gestion des déchets provenant des équipements électriques ou électroniques, qui concernent particulièrement le secteur des énergies renouvelables.**³¹

Bien que des règles en matière de gestion des déchets existent, elles ne sont généralement pas appliquées. Les barrières pour le recyclage des équipements sont :

- Manque d'infrastructures pour le traitement des déchets ;
- Manque de fonds pour créer la filière et la rendre rentable ;
- Pas de synergies entre les acteurs privés pour créer une filière recyclage.

Energising Development (EnDev), partenariat de développement énergétique financé par six bailleurs (les Pays-Bas, l'Allemagne, la Norvège, la Grande-Bretagne, la Suisse et la Suède) et coordonné par la GIZ, collabore avec le ministère de l'Énergie pour élaborer une stratégie nationale de gestion des déchets électroniques photovoltaïques. Cette stratégie est fondée sur une étude de base qui a révélé l'existence croissante de déchets électroniques résultant des importations de produits photovoltaïques au Bénin.

Actuellement, en l'absence d'entreprises de recyclage officielles et de cadre réglementaire, ces équipements en fin de vie sont souvent stockés ou abandonnés dans la nature, favorisant ainsi le secteur informel des déchets électroniques. Une fois le plan national élaboré, des **projets pilotes de collecte et de recyclage des déchets électroniques solaires photovoltaïques seront mis en œuvre avec un financement de l'Union Européenne.** L'objectif est de renforcer le secteur privé afin de développer la chaîne de valeur des déchets électroniques photovoltaïques de manière efficace. Ces projets pilotes seront mis en œuvre pour tester la faisabilité de la stratégie nationale. Ils soutiendront le secteur privé dans la collecte et le recyclage des déchets électroniques photovoltaïques, en se basant sur le principe de la responsabilité élargie du producteur. Ces projets pilotes visent également à promouvoir l'innovation et la sensibilisation.³²

30 L'entretien s'est tenu en mars 2022, les mesures concernant le recyclage des équipements électriques et électroniques peuvent avoir évolué.

31 Informations issues d'un entretien avec l'ABERME

32 EnDev Bénin, *Analyse du marché des systèmes solaires*, 2020

The background is a solid green color. On the left side, there is a light green silhouette of the map of Cameroon. Scattered across the top right area are several white line-art illustrations of botanical elements, including individual leaves and clusters of small flowers or fruits.

Cameroon

3. Le marché des équipements pour l'utilisation des ERD à des fins productives au Cameroun

« Le Cameroun dispose d'un grand potentiel en termes d'énergies renouvelables, tant dans le domaine de l'hydroélectricité que dans celui du solaire. L'objectif politique est de porter à 25 % la part des énergies renouvelables dans le mix électrique à l'horizon 2035, dont 11 % pour la petite hydroélectricité (660 MW) et 6 % pour le solaire (360 MW).

Le coton, mil-sorgho, cacao et café présentent tous d'importantes opportunités de développement socio-économique et d'exportation pour le pays. A cette fin, l'utilisation de sources d'énergie renouvelables dont le pays est doté est tout à fait logique.

Dans ce contexte, les équipements d'utilisation productive sont essentiels pour assurer le lien entre le potentiel pour la transformation locale et les résultats sur le terrain. »



Valérie Nkue³³

Directeur des Energies renouvelables et de la maîtrise de l'énergie
Ministère de l'Eau et de l'Energie du Cameroun

3.1 Introduction

Au Cameroun, **71 % de la population bénéficie d'un accès à l'électricité** avec de grandes disparités entre la population urbaine, qui bénéficie à 94 % d'accès à l'électricité, contre seulement 25 % de la population rurale.

Le secteur agricole représente un peu plus de 20 % du PIB et emploie 62 % de la population active.

Le secteur est donc clé pour l'économie camerounaise, lui assurant son autosuffisance alimentaire. Il contribue également à près de 23 % des exportations totales du pays.

Le climat varie en fonction des régions, principalement entre le nord et le sud. L'extrême nord est favorable, entre autres, au coton, au mil-sorgho, à l'oignon et au sésame, alors que la région du sud du sud est favorable au cacao, au café, au manioc, au plantain, à l'ananas et à l'huile de palme.

Ces cultures diversifiées permettent l'utilisation d'équipements variés pour les usages productifs, que ce soit des moulins alimentés à l'énergie solaire pour les céréales, des réfrigérateurs pour des solutions de refroidissements, des séchoirs pour la conservation et la transformation des fruits et des légumes après leur récolte, des pompes à eau solaire pour l'irrigation des cultures ou des pulvérisateurs pour les fongicides et herbicides. De nombreux équipements pouvant être alimentés par les énergies renouvelables sont disponibles sur le marché camerounais.

³³ Citation de 2022

3.2 Fiche technique

Indicateurs	Données
A. Démographie³⁴	
Surface (km ²)	475 442
Population totale	28 647 293 (2023)
Part de la population rurale (%)	41 % (2023)
Part de la population urbaine (%)	59 % (2023)
Age moyen	18,8 (2021)
B. Economie³⁵	
PIB par habitant (USD)	1 673 USD (2023)
Croissance du PIB (% annuel)	4,4 % (2023)
Pauvreté extrême (moins 1.90 USD par jour) (%)	25,7 %
Revenus moyens	n/a
Secteurs d'activité principaux	Agriculture (16,9 %) (2021) ³⁶ Dont les cultures de rentes (cacao, café, bananes, coton etc.) et les cultures vivrières (bananes plantains, maïs, manioc)
C. Accès à l'électricité	
Accès à l'électricité (% de la population)	71 % (2022)
Accès à l'électricité en population urbaine (%)	94 % (2022)
Accès à l'électricité en population rurale (%)	25 % (2022)
Production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables hors énergie hydroélectrique (% du total)	n/a
Nombre de systèmes autonomes existants	n/a
Nombre de mini-réseaux opérationnels	n/a

3.3 Cadre réglementaire en vigueur pour les ERD

Le cadre réglementaire des énergies renouvelables au Cameroun a pour but de favoriser leur émergence et promotion.

La régulation en vigueur pour l'implication du régulateur dans les projets d'électrification rurale est la suivante :

³⁴ World Bank, *Données Cameroun*, 2024

³⁵ Ibid.

³⁶ Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, *Cameroun – Indicateurs et conjoncture*, 2023

Loi n° 2011/022

1. (Art. 39) L'implication du régulateur dans les projets d'électrification rurale n'est pas nécessaire dans les projets d'installation d'autoproduction supérieure à 100 kW et inférieure à 1 MW. Une déclaration de mise en service auprès de l'Agence de Régulation du Secteur de l'Électricité (ARSEL) est cependant nécessaire.
2. (Art. 60) « (1) Dans le cadre de l'électrification rurale, et dans les limites définies par voie réglementaire, la production, notamment de centrales hydroélectriques de puissance inférieure ou égale à 5 MW, la distribution et la vente d'électricité sont assurées par simple autorisation de l'Agence de Régulation du Secteur de l'Électricité, sans exigence particulière d'appel d'offres, de publicité, dans le respect de la réglementation en vigueur et notamment les règles de sécurité et de protection de l'environnement. (2) Le décret visé à l'alinéa 1 ci-dessus détermine les conditions dans lesquelles les auto-producteurs vendent en zone rurale la production ne pouvant pas être affectée à leurs besoins. »

En ce qui concerne l'implication du régulateur dans les projets de Partenariats Public-Privé (PPP), voici les points clés :

La loi PPP est théoriquement d'application large mais ne semble pas devoir s'appliquer aux projets d'électricité.

- La Loi n° 2006/012 sur les PPP ne fait pas référence à l'intervention du régulateur ni aux lois sectorielles. Elle s'applique aux contrats de partenariat définis comme des contrats confiant à un tiers la responsabilité de différentes phases d'un projet d'investissement.
- La Loi n° 2011/022 sur l'électricité ne fait pas référence à la loi sur les PPP. Toutefois, pour les projets du secteur de l'électricité, cette loi semble être la plus pertinente, car elle prévoit des dispositions spécifiques pour la préparation et la passation des marchés. Elle prévoit également une intervention détaillée du régulateur.
- Le Décret n° 2012/2806/PM complète la loi en précisant que les concessions et licences de production d'électricité sont octroyées par appel d'offres. Avant le lancement de l'appel d'offres, l'Agence de Régulation soumet les projets de conventions et de cahier des charges à l'Administration chargée de l'électricité pour approbation. L'Agence est responsable de l'organisation et du lancement de l'appel d'offres, conformément aux critères et procédures définis. La décision de renouveler les concessions et licences est prise par l'Administration chargée de l'électricité, sous réserve des dispositions de l'article 17 du décret.³⁷

En résumé, le cadre réglementaire pour l'implication du régulateur dans les projets d'électrification rurale implique une déclaration de mise en service pour les projets d'autoproduction d'électricité, tandis que l'autorisation de l'ARSEL est requise pour la production, la distribution et la vente d'électricité en zone rurale. Pour les PPP, la loi spécifique sur les PPP ne semble pas couvrir spécifiquement les projets d'électricité. Cependant, la Loi n° 2011/022, postérieure à la loi sur les PPP, prévoit des dispositions spécifiques pour la préparation et la passation des marchés dans le secteur de l'électricité, avec une intervention détaillée du régulateur selon le Décret n° 2012/2806/PM.

Il est cependant à noter que le corpus réglementaire du mini-réseau est en cours de révision afin de développer un cadre qui facilitera l'émergence du secteur privé.³⁸

37 ARSEL, *Loi régissant le secteur de l'électricité au Cameroun*, 2011

38 Révision mise en œuvre par la Banque africaine de Développement (BAD) dans le cadre du Fonds pour l'énergie durable en Afrique (SEFA)

3.4 Sources d'énergies renouvelables disponibles pour les équipements utilisés à des fins productives

L'objectif **en matière d'électrification rurale est de 55 % d'ici 2035**. Les énergies renouvelables constituent une solution intéressante pour cela. Au Cameroun, les sources d'énergies renouvelables disponibles sont principalement les suivantes :

3.4.1 Hydroélectricité

Le potentiel hydroélectrique national est estimé à 23 000 MW, dont 75 % sont concentrés dans le bassin du fleuve Sanaga, situé dans le nord du pays. Cependant, seulement 3 % du potentiel hydroélectrique du Cameroun est actuellement exploité. Les prévisions estiment que l'hydroélectricité représentera environ 75 % du mix énergétique d'ici 2023.³⁹

Innovation Energie Développement (IED) Invest, entreprise spécialisée dans le développement et la mise en place de projets d'énergétiques renouvelables en Afrique, a inauguré en décembre 2021 la mise en service de la mini centrale hydro-électrique de Mbakaou-Carrière d'une capacité de production de 1,4 MW. Ce projet a été réalisé dans le cadre d'un partenariat public-privé (PPP) entre les autorités camerounaises en charge de l'énergie et IED Invest, en partenariat avec le groupe français IED. L'installation devrait permettre l'électrification de huit villes et villages et le branchement d'environ 2,800 ménages. Avec la mise en service de la mini centrale hydroélectrique, les centrales thermiques de Tibati, Ngaoundal et Mbakaou ont été arrêtées partiellement ou totalement.

La mini-centrale hydroélectrique est un exemple de la manière dont l'exploitation des énergies renouvelables peut contribuer à la diversification du mix énergétique du pays et à la création d'emplois dans les secteurs des énergies renouvelables.

3.4.2 Solaire

Le Cameroun bénéficie d'un taux d'ensoleillement annuel de 2 500 heures, en raison de sa situation géographique. Le rayonnement solaire y est distribué de manière inégale et varie en intensité d'une zone à l'autre en fonction des saisons. Le nord et l'extrême nord reçoivent entre 2 000 et 2 200 kWh/m²/an. Ce sont les zones les plus ensoleillées du pays. Les régions du sud et du littoral reçoivent quant à elles entre 1 800 et 2 000 kWh/m²/an d'irradiation journalière.

Actuellement, il existe une centrale solaire dotée de 20,16 KWc permettant d'alimenter l'hôpital du district de Bangangté à 80 % ainsi que la ville qui compte près de 100 000 habitants dans l'ouest du Cameroun. Le dispositif rentre dans le cadre du projet « Femmes et énergies renouvelables : appui au réseau des femmes élues locales du Cameroun » dans la commune de Bangangté (ENERBA) mis en place par l'Association Internationale des Maires Francophones (AIMF) avec l'appui de l'ADEME et de la Fondation Veolia⁴⁰.

39 International Hydropower Association, *Country Profile - Cameroon*, 2023

40 La Tribune Afrique, *Au Cameroun, un hôpital éclairé grâce à l'énergie solaire*, 2019

3.5 Demande en électricité pour les équipements alimentés par les ERD à des fins productives au Cameroun

PIB/habitant	1 673 USD ⁴¹
PIB par secteur	• Agriculture : 16,9 % (2021) • Industries : 23,3 % (2021) • Services : 51,1 % (2021)
Exportations	3.69 milliards USD en 2020 ⁴² Matériel non transformé : 1. Pétrole 2. Bauxite 3. Minerais de fer 4. Bois 5. Hydroélectricité Exportations : 1. Pétrole non raffiné (1 milliard USD) 2. Fèves de cacao (525 millions USD) 3. Bois scié (433 millions USD)
Consommation annuelle d'électricité par habitant	771 kWh/an Les dépenses mensuelles pour l'électricité représentent 5 % du revenu en moyenne
Opportunités pour les usages productifs de l'énergie	Les principales cultures d'exportation sont la banane, le cacao, le café, le coton et le caoutchouc. Il existe aussi de riches opportunités dans les industries de manioc, maïs et sorgho.

3.5.1 Cacao

Le cacao est une source importante de revenus pour l'État et une activité économique fondamentale dans les zones rurales au Cameroun. Avec un niveau de production compris entre 210 000 et 270 000 tonnes par an au cours de la dernière décennie, le Cameroun est actuellement le cinquième producteur mondial de cacao. Il exporte environ 75 % de sa production sous forme de fèves brutes qui sont produites principalement par de petits exploitants situés dans les zones forestières mais aussi de plus en plus dans les zones de savane.

La région du Sud-Ouest a été le principal bassin de production de cacao pendant plus de deux décennies. Le nombre de ménages possédant des cacaoyers est également mal connu et varie entre 250

⁴¹ Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, *Cameroun – Indicateurs et conjoncture*, 2023

⁴² Ibid.

000 et 600 000.⁴³ Il y a environ 400 000 emplois générés dont 293 000 agriculteurs, 2 800 travailleurs formels et 73 000 travailleurs ruraux.

La déforestation et les émissions de gaz à effet de serre qui en découlent contribuent de manière significative à l'impact sur la santé humaine et à la qualité des écosystèmes. En vue de réduire l'impact environnemental et d'augmenter les gains pour les cacaoyers, une attention particulière devrait être accordée à l'augmentation du rendement par **de bonnes pratiques agricoles et vertes ainsi que par l'optimisation du transport via des solutions de mobilité électrique.**⁴⁴

3.5.2 Sorgho

Le sorgho est la principale céréale cultivée dans l'extrême nord du Cameroun. Sa production représente près de **80 % du volume total de la production céréalière dans la région**⁴⁵ et fournit l'essentiel de l'énergie et des protéines végétales nécessaires à la population de cette partie du pays. Le sorgho est également l'une des céréales traditionnelles et constitue la base alimentaire de la population sahéenne. La quasi-totalité de la production de sorgho de contre-saison est destinée à l'alimentation humaine (couscous, biscuits, etc.).

D'autre part, une grande quantité de sorgho pluvial est utilisée pour la fabrication de la boisson locale appelée «Bil-bil». De nombreuses femmes de l'extrême nord du Cameroun subviennent aux besoins de leur famille tout au long de l'année grâce aux revenus substantiels tirés de la commercialisation de cette boisson locale.⁴⁶

La zone semi-aride du Cameroun (régions du nord et de l'extrême nord) est pourtant vulnérable au changement climatique en raison de son exposition à des phénomènes météorologiques extrêmes comme la sécheresse et les inondations, d'un environnement de production peu favorable (outils rudimentaires, petites surfaces), d'une faible capacité d'adaptation, d'une grande vulnérabilité sociale des communautés, et d'un manque de connaissance et de ressources qui empêchent les ménages ruraux d'adopter les mesures d'adaptations aux changements climatiques.

L'adaptation à cette vulnérabilité via les ERD pourrait atténuer certains des effets négatifs associés à la destruction des écosystèmes agricoles et augmenter la productivité du sorgho d'environ 21,99 %. En l'absence de stratégies d'adaptation, les ménages perdront 11,22 % de leur productivité en sorgho.⁴⁷

3.6 Le marché actuel des équipements à usages productifs alimentés par les ERD au Cameroun

Le marché des équipements productifs alimentés par les ERD au Cameroun est principalement **dominé par les pompes solaires**. Une partie des équipements a été analysée et certifiée par VeraSol, qui assure la conformité des équipements aux standards reconnus internationalement en termes de qualité et durabilité. Cependant, il existe aussi une quantité de produits non-certifiés et de mauvaise qualité

⁴³ European Commission, Analysis of the cacao value chain of Cameroon, 2020

⁴⁴ ARE, E-mobility & DRE Innovations in Emerging Economies, 2022

⁴⁵ IRAD, Development of agricultural varieties: the satisfaction of 60 years of IRAD research on sorghum in the Far North of Cameroon, 2021

⁴⁶ IRAD, Development of agricultural varieties: the satisfaction of 60 years of IRAD research on sorghum in the Far North of Cameroon, 2021

⁴⁷ Tagang Tene, Cameroon's adaptation to climate change and sorghum productivity, 2022

qui pourraient compromettre le développement et la confiance des utilisateurs dans les équipements pour les différents usages productifs et potentiellement dans les ERD.

Les pompes solaires existent dans une gamme de 375 W à 4 kW et celles qui sont adaptées aux énergies renouvelables hors réseau sont généralement en DC. Il y a plusieurs distributeurs sur le marché, comme Cameroon Solar Solutions SARL, Ingénium Solar Energy et Berco Technology Company.

Les réfrigérateurs solaires sont très prometteurs, mais ont peu pénétré le marché à ce stade. Il existe des solutions de réfrigération pour conserver les produits agricoles et des machines de glace pour conserver les pêches, tels que le « Juka » (en DC) et « MPower » (en AC).

Tableau 2 : Aperçu du marché actuel des équipements à usages productifs alimentés par les ERD au Cameroun⁴⁸

Catégorie	Distributeur	Marque	Produit	Puissance (W)	AC / DC (voltage)	Testé
Pompes solaires	African Solar Generation (ASG)	Ennos AG	Pompe de surface (centrifuge)	375 W	DC (13 - 25 V)	n/a
	Powerdeal Energy Cameroun Sahel Energy	Grundfos	Pompe de surface (centrifuge)	1.73 kW	DC (30 - 300 V)	n/a
	Powerdeal Energy Cameroun Sahel Energy	Grundfos	Pompe submersible (centrifuge)	1.4 kW	DC (30 - 300 V) AC (90 - 240 V AC)	VeraSol
	Powerdeal Energy Cameroun Sahel Energy	Grundfos	Pompe hélicoïdale submersible	1 400 W	DC (30 - 300 V) AC (90 - 240 V)	n/a
	Cameroon Solar Solutions SARL	Lorentz	Pompe de surface	70 / 1 700 / 4 000 W	DC (150 / 200 / 350 V DC)	n/a
	Cameroon Solar Solutions SARL Ingénium Solar Energy Berco Technology Company	Lorentz	Pompe hélicoïdale submersible (6 modèles)	300 - 4 000 W	DC (AC et DC pour 1 modèle) 50 V DC - 200 V DC	VeraSol
Réfrigérateurs solaires	Free Engineering Services	Juka	Congélateur	24 – 53 W	DC (12-24V)	n/a
	Free Engineering Services	Juka	Congélateur / Frigo combiné	65 – 80 W	DC (12-24 V)	n/a
	Mifed Energy Access	MPower Ventures	Frigo / congélateur combiné	120 - 130 W	AC (220 V)	n/a
	GIE Cameroun	Zhenghou Sunshine Machinery	Frigo solaire	25 Wh	DC (12 V) AC (220 V)	n/a

48 Power Africa and USAID, *Off-Grid Productive Use of Energy*, 2020

3.7 Recyclage

Au Cameroun, deux lois environnementales régissent la gestion des déchets d'équipements électriques et électroniques (D3E) et les équipements d'éclairage :

1. Le décret numéro 2012/2809/PM du 26 septembre 2012 décrit les conditions de tri, de collecte, de stockage, de transport, de valorisation, de recyclage, de traitement et d'élimination des déchets.
2. L'arrêté conjoint numéro 005/MEPNSD/MT fixe les conditions spécifiques de gestion des équipements électriques et électroniques et d'élimination des déchets issus de ces équipements. L'arrêté s'applique également à tous les composants, sous-composants et produits consommables qui faisaient partie du produit au moment du tri.

Selon le décret numéro 2012/2809/PM 2012, pour chaque catégorie d'équipement sur le marché, les producteurs doivent respecter les exigences suivantes :

1. Les producteurs doivent assurer la collecte sélective des D3E ménagers en mettant en place un système individuel de collecte sélective ou y contribuer en versant une contribution financière à un organisme agréé.
2. Les déchets d'équipements électriques et électrotechniques collectés doivent être stockés dans des conditions permettant d'assurer leur tri sélectif.
3. L'obligation pour les producteurs, distributeurs et autres acteurs est de ne pas mélanger les déchets d'équipements électriques et électroniques avec les ordures ménagères non triées.

Les utilisateurs finaux sont responsables de l'élimination et du traitement des déchets d'équipements électriques et électroniques provenant des entreprises du marché, sauf si les utilisateurs ont un accord avec le vendeur. En outre, la valorisation des D3E doit primer sur leur destruction. Il est toutefois recommandé aux entreprises de prendre des mesures pour réduire la quantité de ces déchets en veillant à ce que tous les équipements électriques et ménagers usagés soient collectés à la fin de leur vie.

Bien que la loi existe, il a été constaté au cours des interviews et échanges avec le secteur privé sur place qu'elle n'est pas suffisamment respectée par manque de moyens incitatifs et de système de collecte des déchets.

Une initiative pour le traitement des D3E : Le projet WEEECAM

Le projet WEEECAM a démarré en 2018 au Cameroun sous l'égide des associations françaises « Solidarité Technologique » et la « Guilde européenne », avec le soutien de l'ADEME et du Fonds Français pour l'Environnement Mondial (entre autres). A l'origine, le projet avait pour ambition d'installer un système de collecte des D3E à grande échelle à Douala et Yaoundé, de mettre en œuvre un système de traitement des D3E à grande échelle, ainsi que de renforcer le cadre institutionnel existant et valoriser et capitaliser sur l'expérience du projet pour faciliter sa reproductibilité.

Le projet devait durer 5 ans et inclure la construction d'une usine de traitement des D3E à Douala pour 5 000 tonnes de D3E récupérés annuellement en plus du site de traitement des déchets à Yaoundé. Bien que les centres de traitement ne soient pas dédiés uniquement au marché des équipements solaires, ces derniers représentent une large part des D3E aujourd'hui et dans le futur.

Cependant, plusieurs défis empêchent le déploiement à grande échelle de l'usine à l'heure actuelle.

- **Accès au gisement :** Difficile, car le secteur informel investit des activités non ou moyennement structurées et porteuses de ressources potentielles comme les déchets. Le secteur informel exploite les composants ou fractions valorisables des équipements, particulièrement les D3E. Par conséquent, les D3E sont captés par le secteur informel actif sur le terrain sur une base marchande erronée (valeurs des fractions valorisables, ne prenant pas en compte la charge du traitement de l'équipement). Les composés polluants sont simplement dispersés dans la nature. Ceci vaut autant pour les déchets ménagers que les déchets des entreprises car celles-ci sont aussi nombreuses à être informelles (70% des entreprises et 50% du PIB est issu de ces dernières).

L'hypothèse sur laquelle WEEECAM travaille est de valoriser et « officialiser » ce réseau de collecteurs informels pour l'apport qu'il peut avoir dans la captation des gisements (rémunérer correctement la collecte) et d'interdire la casse, le démantèlement et le recyclage des D3E en dehors des centres agréés.

- **Modification de la législation nécessaire :** le ministère de l'Environnement doit être pleinement associé au projet et modifier la législation pour inciter les détenteurs de D3E à les recycler.
- **Fraction orpheline :** ce sont les fractions issues d'un démantèlement des D3E où les équipements DEEE ne trouvant pas, à un temps donné sur un territoire donné, une issue raisonnable de traitement ou de valorisation, du fait des infrastructures insuffisantes et des limites des collectivités, des producteurs, des opérateurs, des industries de la transformation, de l'enfouissement ou de la destruction des déchets dangereux du pays. WEEECAM a réussi à faire passer en deux ans leur taux de fractions orphelines de 58.8% à 19.2% en faisant le choix d'un export pour des fractions toxiques spécifiques, et en mettant en place une identification plus précise de certaines fractions afin de les isoler d'un flux pollué et de permettre une valorisation locale.
- **Démantèlement manuel :** le démantèlement est encore manuel au Cameroun, et par conséquent prend beaucoup de temps. Ceci est un frein pour le déploiement à grande échelle du traitement des déchets. Une solution serait de passer à la mécanisation.

The background of the image is a solid green color. On the left side, there is a light green silhouette of the island of Madagascar. Scattered across the upper right portion of the image are several white line-art icons of fish and sea creatures, including various species of fish and nautilus-like shells.

Madagascar

4. Le marché des équipements pour l'utilisation des ERD à des fins productives au Madagascar

« Les opportunités pour les usages productifs à Madagascar sont principalement le pompage solaire et les décortiqueuses pour la culture rizicole ou d'autres cultures comme les arachides. Il y a également beaucoup de petits ateliers mécaniques, comme des postes à souder en milieu rural. Aujourd'hui, ces postes à souder créent des perturbations dans la production à cause du manque de normes techniques. »



Mamisoa Rakotoarimanana

Secrétaire Exécutif

Agence de Développement de l'Electrification Rurale (ADER) Madagascar

4.1 Introduction

A Madagascar, **seulement 36.1 % de la population a accès à l'électricité**. Cependant, les disparités sont fortes entre la population urbaine et la population rurale. Près de 71 % de la population urbaine a accès à l'électricité quand seulement 10.9 % de la population rurale y a accès.⁴⁹

En termes d'ERD, il est estimé qu'environ **530 mini-réseaux (100 000 – 150 000 connexions)** pourront être construits d'ici 2030.⁵⁰

Selon la plateforme Energydata,⁵¹ le potentiel pour les mini-réseaux serait très important avec près de **3,1 millions d'habitants qui pourraient être électrifiés d'ici 2030 avec le solaire photovoltaïque, 0,45 million d'habitants avec l'éolien**. Cependant, l'objectif établi par la Nouvelle Politique de l'Energie (NPE)⁵² est de connecter 30 % de la population par mini-réseaux, ce qui représente environ 5,7 millions d'habitants.

Une des barrières principales du marché des mini-réseaux réside dans la faible capacité financière des usagers finaux ainsi que dans l'orographie du pays.⁵³

En ce qui concerne les opportunités du côté de la demande en électricité, à l'instar des autres marchés, on retrouve le secteur agricole en tant que secteur d'activité prédominant dans le pays. Il représente plus de 24 % du PIB du pays (et atteint les 40 % en intégrant les industries agroalimentaires) et emploie plus de 80 % de la population active. La culture prédominante du pays est le riz. Madagascar compte

49 World Bank, *Données Madagascar*, 2023

50 EU TAF, Facilité d'Assistance Technique Globale de l'UE (TAF) pour l'Energie Durable – Madagascar, 2022

51 ESMAP and World Bank, *Global Electrification Platform*, 2023

52 Lettre de Politique de l'Energie 2015-2030 (NPE)

53 EU TAF, Facilité d'Assistance Technique Globale de l'UE (TAF) pour l'Energie Durable – Madagascar, 2022

plus de 1.3 millions d'hectares de superficie rizicole dont 78.8 % en riziculture irriguée, contre 8.4 % en riziculture pluviale, et 12.9 % en riziculture sur brûlis.⁵⁴

Outre les rizicultures, la culture du sorgho est capitale pour l'alimentation de la population. La céréale est cultivée sur une superficie de 16 000 ha dans plusieurs communes des régions Androy, Anosy et Atsimo Andrefana. Ces régions connaissent un climat aride où la sécheresse prédomine avec une faible pluviosité et un taux d'ensoleillement élevé. L'opportunité pour les pompes solaires est dès lors important. Il existe également de fortes opportunités dans les sous-secteurs de l'élevage et de la pêche.

Finalement, la filière arachide est également prometteuse pour le pays et requiert l'utilisation de petites décortiqueuses. Les finalités des arachides sont multiples (nature, salée, en sauce ou pour de l'huile) et contribuent à la transformation locale de l'arachide.

4.2 Fiche technique

Indicateurs ⁵⁵	Données
A. Démographie	
Surface (km ²)	587 041
Population totale	30 325 735 (2023)
Part de la population rurale (%)	59 % (2023)
Part de la population urbaine (%)	41 % (2023)
B. Economie	
PIB par habitant (USD)	528,7 (2023)
Croissance du PIB (% annuel)	1,5 % (2023)
Pauvreté extrême (moins 1.90 USD par jour) (%)	74,3 % ⁵⁶ (2021)
Revenus moyens	n/a
Secteurs d'activités principaux	Agro-industrie (74,7 % en 2018)
C. Accès à l'électricité	
Accès à l'électricité (% de la population)	36,1 % (2022)
Accès à l'électricité en population urbaine (%)	71,6 % (2022)
Accès à l'électricité en population rurale (%)	10,9 % (2022)
Production d'électricité à partir de sources d'énergies renouvelables hors énergie hydroélectrique (% du total)	n/a
Nombre de systèmes autonomes existants	1 000 000 ⁵⁷ (2020)
Nombre de mini-réseaux opérationnels existants	130 ⁵⁸ (2020)

⁵⁴ Programme Alimentaire Mondial, *La filière riz à Madagascar face à la fortification*,

2019 ⁵⁵ World Bank, *Données Madagascar*, 2022

⁵⁶ IFC, *Créer des marches à Madagascar*, 2021

⁵⁷ SeForAll, *Energising Finance - Taking the Pulse – Madagascar*, 2020

⁵⁸ Ibid.

4.3 Cadre réglementaire en vigueur pour les ERD

La révision du cadre légal du code de l'électricité à Madagascar, adoptée en 2017, s'inscrit parmi les stratégies de mise en œuvre de la NPE adoptée en 2015 dans le cadre du Plan National de Développement (PND) 2015-2019.

La vision de la NPE est fondée sur un principe fondamental de moindre coût et sur cinq objectifs qualitatifs pour le secteur : l'accès de tous à l'énergie moderne, l'abordabilité, la sécurisation de la qualité et de la fiabilité des services, la sécurité énergétique et la durabilité. Pour l'énergie moderne (électricité et éclairage), l'objectif est de fournir un accès durable à 70 % des ménages à l'horizon 2030.

Pour cela, le cadre réglementaire comprend comme mesures clés :

1. **Régimes d'exercice** : Trois régimes sont établis pour la production, le transport et la distribution d'énergie : la concession, l'autorisation et la déclaration. Des seuils sont définis pour encourager les investissements dans les énergies renouvelables et faciliter les procédures administratives pour les producteurs verts.
2. **Définition des énergies renouvelables** : Les énergies renouvelables incluent l'énergie solaire thermique et photovoltaïque, éolienne, hydroélectrique, géothermique, biomasse, marine et issue des déchets.
3. **Priorité de raccordement** : Les demandes de raccordement des installations de production d'énergies renouvelables bénéficient d'une priorité pour assurer une installation rapide. En cas de congestion du réseau, une priorité d'injection est accordée, dans la mesure du possible, aux installations utilisant des énergies renouvelables.
4. **Fournisseur vert** : La loi définit le concept de «Fournisseur vert», qui vend un pourcentage d'énergie renouvelable. Ce fournisseur doit obtenir une licence de fourniture verte et peut bénéficier d'un statut fiscal avantageux.
5. **Planification et tarification** : Le ministère de l'Énergie élabore un plan national de production d'énergie, y compris via les énergies renouvelables, ainsi que de développement des réseaux électriques pour une durée de quinze ans, réévalué tous les deux ans. Des principes directeurs pour la fixation des tarifs de vente d'énergie électrique sont établis.
6. **Autorité de Régulation de l'Électricité** : Une autorité de régulation est établie pour superviser le secteur de l'électricité.
7. **Électrification rurale** : Des dispositions spécifiques sont prévues pour l'électrification des zones rurales.
8. **Surveillance, contrôle et sanctions** : Des mécanismes de surveillance, de contrôle et de sanctions sont prévus pour assurer le respect des réglementations.
9. La loi est composée de 11 titres couvrant différents aspects liés à l'électricité, y compris les énergies renouvelables, les licences de fourniture, l'efficacité énergétique, la tarification, l'autorité de régulation, l'électrification rurale et les dispositions transitoires.⁵⁹

Le Bureau des Normes de Madagascar (BNM) fixe des normes de qualité pour une variété d'industries, dont l'énergie.

L'Office de Régulation de l'Électricité (ORE) dispose également de normes techniques en vi-

59 EDBM, Loi n°2017-020 portant Code de l'Électricité à Madagascar, 2017

gueur dans le secteur de l'énergie. Il se concentre principalement sur la transmission et la distribution. Des normes photovoltaïques solaires, fondées sur les normes de la Commission Electrotechnique Internationale (CEI),⁶⁰ ont été proposées, mais n'ont pas encore été publiées.

La loi n° 2013-13 sur la production et la commercialisation de l'éthanol combustible et ses décrets ultérieurs précisent les normes de qualité pour les poêles à éthanol à Madagascar.⁶¹

4.4 Sources d'énergies renouvelables disponibles pour les équipements utilisés à des fins productives⁶²

- **Hydroélectrique**

Le potentiel hydroélectrique a été estimé à environ 7,8 GW. Aujourd'hui, seulement 2 % de ce potentiel est exploité. Plus de 800 sites hydroélectriques à haut potentiel mais inexploités ont été répertoriés sur l'ensemble du territoire, allant de 10 kW à 6 000 MW.

- **Solaire**

Presque toutes les régions de Madagascar reçoivent plus de 2,800 heures de soleil par an. La production annuelle moyenne s'élève à 1 600 kWh/kWc. Les potentiels maximums sont parmi les plus élevés au monde et les potentiels minimums sont en moyenne 3 à 4 fois supérieurs au potentiel en Europe de l'Ouest.

- **Eolien**

La partie nord et la partie sud ont des vitesses de vent de 3 à 8 m/s à 20 m/s, avec une capacité potentielle d'environ 2 000 MW pour la production d'électricité.

- **Biomasse**

Plus de 80 % de la population malagasy vit de l'agriculture, un secteur qui produit de nombreux déchets végétaux non exploités. Accompagnée d'un système de collecte efficient, la technologie de production d'électricité à partir de biomasse constitue une opportunité.

60 La CEI, Commission Electrotechnique Internationale, est une organisation mondiale à but non lucratif dont les travaux sont à la base de l'infrastructure de qualité et du commerce international des produits électriques et électroniques. Consultez la note à la page 11 pour plus d'informations

61 GET.invest, *Information sur le marché – Madagascar*, 2023

62 Economic Development Board of Madagascar, *Madagascar, l'île aux réserves d'énergie*, 2018

4.5 Demande en électricité pour les équipements alimentés par des ERD à des fins productives à Madagascar⁶³

PIB/habitant	528,7 USD
PIB par secteur	Agriculture : 24,7 % Industries : 19,4 % Services : 55,9 %
Exportations	Principalement des produits agricoles non-transformés : Vanille (408 millions USD) Clous de girofle (150 millions USD) Vêtements (145 millions USD) Crustacés (95 millions USD)
Consommation annuelle d'électricité par habitant	56 kWh/année
Opportunités pour les usages productifs de l'énergie	Arachides Bananes / plantain Canne à sucre Coton Cuirs & peaux Elevage (bovins, poulets et chèvres) Fève de cacao Grains de café Manioc Pêche Petites industries manufacturières (ciment et briques, métallurgie) Pommes de terre Riz Sorgho Vanille

4.5.1 Pêche et aquaculture

En tant qu'île, Madagascar a un fort potentiel en matière de pêche et d'aquaculture. Le pays dispose d'une zone économique exclusive de 115 millions d'hectares et d'un vaste plateau continental d'environ 12 millions d'hectares riche en ressources halieutiques. Madagascar dispose également de plus de 4 800 km de littoral avec une partie favorable à la vie marine. Cette zone constitue une véritable niche

63 Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, Direction générale du Trésor, [Madagascar - Situation macroéconomique de Madagascar en 2023](#), 2023

écologique pour diverses cultures telles que les algues, les concombres de mer, les huîtres, ainsi que plus de 300 000 ha de mangroves propices à la conversion à l'élevage de crevettes.

Plusieurs entreprises existent déjà et exportent des produits vers le marché européen. Les principales exportations de Madagascar sont actuellement : les crevettes, le crabe, le poulpe, la langouste, le poisson, le calmar et l'anguille.

En ce qui concerne les crevettes, 6 zones à fort potentiel pour l'aquaculture ont été identifiées dans le plan de gestion par le ministère en charge de l'aquaculture (Mahajamba, Namakia, Morondava, Antsiranana, Ambilobe et Cap Saint-André). Ces zones sont composées d'un total de 30 sites avec un potentiel de production de 33 000 tonnes par an. Toutes les zones d'arrière-mangrove de la côte ouest de l'île sont idéales pour l'aquaculture des crabes.

En 2018, le secteur de la pêche a représenté près de 7 % du produit intérieur brut national, soit 6,6 % des exportations totales, et a soutenu les moyens de subsistance de 1,5 million de personnes. Cependant, les petits pêcheurs qui utilisent des méthodes de pêche traditionnelles ne peuvent pas profiter au maximum de ces opportunités. L'une des raisons en est qu'ils ne peuvent pas garantir une chaîne du froid ininterrompue et n'ont donc pas accès au marché international ni peuvent concurrencer les grandes pêcheries industrielles. Une part importante des prises doit être séchée, sinon elles pourrissent sur la plage, ce qui entraîne une perte de revenus importants.

Le secteur peut bénéficier de la prolifération des équipements pour l'utilisation des ERD à des fins productives, par exemple la réfrigération solaire comme d'autres états insulaires tels que l'Indonésie.

4.5.2 L'élevage

Le secteur de l'élevage représente 60 % des revenus des ménages ruraux à Madagascar. En raison de son importance numérique, de sa diversité et de sa spécificité, ce secteur dispose d'un réel potentiel de développement. Madagascar possède l'un des plus grands troupeaux d'élevage en Afrique, comprenant 8 millions de bovins produisant environ 400 litres de lait par an, plus de 3 millions de moutons, chèvres et porcs et 30 millions de poulets. Son expertise dans la préparation des viandes de canard/foie gras et des viandes exotiques (autruche, crocodile), la production de miel et de divers autres produits apicoles distinctifs est reconnue dans le monde entier.

Les unités de transformation agricole ont le potentiel de générer leur propre énergie à partir des vastes sources d'ERD du pays telles que l'hydraulique, le solaire, l'éolien et la biomasse, et alimenter ainsi divers équipements (telles que les couveuses d'œufs solaires) pour l'élevage.

4.6 Le marché actuel des équipements à usages productifs alimentés par des ERD à Madagascar

Les réfrigérateurs alimentés par les ERD sont des appareils émergents surtout pour la pêche et l'aquaculture, mais ont une faible pénétration du marché. Il existe des solutions de réfrigération pour conserver les produits agricoles et des machines de glace pour conserver les produits de la pêche, telles que le « Juka » (en DC) et « MPower » (en AC).



Africa GreenTec : projet pilote d'un mini-réseau qui alimente un moulin à décortiquer le riz

A Madagascar, Africa GreenTec (AGT), développeur de mini-réseaux, reconnaît que les usages productifs de l'énergie rendent les mini-réseaux rentables. Les principaux secteurs dans lesquels les ERD sont utilisées pour les usages productifs sont les secteurs agricoles et l'agro transformation pour les cultures du riz, maïs et cacahuètes.

L'ambition d'AGT est de décentraliser la transformation agricole dans les villages, et ainsi éviter une exportation coûteuse pour la transformation des denrées alimentaires.

Les mini-réseaux installés par AGT sont surdimensionnés intentionnellement au départ, dans le but de pouvoir faire augmenter la demande en électricité en journée entre 7 h 00 et 17 h 00 avec des compteurs intelligents.

A Mahavelona, dans la région Itasy, un pilote d'un moulin à décortiquer le riz a été développé. En place depuis 4 mois (au moment de l'interview), le propriétaire de la machine utilise l'énergie solaire du mini-réseau à la place du générateur diesel initial, et permet à AGT une consommation d'électricité stable.

Le coût de la machine est élevé, à savoir 4 000 euros dont 30 % doivent être payés en amont. Le délai de recouvrement est typiquement entre 8 et 12 mois.

La riziculture compte pour 70 % des cultures dans cette région, ce projet pilote ouvre donc la possibilité de développer des projets qui peuvent être reproduits ailleurs.

Pour ce qui concerne le recyclage des composants, AGT n'est pas impliqué dans le cycle de vie des équipements. Ils ont également remarqué que les anciennes machines à diesel sont souvent conservées comme solution de secours.



Projet pilote à Madagascar : Les institutions de microfinances soutiennent l'achat de pompes à eau solaires en milieu rural

Contexte : CIDR PAMIGA est un programme de financement et de soutien technique aux projets ruraux en Afrique, Caraïbes et Pacifique (ACP). Il a pour but de libérer le potentiel économique en zone rurale via l'accès à l'énergie et à l'eau propre, au marché, au financement et à l'agriculture durable. Il a été sélectionné dans le cadre de l'appel à projets « Solutions Innovantes pour l'accès à l'énergie durable hors-réseaux (SolInAE) » lancé en 2019 par l'ADEME et l'AFD.

Projet : Le projet est divisé en deux phases. La première phase a consisté en une étude de marché des équipements productifs disponibles à l'international compatible avec le marché malgache. L'étude s'est focalisée sur les frigos et les pompes solaires. Les conclusions de cette étude sont que les frigos coûtent trop chers et auraient demandé des périodes de remboursement trop longues aux clients, ou des mensualités trop élevées. Il a alors été décidé de se focaliser sur les pompes à eau de surface solaires.

La deuxième phase du projet consiste à soutenir une institution de microfinance (SMMEC) et un distributeur (Heri Madagascar) pour la vente de ces pompes solaires à crédit aux clients en milieu rural.

Modèle d'affaires : Dans ce projet pilote composé de 9 clients, la promotion des équipements est faite par les deux partenaires (Heri et SMMEC) sur place dans les régions.

Une fois les clients convaincus, ils achètent les équipements en leasing auprès de la SMMEC, la pompe solaire servant de garantie jusqu'au remboursement final. Heri distribue, installe et assure le services après-ventes des pompes solaires.

Les périodes de remboursements établies par la SMMEC sont de 12 à 36 mois. Cependant, dans le cadre de ce projet pilote, les 9 clients ont tablé sur 12 mois.

Profil des clients :

- 1 femme et 8 hommes, âgés en moyenne de 50 ans
- Ils disposent soit d'un diplôme secondaire soit universitaire : éducation élevée. Les personnes disposant d'un diplôme secondaire ont acheté la pompe à crédit, tandis que ceux disposant d'un diplôme universitaire ont pu l'acheter au comptant.
- Sources de revenus : vente de produits phytosanitaires, vente de lait cru, maraîchage, poissons d'eau douce, culture de riz.
- Activités principales des clients : 4 mentionnent être agriculteurs, 1 salarié pharmacien, 2 commerçants, 1 contrôleur économique. Le dernier client n'a rien mentionné.
- Activité ciblée : agriculture, en particulier les rizicultures. Un client mentionne avoir acheté la pompe pour de la pisciculture.

Les pompes solaires :

- Les pompes solaires sélectionnées viennent de la société FuturePump et sont des pompes 'direct drive', sans batterie. La durée de la garantie est de 10 ans, ce qui signifie que s'il y a un problème, l'équipement peut être renvoyé chez le fabricant pendant cette période.
- Le projet n'a pas (encore) élaboré de mécanisme pour le recyclage ou la collecte des équipements si ceux-ci venaient à dépasser la date de garantie.

Tableau 3 : Aperçu du marché actuel des équipements à usages productifs alimentés par les ERD à Madagascar

Catégorie	Distributeur	Marque	Produit	Puissance (W)	AC / DC (voltage)	Testé
Pompes solaires	Nanoé	SHURFLO	Pompe à eau solaire			
	Greengywatt	Greengywatt	Pompe à eau solaire Inox	250 W - 1.300 kW	(24 - 72 V)	n/a
	Greengywatt	Greengywatt	Pompe à eau submersible	n/a	n/a	n/a
Réfrigérateurs	Nanoé	STECA	Réfrigérateur	50 - 72 W	DC (12 - 24 V)	VeraSol
	Greengywatt	Greengywatt	Réfrigérateur	60 - 120 W	(12 - 24 V)	n/a
Moulin	Nanoé	AGSOL	Moulin à farine	n/a	n/a (48 V)	n/a
Cuveuse	Greengywatt	Greengywatt	Cuveuse pour 48/96 œufs	n/a	(12 - 220V)	
Décortiqueuse	Batimax	Agri+	Décortiqueuse combinée	7.5 kW	n/a	n/a

4.7 Recyclage

L'Agence de Développement de l'Electrification Rurale (ADER) du Madagascar indique qu'il n'y a pas encore de filière pour le recyclage des matériels et équipements tels que batteries, panneaux solaires et autres composants. En fin de vie, ces équipements sont renvoyés aux fournisseurs suivant des conventions établies lors de l'achat. Cependant, afin de trouver des pistes pour la création d'une filière de recyclage, l'ADER est en phase d'études d'opportunités.

Les barrières aujourd'hui pour une filière de recyclage sont, d'après l'ADER, le financement des infrastructures et le calcul du volume de produits à recycler.

Références

En plus des recherches effectuées (voir références ci-dessous), plus 15 entretiens ont été menés avec des experts du secteur qui appuient les informations figurant dans le texte.

- ABERME, 2022
- ARE & AEEP, *The Productive Use of Renewable Energy in Africa*, 2015
- ARE, *Decentralised Renewable Energy Innovations to Boost Agri-Sector Productivity & Address Global Food System Challenges*, 2021
- ARE, *E-mobility & DRE Innovations in Emerging Economies*, 2022
- ARSEL, *Loi régissant le secteur de l'électricité au Cameroun*, 2011
- Bénin Energie, *Bilan énergétique*, 2023
- Economic Development Board of Madagascar, *Madagascar, l'île aux réserves d'énergie*, 2018
- EDBM, *INVEST IN AGRIBUSINESS in Madagascar, Breadbasket of the Indian Ocean*, 2018
- Efficiency for Access Coalition, *Uses & Impacts Of Off-Grid Refrigerators*, 2022
- EnDev Bénin, *Analyse du marché des systèmes solaires*, 2020
- ESMAP and World Bank Group, *Global Electrification Platform*, 2023
- ESMAP and World Bank, *Global Electrification Platform*, 2023)
- EU TAF, Facilité d'Assistance Technique Globale de l'UE (TAF) pour l'Energie Durable – Madagascar, 2022
- FAO, *Madagascar - Le pays en un coup d'oeil*, 2023
- GET.invest, *Information sur le marché – Madagascar*, 2023
- GIZ, *Bénin Solar Water Pump Market Analysis*, 2022
- GIZ, *Indonesia: Ice From Solar Energy*, 2020
- IFC, *Créer des marches à Madagascar*, 2021
- International Hydropower Association, *Country Profile - Cameroon*, 2023
- IRAD, *Development of agricultural varieties: the satisfaction of 60 years of IRAD research on sorghum in the Far North of Cameroon*, 2021
- La Libre Afrique, *Benin : transformer localement la noix de cajou, pour ne rien en perdre*, Bénin : transformer localement la noix de cajou, pour ne rien perdre 2019
- La Tribune Afrique, *Au Cameroun, un hôpital éclairé grâce à l'énergie solaire*, 2019
- Lettre de Politique de l'Energie 2015-2030 (NPE)
- Ministère de l'agriculture, de l'élevage et de la pêche, République du Bénin, *Stratégie Nationale de Développement la Riziculture 2019 – 2025*, 2019

- Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, Direction générale du Trésor, [Situation économique et financière](#), 2023
- Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, [Cameroun – Indicateurs et conjoncture](#), 2023
- Ministère de l'Economie, des Finances et de la Souveraineté Industrielle et Numérique, Direction générale du Trésor, [Situation, Madagascar - Situation macroéconomique de Madagascar en 2023](#), 2023
- Ministère de l'Environnement, de la Protection de la Nature et du Développement durable de la République du Cameroun, [Conditions de tri de collecte de transport de recycle de traitement d'élimination finale des déchets](#), 2012
- Nithio & CLASP, Productive Use Appliance Financing Facility, [Productive Use Appliance Financing Facility](#), 2023
- Organisation internationale du Travail, [Commerce et chaînes de valeur dans les activités porteuses d'emplois \(TRAVERA\) : cas de l'anacarde au Bénin](#), 2020
- Power Africa and USAID, [Off-Grid Productive Use of Energy](#), 2020
- Programme Alimentaire Mondial, [La filière riz à Madagascar face à la fortification](#), 2019
- SeForAll, [Energising Finance - Taking the Pulse – Madagascar](#), 2020
- Statista, [Age médian de la population au Bénin](#), 2023
- Tagang Tene, [Cameroon's adaptation to climate change and sorghum productivity](#), 2022
- Thierry Godjo, Jean-Philippe Tagutchou, Pascale Naquin, Rémy Gourdon, [Valorisation des coques d'anacarde par pyrolyse au Bénin](#), 2015
- United Nations, [The Sustainable Development Goals Report – Special Edition](#), 2023
- VeraSol, [Certification VeraSol](#), 2023
- World Bank, [Données Bénin](#), 2023
- World Bank, [Données Cameroun](#), 2024
- World Bank, [Données Madagascar](#), 2023
- World Bank, [Madagascar: Balancing Conservation and Exploitation of Fisheries Resources](#), 2020
- World Bank, [Tracking SDG 7 – The Energy Progress Report 2022](#), 2022
- Yêhouénou, [Transition énergétique au Bénin : quel apport du solaire photovoltaïque](#), 2020



**Alliance for Rural
Electrification**

Soutenu
par



Rue d' Arlon 63
1040 Bruxelles, Belgique
Tel : +32 2 400 10 00
E-mail : are@ruralelec.org