

Énergie solaire photovoltaïque, moteur de croissance et de développement au Burkina Faso

**Hamidou BARRY*, Daouda OUBDA, Soumaila OUEDRAOGO, Pingdéwindé SAWADOGO
et Boureima SAWADOGO**

*Université Joseph Ki-Zerbo (UJKZ), Centre Universitaire de Kaya (CUK), Département de Physique,
Faculté des Sciences, Laboratoire de Matériaux et Environnement (LAME), Ouagadougou, Burkina Faso*

(Reçu le 03 Février 2026 ; Accepté le 13 Mars 2026)

* Correspondance, courriel : hamidoubarry391@gmail.com

Résumé

Nous évoluons dans un contexte marqué par l'utilisation accrue de l'énergie qui alimente l'ensemble des activités constitutives de la vie économique. L'énergie contribue à améliorer le fonctionnement des activités industrielles, agricoles, commerciales, éducatives, sanitaires, technologiques, etc. Elle favorise et accroît la création d'emplois et la formation de valeur ajoutée. Elle innove et renforce la création du tissu industriel. L'énergie renforce la sécurité alimentaire, améliore le développement du capital humain, le système de protection sociale, et contribue à la réduction des inégalités. Des inquiétudes se posent quant à la pérennité de cette source vitale. C'est pourquoi, la recherche de solution à court et à long terme passe par l'amélioration des performances des systèmes de production d'énergie renouvelable en général et en particulier de l'énergie solaire photovoltaïque (PV). Les cellules solaires PV constituées de matériaux hybride à base de pérovskites suscitent un intérêt croissant en raison de leur rendement de conversion dépassant 25 % et de leur faible coût de fabrication. La couche de transport de trou (HTL) est un élément clé pour garantir une collecte efficace des porteurs de charges et minimiser les pertes d'énergie. Ce travail vise à analyser et à optimiser les performances des cellules solaires photovoltaïques à base de pérovskite, afin de démontrer leur potentiel comme moteur de croissance et de développement. Les résultats simulés à l'aide du logiciel SCAPS-1D ont montré que l'épaisseur de la couche HTL améliore le rendement de conversion et la densité de courant de court-circuit, mais réduit le facteur de forme. Les meilleurs résultats obtenus après optimisation sont : $V_{oc} = 1,49$ V, $J_{sc} = 22,47$ mA/cm², $FF = 89,50$ % et $\eta = 30,10$ %. L'objectif de notre étude est d'identifier des valeurs optimales des paramètres sensibles à l'optimisation des performances. Des recherches futures pourraient inclure l'impact des défauts et de la stabilité sous conditions réelles pour améliorer la durabilité et l'efficacité des cellules solaires PV.

Mots-clés : *cellule solaire PV, pérovskite, couche de transport de trou, PEDOT : PSS, SCAPS-1D.*

Abstract

Solar photovoltaic energy, an engine for growth and development

We operate in a context marked by the increased use of energy which powers all activities constitutive of economic life. Energy contributes to improving the functioning of industrial activities, agricultural, commercial, educational, health, technological, etc. It promotes and increases job creation and added value training. It innovates and strengthens the creation of the industrial fabric. Energy strengthens security food, improves the development of human capital, the social protection system, and contributes to the reduction inequalities. Concerns arise about the sustainability of this vital source. This is why the search for a short and long-term solution long term requires improving the performance of renewable energy production systems in general and in particular solar photovoltaic (PV) energy. PV solar cells made of hybrid materials based on perovskites are attracting increasing interest due to their conversion efficiency exceeding 25 % and their low manufacturing cost. The Hole Transport Layer (HTL) is a key element to guarantee efficient collection of carriers loads and minimize energy losses. This work analyzed and optimized the performance of perovskite-based photovoltaic solar cells, in order to demonstrate their potential as an engine of growth and development. Results simulated using SCAPS-1D software showed that the thickness of the HTL layer improves the yield conversion and short-circuit current density, but reduces the form factor. The best results obtained after optimization are : $V_{oc} = 1.49 \text{ V}$, $J_{sc} = 22.47 \text{ mA/cm}^2$, $FF = 89.50 \%$ and $\eta = 30.10 \%$. The objective of our study is to identify optimal values of parameters sensitive to performance optimization. Future research could include the impact of defects and stability under real-world conditions to improve durability and efficiency PV solar cells.

Keywords : *PV solar cell, Perovskite; Hole transport layer; PEDOT:PSS; SCAPS-1D.*

1. Introduction

L'énergie constitue le moteur de la croissance économique et un facteur déterminant du développement durable. Elle alimente les secteurs tel que l'industrie, l'agriculture, l'éducation, la santé et les nouvelles technologies. Toutefois, la dépendance aux énergies fossiles soulève des inquiétudes liées à la durabilité, aux coûts et aux impacts environnementaux. L'énergie solaire photovoltaïque (PV) apparaît comme une alternative incontournable grâce à sa disponibilité, sa propreté et ses coûts en baisse. Dans ce contexte, les cellules solaires à base de matériaux hybrides, notamment les pérovskites, suscitent un intérêt croissant en raison de leurs performances supérieures à 25 % et de leur faible coût de fabrication [1, 2]. L'architecture des cellules solaires PV à pérovskite est constituée d'une couche active et de deux couches de transport (trous et électrons). Chaque couche joue un rôle déterminant sur la performance de la cellule solaire. Ce travail examine le rôle stratégique de l'énergie solaire PV comme moteur de croissance économique et facteur essentiel au développement social et environnemental, tout en intégrant les innovations technologiques qui améliorent ses performances. Dans cette étude, nous présenterons d'abord le contexte et l'aperçu du secteur d'énergie solaire au Burkina Faso. Nous décrirons ensuite la méthodologie adoptée, en mettant l'accent sur l'architecture de la cellule solaire et les simulations réalisées avec SCAPS-1D. Les résultats et leur analyse seront ensuite exposés.

2. Contexte et aperçu du secteur d'énergie solaire au Burkina Faso

Le Burkina Faso a l'un des taux d'accès à l'électricité les plus bas d'Afrique Subsaharienne (ASS) et de la zone UEMOA. À la fin de l'année 2023, environ 26,3 % des ménages avaient accès à l'électricité (contre une moyenne de 51,5 % en ASS), contre 21,3 % en 2018. La plupart de ces progrès ont eu lieu dans les zones urbaines, où le taux d'accès est passé de 68,6 % en 2018 à 87,0 % en 2023 [3]. Les zones rurales sont à la traîne, avec des taux d'accès passant de 3,2 % en 2018 à 7,0 % en 2023. En moyenne, le taux annuel d'expansion de l'accès au cours de la dernière décennie est de 3,3 %. À ce rythme, le Burkina Faso devrait atteindre l'accès universel au plus tôt en 2072. Le Burkina Faso dispose de 9 centrales solaires avec une capacité installée totale de 225 mégawatts crête (MWc). Le **Tableau 1** donne un aperçu des différentes centrales solaires qui contribuent au développement socio-économique du pays.

Tableau 1 : Centrales solaires au Burkina Faso en janvier 2025

Nom de la centrale	Capacité installée (MWc)	Année de mise en service
Ouaga Nord-Ouest	42	2024
Kodéni Solar	38	2023
Zagtouli	33	2017
Nagréongo, SPES	30	2022
Pâ	30	2023
Zina Solaire	26	2024
Zano	24	2023
Ziga	1	2018
Gaoua	1	2024
Total	225	2024



Figure 1 : Centrale PV de Zagtouli

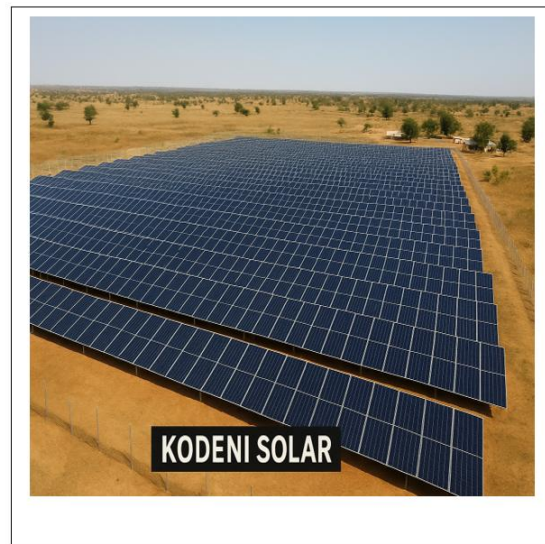


Figure 2 : Centrale PV de Kodéni

3. Matériel et méthodes

3-1. Technologie solaire photovoltaïque étudiée

La cellule solaire étudiée a une architecture comprenant un substrat de verre recouvert d'oxyde conducteur transparent ($\text{SnO}_2 : \text{F}$), une couche de transport d'électrons (ZnS), une couche active de pérovskite ($\text{CH}_3\text{NH}_3\text{PbI}_3$), une couche de transport de trous ($\text{PEDOT} : \text{PSS}$) et une électrode métallique en Or. Sous illumination, la couche active absorbe les photons incidents et génère des paires électron-trou. Les électrons photogénérés sont efficacement extraits vers la couche de transport d'électrons (ZnS) puis transférés à l'électrode transparente, tandis que les trous sont collectés par la couche de transport de trous ($\text{PEDOT} : \text{PSS}$) et transférés à l'électrode arrière en Or.

3-2. Optimisation et simulation

L'optimisation des performances de la cellule solaire a été réalisée à l'aide du logiciel SCAPS-1D, un outil de simulation spécialisé dans l'étude des dispositifs photovoltaïques. Ce logiciel permet de modéliser les caractéristiques électriques et photoélectriques des cellules solaires PV, en prenant en compte différents paramètres matériels et géométriques. Dans ce travail, l'étude a porté principalement sur l'influence de l'épaisseur de la couche HTL sur les performances des cellules solaires PV. L'amélioration des performances des cellules solaires à travers l'optimisation de la couche HTL constitue un moteur de croissance économique et un facteur essentiel au développement.

4. Résultats et discussion

4-1. Effet de l'épaisseur de HTL sur les paramètres électriques de la cellule solaire PV à base de pérovskite

La **Figure 3** illustre l'effet de l'épaisseur de la couche HTL sur la tension en circuit-ouvert V_{oc} . Nous observons que la courbe de la tension en circuit-ouvert reste constante avec l'augmentation de l'épaisseur de HTL. La stabilité de V_{oc} montre que l'augmentation de l'épaisseur de HTL ne provoque pas les pertes supplémentaires des porteurs de charges générés lié aux recombinaisons.

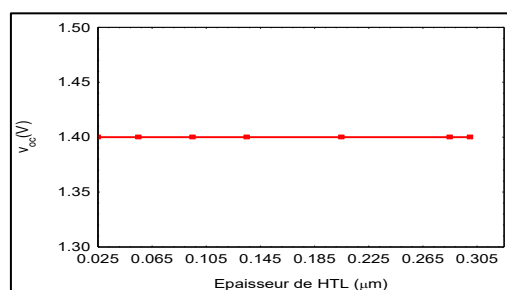


Figure 3 : Effet de l'épaisseur de HTL sur V_{oc}

La **Figure 4** montre une augmentation de la densité de courant de court-circuit (J_{sc}) en fonction de l'augmentation de l'épaisseur de la couche HTL atteignant $22,47 \text{ mA/cm}^2$ autour de $0,305 \mu\text{m}$. Cela s'explique par l'amélioration de la collecte des trous générés par la cellule solaire réduisant ainsi la recombinaison des charges et augmentant la conversion de la lumière en électricité.

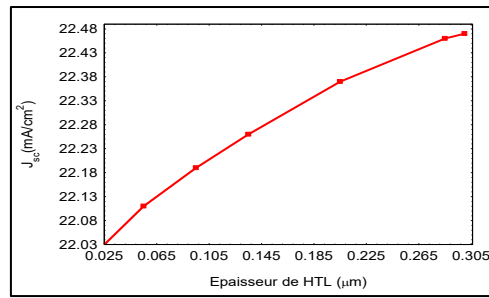


Figure 4 : effet de l'épaisseur de HTL sur J_{sc}

Nous observons sur la **Figure 5** une diminution du facteur de forme (FF) en fonction de l'augmentation de l'épaisseur de la couche HTL. Cela est due à une augmentation de la valeur de la résistance série dans la cellule solaire. Le FF est très important pour des épaisseurs relativement faibles.

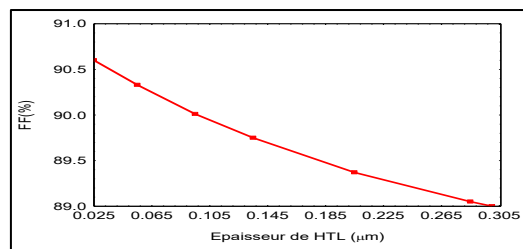


Figure 5 : Effet de l'épaisseur de HTL sur le FF

La **Figure 6** illustre l'influence de l'épaisseur de la couche HTL sur le rendement de la cellule solaire. Nous observons une augmentation progressive du rendement de 28,13 % à 28,19 % en fonction des valeurs de l'épaisseur de la couche HTL. Cela est due principalement à une meilleure absorption de la lumière par les couches plus épaisses, puisque l'absorption de la lumière est l'un des facteurs déterminants de l'efficacité du rendement photovoltaïque [4]. En effet l'augmentation de l'épaisseur de la couche HTL améliore le rendement en optimisant le transport des porteurs de charge, en réduisant les recombinaisons et en améliorant l'alignement des bandes d'énergies, entraînant une collecte plus efficace de l'énergie solaire.

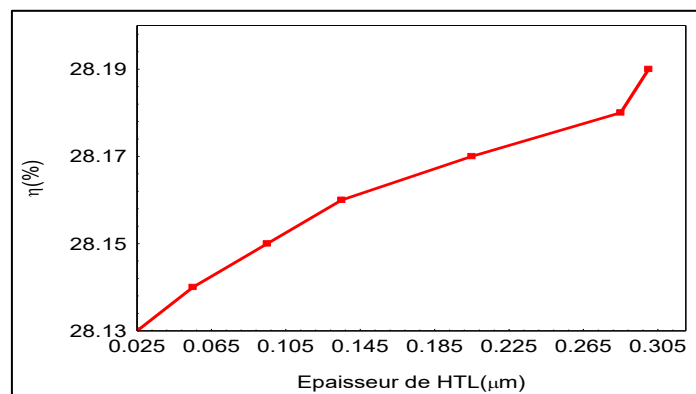


Figure 6 : Effet de l'épaisseur de HTL sur le η

4-2. Importance de l'énergie solaire dans le développement

L'énergie est un facteur clé du développement économique et social, car elle alimente l'ensemble des activités productives et influence directement la croissance des nations. Une disponibilité accrue et fiable de l'énergie permet d'améliorer la productivité industrielle et agricole, en réduisant les coûts de production et en augmentant la compétitivité des entreprises sur les marchés locaux et internationaux[5]. Par exemple, dans les pays en développement, l'électrification des zones rurales favorise la mécanisation agricole et l'implantation de petites industries, générant ainsi des retombées économiques mesurables [6]. L'investissement dans le secteur énergétique, et notamment dans les technologies renouvelables comme le photovoltaïque, contribue à la création d'emplois directs et indirects. Selon l'Agence Internationale de l'Énergie (AIE), le secteur des énergies renouvelables peut générer jusqu'à 24 millions d'emplois à l'échelle mondiale d'ici 2030, incluant la production, l'installation, l'entretien et la recherche technologique[6]. Ces emplois favorisent le développement des compétences locales et la création de valeur ajoutée dans les économies nationales. Par ailleurs, l'accès à l'énergie joue un rôle fondamental dans le développement du capital humain et la sécurité alimentaire. L'électricité permet l'irrigation des cultures, la conservation des denrées alimentaires et l'accès aux services essentiels tels que la santé et l'éducation[7]. Une énergie accessible et durable contribue ainsi à réduire les inégalités sociales et régionales, en offrant à tous les citoyens des conditions de vie améliorées et des opportunités de développement équitables[8].

4-3. Défis et perspectives

Des perspectives futures incluent l'étude de l'impact des défauts, de la stabilité des cellules solaires à pérovskites sous conditions réelles et du recyclage des matériaux, afin d'assurer leur durabilité et leur intégration à grande échelle. Ainsi, l'énergie solaire photovoltaïque apparaît non seulement comme une technologie de pointe, mais également comme un levier stratégique pour un développement économique, social et environnemental inclusif. Pour ce faire il est crucial de développer des politiques publiques et des partenariats public-privé pour soutenir l'expansion des cellules solaires PV.

5. Conclusion

L'énergie solaire photovoltaïque se présente comme une alternative incontournable pour répondre aux défis énergétiques, économiques, sociaux et environnementaux actuels. Les résultats de notre étude ont montré que l'optimisation de l'épaisseur de la couche de transport de trous (HTL) améliore significativement la densité de courant de court-circuit et le rendement de conversion, bien que le facteur de forme diminue légèrement avec l'augmentation de l'épaisseur. Ces performances confirment le rôle central de la HTL dans l'efficacité des cellules solaires à base de pérovskites. Il contribue à la création de valeur ajoutée, à l'amélioration de la compétitivité économique, à la sécurité alimentaire et au renforcement du capital humain, tout en favorisant la réduction des inégalités. Ainsi, le solaire photovoltaïque ne constitue pas seulement une solution énergétique, mais un véritable levier stratégique pour la croissance, le développement et le renforcement de la résilience face aux défis énergétiques et climatiques.

Références

- [1] - M. SALIBA, « Polyelemental, multifunctional semiconductors for tailored photovoltaics ». *Nat. Energy*, (2018)
- [2] - G. HODES et al., « Perovskite Photovoltaics : The Route to High-Efficiency Solar Cells. Weinheim, Germany : Wiley-VCH », (2020)
- [3] - « IEA, IRENA, UNSD, World Bank, WHO, (2025) »
- [4] - B. NADIA, « L'effet de l'épaisseur de la couche PEDOT : PSS sur le rendement d'une cellule solaire organique à base de P3HT/PCBM », (2018)
- [5] - « World Bank, Power More With Less : Scaling Up Energy Efficiency for Jobs and Affordable Energy, (2025) »
- [6] - « International Energy Agency (IEA), World Energy Employment 2023, (2023) »
- [7] - « United Nations Development Programme (UNDP), Human Development Report 2021/2022, (2022) »
- [8] - « REN21, Renewables for Energy Access and Affordability, (2023) »