

Transition vers les énergies renouvelables en bien-être des ménages ruraux : Une analyse empirique au Bénin

Jiles Nounassou Hounbo, Doctorant

Michel Atchikpa, PhD

Université de Parakou (UP), Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Laboratoire d'Analyse et de Recherches sur les Dynamiques Économiques et Sociales (LARDES), République du Bénin

Zakou Amadou, MC

University of Tahoua (UTA),
Faculty of Agronomic Sciences (FSA), Tahoua, Niger

Jacob Afouda Yabi, PT

Université de Parakou (UP), Ecole Doctorale des Sciences Agronomiques et de l'Eau (EDSAE), Laboratoire d'Analyse et de Recherches sur les Dynamiques Économiques et Sociales (LARDES), République du Bénin

[Doi:10.19044/esj.2026.v22n2p163](https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n2p163)

Submitted: 30 November 2025

Accepted: 13 January 2026

Published: 31 January 2026

Copyright 2026 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Hounbo, J.N., Atchikpa, M., Amadou, Z. & Yabi, J.A. (2026). *Transition vers les énergies renouvelables en bien-être des ménages ruraux : Une analyse empirique au Bénin*. European Scientific Journal, ESJ, 22 (2), 163. <https://doi.org/10.19044/esj.2026.v22n2p163>

Résumé

La pauvreté énergétique constitue un frein majeur au développement rural au Bénin, où une large proportion des ménages agricoles dépend encore de sources d'énergies traditionnelles, telles que le bois-énergie et le charbon de bois. Cette dépendance engendre des coûts économiques élevés, des effets négatifs sur la santé et l'éducation, ainsi qu'une pression accrue sur l'environnement. Dans ce contexte, la transition vers des sources d'énergie renouvelables apparaît comme un levier potentiel d'amélioration simultanée du bien-être des ménages et de la qualité de l'environnement.

Cette étude analyse l'impact de l'adoption des technologies solaires domestiques sur le bien-être des ménages agricoles ruraux et sur la qualité de l'environnement dans le département de l'Atacora, situé au nord-ouest du Bénin. Cette zone est fortement impliquée dans les initiatives de transition énergétique et d'électrification rurale. Les données utilisées proviennent d'une

enquête de terrain réalisée en janvier 2025 auprès de 300 ménages répartis dans trois communes de l'Atacora, à l'aide d'un questionnaire structuré administré en face-à-face.

La qualité de l'environnement est mesurée à partir des perceptions des ménages, tandis que le bien-être est appréhendé à travers plusieurs indicateurs complémentaires, notamment le revenu du ménage, la stabilité financière, le statut de pauvreté et les dépenses alimentaires par habitant. L'analyse empirique repose sur un modèle Probit afin d'évaluer l'effet de l'adoption de l'énergie solaire sur la qualité perçue de l'environnement, ainsi que sur la méthode d'appariement par score de propension pour estimer l'impact causal de cette adoption sur le bien-être des ménages.

Les résultats montrent que l'adoption de l'énergie solaire améliore significativement la probabilité pour les ménages de percevoir un environnement plus propre, ce qui traduit une réduction de la dépendance aux combustibles traditionnels. Par ailleurs, les estimations issues de l'appariement indiquent un effet positif et robuste de l'énergie solaire sur le bien-être des ménages ayant adopté l'énergie solaire, se traduisant par une augmentation des revenus, un renforcement de la stabilité financière, une réduction de la pauvreté et une hausse des dépenses alimentaires. Ces résultats confirment que la promotion des énergies renouvelables constitue un levier essentiel pour soutenir une transition énergétique durable et inclusive au Bénin.

Mots clés : Transition énergétique, énergie solaire domestique, bien-être des ménages, qualité de l'environnement, Atacora

Transition to Renewable Energy and Rural Household Well-Being: An Empirical Analysis in Benin

Jiles Nounassou Hounoubo, Doctorant

Michel Atchikpa, PhD

University of Parakou (UP), 1 Doctoral School of Agricultural Sciences and Water (EDSAE), Laboratory for Analysis and Research on Economic and Social Dynamics (LARDES)), Republic of Benin

Zakou Amadou, MC

University of Tahoua (UTA),
Faculty of Agronomic Sciences (FSA), Tahoua, Niger

Jacob Afouda Yabi, PT

University of Parakou (UP), 1 Doctoral School of Agricultural Sciences and Water (EDSAE), Laboratory for Analysis and Research on Economic and Social Dynamics (LARDES)), Republic of Benin

Abstract

Energy poverty remains a major constraint to rural development in Benin, where a large share of agricultural households continues to rely on traditional energy sources such as firewood and charcoal. This reliance generates high economic costs, adverse effects on health and education, and increasing pressure on the environment. In this context, the transition toward renewable energy sources, particularly solar energy, represents a potential pathway to improve both household well-being and environmental quality.

This study examines the impact of household solar energy adoption on rural households' well-being and perceived environmental quality in the Atacora department, located in north-western Benin, a region actively involved in rural electrification and energy transition initiatives. The analysis is based on primary data collected through a field survey conducted in January 2025 among 300 rural households across three municipalities, using a structured face-to-face questionnaire.

Environmental quality is measured using households' perceptions, while well-being is captured through multiple indicators, including household income, financial stability, poverty status, and per capita food expenditure. A Probit model is employed to assess the effect of solar energy adoption on perceived environmental quality, while Propensity Score Matching is used to estimate the causal impact of solar adoption on household well-being.

The results indicate that solar energy adoption significantly increases the probability that households perceive their environment as cleaner, reflecting reduced dependence on traditional fuels. Furthermore, the matching estimates reveal a positive and robust effect of solar energy adoption on

household income, financial stability, poverty reduction, and food consumption. Overall, the findings suggest that promoting solar energy in rural areas can effectively support a sustainable and inclusive energy transition in Benin.

Keywords: Energy transition, solar energy for private households, household well-being, environmental quality, Atacora

Introduction

La pauvreté énergétique demeure l'un des principaux freins au développement en Afrique subsaharienne, où près de 600 millions de personnes n'ont toujours pas accès à l'électricité moderne et continuent de dépendre de sources traditionnelles telles que le bois-énergie et le charbon de bois (IEA, 2021). Cette situation a des répercussions néfastes sur la santé, l'éducation, et la productivité, tout en accentuant les inégalités entre zones rurales et urbaines (Adeoye, 2024). Au Bénin, la situation est particulièrement critique en milieu rural, où environ 9 % de la population a accès à l'électricité. Selon l'EHCVM (2019), le taux d'accès à l'électricité était de 45 % en 2019 (60,3 % dans les centres urbains et 31,6 % en zones rurales), contre 31 % en 2015 (58 % dans les centres urbains et 7 % en zones rurales). La situation énergétique est caractérisée par un bilan énergétique dans lequel la biomasse représente 54 % des énergies primaires en 2017 contre 54,9 % en 2016, tandis que les importations représentent 43,1 % en 2017 (SIE-Bénin, 2017). Le pays dépend majoritairement (85 %) des énergies fossiles pour sa production d'électricité, tandis que seulement 15 % de sa consommation électrique provient de sources renouvelables (Jacobs et Adonis, 2020). Selon la Banque mondiale (2022) plus de 65 % de la population rurale recourt encore à ces sources traditionnelles, aggravant la précarité énergétique et limitant les perspectives de développement socio-économique.

Dans ce contexte, les énergies renouvelables, en particulier le solaire, le biogaz et les mini-réseaux apparaissent comme des alternatives durables et inclusives. Leur adoption peut réduire la pauvreté énergétique, diminuer les coûts énergétiques des ménages et améliorer la qualité de l'air intérieur, ce qui est bénéfique pour la santé et libère du temps pour l'éducation et les activités productives, en particulier dans les milieux à faible revenu (Guta, 2020 ; Li et al., 2024). Par ailleurs, des études de terrain soulignent les bénéfices mesurables : par exemple, une étude menée au Kenya et au Nigeria montre qu'un an après leur raccordement à des mini-réseaux solaires, les ménages ruraux ont enregistré une augmentation significative de leurs revenus, des améliorations en matière de santé et de sécurité, ainsi qu'un renforcement de l'égalité de genre (Carabajal et al., 2024). Cependant, malgré les avancées conceptuelles et politiques autour de la transition énergétique, peu d'études

empiriques ont évalué de manière systématique les effets directs de l'adoption des énergies renouvelables sur le bien-être des ménages et la qualité de l'environnement en Afrique de l'Ouest. La plupart des travaux existants sur l'électrification rurale abordent la question sous un angle macroéconomique, en se focalisant sur les politiques nationales, la performance des infrastructures ou des projets pilotes localisés (Bhattacharyya et Palit, 2021 ; Morrissey et Oliver, 2021 ; Dagnachew et al., 2022). Très peu d'études examinent les effets microéconomiques directs sur les ménages agricoles, notamment en matière de revenu, de productivité ou de bien-être (Pueyo et Maestre, 2020 ; Samad et Zhang, 2023). Ce manque de données désagrégées au niveau des exploitations familiales crée un vide analytique dans la compréhension des interactions entre énergie verte, agriculture et développement rural (Blimpo et Cosgrove-Davies, 2019 ; Khandker et al., 2020).

Le présent article vise à combler ce déficit en analysant l'effet de l'adoption des énergies renouvelables sur le bien-être des ménages ruraux et sur la qualité de l'environnement au Bénin. Plus spécifiquement, il examine dans quelle mesure l'adoption de l'énergie renouvelable améliore les conditions de vie des ménages en termes de santé, d'éducation et de revenus agricoles tout en réduisant la pression environnementale liée à l'exploitation des ressources naturelles. Les résultats devraient fournir des éléments probants pour orienter les politiques publiques vers une transition énergétique inclusive et respectueuse de l'environnement.

Matériels et méthodes

L'étude est menée au Bénin, un pays d'Afrique de l'Ouest caractérisé par une forte dépendance des zones rurales aux sources d'énergie traditionnelles. Malgré les efforts publics en matière d'électrification, l'accès à l'électricité moderne demeure limité en milieu rural, ce qui justifie l'intérêt porté aux solutions alternatives telles que l'énergie solaire. Ce contexte constitue un cadre pertinent pour analyser les effets de la transition énergétique sur le bien-être des ménages et la qualité de l'environnement.

Dans le cadre de cette étude, et pour des raisons sécuritaires, les communes de Boukombé, de Toucountouna et de Natitingou ont été retenues pour la réalisation des enquêtes approfondies. Les données utilisées proviennent d'une enquête de terrain réalisée en janvier 2025 auprès des ménages ruraux. L'échantillonnage repose sur une approche probabiliste à plusieurs degrés afin d'assurer la représentativité des ménages enquêtés. L'échantillon de l'étude est constitué de 300 ménages agricoles, à raison de 100 par commune, sélectionnés de manière aléatoire. Le questionnaire administré permet de collecter des informations détaillées sur les

caractéristiques socioéconomiques des ménages, leurs sources d'énergie, leurs conditions de vie et leur perception de la qualité de l'environnement.

La variable de traitement correspond à l'adoption de l'énergie solaire par le ménage. Elle est définie comme une variable binaire prenant la valeur 1 lorsque le ménage utilise un dispositif solaire et 0 dans le cas contraire. Le bien-être des ménages est appréhendé à travers plusieurs indicateurs complémentaires, conformément à la littérature sur l'électrification rurale et les transitions énergétiques. Quatre dimensions sont retenues : le revenu du ménage, la stabilité financière, le statut de pauvreté et les dépenses alimentaires par habitant. Cette approche multidimensionnelle permet de mieux capturer les différentes facettes du bien-être et de limiter les biais associés à l'utilisation d'un indicateur unique.

La qualité de l'environnement est mesurée à partir des perceptions des ménages concernant la propreté et la qualité de l'air de leur environnement immédiat. Ce choix méthodologique s'explique par l'absence de données environnementales objectives à l'échelle microlocale et par l'usage fréquent de mesures subjectives dans les études empiriques menées en milieu rural. Les perceptions environnementales constituent ainsi un proxy pertinent pour analyser les effets de l'adoption de l'énergie solaire dans ce contexte.

Afin d'analyser l'impact de l'adoption de l'énergie solaire sur la qualité de l'environnement, un modèle Probit est estimé, compte tenu de la nature binaire de la variable dépendante. Ce modèle permet d'estimer la probabilité qu'un ménage perçoive son environnement comme propre en fonction de l'adoption de l'énergie solaire et d'un ensemble de variables de contrôle socioéconomiques.

L'impact de l'adoption de l'énergie solaire sur le bien-être des ménages est évalué à l'aide de la méthode d'appariement par score de propension (Propensity Score Matching, PSM). Cette approche vise à corriger les biais de sélection liés aux différences observables entre ménages adoptants et non adoptants. Plusieurs algorithmes d'appariement sont mobilisés, notamment le voisin le plus proche, le rayon et le noyau, afin d'estimer l'effet moyen du traitement sur les ménages ayant adopté (ATT) et de vérifier la stabilité des résultats.

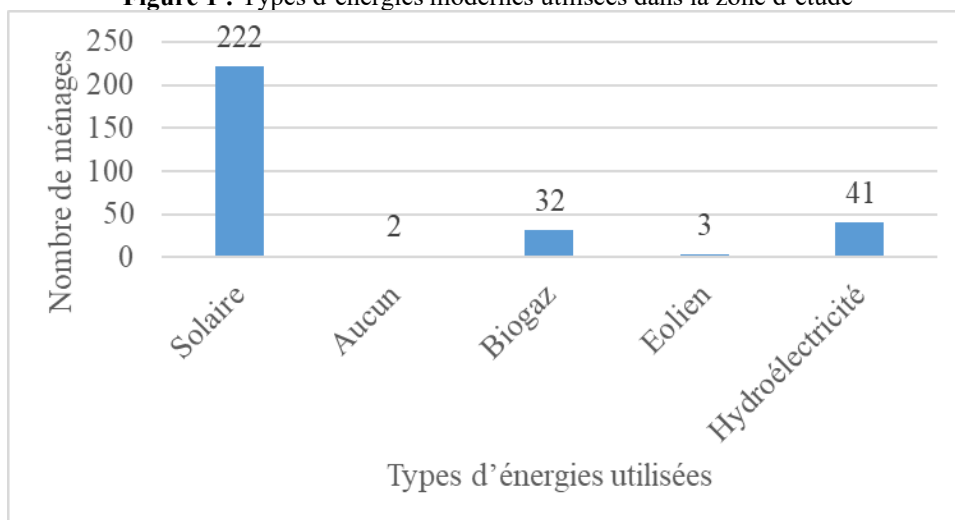
La robustesse des estimations est renforcée par l'utilisation de ces différentes méthodes d'appariement, dont la cohérence des résultats permet de confirmer la fiabilité des effets estimés. Toutefois, certaines limites doivent être soulignées. D'une part, la méthode PSM ne permet pas de corriger les biais liés aux variables non observées susceptibles d'influencer simultanément l'adoption de l'énergie solaire et le bien-être des ménages. D'autre part, la mesure de la qualité de l'environnement repose sur la perception des ménages, ce qui peut introduire une part de subjectivité. Néanmoins, cette approche demeure pertinente dans les contextes ruraux caractérisés par un manque de

données environnementales objectives et elle est largement utilisée dans la littérature existante.

Résultats

L'objectif principal de la promotion des énergies renouvelables est de réduire les émissions de gaz à effet de serre du secteur de l'énergie et d'améliorer la qualité de l'environnement. Par ailleurs, l'adoption de technologies d'énergies renouvelables ne doit pas compromettre le bien-être des ménages ruraux. Par conséquent, cette section analyse les effets de l'adoption de l'énergie solaire sur la qualité de l'environnement et sur le bien-être des ménages ruraux.

Figure 1 : Types d'énergies modernes utilisées dans la zone d'étude



Source : Estimations de l'auteur, à partir des données de terrain, Janvier 2025

Les résultats indiquent une forte utilisation de l'énergie solaire : 222 ménages déclarent utiliser cette source. L'hydroélectricité et le biogaz sont respectivement utilisés par 41 et 32 ménages tandis que l'éolien est utilisé par 3 ménages. Enfin, seuls 2 ménages déclarent ne disposer d'aucune de ces sources modernes.

Effet de l'adoption de l'énergie solaire sur la qualité de l'environnement

La qualité de l'environnement correspond aux caractéristiques de l'environnement qui affectent les êtres humains et les autres organismes. Dans cette étude, la qualité de l'environnement est définie par la perception des répondants, selon laquelle ils perçoivent leur environnement est perçu comme propre ou sale. Cela a permis l'estimation d'un modèle de régression probit. Les statistiques de diagnostic du modèle indiquent que le modèle est bien ajusté puisque le chi carré est statistiquement significatif.

Tableau I : Effet de l'adoption de l'énergie solaire sur la qualité de l'environnement

| Variable | Coef. | Erreur standard | z | p-valeur | Effet marginal |
|------------------------------------|-----------|-----------------|--------|----------|----------------|
| Énergie solaire | 0,126** | 0,054 | 2,330 | 0,020 | 0,008 |
| Sexe | -0,053 | 0,043 | -1,240 | 0,215 | -0,007 |
| Éducation | 0,119*** | 0,039 | 3,090 | 0,002 | 0,006 |
| Âge | 0,004*** | 0,001 | 3,350 | 0,001 | 0,0002 |
| Revenu | -3,6e-7 | 6,3e-7 | -0,570 | 0,569 | -6,3e-8 |
| Statut de pauvreté | -0,031 | 0,096 | -0,320 | 0,749 | -0,018 |
| Stabilité financière | -0,041 | 0,052 | -0,800 | 0,424 | -0,010 |
| Dépenses alimentaires par habitant | 0,002*** | 0,000 | 4,480 | 0,000 | 0,0001 |
| Statut d'occupation | -0,240*** | 0,046 | -5,230 | 0,000 | -0,007 |
| Localité | 0,126*** | 0,042 | 2,990 | 0,003 | 0,007 |
| Constante | 1.146 | 0,076 | 15,050 | 0,000 | |
| LR χ^2 (10) | | 103.9 | | | |
| Prob > χ^2 | | 0,000 | | | |
| Pseudo R2 | | 0,0118 | | | |
| Journal de vraisemblance | | -4334.47 | | | |

Notes : *** significatif à 1 % ($p < 0,01$) et ** significatif à 5 % ($p < 0,05$).

Source : Estimations de l'auteur, à partir des données de terrain, Janvier 2025

D'après le tableau I, l'énergie solaire, l'éducation, l'âge, les dépenses de consommation alimentaire par habitant, le statut d'occupation et la localité ont des effets significatifs sur la perception des ménages de la qualité de l'environnement.

L'effet significatif positif de l'énergie solaire sur la qualité de l'environnement indique que les ménages qui adoptent l'énergie solaire ont une probabilité plus élevée de percevoir un environnement propre. L'énergie solaire est une source d'énergie verte, promue pour réduire les émissions liées à la consommation d'énergie. Il est donc cohérent que l'adoption de l'énergie solaire contribue à améliorer la qualité de l'environnement.

L'effet de l'éducation formelle sur la qualité perçue de l'environnement est positif et statistiquement significatif, ce qui indique que les chefs de ménage ayant un niveau d'éducation formelle présentent une probabilité plus élevée de percevoir leur environnement comme propre que ceux sans éducation formelle, toutes choses égales par ailleurs. Ce résultat suggère que l'éducation pourrait jouer un rôle dans la manière dont les ménages perçoivent et évaluent leur environnement immédiat. Conformément à la littérature existante, plusieurs études suggèrent qu'un niveau d'éducation plus élevé est associé à une sensibilité accrue aux questions environnementales et à une meilleure capacité d'évaluation de la qualité de l'environnement (Grossman et Krueger, 1995 ; Meyer, 2015). Toutefois, dans la mesure où la qualité de l'environnement est mesurée à partir de la perception des ménages,

cette relation doit être interprétée avec prudence. Ces résultats soulignent néanmoins l'importance potentielle de l'éducation, notamment à travers des programmes de sensibilisation et d'éducation environnementale, comme levier complémentaire à la transition énergétique pour améliorer les comportements et les perceptions environnementales des ménages, en particulier chez les jeunes générations.

L'âge du chef de ménage exerce un effet positif et statistiquement significatif sur la qualité perçue de l'environnement, indiquant que les ménages dirigés par des individus plus âgés présentent une probabilité plus élevée de percevoir leur environnement comme propre, toutes choses égales par ailleurs. Ce résultat suggère que l'âge pourrait influencer la manière dont les ménages évaluent leur environnement immédiat. Conformément à la littérature, l'âge est susceptible d'influencer les perceptions environnementales et les normes associées à l'environnement (Franzen et Meyer, 2010 ; Gifford et Nilsson, 2014). Toutefois, dans la mesure où la qualité de l'environnement est mesurée à partir de la perception des ménages, l'interprétation de cet effet doit rester prudente. Ainsi, l'effet positif de l'âge observé dans cette étude reflète principalement des différences de perception entre groupes d'âge, sans permettre d'inférer directement des comportements environnementaux différenciés ou une capacité objective de comparaison intertemporelle.

Les dépenses alimentaires par habitant ont un effet positif et significatif sur la probabilité de percevoir un environnement propre. Bien que les ménages aisés aient souvent une consommation élevée pouvant accroître les émissions dans l'atmosphère, ils sont également capables d'investir significativement pour assurer un environnement propre. Cette observation est confirmée dans le cas de cette étude. Par exemple, les chefs de ménage aisés sont en mesure de maintenir un environnement domestique propre en triant les déchets et en les éliminant de manière appropriée. Par conséquent, leur environnement immédiat est généralement plus propre que celui des ménages moins aisés.

Contrairement aux attentes de la recherche, le statut d'occupation a un effet négatif et statistiquement significatif sur la qualité de l'environnement. Ainsi, les chefs de ménage vivant dans leur propre logement ont une probabilité plus élevée de percevoir un environnement propre que ceux qui vivent dans des logements loués. On s'attendait à ce que les chefs de ménage vivant dans leur propre logement améliorent la qualité environnementale de leur environnement immédiat, percevant ainsi un environnement propre. Cependant, l'effet négatif estimé peut être attribué au fait que ces ménages sont plus préoccupés par une communauté globalement propre sur le plan environnemental et non seulement par leur environnement familial.

La localité a un effet positif sur la qualité de l'environnement. Cela signifie que les chefs de ménage ruraux ont une probabilité plus élevée d'indiquer que leur environnement est propre que ceux d'autres zones. Bien que les programmes d'assainissement environnemental soient concentrés dans les zones urbaines, on s'attendait à ce que les chefs de ménage ruraux apprécient l'environnement naturel encore présent dans leurs environs. Cependant, le désir des habitants ruraux de migrer vers les zones urbaines associé à la perception selon laquelle ces zones urbaines sont agréables peut expliquer la faible probabilité pour eux de percevoir leur environnement comme propre.

Impact de l'adoption de l'énergie solaire sur le bien-être des ménages ruraux

Le but ultime de toute économie est d'améliorer le niveau de vie (bien-être) de ses citoyens. Par conséquent, la promotion de l'énergie verte ne doit pas seulement être considérée comme un avantage environnemental, mais également comme une approche visant à améliorer le bien-être des individus. L'impact de l'adoption de l'énergie verte sur le bien-être des ménages a été estimé à l'aide de l'approche d'appariement par scores de propension. Dans cette étude, quatre variables dépendantes différentes ont été utilisées pour mesurer de manière indépendante le bien-être des ménages. Il s'agit du revenu du ménage, de la stabilité financière, du statut de pauvreté et des dépenses de consommation alimentaire par habitant. Alors que le statut de pauvreté et la stabilité financière ont été définis comme binaires, le revenu et les dépenses de consommation ont été définis comme des variables continues. L'utilisation des quatre mesures de bien-être vise à renforcer la robustesse des résultats et sert également de validation croisée de l'impact de l'adoption de l'énergie solaire sur divers indicateurs de bien-être (Abadie et Imbens, 2006; Ravallion, 2003).

En outre, l'appariement par scores de propension a été estimé pour corriger le biais dans la sélection potentielle de l'échantillon qui peut provenir de différences systématiques entre les ménages adoptant une source d'énergie verte telle que la technologie solaire et les ménages utilisant d'autres sources d'énergie comme principale source de lumière (Heinrich et al., 2010). Trois algorithmes d'appariement différents (c'est-à-dire l'appariement du voisin le plus proche (NNM), l'appariement du rayon et l'appariement basé sur le noyau (KBM)) sont utilisés pour estimer l'impact de l'adoption sur le bien-être des ménages et les résultats présentés dans le tableau II. L'utilisation de l'appariement par scores de propension (PSM) est essentielle pour estimer l'impact causal de l'adoption de l'énergie solaire, car elle permet de corriger les biais de sélection dus à des différences systématiques entre les ménages adoptants et non-adoptants (Díaz et Handa, 2005; Peikes et al., 2008). Le PSM

repose sur l'hypothèse d'indépendance conditionnelle et l'existence d'un chevauchement des caractéristiques observées, ce qui réduit le biais potentiel de sélection sur les variables observables (Li, 2013). L'emploi de plusieurs algorithmes d'appariement (voisin le plus proche, rayon, noyau), comme recommandé dans la littérature (Heinrich et al., 2010), est effectué pour renforcer la robustesse des résultats (Austin et al., 2016). Toutefois, il est important de noter que, malgré ces avantages, le PSM ne corrige pas les biais liés à des variables non observées, et la qualité de l'appariement dépend de la spécification du modèle et du choix des covariables (Kibuchi et al., 2024).

Tableau II : Estimations PSM de l'impact de l'adoption de l'énergie verte sur les ménages (bien-être)

| Algorithmes de correspondance | Résultat | ATT | statistique t |
|------------------------------------|--|--------|---------------|
| Voisin le plus proche (NNM) | Revenu du ménage | 802,40 | 1,413 |
| | Stabilité financière | 0,076 | 6,537*** |
| | Statut de pauvreté | 0,029 | 4,370*** |
| | Dépenses alimentaires des ménages par habitant | 10,166 | 4,655*** |
| Appariement par rayon | Revenu du ménage | 844,49 | 3,802*** |
| | Stabilité financière | 0,069 | 8,886*** |
| | Statut de pauvreté | 0,030 | 5,693*** |
| | Dépenses alimentaires des ménages par habitant | 10,213 | 4,552*** |
| Appariement par noyau (KBM) | Revenu du ménage | 797,29 | 3,611*** |
| | Stabilité financière | 0,070 | 7,578*** |
| | Statut de pauvreté | 0,030 | 4,393*** |
| | Dépenses alimentaires des ménages par habitant | 10,213 | 8,271*** |
| Stratification | Revenu du ménage | 995,43 | 7,437*** |
| | Stabilité financière | 0,070 | 3,362*** |
| | Statut de pauvreté | 0,029 | 4,866*** |
| | Dépenses alimentaires des ménages par habitant | 10,524 | 4,47*** |

Notes : *** significatif à 1 % ($|t| \geq 2,58$), ** significatif à 5 % ($1,96 \leq |t| < 2,58$), * significatif à 10 % ($1,64 \leq |t| < 1,96$) et aucune ($|t| < 1,64$). Les montants sont en milliers de FCFA

Source : Calcul de l'auteur à partir des données de terrain, Janvier 2025

D'après le tableau II, l'adoption de l'énergie solaire a entraîné une augmentation du revenu des ménages d'environ 797000 à 845000 FCFA. Pour le NNM, l'adoption de l'énergie solaire a entraîné une augmentation du revenu des ménages de 802400 FCFA, bien que cette différence de revenu entre les adoptants et les non-adoptants soit statistiquement non significative. La méthode d'appariement du rayon a enregistré l'impact le plus élevé de l'adoption sur le revenu du ménage de 844490 FCFA tandis que le KBM a enregistré le moindre impact de 797290 FCFA. L'ATT de tous les autres modèles, à l'exception du NNM, était statistiquement significatif. Cela

implique que la promotion de l'énergie verte dans les ménages peut aider ces derniers à économiser une partie substantielle de leur revenu annuel sur les dépenses énergétiques, augmentant ainsi le revenu disponible pour d'autres consommations. De manière constante, Khandker et al. (2014) ont montré que l'adoption de l'énergie solaire peut améliorer à la fois les revenus et la santé des ménages.

L'adoption de l'énergie solaire a un effet positif sur la stabilité financière selon toutes les méthodes d'appariement. L'impact variait de 0,076 avec NNM à 0,069 avec la méthode d'appariement par rayon (voir tableau II). Les valeurs estimées de l'ATT étaient statistiquement significatives. Ces résultats suggèrent que l'adoption de l'énergie solaire entraîne une augmentation d'environ 7 à 8 % de la probabilité qu'un ménage devienne financièrement stable.

Les ménages ont été classés en ménages pauvres et non pauvres, et l'impact de l'adoption de l'énergie solaire a été estimé. D'après le tableau II, l'énergie solaire augmente la probabilité qu'un ménage devienne non pauvre. Ainsi, l'adoption de l'énergie solaire entraîne une augmentation moyenne de 3% de la probabilité qu'un ménage devienne pauvre. En effet, bien que le coût initial de l'installation de l'énergie solaire soit élevé, son coût étalé dans le temps est plus faible, augmentant ainsi le revenu disponible des ménages et de les aider à sortir de la pauvreté. Les impacts estimés sont tous significatifs au seuil de 1%. Conformément à cette étude, Kabir, Kim et Szulejko (2017) ont constaté que l'adoption de l'énergie solaire améliore le confort et le niveau de vie des ménages dans les zones rurales. En d'autres termes, les auteurs ont souligné qu'il est nécessaire de fournir un acompte et d'autres incitations à l'installation aux ménages pauvres. Pour Thiam (2011), des politiques qui favorisent l'adoption des énergies propres dans les pays en développement comme le Sénégal pourraient contribuer positivement à la réduction de la pauvreté.

Les résultats estimés de l'ATT dans le tableau II sont positifs et statistiquement significatifs. Cela implique que l'adoption de l'énergie solaire entraîne une augmentation des dépenses de consommation alimentaire des ménages. Cet effet varie de 10520 FCFA sous stratification à 10170 FCFA sous NNM. L'effet positif de l'adoption de l'énergie solaire sur les dépenses de consommation alimentaire peut s'expliquer par le fait que les ménages adoptants n'ont pas de dépenses récurrentes sur la consommation d'énergie au niveau du ménage et disposent également d'une énergie stable pour l'usage domestique. Dans une étude connexe, Samad, Khandker, Asaduzzaman, et Yunus (2013) et Khandker et al. (2014) ont constaté que l'adoption de systèmes solaires domestiques entraîne une amélioration des dépenses de consommation des ménages.

Effet sur le bien-être de l'adoption de l'énergie verte (solaire) : résultats de la double sélection

Les résultats de la double sélection sont présentés dans le tableau III.

Tableau III : Estimation à double sélection de l'adoption de l'énergie verte sur le bien-être des ménages

| Variables | Revenu du ménage (GMD) par semaine | Dépenses alimentaires par habitant | Statut de pauvreté | Stabilité financière |
|---|------------------------------------|------------------------------------|-----------------------|----------------------|
| Adoption solaire | 946,32 (598,67) | 10,346 (1,29)*** | 0,028 (0,004)*** | 0,067 (0,008)*** |
| Âge | 42,178 (12,54)*** | 0,320 (0,027)*** | 0,0004 (0,0001)*** | -0,00002 (0,0001) |
| Sexe | 1001,8 (530,8) | 13,359 (1,147)*** | -0,0202 (0,004)*** | -0,02 (0,008)*** |
| Education | 891,05 (442,4)** | -6,333 (0,955)*** | 0,015 (0,004)*** | 0,038 (0,007)*** |
| État civil | 832,78 (630,33) | 5,327 (1,364)*** | 0,019 (0,005)*** | 0,014 (0,009) |
| Autochtone | 1957,57 (721,59)*** | 10,011 (1,559)*** | 0,009 (0,006) | 0,019 (0,010) |
| Alphabétisation des adultes | -435,389 (896,1) | 2,393 (1,939) | -0,009 (0,007) | -0,008 (0,013) |
| Entraînement | -680,45 (813,31) | -0,839 (0,998) | 0,012 (0,007) | 0,078 (0,012)*** |
| Type de toiture | 575,66 (493,33) | 5,740 (1,066)*** | -0,012 (0,004)*** | 0,078 (0,012)*** |
| Énergie alternative | -1272,1 (471,75)*** | -2,793 (1,018)*** | 0,001 (0,004) | 0,002 (0,007) |
| Informations environnementales | -323,55 (499,2) | -0,377 (1,077) | -0,008 (0,004) | 0,017 (0,007)** |
| Participation des ménages à une association | -2849,98 (600,63)*** | 6,421 (1,297)*** | -0,007 (0,005) | -0,033 (0,009)*** |
| Confiance dans les autorités | -639,21 (357,9) | -3,059 (0,773)*** | 0,005 (0,003) | 0,005 (0,005) |
| Qualité de l'air | -28,281 (563,41) | 5,645 (1,216)*** | -0,003 (0,005) | -0,008 (0,008) |
| Zone | 2172,04 (461,43)*** | -1,590 (0,998) | 0,008 (0,003)** | 0,027 (0,006)*** |
| Constant | 4693,62 (1344,2)*** | 24,672 (2,290)*** | 0,001 (0,010) | 0,119 (0,020)*** |

Notes : *** significatif à 1 % ($p < 0,01$) et ** significatif à 5 % ($p < 0,05$). Les erreurs types robustes sont dans les parenthèses.

Source : estimations de l'auteur à partir des données de terrain, Janvier 2025

Les facteurs déterminant le revenu minimum du ménage pour satisfaire les besoins de base sont l'âge du chef de ménage, le sexe, l'éducation, le statut d'autochtone, la volonté des membres du ménage de promouvoir les sources d'énergie alternatives, la participation des membres du ménage dans les activités de la communauté, la confiance dans les autorités locales et la zone de localisation du ménage. Les dépenses de consommation alimentaire par habitant sont influencées de manière significative par l'adoption de la technologie solaire, l'âge, le sexe, le niveau d'éducation, l'état matrimonial, la nationalité, le type de toit de la maison dans laquelle vit le ménage, la volonté de promouvoir les énergies alternatives, la participation du ménage aux activités communautaires, la confiance dans les autorités locales et la perception de la qualité de l'air autour de l'environnement.

D'autre part, le statut de pauvreté est déterminé par l'adoption de l'énergie solaire, l'âge, le sexe, l'éducation, l'état matrimonial, le type de toit de la maison et l'emplacement de la zone. Des facteurs tels que l'adoption de l'énergie solaire, le sexe, l'éducation, la participation à des programmes de formation, le type de toiture, la disponibilité d'informations environnementales pour les ménages, la participation des ménages aux activités communautaires et l'emplacement de la zone influencent de manière significative la stabilité financière des ménages. Conformément au résultat du PSM, tous les modèles à l'exception du revenu du ménage, l'adoption de la technologie de l'énergie verte par le ménage a augmenté de manière significative les dépenses alimentaires par habitant des membres du ménage de 10346 FCFA. De même, il permet aux ménages de passer de la pauvreté au statut non pauvre avec une probabilité de 2,8% et d'atteindre la stabilité financière de 6,7%.

L'âge a un effet positif et significatif sur le revenu du ménage, les dépenses de consommation alimentaire par habitant et le statut de pauvreté (tableau III). Cela implique que les chefs de ménage plus âgés jouissent d'un statut social que leurs homologues plus jeunes. Cela s'explique par les longues années d'accumulation de ressources et de richesses par les chefs de ménage plus âgés. Le sexe du chef de ménage a un effet mitigé sur le statut de bien-être du ménage. Alors que les ménages dirigés par des hommes présentent des dépenses de consommation alimentaire plus élevées, les ménages dirigés par des femmes sont pauvres et financièrement instables. Cela suggère que les femmes sont les plus vulnérables à la pauvreté dans la société. De manière cohérente, les chefs de ménage qui sont actuellement mariés ont des dépenses de consommation alimentaire par habitant nettement plus élevées et un taux de pauvreté plus faible que ceux qui ne sont pas mariés.

L'éducation conduit à une augmentation des revenus des ménages, réduit la pauvreté et améliore la stabilité financière. Elle réduit les dépenses alimentaires par habitant des ménages. Cela est plausible, car à mesure que le

revenu des ménages augmente, la proportion du revenu consacrée à la consommation alimentaire diminue. L'implication globale est que l'éducation contribue à une amélioration du bien-être des ménages.

Discussion

Les résultats de cette étude montrent que l'adoption de l'énergie solaire a un effet positif et significatif sur la qualité de l'environnement ainsi que sur plusieurs dimensions du bien-être des ménages ruraux. D'une part, les ménages adoptants perçoivent leur environnement comme propre, ce qui suggère que l'utilisation de l'énergie solaire contribue à réduire la pollution locale et à améliorer les conditions de vie. D'autre part, l'adoption de l'énergie solaire entraîne une augmentation du revenu disponible, une amélioration de la stabilité financière, une réduction de la pauvreté et une hausse des dépenses alimentaires, traduisant une amélioration globale du bien-être. Ces résultats corroborent en grande partie les conclusions de Khandker, Barnes et Samad (2014), qui ont montré que l'accès aux systèmes solaires domestiques (SHS) augmente nettement la consommation d'électricité et la qualité de vie, tout en réduisant les dépenses énergétiques mensuelles, notamment grâce à la diminution de l'utilisation de lampes à kérosène et à la réduction des coûts de recharge de téléphones portables (Diallo et Moussa, 2020; Wagner et al., 2021). De même, les résultats sont cohérents avec ceux de Kabir et al. (2017), qui soulignent que l'énergie solaire améliore le confort et le niveau de vie des ménages ruraux tout en réduisant leur vulnérabilité économique.

Par ailleurs, l'effet positif observé de l'adoption de l'énergie solaire sur la stabilité financière et la sortie de la pauvreté confirme les arguments avancés par Thiam (2011), selon lesquels la diffusion des énergies renouvelables dans les pays en développement contribue à la réduction durable de la pauvreté. Les résultats suggèrent que, malgré les coûts initiaux élevés, les bénéfices socio-économiques de l'énergie solaire compensent ces contraintes financières à moyen et long terme, ce qui valide les recommandations en faveur de politiques publiques de subvention et d'incitation à l'adoption.

Toutefois, certains résultats de cette étude diffèrent de ceux rapportés dans la littérature. Par exemple, le statut d'occupation du logement montre un effet négatif sur la perception de la qualité de l'environnement, ce qui contraste avec les attentes théoriques selon lesquelles les propriétaires devraient investir davantage dans l'amélioration de leur cadre de vie domestique. Cette divergence pourrait s'expliquer par des différences contextuelles liées aux normes sociales et aux perceptions environnementales locales, rejoignant ainsi les conclusions plus nuancées de Mensah et Adu (2015), qui soulignent le rôle du contexte socio-culturel dans l'adoption et l'impact des énergies renouvelables.

Conclusion

Cette recherche s'inscrit dans un contexte où l'accès à une énergie propre et durable constitue un enjeu central pour le développement socio-économique et la protection de l'environnement. En s'intéressant aux ménages agricoles du Bénin, elle met en lumière les effets de l'utilisation de l'énergie solaire sur le bien-être des ménages et sur la qualité de l'environnement.

Les résultats obtenus indiquent que l'adoption de l'énergie solaire se traduit par une amélioration tangible des conditions de vie. Elle contribue à réduire les dépenses liées aux énergies traditionnelles, libère des ressources pour d'autres besoins essentiels tels que l'alimentation, l'éducation et la santé, et favorise la stabilité économique des ménages. Sur le plan environnemental, l'usage accru de l'énergie solaire favorise la diminution de la déforestation et de la pollution liée aux combustibles fossiles, ce qui améliore la qualité de l'air et réduit la pression sur les ressources naturelles.

Ainsi, l'étude confirme que la transition énergétique, lorsqu'elle est centrée sur les énergies renouvelables, constitue non seulement une solution écologique mais également un levier de développement humain et économique. Elle met en évidence la nécessité pour les décideurs publics et les partenaires techniques d'accompagner et d'accélérer cette dynamique par le biais des politiques de soutien, d'incitations financières et des programmes de sensibilisation afin d'élargir l'accès des ménages aux technologies solaires.

Conflit d'intérêts : Les auteurs n'ont signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données : Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Déclaration pour les participants humains : Cette étude a été approuvée par le LARDES au Bénin et les principes de la déclaration d'Helsinki ont été respectés.

References:

1. Abadie, A., & Imbens, G. W. (2006). Large sample properties of matching estimators for average treatment effects. *Econometrica*, 74(1), 235–267. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0262.2006.00655>.
2. Adeoye, A. (2024, juin 26). Energy poverty and funding hurdles hold back Africa's green transition. *Financial Times*. <https://www.ft.com/content/bb1e4f4f-7709-4441-8f64-472763d679e7>

3. Austin, P. C., Stuart, E. A., & Rubin, D. B. (2016). Estimation of the average treatment effect using propensity score methods. *Statistics in Medicine*, 35(21), 3661–3679.
4. Banque Mondiale. (2022). Access to electricity (% of population) – Benin. The World Bank Group. <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.ACCS.ZS?locations=BJ>
5. Bhattacharyya, S. C., & Palit, D. (2021). *Mini-grids for rural electrification of developing countries: Analysis and case studies*. Springer.
6. Blimpo, M. P., & Cosgrove-Davies, M. (2019). *Electricity access in sub-Saharan Africa: Uptake, reliability, and complementary factors*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1361-0>
7. Carabajal, A. T., Orsot, A., Moudio, M. P. E., Haggai, T., Okonkwo, C. J., III, G. T. J., & Selby, N. S. (2024). Social and economic impact analysis of solar mini-grids in rural Africa: A cohort study from Kenya and Nigeria. *Environmental Research: Infrastructure and Sustainability*, 4(2), 025005. <https://doi.org/10.1088/2634-4505/ad4ffb>
8. Dagnachew, A. G., Lucas, P. L., Hof, A. F., & van Vuuren, D. P. (2022). The role of renewable energy in achieving sustainable development goals in Africa. *Energy Strategy Reviews*, 41, 100848. <https://doi.org/10.1016/j.esr.2022.100848>
9. Díaz, J. J., & Handa, S. (2005). An assessment of propensity score matching as a nonexperimental impact estimator. *Journal of Human Resources*, 40(2), 421–449.
10. Diallo, A., & Moussa, R. (2020). The effects of solar home system on welfare in off-grid areas: Evidence from Côte d'Ivoire. *Energy*, 194, 116835. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116835>
11. Energy Information System (SIE). (2017). *Annual energy report 2017*. / National Policy for the Development of Renewable Energies (PONADER). (2020). Policy document. Benin Ministry of Energy.
12. Guta, D. (2020). Determinants of household use of energy-efficient and renewable energy technologies in rural Ethiopia. *Technology in Society*, 61, 101249. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101249>
13. Heinrich, C., Maffioli, A., & Vázquez, G. (2010). *A primer for applying propensity-score matching*. Inter-American Development Bank, Technical Note IDB-TN-161.
14. IEA. (2021). *World energy outlook 2021*. OECD/IEA. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2021>

15. Jacobs, L., & Adonis, M. (2020). Renewable energy transition and energy security in West Africa. *Energy Policy*, 145, 111728. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111728>
16. Kabir, E., Kim, K.-H., & Szulejko, J. E. (2017). Social impacts of solar home systems in rural areas: A case study in Bangladesh. *Energies*, 10(10), 1615. <https://doi.org/10.3390/en10101615>
17. Khandker, S. R., Barnes, D. F., & Samad, H. A. (2014). Welfare impacts of rural electrification: Evidence from Vietnam. *Energy Economics*, 45, 179-188. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2014.06.008>
18. Kibuchi, E., Mwangi, J., & Otieno, P. (2024). Evaluating household welfare impacts of solar energy adoption in rural Africa. *Renewable Energy*, 223, 1194–1206.
19. Li, Q. (2013). A Bayesian perspective on propensity score analysis. *Statistics in Medicine*, 32(4), 673–693.
20. Li, H., Li, Y., Zheng, G., & Zhou, Y. (2024). Interaction between household energy consumption and health: A systematic review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2023.113859>
21. Mensah, J. T., & Adu, G. (2015). An empirical analysis of household energy choice in Ghana. *Energy Policy*, 82, 33–44. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.028>
22. Morrissey, J., & Oliver, M. (2021). Energy poverty and development outcomes in sub-Saharan Africa. *Energy Research & Social Science*, 76, 102025. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2021.102025>
23. National Institute of Statistics and Economic Analysis (INSAE). (2019). Harmonized Survey on Household Living Conditions (EHCVM). Cotonou, Benin: INSAE / World Bank.
24. Peikes, D. N., Moreno, L., & Orzol, S. M. (2008). Propensity score matching: A note of caution for evaluators of social programs. *American Statistician*, 62(3), 222–231.
25. Pueyo, A., & Maestre, M. (2020). Linking energy access, gender and poverty: A review of the evidence. *Energy Research & Social Science*, 68, 101573. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2020.101573>
26. Ravallion, M. (2003). Assessing the poverty impact of an assigned program. In F. Bourguignon & L. P. da Silva (Eds.), *The impact of economic policies on poverty and income distribution* (pp. 103–130). Oxford University Press.
27. Samad, H. A., Khandker, S. R., Asaduzzaman, M., & Yunus, M. (2013). Solar home systems and household welfare: Evidence from Bangladesh. *World Bank Policy Research Working Paper*, 6403. <https://doi.org/10.1596/1813-9450-6403>

28. Thiam, D. R. (2011). Renewable energy, poverty alleviation and developing nations: Evidence from Senegal. *Journal of Energy in Southern Africa*, 22(3), 23-34.
29. Wagner, N., Rieger, M., Bedi, A., Vermeulen, J., & Demena, B. (2021). The impact of off-grid solar home systems in Kenya on energy consumption and expenditures. *Energy Economics*, 99, 105314. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.105314>.