

INCIDENCES DE L'USAGE DE L'ÉNERGIE SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE DANS LE DÉPARTEMENT DU ZOU

Mahugnon Bérenger AMOUSSOU

Doctorant à la Faculté de Sciences Humaines et Sociale de l'Université d'Abomey Calavi au Bénin, Département Géographie et Aménagement du territoire, Ecole doctorale pluridisciplinaire " espace, cultures et Développement "

beroamoussou@yahoo.fr

Euloge OGOUWALE

Professeur Titulaire à la Faculté de Sciences Humaines et Sociale de l'Université d'Abomey Calavi au Bénin, Département Géographie et Aménagement du territoire

ogkelson@yahoo.fr

Résumé

Face à la forte demande en énergie électrique de la population béninoise, l'énergie solaire photovoltaïque est de plus en plus utilisée comme principale source d'énergie électrique, surtout en milieu rural. La présente recherche étudie les incidences socio-économiques et environnementales de l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque (ESP) dans le département du Zou.

La démarche méthodologique utilisée s'articule autour de la recherche documentaire, l'interview des populations cibles, de personnes ressources et de distributeurs de produits solaires. La méthode des scénarios a été utilisée pour l'analyse des résultats.

Sur le plan social, l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque permet d'améliorer les conditions de vie des ménages. Toutefois, des contraintes financières limitent l'accès des ménages aux équipements solaires photovoltaïque. D'un point de vue économique elle a entraîné la création de nouvelles activités génératrices de revenus et des emplois verts. Sous l'angle environnemental, l'énergie solaire photovoltaïque contribue à l'atténuation des changements climatiques. Aussi, un circuit de collecte des équipements solaires photovoltaïque usagés s'est mis en place grâce au commerce des déchets métalliques. Toutefois, d'autres sources d'émission de CO₂ telles que le pétrole et le charbon de bois sont toujours consommées par les ménages utilisateurs de solaire photovoltaïque. Il y a donc un mix énergétique.

Ces travaux mettent en lumière les forces et les faiblesses de l'énergie solaire photovoltaïque dans la production de l'électricité.

Mots clés : *Département du Zou, incidences, socio-économique, environnement, énergie solaire photovoltaïque.*

Abstract

Because of the strong demand for electrical energy from Benin population, photovoltaic solar energy is increasingly used as the main source of electrical energy, especially in rural areas.

This research studies the socio-economic and environmental impacts of using the use of photovoltaic solar energy (ESP) in the Zou department.

The methodological approach used includes documentary research, interviewing target populations, key people and distributors of solar products. The scenario method was used to analyze the results.

At a social level, this source of energy contributes to improve household's living conditions. However, financial constraints limit Household's access to solar photovoltaic equipment. From an economic point of view, it has led to the creation of new income-generating activities and green jobs.

From an environmental point of view, photovoltaic solar energy contributes to the reduction of greenhouse gas emissions. Also, a collection circuit for used photovoltaic solar equipment has been set up thanks to the metal waste collectors. However, other sources of CO₂ emissions such as oil and charcoal are still Simultaneously with households being used solar photovoltaic. Therefore, there is an energy mix.

This work highlight the strengths and weaknesses of photovoltaic solar energy in the production of electricity.

Key words: *Zou Department, implication climate change, environment, socio-economic, solar photovoltaic energy.*

Introduction

Avec un taux d'électrification de 20,9%, les besoins en énergie électrique du département du Zou ne sont pas satisfaits. Or, l'accroissement de la population entraîne une croissance rapide de la demande en énergie électrique.

Grâce aux différents projets et à la dynamisation du secteur de l'électrification solaire, beaucoup de ménages utilisent les kits

solaires domestiques comme principale source d'énergie électrique (C. Beurain et M.B. Amoussou, 2016, p. 23). C'est le cas de ménages résidant dans le département du Zou. En effet, le faible taux d'électrification dans ce département et la disponibilité de l'énergie provenant de source solaire ont favorisé d'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque dans ce département.

Le département du Zou comprend les neuf (9) Communes d'Abomey, d'Agbangnizoun, de Bohicon, de Covè, de Djidja, de Ouinhi, de Zanganado, de Za-Kpota et de Zogbodomey. Mais nos travaux ont concerné les Communes d'Abomey, de Bohicon et de Djidja (figure 1).

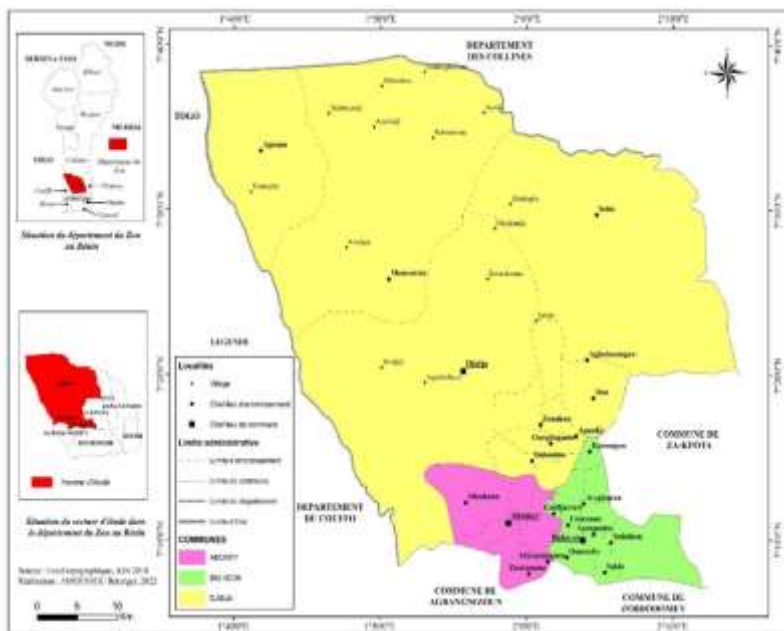


Figure 1 : Situation géographique du secteur de recherche.

Ce département est situé entre $7^{\circ}15'$ et $7^{\circ}38'$ de latitude nord et entre $1^{\circ}59'$ et $2^{\circ}35'$ de longitude est. C'est une zone de plateau

de 200 à 300m d'altitude. En effet, l'ensoleillement varie de 1759,64 kWh/m² à 1813,66 kWh/m² par an. La figure 2 présente le potentiel d'insolation dans le secteur de recherche.

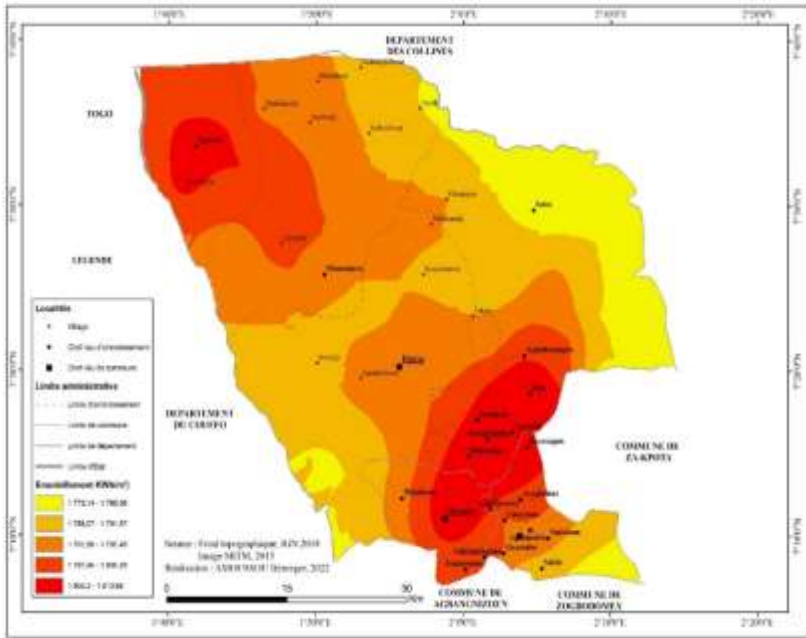


Figure 2 : Potentiel énergétique de l'ensoleillement du secteur de recherche.

Les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les mois de novembre et de décembre avec un pic de 236 kWh/m² en novembre (figure 2).

Selon C. Semassou (2011, p.19) et S. E. Dade (2011, p.12) l'énergie solaire participe à la résolution des problèmes d'accès à l'électricité des communautés. L'enjeu social lié au solaire PV est la satisfaction des besoins en électricité d'une population croissante, surtout en milieu rural.

D'après l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (2013, p.52), les systèmes d'éclairage au kérosène coûtent entre

4 et 15 dollars par mois aux ménages, contre 2 dollars par mois pour les systèmes utilisant l'énergie solaire. L'énergie ainsi produite par les kits solaires est peu coûteuse.

L'énergie solaire contribue à l'atténuation des changements climatiques par la réduction du rejet de CO₂ occasionné par les sources d'énergies fossiles classiques (AIE, 2009, p.72). En effet, les travaux de Berdai (2007, p.58) démontrent que contrairement aux énergies fossiles, la production d'électricité à partir de panneaux photovoltaïques ne génère que très peu de Gaz à Effet de Serre (GES).

Il apparaît donc que l'utilisation de la technologie photovoltaïque apporte des avantages autant sur les plans socio-économiques que sur le plan environnemental.

Ces constats soulèvent la question de savoir les implications de l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque sur les plans socio-économiques et environnementaux dans le département du Zou. C'est pour répondre à cette question que le sujet « incidences sociaux-économiques et environnementales de l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque dans le département du Zou » a été choisi. Cette recherche s'inscrit dans une perspective de mettre en lumière les incidences de la production de l'électricité via l'énergie solaire photovoltaïque sur les trois piliers du développement durable.

1- Objectif de recherche

L'objectif global est d'étudier les incidences sociaux-économiques et environnementales de l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque dans le département du Zou.

2- Approche méthodologique

L'approche méthodologique présente les données utilisées et les différentes méthodes pour la collecte des informations, le traitement de ces données et l'analyse des résultats obtenus.

2-1-Typologie des données

Les données démographiques utilisées sont celles de 1979 à 2013 (RGPH : 1, 2, 3 et 4) telles que l'effectif de la population et la taille des ménages issus des rapports de l'Institut National de la Statistique et de l'Analyse Economique (INSAE). Elles ont servi essentiellement à la définition de l'échantillon d'une part et à l'analyse de la structure de la population d'autre part afin d'établir un lien entre la croissance démographique et la demande en énergie.

Les données climatologiques utilisées ont été obtenues à l'Agence Nationale de la Météorologie du Bénin (Météo Bénin). Il s'agit des données climatologiques sur l'irradiation solaire dans le département sur la période de 1981 – 2018 recueillies à la station synoptique de Bohicon. Cette période a été choisie afin de disposer de données pour pouvoir apprécier l'évolution de la lumière solaire dans le temps. Les données relatives à l'irradiation solaire sont utilisées pour réaliser la carte du secteur de recherche en fonction de la durée moyenne d'enseillement. Les données socio-économiques sont à la fois quantitatives et qualitatives et ont été collectées auprès des ménages autant utilisateurs que non utilisateurs de l'ESP. Les entreprises formelles et informelles qui commercialisent les produits solaires photovoltaïques ont également été enquêtées.

2-2- Collecte des données

Cette étape comprend la recherche documentaire et des enquêtes de terrain.

Recherche documentaire

Pendant cette phase, les études réalisées sur les impacts socio-économiques et environnementaux de l'utilisation de l'énergie solaire en général et au Bénin en particulier ont été exploitées. Aussi, plusieurs structures ont été visitées.

Enquêtes de terrain

Elles sont réalisées à l'aide des outils, matériels et techniques de collecte des données. Les outils et matériels de collecte utilisés sont : le GPS pour la prise des coordonnées géographiques, un appareil photographique numérique pour les prises de vue lors des enquêtes de terrain, le questionnaire pour recueillir les informations auprès des ménages ciblés, le guide d'entretien pour la collecte d'informations qualitatives et quantitatives auprès des personnes ressources et la grille d'observation pour décrire les caractéristiques des équipements solaires installés au niveau des ménages.

Les différentes techniques utilisées sont : les interviews individuelles semi-directives, les observations directes et les focus group.

Echantillonnage

La taille de l'échantillon est déterminée par la méthode de Beaud et Marien (2003), appliquée à effectif total des ménages : avec :

- n la taille de l'échantillon interrogé ;
- N l'effectif total des ménages ;
- E la marge d'erreur 5%, soit un seuil de confiance de 95%.

$$n = \frac{N \times \frac{1}{E^2}}{N + \frac{1}{E^2}}$$

L'échantillonnage prend en compte les Communes d'Abomey, de Bohicon et de Djidja. La taille de l'échantillon calculée est égale à 398 ménages.

Le tableau suivant présente la répartition des ménages.

Tableau I : Répartition des ménages enquêtés par profil.

Ménages non raccordés à la SBEE		Ménages raccordés à la SBEE	
Sans équipements solaires	Utilisant des équipements solaires	Sans équipements solaires	Utilisant des équipements solaires
55	102	150	90

Source des données : Travaux de terrain, octobre 2018.

Au total, 192 ménages utilisateurs de kits solaires domestiques et 205 ménages non utilisateurs de kits solaires domestiques ont été enquêtés, autant en milieu rural qu'en milieu urbain.

2-3- traitement des données

Les données collectées ont été traitées à l'aide des logiciels appropriés. En ce qui concerne le traitement statistique :

- La conception de la base de données, l'encodage, la saisie et la structuration des données ont été faits dans le tableur Excel ;
- Le traitement des données, les tests de Chi-2 de Pearson et les graphes ont été réalisés dans le logiciel R 3.4.4 (R Core Team, 2018) ;
- Les cartes sont réalisées à l'aide du logiciel ArcGis 10.8.

La méthode des scénarios a été utilisée pour évaluer les incidences de l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïques. Elle est la plus utilisée, notamment face à un niveau d'incertitude élevé et une contrôlabilité faible. Un scénario est un récit cohérent qui décrit une situation future, une anticipation pour un

sujet spécifique. Cette approche permet de mobiliser un ensemble d'acteurs, d'identifier des enjeux et des incertitudes, de les rendre appréhendables et de déterminer des étapes de planification stratégique. Deux types de démarches sont considérées : exploratoires – « Que se passerait-il s'il y avait tel événement ? » – ou normative – il s'agit alors de répondre à la question « Comment ? ». Les scénarios répondent à cinq différentes étapes de construction.

- Établissement d'un diagnostic du système étudié : sujet et horizon temporel de l'étude ; attendus précis, pertinence de la démarche ; institutions et personnes impliquées et rôles ; calendrier du projet, moyens.
- Représentation dynamique de système complexe : définition des variables (facteurs et acteurs) ; regroupement des variables en composantes (sous-systèmes).
- Construction d'un référentiel, d'une base prospective. On distingue les variables internes au système des variables externes qui font évoluer ce système. Pour chacune de ces variables, on définit des tendances à partir du passé pour comprendre leur évolution naturelle, sans intervention d'aucun acteur par exemple. De nouveaux faits sont examinés, même s'ils ne sont pas visibles pour ces variables. On peut imaginer des ruptures, des changements de direction. Les incertitudes qui pèsent sur les variables sont définies. L'analyse est centrée sur les objectifs et intérêts des acteurs ainsi que sur les relations de pouvoir nouées entre eux.
- Construction de scénarios. Parmi les différentes méthodes envisageables, l'analyse morphologique par exemple consiste à émettre des combinaisons d'hypothèses sur chacune des variables.
- Comparaison des scénarios, incluant éventuellement une évaluation chiffrée.

Tableau II : Etapes de construction de scénarios.

Scénarios	Exploratoire (Forecasting)	Normatif (Backcasting)
Démarche	Futurs possibles Point de départ : présent	Futurs souhaités Comment l'atteindre (théorie du changement) Point de départ : futur
Objectif	Exploratoire, connaissance, apprentissage	But, fonction cible développement d'une stratégie
Implémentation	Etude des opportunités et incertitudes, actions possibles et test de processus de décisions	Identification de buts intermédiaires et de chemins possibles (<i>backcasting</i>)
Question centrale	Que se passe-t-il ? Que se passerait-il si ?	Comment ?
Probabiliser	Eventuellement	Indirectement pour évaluer une planification

Source : Travaux de recherche, août 2021.

3- résultats

Avant la présentation proprement dite des incidences socio-économiques et environnementales de l'utilisation de l'énergie solaire PV, une description des équipements solaires photovoltaïques consommés dans le département sera faite.

3.1. Description des équipements solaires photovoltaïques consommés dans le département du Zou

Les travaux de terrain révèlent que les équipements solaires utilisés sont essentiellement composés de panneaux solaires, d'accumulateurs, de fils électriques, le convertisseur et le contrôleur de charge. La planche ci-dessous illustre quelques équipements utilisés.

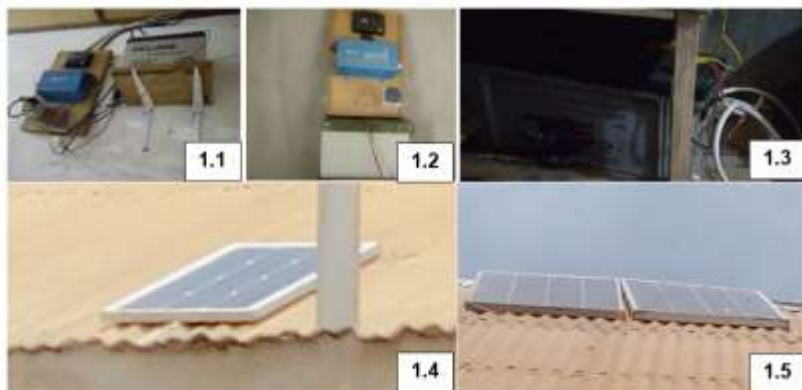


Planche 1 : Équipements nécessaires pour l'utilisation de l'énergie solaire à Abomey et Bohicon (1.1 convertisseur, 1.2 contrôleur de charge, 1.3 accumulateur, 1.4 et 1.5 panneaux solaires).

Prise de vues : Amoussou, août 2021.

L'utilisation de l'énergie solaire nécessite quelques pièces fondamentales. Parmi ces pièces, on note les panneaux solaires, les fils conducteurs, la batterie, le convertisseur, le contrôleur de charge et les lampes. Le résultat est une source d'énergie électrique propre et renouvelable qui nécessite peu d'entretien et remboursera l'investissement initial en quelques années seulement. Selon tous les acteurs rencontrés dans les Communes de Bohicon et d'Abomey, un système photovoltaïque assorti d'une garantie de 25 ans assurera des décennies d'énergie gratuite. La photo 1 présente une autre approche d'utilisation des panneaux solaires.



Photo 1 : Panneaux solaires installés à Djidja.

Prise de vues : Amoussou, août 2021.

La photo 1 montre un panneau solaire de 100 watt-crête (Wc), ce qui correspond à la puissance maximale que peut délivrer le panneau dans des conditions optimales d'ensoleillement. Contrairement à l'approche utilisée dans la planche précédente, ce panneau est installé à même le sol et soutenu par un support sur la largeur dans la maison d'un chef de ménage de Setto-Kpota. Il a une forme rectangulaire et est relié à une batterie qui se trouve à l'intérieur de cette maison par un fil conducteur. Ce panneau solaire orienté vers l'Est en milieu réel se justifie par le fait que cette position lui permettra de capter les rayons solaires depuis la levée du soleil jusqu'à l'après-midi. Cette orientation a pour but de maximiser la charge de la batterie pendant cette période. En effet, selon 95 % des enquêtés, le nombre et l'emplacement des panneaux solaires dépendent des habitudes de consommation, de la surface de toit utilisable, de son orientation, du rayonnement solaire et du rendement des panneaux. La photo ci-dessous illustre des fils conducteurs

utilisés par des ménages utilisateurs de l'énergie solaire photovoltaïque.



Photo 2 : Fils conducteurs et batterie à Setto- Kpota.
Prise de vues : Amoussou, août 2021.

La photo 2 prise dans une buvette à Setto-Kpota montre des fils conducteurs reliés à une batterie. En effet, les photons des rayons solaires captés par les panneaux solaires photovoltaïques sont convertis en énergie électrique par ces fils. Cette énergie est convoyée vers la batterie via les fils conducteurs qui se chargera donc de la stocker pour être utilisée par les consommables (planche ci-dessous).



Planche 2 : Convertisseur et contrôleur de charge.

Prise de vues : Amoussou, août 2021.

La photo (2.1) prise à Aibodji (Setto) montre deux convertisseurs électriques. Comme indiqué dans les paragraphes précédents, cet appareil permet de transformer l'énergie électrique continue délivrée par la batterie en une énergie alternative utilisable par les consommables. Il donne donc un meilleur fonctionnement aux récepteurs ayant la propriété de fonctionner en courant continu ou en courant alternatif. La photo (2.2) également prise à Aibodji (Setto) présente un contrôleur de charge et un boîtier. Ce dernier donne la possibilité de passer d'un système de fourniture d'énergie à un autre. Quant au contrôleur de charge, il permet de connaître le niveau de charge de la batterie. Il affiche sur son écran la tension de charge de la batterie, le degré d'ensoleillement et l'intensité de la consommation.

La plateforme photovoltaïque de Kpokissa est composée d'un mini central solaire photovoltaïque, d'une cabine de transformation et du réseau de distribution. La plateforme fonctionne grâce à 180 panneaux solaires installés sur une superficie de 750 m² et de 72 batteries. La planche ci-dessous

présente le réseau de production et de distribution de l'énergie solaire dans l'Arrondissement de Kpokissa (planche ci-dessous).

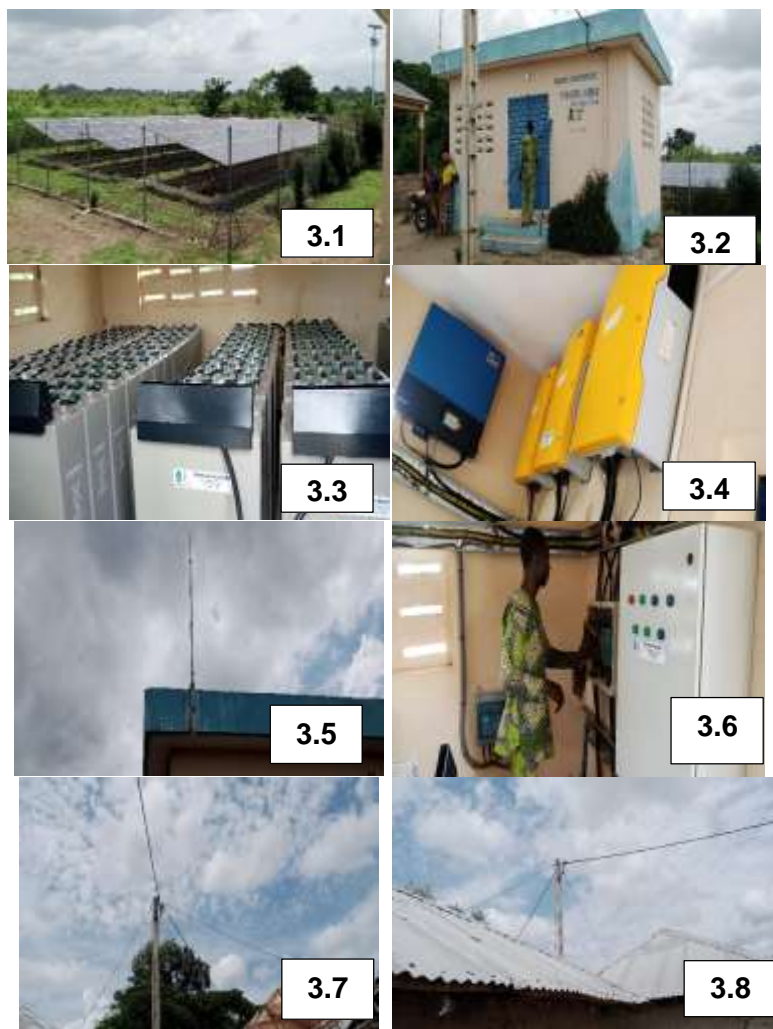


Planche 3 : Plateforme de panneaux photovoltaïques (3.1), cabine de transformation (3.2), batterie de condensation (3.3), transformateurs (3.4), dispositif de paratonnerre (3.5), gardien du site assurant le

nettoyage de l'installation (3.6) et câbles du réseau de distribution à travers le village dans l'Arrondissement de Kpokissa (3.7 et 3.8).

Prise de vues : Amoussou, août 2021.

L'unité de production, de transport et de vente de l'énergie solaire de l'Arrondissement de Kpokissa est gérée par la société ASEMI, basée à Cotonou. Au départ, la société vendait l'énergie aux abonnés contre une facture après consommation. Mais depuis quelques temps, l'abonnement est désormais prépayé et se fait en ligne par le système de paiement électronique.

Les différents consommables utilisés par les populations de Bohicon, d'Abomey et de Djidja proviennent généralement de Bohicon et quelques rares fois de Cotonou. L'approvisionnement se fait par les populations elles-mêmes ou elles procèdent à des commandes directes auprès des commerçants des appareils électroménagers, surtout chez les commerçants venus du Niger et du Nigéria.

Certaines structures privées comme Fénix (devenu MySol) qui fournissent cette forme d'énergie à la population vendent des postes de télévision adaptés aux équipements fournis.

3.2. Incidences socio-économiques de l'usage des équipements solaires photovoltaïques consommés dans le département du Zou

L'enjeu social lié au solaire PV est la satisfaction des besoins en électricité d'une population croissante, surtout en milieu rural. La Fondation UAC (2018, p.126) constate que les ménages sont de façon générale satisfaits des produits relatifs à l'énergie solaire. Ce constat traduit l'intérêt que portent les ménages pour cette source d'énergie et son rôle pour l'accès à l'énergie pour tous.

Dans les localités parcourues (Gnassata, Adanlokpodji, Zakpo-Adamè/Ahito, Lissèzoun, Hèzonho et Kpatalocoli) des Communes d'Abomey et de Bohicon, les types d'usage de

l'énergie se résume en usage domestique à travers l'éclairage et l'alimentation de certains autres consommables électriques tels que le portable, le poste radio, etc.

Les planches ci-dessous illustrent quelques consommables alimentés par l'énergie solaire dans les ménages des Communes de Bohicon et d'Abomey.



Planche 4 : Lampes pour éclairer (4.1) hautparleur (4.2) et poste radio pour écouter les informations (4.3), alimentés par l'énergie solaire photovoltaïque à Abomey et à Bohicon.

Prise de vues : Amoussou, août 2021.

L'utilisation de cette source d'énergie permet d'apporter de la lumière là où l'obscurité dominait dans la nuit. Elle permet également d'améliorer l'accès à l'information.

Comme à Bohicon et à Abomey, les usages du solaire PV dans la Commune de Djidja sont, entre autres, l'éclairage des maisons et de certains établissements, l'alimentation des enceintes de sonorisation (radio, oufers, amplificateurs et les microphones). Certains appareils électro-ménagers tels que les réfrigérateurs, les postes de télévision et les ventilateurs fonctionnent également à l'énergie solaire PV.

En effet, la valorisation du rayonnement solaire vient soulager les peines des communautés rurales par leur accès à l'énergie. Ainsi, tous les ménages enquêtés sont très contents d'avoir accès

à cette source d'énergie. Les propos recueillis auprès d'un enquêté sont illustratifs :

Encadré 1 : L'énergie solaire, une énergie économique et non polluante.

« Je suis très satisfait de l'énergie solaire. Même si la SBEE vient aujourd'hui, je préfère mes panneaux solaires. Je dépensais beaucoup d'argent dans l'achat de pétrole pour la lanterne. Et la fumée de la lanterne nous rendait même malade. Mais depuis que je suis au solaire, j'ai rangé la lanterne ».

Source : Travaux de terrain 2021.

Les planches ci-dessous illustrent quelques consommables alimentés par l'énergie solaire dans les ménages de la Commune de Djidja (Setto et Gbadagba).



Planche 5 : Poste téléviseur pris à Setto-Kpota (5.1), amplificateurs pris dans une buvette (5.2) et baffes prises dans une buvette de Avlamè/Setto (5.3).

Prise de vues : Amoussou, août 2021.



Planche 6 : Oufers pris à Gbadagba 2(6.2), réfrigérateur pour conserver les médicaments au centre de santé de Setto(6.3) et ventilateur format moyen pris à Gbadagba 2(6.4)

Prise de vues : Amoussou, août 2021

Les photos de la planche ci-dessus présentent les consommables tels que : oufers et le ventilateur format moyen à Gbadagba 2, le réfrigérateur bleu pour conserver les médicaments au centre de santé de Setto. Tous ces équipements contribuent au bien être des ménages.

En ce qui concerne la gente féminine, l'énergie solaire photovoltaïque favorise la création d'activités génératrices de revenus, en particulier la nuit car l'accès à l'éclairage leur permet de fermer leur commerce après 22h alors qu'elles fermaient aux environs de 19h quand elles n'avaient pas l'éclairage solaire (enquête de terrain, 2021). Une femme a d'ailleurs confié avec beaucoup de fierté que son époux envisage acquérir une pompe solaire pour réduire la pénibilité liée au puisage de l'eau pour les travaux domestiques (enquête de terrain, 2021). Ainsi, l'usage de cette source d'énergie favorise une meilleure inclusion et un accroissement du rôle des femmes dans la société. En définitive, le solaire photovoltaïque contribue à la promotion du genre et à l'inclusion sociale. La photo suivante montre un congélateur utilisé par une femme pour commercialiser du poisson congelé.



Photo 3 : Congelateur pour les produits congelé pris à Gbadagba 1

Prise de vue : Amoussou, août 2021

Les travaux de Tchassama (2019, p.209) illustrent parfaitement les impacts sociaux de l’usage du solaire PV. En effet, l’utilisation de cette source d’énergie contribue fortement à l’amélioration de l’éducation, de la santé et de l’économie locale dans notre secteur de recherche.

L’enjeu économique principal lié à l’énergie solaire photovoltaïque est représenté par la régulation et le contrôle des prix des produits énergétiques. La croissance économique et la consommation d’énergie étant liées à l’essor économique du Bénin, le potentiel énergétique du pays est directement conditionné par ses possibilités d’accès à l’énergie.

Ces enjeux économiques au niveau national sont similaires dans le département du Zou. Cette affirmation est confirmée par les travaux de terrain menés auprès des ménages de notre secteur de recherche.

Comme au niveau national, il existe deux circuits de commercialisation des équipements solaires dans la zone d’enquête. Un marché formel constitué d’entreprises

spécialisées et certifiées et un marché informel constitué de petits commerces non spécialisés et non certifiés (enquête de terrain, 2021). Mais que ce soit sur le marché formel ou informel, les produits les plus vendus sont les kits solaires domestiques basiques, c'est-à-dire les équipements qui servent uniquement pour l'éclairage et l'utilisation d'un téléviseur (enquête de terrain, 2021). Alors qu'un kit domestique basique (un panneau + 3 lampes) de basse qualité coûte entre 30 000 et 50 000 FCA, un kit de bonne qualité coûte entre 100 000 et 120 000 FCA (enquête de terrain, 2021). Mais dans un cas comme dans l'autre, l'usage de ces équipements solaires a favorisé un développement économique accéléré. En effet, la disponibilité de l'énergie électrique de source solaire dans certains villages enquêtés a eu pour conséquence, entre autres, la création de microentreprises telles que les buvettes, les points de recharge des téléphones et les boutiques de commerce général. Ainsi, ces activités ont permis d'accroître le pouvoir d'achat des ménages concernés. L'exemple des points de recharge des téléphones est très illustratif. Cette activité consiste à faire payer le service de recharge de téléphone. Deux panneaux solaires photovoltaïques permettent à un ménage entrepreneur enquêté dans la commune de Djidja d'alimenter les recharges pour environ soixante appareils électriques (téléphones portables, radio, etc.). Ce dernier s'expliquait de la façon suivante :

Encadré 2 : L'énergie solaire, une source de profit économique.

« Avant, je fonctionnais avec un groupe électrogène. Vu le coût de ce système, je faisais payer 200 F CFA la recharge d'un appareil. Mais depuis l'acquisition des panneaux solaires, j'ai pu baisser le coût du service à 100 F CFA et ainsi gagner des parts de marché par rapport aux autres qui pratiquent toujours les mêmes prix ».
M. Joël AHOGNON (30 ans)

Source : Travaux de terrain, août 2021

Les photos de la planche ci-dessous illustrent bien les propos recueillis auprès des enquêtés.



Planche 7 : Point de recharge de portable via le solaire.

Prise de vues : Amoussou, octobre 2021.

L'analyse des photos de la planche ci-dessus montre que la création d'emplois fait partie des impacts positifs du système solaire photovoltaïque et est en même temps un facteur important associé aux technologies solaires.

Avec d'une part, l'arrivée sur le marché béninois d'entreprises spécialisées dans la vente d'équipements solaires et les facilités de paiement (pay as you go) qu'elles offrent (enquête de terrain, 2021) et d'autre part les actions en faveur du déploiement de ces équipements par l'Etat et les partenaires techniques et financiers, les équipements solaires photovoltaïques sont de plus en plus accessibles au béninois lambda. L'une des conséquences du développement de ce secteur est que la Société Béninoise d'Énergie Électrique (SBEE) perd progressivement sa clientèle car les ménages deviennent eux-mêmes producteurs d'énergie. En effet, le gérant d'une entreprise formelle spécialisée dans la commercialisation des kits solaires domestiques installée à Bohicon confiait que son portefeuille client a triplé en un temps record et qu'ils envisagent louer un autre local pour augmenter la capacité de stockage de leurs produits afin de mieux répondre

à la demande (enquête de terrain, 2021). Comme d'autres entreprises formelles enquêtées, la stratégie de cette entreprise est d'offrir la possibilité de paiement échelonné aux clients. Par exemple, les clients peuvent solder leurs achats au bout de 6 mois ou un an. Toutefois, ce gérant expliquait qu'il est déjà arrivé que des clients n'aient pas respecté leur engagement et donc qu'ils ont dû rompre leur contrat avec ces derniers. Même si ce système est bien adapté à la demande, il comporte des risques qui fragilisent les entreprises. C'est d'ailleurs pour cette raison que, contrairement aux entreprises formelles, les petits commerces non formels sont restés dans le prépayé, c'est-à-dire le paiement intégral avant la remise des équipements. Les consommateurs sont donc face à deux options. La première offre la possibilité d'acheter un équipement certifié de bonne qualité payable en plusieurs tranches mais à coût élevé et la deuxième option est l'achat d'équipement non certifié payable en une seule tranche mais à coût bas. Mais cette deuxième option présente des risques. En effet, le responsable d'une entreprise formelle confiait qu'il a du mal à rassurer certains clients qui ont fait par le passé une mauvaise expérience avec les équipements solaires et qui sont persuadés que cette technologie n'est pas fiable. Les équipements achetés par ces clients, sur le marché informel, sont tombés en panne moins d'un an après leur achat. Face à cette mauvaise expérience, ces ménages ont une grande méfiance envers cette technologie. La figure ci-dessous illustre les deux circuits de commercialisation. Les montants indiqués sont approximatifs.

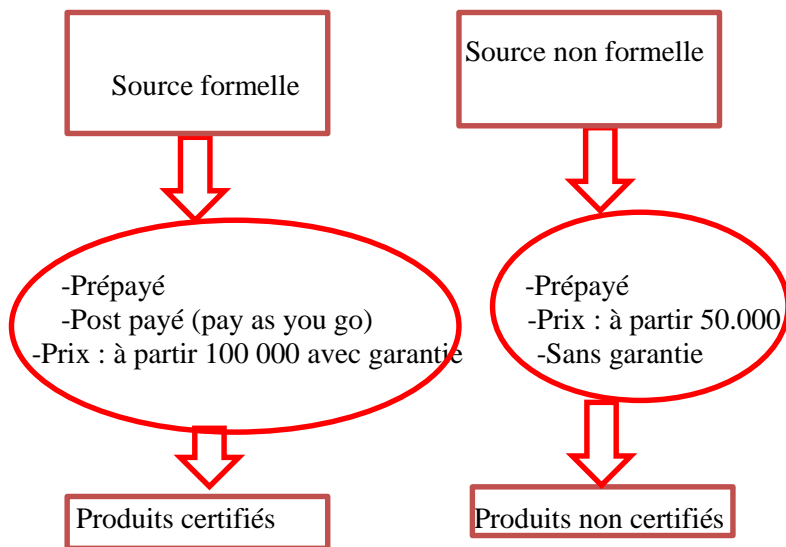


Figure 3 : Source de distribution des équipements solaires photovoltaïques.

Source : Travaux de terrain, octobre 2018.

D'après l'Agence internationale pour les énergies renouvelables (2013, p.52), les systèmes d'éclairage au kérosène coûtent entre 4 et 15 dollars par mois aux ménages, contre 2 dollars par mois pour les systèmes utilisant l'énergie solaire. L'énergie ainsi produite par les kits solaires est beaucoup moins coûteuse que les dépenses engagées par les ménages pour s'approvisionner en kérosène, bougies ou autres batteries de voitures. Les ménages enquêtés ont d'ailleurs confirmé la réduction de la facture énergétique favorisée par l'utilisation des produits solaires (enquête de terrain 2021). En effet, un ménage en milieu rural à Bohicon nous disait ceci :

Encadré 3 : L'énergie solaire, une source de réduction de la facture énergétique.

« Avant, je devais acheter chaque mois de l'essence dans mon groupe électrogène et dépenser aussi des sous pour l'achat de charbon pour la cuisine. Mais depuis que j'ai les panneaux solaires, je n'achète plus l'essence dans le groupe. C'est une dépense en moins ».

M. Epiphane ALLOKPON (38 ans)

L'énergie solaire photovoltaïque se présente donc comme une source d'énergie économique et compétitive. Il apparaît qu'au-delà de ces avantages sociaux, l'énergie solaire présente des avantages économiques importants, autant pour le ménage producteur de cette source d'énergie, pour les entreprises qui commercialisent les produits solaires que pour l'Etat béninois. Cette affirmation est confirmée par le Président de l'Association Interprofessionnelle des Spécialistes des Energies Renouvelables (AISER) qui souligne que la *« détaxation de certains matériels solaires, l'association de l'AISER aux opportunités du secteur par le ministère de l'énergie et les multiples réformes sur le plan législatif et réglementaire favorisent l'intervention des entreprises dans ce secteur »*. Allant dans ce même sens, Fondation UAC (2018, p.136) confirme un développement exponentiel de la filière du solaire photovoltaïque au Bénin.

Toutefois, le secteur économique de l'énergie solaire est fragilisé. D'abord, les entreprises sont fragilisées par l'insolvabilité des acquéreurs (en cas de paiement échelonné). Ensuite, malgré la baisse des coûts, le faible pouvoir d'achat des ménages ne favorise pas leur accessibilité aux équipements solaires.

L'utilisation du solaire PV a également des incidences sur le plan environnemental.

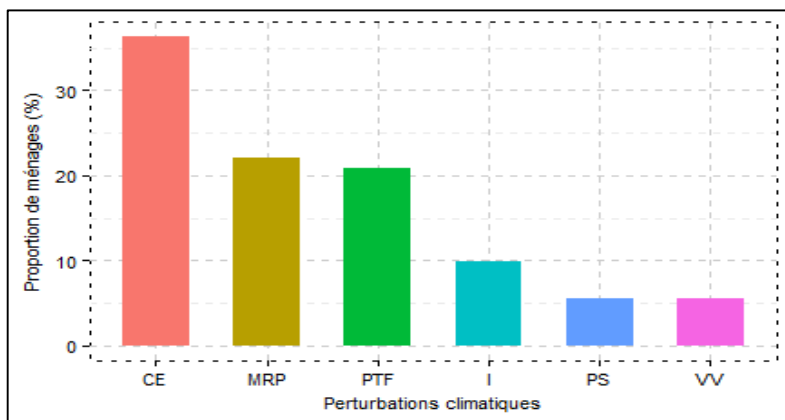
3.3. Incidences environnementales de l'usage des équipements solaires photovoltaïques consommés dans le département du Zou

L'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque n'a pas que des impacts sur le plan social et économique. Elle engendre aussi des conséquences sur le plan environnemental sous plusieurs angles.

Cette source d'énergie contribue à l'atténuation des changements climatiques par la réduction du rejet de CO₂ occasionné par les sources d'énergies fossiles classiques (AIE, 2009, p.72). En effet, contrairement aux énergies fossiles, les travaux de Berdai (2007, p.58) démontrent que la production d'électricité à partir de panneaux photovoltaïques ne génère que très peu de Gaz à Effet de Serre (GES).

Le diesel (énergie fossile) a une grande part dans le bouquet énergétique du Bénin (le bouquet énergétique constitue l'ensemble des sources d'énergie utilisées pour la production d'électricité). Or, la production d'un kilowattheure d'électricité par diesel libère 0,271 kg de CO₂. Partant du constat qu'un ménage béninois consomme en moyenne 30 kilowattheures d'électricité par mois, ce dernier libère 8,13 kg de CO₂. (30 x 0,271). En conséquence, les 90 ménages raccordés au réseau électrique conventionnel et utilisant le solaire photovoltaïque enquêtés libèreraient 731,7 kg de CO₂. (90 x 8,13) s'ils continuaient à utiliser l'énergie électrique conventionnelle. Ainsi, plus les ménages utiliseront le solaire photovoltaïque, mieux ils éviteront d'émettre du CO₂ (C. Semassou, 2011, p.182). En effet, il ressort de la Contribution Déterminée au niveau National (CDN, 2021, p.13) que les émissions totales des GES du Bénin s'établissent en 2018 à environ 16,94 Méga tonne Equivalent- CO₂ (Mt E CO₂), soit environ 1,5 tonne E- CO₂ par

habitant, secteur Utilisation des Terres, Changements d’Affectation des Terres et Foresterie (UTCATF) exclu. Ces émissions proviennent à 63% du secteur de l’énergie. Cette même source révèle un taux d’accroissement d’environ 71 % sur la période 2018-2030 en évoluant de 16,94 Mt E- CO₂ à 29,02 Mt E- CO₂ si le statuquo est maintenu. Les efforts de réduction de CO₂ doivent donc principalement être fait dans le secteur de l’énergie. Toutefois, l’enquête de terrain a permis de révéler des enjeux environnementaux de toute autre nature. Les figures suivantes aident à présenter les constats.



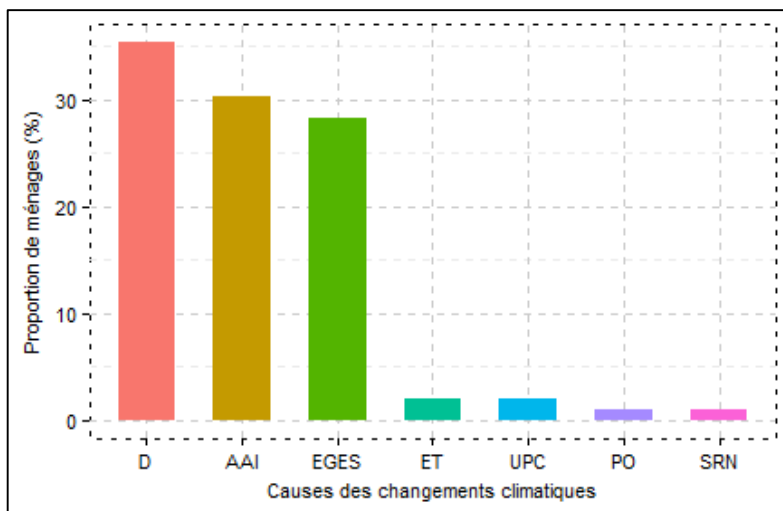
CE : Chaleur excessive MRP : Mauvaise répartition des pluies PTF : Pluie Tardives et très Fortes I : Inondation PS : Poches de sécheresse VV : Vents Violents

Figure 4 : Perception des perturbations climatiques par les ménages.

Source : Travaux de terrain, octobre 2021.

Il ressort de l’analyse de la figure 4 qu’au moins six perturbations climatiques ont été globalement identifiées par les ménages comme facteurs influençant leur niveau de confort habituel. Parmi ces facteurs, trois sont déterminants selon le résultat d’enquête. Il s’agit de la chaleur excessive (CE), la

mauvaise répartition des pluies (MRP) et les pluies tardives et très fortes (PTF). Par ailleurs, l'inondation reste un facteur pertinent dans 10% des cas. Tous **les ménages enquêtés confirment qu'ils sont impactés par les perturbations climatiques**. La figure 5 renseigne sur les causes des changements climatiques évoquées par les ménages.



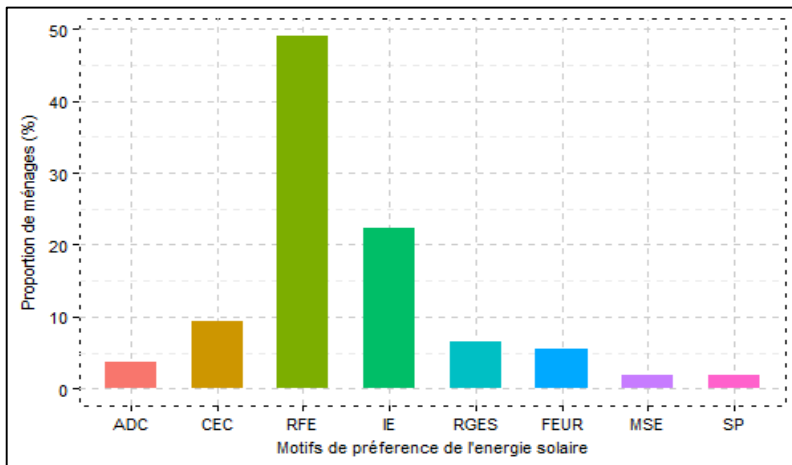
D : Déforestation AAI : Activités Agricoles et Industrielles
 EGES : Emission des Gaz à Effet de Serre ET : Evolution
 Technologique UPC : Utilisation des Produits Chimiques
 PO : Pratique Occulte SRN : Surexploitation des Ressources
 Naturelles

Figure 5 : Perception des causes des changements climatiques par les ménages.

Source : Travaux de terrain, octobre 2021.

La figure 5 montre que plusieurs facteurs sont à l'origine des changements climatiques selon les ménages enquêtés. Cependant, il existe trois causes fondamentales : la déforestation

(D), les activités agricoles et industrielles (AAI) et les émissions de gaz à effets de serre (EGES). Les autres causes, bien qu'elles existent, restent mineures dans la conscience collective des ménages. Il ressort des deux figures précédentes que **non seulement les ménages sont impactés par les changements climatiques mais ils ont également conscience des causes des changements climatiques**. Toutefois, la figure 6 montre que la lutte contre les changements climatiques n'est pas déterminante dans le choix de l'énergie solaire par les ménages.

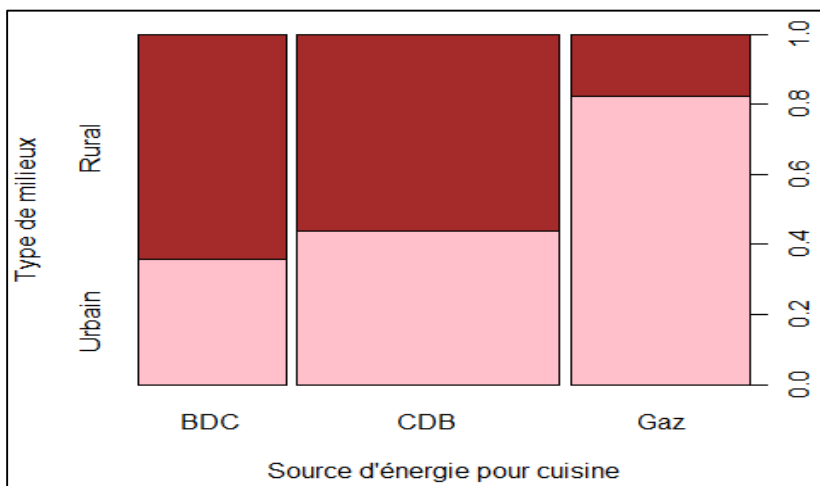


ADC: Alternative au Délestage Conjoncturelle CEC : Cherté de l'Énergie Conventiennelle RFE : Réduction de la Facture Énergétique IE : Indépendance Énergétique RGES : Réduction des Gaz à Effet de Serre FEUR : Facilité l'Éclairage Rural et Urbain MSE : Mixage des Sources Énergétique SP : Sécurité des Personnes

Figure 6 : Motif de l'utilisation de l'énergie solaire PV par les ménages.

Source : Travaux de terrain, octobre 2021.

La figure 6 présente les principaux facteurs qui motivent les ménages dans l'utilisation de l'énergie solaire. Les facteurs les plus motivants sont la réduction de la facture énergétique (RFE), l'indépendance énergétique (IE), la cherté de l'énergie conventionnelle (CEC). Ce constat a été également fait par Tchassama (2019, p.123). Nous en concluons que **la réduction des émissions de gaz à effet de serre (RGES) n'est pas un facteur déterminant dans le choix de l'énergie solaire par les ménages**. Ce constat implique donc qu'il y a une faible prise en compte du gain environnemental de l'énergie solaire par les ménages. La figure 7 confirme cette affirmation.



BDC: Bois de Chauffage CDB : Charbon de Bois

Figure 7 : Sources d'énergie utilisées dans les ménages urbains et ruraux pour les activités culinaires.

Source : Travaux de terrain, octobre 2021.

L'analyse de la figure 7 montre que trois sources d'énergie sont principalement utilisées par les ménages utilisateurs de l'énergie solaire du secteur d'étude. Dans les centres urbains, c'est le gaz qui est la source la plus utilisée. Cependant, en milieu rural, ce

sont les charbons de bois (CDB) et le bois de chauffe (BDC) qui sont les plus mobilisés pour les activités culinaires. Le test de Chi-2 de Pearson a révélé une dépendance des sources d'énergie selon les milieux considérés au seuil de 5% ($\chi^2 = 8,378$; $p = 0,015$). **Ce constat implique donc que l'utilisation du solaire photovoltaïque n'entraîne pas forcément la diminution ou la suppression de l'utilisation des sources d'énergies fossiles.** En effet, l'une des conséquences directes de la précarité énergétique au Bénin est la pression constante réalisée sur les ressources naturelles et plus particulièrement les ressources forestières (TCN, 2019 p.210). Le schéma 8 résumant les sources d'énergie et leur pourcentage met en lumière la part importante des produits forestiers dans la consommation finale d'énergie.

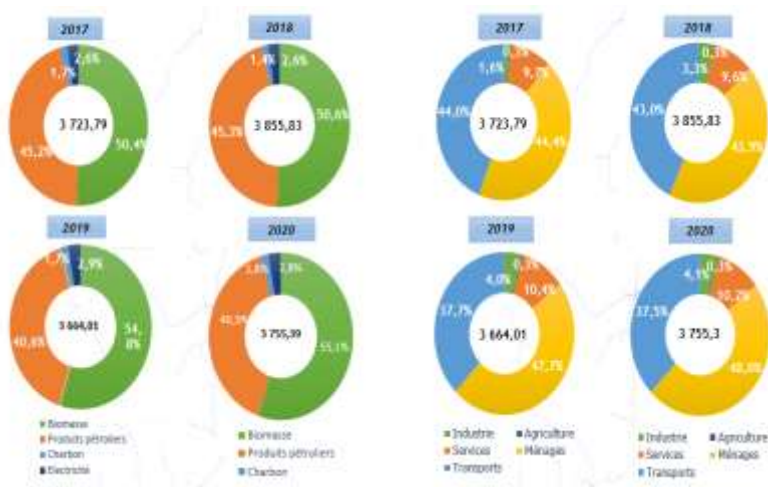


Figure 8 : Structure de la consommation par forme d'énergie (à gauche) et par secteur d'activités (à droite) de 2017 à 2020.

Source : SIE, Août 2021.

Il ressort de cette figure que le bois est la première source d'énergie utilisée au Bénin en général et dans le département du

Zou en particulier. En tenant compte de l'importance de cette source d'énergie dans la lutte contre les changements climatiques, il est nécessaire de mettre en place des mesures de gestion durable de cette ressource énergétique. Cette figure confirme la place importante qu'occupent les produits pétroliers (énergies fossiles) dans le bilan énergétique du Bénin. De même, cette figure confirme que le secteur résidentiel et le transport sont les principales sources de consommation d'énergie. La figure 9 renseigne davantage sur la tendance des émissions de GES par secteurs d'activités.

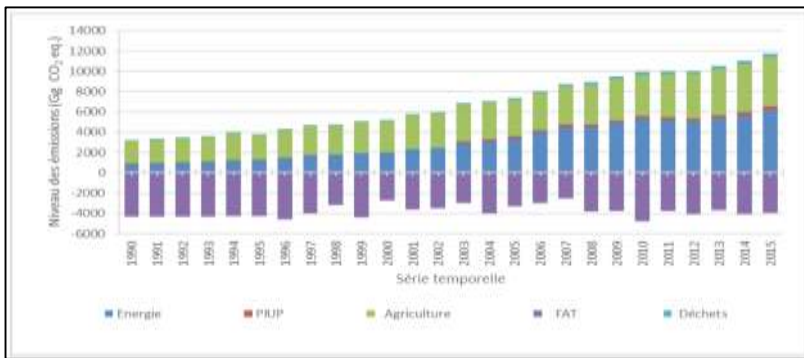


Figure 9 : Tendances des émissions par secteur, Forêt et Autres Affectations des Terres (FAT) compris, pour la série temporelle 1990–2015.

Source : TCN, 2019.

Il ressort de cette figure que les émissions issues du secteur de l'énergie sont en forte progression et représentent la principale source d'émission de GES au Bénin devant l'agriculture et la Forêt et Autres Affectations des Terres (FAT). Cette figure confirme également que les absorptions dues à la forêt ont continuellement diminué pour les raisons liées à la déforestation. En effet, le Bénin qui était un puits net de GES estimé à - 1.093,61 Gg CO₂ équivalent en 1990 est devenu une source nette

de GES estimés à 681,93 Gg CO₂ équivalent en 1997. De 1997 à 2015, les émissions de GES du Bénin sont désormais supérieures aux absorptions de CO₂. Les émissions nettes totales estimées à 7.792,37 Gg CO₂ équivalent en 2015 sont 11 fois supérieures au niveau de l'année 1997. Ce passage du statut de puits au statut de source s'explique notamment par la déforestation, la dégradation des forêts et l'augmentation des émissions de GES, surtout dans les secteurs de l'énergie et de l'agriculture (TCN, 2019, p.213).

Ainsi, l'élargissement de l'utilisation de l'énergie solaire PV pour la cuisson avec des équipements tels que les fours solaires auront le double avantage de réduire les émissions de gaz à effet de serre et la pression sur les ressources forestières.

C'est dans cette logique que les ONG comme Eco-Benin font la promotion des foyers améliorés. En 2020 par exemple, les actions de diffusions des foyers à bois économes (Wanrou et CBE) ont permis de réduire le volume de bois de feu consommé dans plusieurs ménages. Grâce à ces actions, 3738 ménages ont été équipés en foyer de cuisson à bois économe. (Eco-Benin, Rapport Annuel Synthétique 2020, p 11).

Une autre incidence environnementale liée à la gestion des équipements solaires PV en fin de vie est révélée par la figure 10

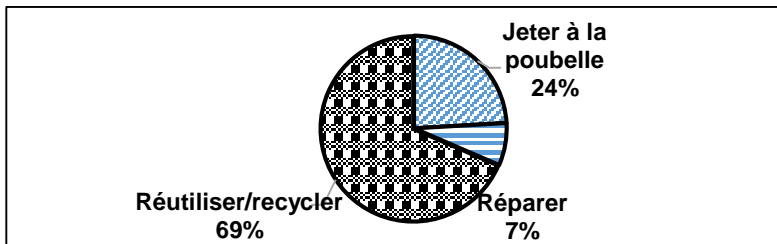


Figure 10 : Destination des composants solaires usagers.

Source : Travaux de terrain, octobre 2021.

Il ressort de cette figure que les équipements solaires en fin de vie ou usagés sont principalement réutilisés. Les équipements concernés sont les batteries et les contrôleurs de charge. La réutilisation consiste à revendre les batteries ou les contrôleurs de charges usagés aux collecteurs de déchets métalliques communément appelés « gankpo gbléglé hoto ». Il s'agit de jeunes hommes qui se promènent dans les rues avec une charrette en quête de déchets métalliques de tout genre. Ils achètent les matériels usagés et ils les revendent à un acheteur qui à son tour les revend au Nigéria, selon leurs dires. A la question de savoir si ce commerce est rentable, un collecteur de déchets n'a pas voulu donner de précision. Il a répondu en ces termes.

Encadré 4 : Les équipements solaires usagés, une source d'emploi vert.

« On ne gagne pas beaucoup d'argent mais on trouve pour nous. Ce que je peux dire, c'est qu'on achète au kilo ».
Collecteur de déchets de ferrailles anonyme à Bohicon

Source : Travaux de terrain, août 2021.

Pour ces derniers, il n'y a aucune logique de recyclage ou de sensibilité environnementale. Ils sont simplement à la recherche de revenus pour subvenir à leurs besoins. Pourtant, ils participent ainsi à la préservation de l'environnement. La photo 4 montre une charrette de collecte de déchets métalliques.



Photo 4 : Charrette de collecte de ferrailles et de déchets électriques.

Prise de vue : Amoussou, juin 2022.

C'est dans cette charrette que les matériels sont collectés et ensuite revendu à des grossistes qui les exportent vers le Nigéria ou la chine (enquête de terrain 2022). Toutefois, autant les ménages que les collecteurs de déchets métalliques ignorent que les matières premières telles que le plomb, le brome et le cadmium qui rentrent dans le processus de fabrication des équipements photovoltaïques sont des substances polluantes et sont très dangereuses pour la santé (I. Deportes, E. Fangéat, H. Desqueyrou, 2018, p.14). La mauvaise manipulation de ces équipements usagers les expose donc à des contaminations et à des maladies diverses. En effet, les déchets issus des équipements solaires PV sont classés parmi les déchets de

l'Annexe 1 de la convention de Bale de 1989 sur le contrôle des mouvements transfrontières de déchets dangereux et de leur élimination.

Le jet des équipements solaires usagers dans la nature ou dans les ordures solides ménagers constitue la deuxième destination des composants solaires usagers. 24% des ménages enquêtés ne revendent pas leurs équipements usagers mais ils les jettent simplement dans les ordures ménagères. Or, ces déchets doivent faire l'objet d'un traitement particulier. Le jet de ces équipements dans la poubelle est donc source de pollution environnementale.

Aujourd'hui, ces équipements solaires permettent de répondre aux besoins en énergie électrique de la population béninoise mais ils peuvent être une source future de pollution environnementale majeure s'ils ne sont pas bien gérés en fin de vie.

Il y a donc deux incidences environnementales importantes liées à l'utilisation du solaire PV. Le premier est lié à la réduction des émissions de CO₂ et le deuxième est la pollution générée par les équipements solaires photovoltaïque usagés.

4-discussion

Grâce à une production décentralisée de l'électricité, l'énergie solaire PV contribue fortement à l'amélioration de l'éducation, de la santé et de l'économie locale dans notre secteur de recherche. Cette source d'énergie contribue donc au bien-être social.

En milieu rural, certains ménages passent d'une absence totale d'énergie électrique à une indépendance énergétique via l'usage des kits solaires domestiques (Amoussou, M. 2016, p.13). Il y a donc un passage du modèle de production énergétique qui a

toujours été central et vertical (produite par l'Etat) à une production énergétique décentralisée et horizontale c'est-à-dire produite par les consommateurs eux même (Rifkin, 2011, p.178). En effet, les ménages en milieu rural sont fiers d'affirmer qu'en cas de coupure de l'énergie électrique de la SBEE en période de compétition de football, leurs amis en milieu urbain viennent regarder les matchs chez eux. Ce constat est plutôt surprenant car c'est généralement le contraire qui se produit. Les ménages résidant en milieu rural se déplacent vers les centres urbains pour avoir accès à l'énergie électrique. L'accès à l'énergie provenant de source solaire contribue donc fortement à réduire la disparité et l'inégalité sociale d'accès à l'énergie électrique entre le milieu rural et le milieu urbain.

Ces résultats confirment également ceux de PNUD (2010, p.22) et d'IRENA (2014, p.54) qui estiment que le développement des énergies renouvelables, avec l'énergie solaire en tête, apparaît comme l'ultime chance pour le continent africain d'atteindre son indépendance énergétique et ainsi de favoriser par ricochet sa croissance économique.

L'accès à l'énergie solaire photovoltaïque dans le département du Zou permet aux commerçants d'étendre la durée d'ouverture de leurs magasins en soirée. De même, des activités génératrices de revenus se développent : recharge de batteries et de téléphones, vente de produits frais, etc. Ces constat confirment ceux de Semassou (2011) et Tchassama (2019) qui ont démontré que l'énergie solaire photovoltaïque contribue au bien-être social et au développement de l'économie locale.

Certes, le solaire photovoltaïque contribue à répondre à une demande sociale croissante, notamment à la promotion du genre et de l'inclusion sociale, mais le faible pouvoir d'achat de certains ménages ne favorise pas leur accès à cette source d'énergie. En effet, malgré la baisse des coûts des équipements

solaires PV et les possibilités de paiements échelonnés, l'accès aux équipements solaires PV reste difficile pour certains ménages surtout en milieu rural.

Aussi, selon 42% des ménages enquêtés, l'installation d'un système solaire photovoltaïque a entraîné le changement de leur équipement électrique car ces derniers étaient très énergivores et ils avaient une capacité de consommation supérieure à celle prévue par leurs panneaux. En plus de l'achat du matériel solaire, ils sont également contraints d'acheter d'autres équipements électroménagers. Les ménages ne pouvant pas assurer une telle dépense supplémentaire y renoncent et se contentent uniquement de l'éclairage.

Par ailleurs, selon l'équipement dont dispose le ménage, 95% trouvent que la batterie devient faible au milieu de la nuit. Dans le même temps, 80% estiment que la batterie ne fait fonctionner que les ampoules, 55% réalisent que la batterie fait fonctionner certains appareils au rabais et 50% ne disposent pas du tout de l'énergie toute la nuit. Il ressort donc de cette observation que l'intermittence entraîne une baisse de la production d'électricité via l'énergie solaire PV. En effet, l'une des contraintes majeures soulignées par les ménages et l'intermittence de l'énergie solaire PV. Dans les mois les plus pluvieux le ciel est couvert de nuages et les rayons solaires sont peu perceptibles. Les panneaux photovoltaïques capturent le rayonnement au rabais de leurs capacités et ne permettent pas aux batteries de disposer suffisamment d'énergie stockée pour le fonctionnement des appareils dans la nuit. Toutefois, cette contrainte climatique est moins forte lorsque les batteries sont de bonne qualité.

Il découle de ces constats que l'énergie solaire PV ne satisfait que partiellement les besoins en énergie électrique de certains ménages.

Les deux incidences environnementales majeures de l'utilisation du solaire PV sont la réduction des émissions de CO₂ et la pollution générée par les équipements solaires photovoltaïque usagés.

Le secteur de l'énergie est le premier secteur d'émission de GES au Bénin, l'utilisation d'énergie provenant de source solaire contribue donc à l'atténuation des changements climatiques. Certaines sources affirment que les investissements importants faits depuis quelques années dans le secteur de l'atténuation font que le Bénin est redevenu un puits de carbone. La quatrième communication nationale sur les changements climatiques qui paraîtra en 2023 permettra de clarifier cette affirmation.

Un circuit informel de collecte des équipements PV usagés s'est mis en place et contribue à la valorisation des déchets solaires PV. Cependant, il est légitime de craindre que l'utilisation des équipements solaire photovoltaïque ne débouche sur des problèmes environnementaux et sanitaires majeurs, étant donné que certains équipements usagés sont jetés dans la nature et qu'aucune mesure de sécurité n'est prise pour leur manipulation.

Les travaux de terrain ont, par ailleurs, révélé que l'énergie solaire PV n'a pas remplacé l'utilisation des sources d'énergies fossiles telles que le charbon et le pétrole. Ces combustibles continuent d'être utilisés par les ménages pour la cuisson. Il y a donc un mix énergétique.

Ces résultats obtenus confirment ceux de L. Seck (2010), de IEA (2016), de AFD (2016) et de Morrissey (2017) qui ont démontré que, pendant longtemps et encore aujourd'hui, les sources d'énergies fossiles (pétrole, charbon, uranium, gaz, etc.) occupent le premier rang dans la production énergétique mondiale.

Conclusion

Cette recherche met en lumière les incidences de l'usage de l'énergie solaire photovoltaïque dans le département du Zou sur les plans socio-économiques et environnementaux. L'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque permet d'améliorer les conditions de vie des ménages et la création de nouvelles activités génératrices de revenus. L'adoption de cette technologie a donc contribué à améliorer l'offre des services sociocommunautaires tels que les centres de santé et les écoles dans le secteur de recherche.

D'un point de vue environnemental, l'énergie solaire PV contribue à la réduction de l'émission des GES par la production d'électricité. Aussi, un circuit de collecte des équipements solaires PV usagés s'est mis en place grâce aux collecteurs des déchets métalliques. Toutefois, d'autres sources d'émission de CO₂ telles que le pétrole et le charbon de bois sont toujours consommées par les ménages utilisateurs de solaire PV pour la cuisson. Dans la perspective d'accroître le rôle des ménages dans l'atténuation des changements climatiques, une solution serait de substituer cette source d'énergie par le bio charbon. En effet, le bio charbon est un produit carboné stable fabriqué à partir de sous-produits de la biomasse animale ou végétale ou des déchets organiques pour l'usage dans l'agriculture de conservation. De même, il serait bien de mettre en place un projet de gestion des équipements solaire PV usagés. A cet effet, un projet a été élaboré à la suite des présents travaux. Par ailleurs, des initiatives de la même nature sont prises par le Ministère du Cadre de Vie et du Développement Durable et le Ministère de l'Énergie au Bénin.

La disponibilité des sources d'énergies renouvelables dans un contexte mondial de lutte contre les effets néfastes des changements climatiques est une opportunité pour le Bénin de promouvoir un développement économique mieux respectueux

de l'environnement. Les initiatives telles que la construction par le gouvernement béninois d'une centrale solaire photovoltaïque de 50 MW qui apportera l'électricité à 40 000 ménages dans la commune de Pobè doit se poursuivre. Certes, les priorités des pays en développement sont les mesures d'adaptation aux changements climatiques mais les initiatives d'atténuation doivent aussi être promues pour un développement sobre en carbone.

Références bibliographiques

Bibliographie

Adon Gnangui (2009) : *Introduction au droit de l'environnement en Afrique, cas de la Côte d'ivoire*, Paris, Armand Colin, 348 p.

AGBANDJI Lucien, BEHANZIN Précieux, DOSSOU Georges et SAÏNOU Jadix (2020) : *Déterminants de la demande résidentielle de l'énergie électrique au Bénin : une étude empirique. Revue "Repères et Perspectives Economiques" Vol. 4, N° 2, pp332-357.*

<https://revues.imist.ma/index.php/rpe/article/view/21647/11631>

AMOUSSOU Mahugnon Bérenger : *la transition énergétique au Bénin, les possibilités de développement de l'énergie solaire dans la Commune de Natitingou* – Mémoire de Master 2 de Géographie – Université de Limoges. 120p.

Antonin Céline et al. (2015) : *Pétrole, du carbone pour la croissance*, Revue de l'OFCE, Paris, 169-204 p. <https://www.cairn.info/revue-de-l-ofce-2015-2-page-169.htm>

ATOUK Sara (2013) : *Les énergies renouvelables et les populations rurales pauvres : le cas du Maroc. Mémoire de maîtrise en environnement*, Université de Sherbrooke, 112 p. <https://core.ac.uk/download/pdf/51339811.pdf>

AVADIKYAN Arman et MAINGUY Claire (2016) : « accès à l'énergie et lutte contre le changement climatique : opportunités et défis en Afrique subsaharienne-Présentation » énergie et développement tome 44, Mondes en Développement, pp7 – 24.

https://www.pseau.org/outils/ouvrages/de_boeck_superieur_acces_a_l_energie_et_lutte_contre_le_changement_climatique_opportunités_et_defis_en_afrique_subsaaharienne_2016.pdf

Ballet J. Kouamekan K, Kouadio B. Komeka T, Mahefasao R. (2011) : *Comment préserver les ressources naturelles ? Le mythe de la gestion participative*. Paris, Eyrolles, 57 p.

BEURAIN Christophe, AMOUSSOU Mahugnon Bérenger (2016) : *les enjeux de développement de l'énergie solaire au Bénin, quelques pistes de réflexions pour une approche participative* – énergie et développement tome 44 – Mondes en Développement, p 50-76. <https://www.cairn.info/revue-mondes-en-developpement-2016-4-page-59.htm>

BEHANZIN Précieux (2019) : *Energies renouvelables et croissance durable au Bénin*. Mémoire de Master en Sciences et Gestion de l'Environnement pour le Développement Durable, CIFRED, Université d'Abomey-Calavi, 115 p.

BEN HASSINE Hassen, MISSAOUI Rafik et HAJ Abdelmajid (2016) : *Etude sur l'impact socioéconomique en matière de création d'emploi local via les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique dans les secteurs de l'agriculture et de l'agro-alimentaire en Tunisie*, 72p.https://energypedia.info/images/c/c5/Emploi_local_via_%C3%89R%2BE%C3%89_dans_Agr%2BIAA_en_Tun._2016.pdf

BERSALLI Germán (2017) : *Evaluation et évolution des politiques de promotion des énergies renouvelables : la transition des secteurs électriques en Amérique Latine*. Economies et finances. Université Grenoble Alpes, 2017. Français. 441p.<https://hal.science/tel-01610091/document>

BOBEE Julie (2010) : *L'électrification rurale par l'énergie solaire. Etude de cas au Bénin*. Université Libre de Bruxelles, 100 p.

<https://www.memoireonline.com/11/10/4073/Lelectrification-rurale-par-lenergie-solaire-Etude-de-cas-au-Benin.html>

BRUNEL Sylvie. (2014) : *l'Afrique est-elle si bien partie ?* Paris, Sciences Humaines, 183 p.

César Kapseu., Noël Djongyang, George Elambo Nkeng, Maturin Petsoko, Daniel Ayuk Mbi Egbe (2012) : *Les énergies renouvelables en Afrique subsaharienne*, Paris, L'Harmattan, 370p.

Christophe GBOSSOU (2014), *Energie renouvelables en Afrique de l'Ouest : analyse stratégique du jeu des acteurs de la filière solaire. Enjeux, état des lieux et obstacles*, Académiques, 264 p.

DOTI Bruno (2014) : *Politiques environnementales ; traditions et coutumes en Afrique noire*. Paris, L'Harmattan, 247 p.

GBADEGESIN A., Boko M. et Bano-Diallo N (2010) : *ressources naturelles et environnement en Afrique*. Paris, Karthala, 268 p.

HOUEDANOU Sessinou, Emile (2019) : *protection de l'environnement et changement climatique au Bénin*. L'Harmattan, 312 p.

NGANOU KOUTOUZI René. Bossoken Edgard. Wandji Kléber. et N'gahane (2008) : *Problématiques énergétiques et protection de l'environnement en Afrique, contraintes et opportunités pour un Développement Durable*, Paris, L'Harmattan, 246 p.

RIFKIN Jeremy (2011) : *la Troisième Révolution industrielle : comment le pouvoir latéral va transformer l'énergie, l'économie et le monde*. Les Liens qui Libèrent, 379 p.

SEMASSOU Clarence (2011) : *Aide à la décision pour le choix de sites et systèmes énergétiques adaptés aux besoins du*

Bénin. Thèse de doctorat en Mécanique, Université de Bordeaux 1, 224 p.

TCHASSAMA SOULE Abdel Nasser (2019) : *Energies renouvelables au Benin : diagnostic et perspectives pour la transition vers les sources de productions propres et durables*. Thèse de doctorat en Sciences Humaines, Laboratoire LACEEDE, École Doctorale Pluridisciplinaire, 271 p

Webographie

ADEME Gaëtan Brisepierre (2013) : *Analyse sociologique de la consommation d'énergie dans les bâtiments résidentiels et tertiaires, bilan et perspectives*, 51 p. (consulté le 24/01/17)

<https://gbrisepierre.fr/wp-content/uploads/2013/12/Brisepierre-Synth%C3%A8se-socio-%C3%A9nergie-ADEME-2013.pdf>

Africa Progress Panel – APP (2015): *Power, people, planet: Seizing Africa's energy and climate opportunities: Africa progress report 2015*. Geneva, 75p. (consulté le 24/01/17)

https://www.seforall.org/sites/default/files/l/2015/06/APP_REPORT_2015_FINAL_low1.pdf

Agence Française de Développement_AFD et Banque Africaine de Développement (2009) : *L'Énergie en Afrique à l'horizon 2050*, 84 p. (Consulté le 05/03/18)

<http://www.energy-for-africa.fr/files/file/study/l-energie-en-afrique-a-l-horizon-2050.pdf>

Agence Française de Développement-AFD (2014) : *L'accès à l'énergie photovoltaïque dans les microprojets d'aide au développement. Pertinence, exigences et alternatives*. 55p. (Consulté le 18/02/18)

<https://www.paysdelaloire-cooperation-internationale.org/wp-content/uploads/sites/13/2019/10/acce-s-energie-photovoltaique-amp.pdf>

AGUE Victorien Justin (2018) : *Maîtriser l'énergie dans le secteur industriel pour assurer la croissance économique dans l'espace CEDEAO*. IFDD, Numéro 108, p24-25. (Consulté le 05/07/18)

https://www.ifdd.francophonie.org/media/docs/publications/731_LEF-108.pdf

Agence Internationale de l'Energie- AIE (2014) : *Africa energy outlook. Une étude sur les perspectives énergétiques de l'Afrique sub-saharienne*, Paris, 98p. (Consulté le 15/09/18)

http://www.ecowrex.org/sites/default/files/documents/news/africa_energy_outlook_iaea_2014_french_summary_0.pdf

Centre pour les Energies Renouvelables et l'Efficacité Energétique de la CEDEAO- CEREEC (2012) : *Les Énergies Renouvelables en Afrique de l'Ouest état expérience et tendances*, 26 p. (Consulté le 15/01/19)

http://www.ecreee.org/sites/default/files/les_energies_renouvelables_en_afrique_de_louest.pdf