

LE POTENTIEL SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE DU LITTORAL SUD-CAMEROUNAIS

Lydie KOMGUEM PONEABO ⁽¹⁾,
Paul TCHAWA ⁽²⁾

(1 et 2) Université de Yaoundé 1,
Département de Géographie, Cameroun.
lydiekom@gmail.com

Résumé

L'on connaît l'énergie solaire et les panneaux photovoltaïques ...mais, un peu moins la quantité d'énergie électrique que pourrait produire l'énergie solaire au-dessus d'un lieu à partir des panneaux solaires photovoltaïques. La situation d'électricité du littoral Sud-camerounais (insuffisance d'électricité, utilisation d'énergie fossile) et sa position géographique (continentale et maritime) concourent à l'utilisation des énergies renouvelables. Dans ce contexte, le Cameroun dans le cadre de sa Contribution Déterminée au niveau National (CDN), s'engage à réduire 32% des GES, en portant la part des énergies renouvelables à 25% dans le bouquet électrique national à l'horizon 2035. Le potentiel en source d'énergie électrique solaire photovoltaïque dont dispose le littoral Sud-camerounais pourrait aider dans l'atteinte de cet objectif. Cette étude vise à estimer le potentiel en sources d'énergie électrique solaire photovoltaïque du Littoral Sud-camerounais à partir des SIG. Cette démarche montre que le littoral maritime Sud-camerounais reçoit par jour, en moyenne près de 41937916459.006 kWh/m² d'irradiation solaire avec une durée d'ensoleillement de près de 11 heures. Son potentiel technique a été évalué à près de 2040981.4 kWh/m² et le potentiel annuel réalisable à près de 103.655 kWh. Ce potentiel n'a pris en compte que 50% de la couverture des toits des bâtis et 50% des zones à pente inférieur à 7%. Les autres espaces étant réservé aux autres types d'occupation du sol. Mais ce secteur nécessite d'être mieux encadré aussi bien sur le plan légal et institutionnel que sur le plan technique.

Mots clés : énergie solaire photovoltaïque, électricité, Littoral Sud-camerounais

Summary

We know about solar energy and photovoltaic panels...but we know less about the amount of electrical energy that could be produced by solar energy above a location using photovoltaic solar panels. The electricity situation of the southern coast of Cameroon (lack of electricity, use of fossil fuels) and its geographical position (continental and maritime) contribute to the use of renewable energy. In this context, Cameroon, as part of its Nationally Determined Contribution (NDC), is committed to reducing 32% of GHGs by increasing the share of renewable energy to 25% of the national electricity mix by 2035. The potential for solar photovoltaic energy sources in the South Cameroonian coastline could help in achieving this objective. This study aims to estimate the potential for solar photovoltaic energy sources in the South Coast of Cameroon based on GIS. This approach shows that the South Cameroonian maritime coastline receives an average of nearly 41937916459.006 kWh/m² of solar irradiation per day with a sunshine duration of nearly 11 hours. Its technical potential has been evaluated at about 2040981.4 kWh/m² and the annual achievable potential at about 103,655 kWh. This potential has only considered 50% of the roof coverage of buildings and 50% of the areas with a slope of less than 7%. The remaining areas are reserved for other types of land use. But this sector needs to be better supervised both legally and institutionally, as well as technically.

Key words : photovoltaic solar energy, electricity, South Cameroonian coast

Introduction

L'énergie solaire est transmise à la terre à travers l'espace sous forme de photons et de rayonnement électromagnétique. Cette énergie peut être captée et transformée en électricité grâce à des capteurs adaptés (Hadj-belkacemi, 2011). Aussi bien que le rayonnement solaire peut être utilisé directement (énergie solaire passive) dans les bâtiments sans apport d'aucune énergie externe, il peut aussi être utilisé à travers les plaques solaires. D'une part, les plaques solaires photovoltaïques convertissent le rayonnement solaire en électricité pour

diverses utilisations. D'autre part, le rayonnement solaire peut être converti en chaleur pour le chauffage des fluides à travers les plaques solaires thermiques. Toujours à partir des plaques solaires, les rayonnements du soleil peuvent être captés et convertis en énergie pour la climatisation des bâtiments. Le Littoral Sud-camerounais est potentiellement riche en sources d'énergie renouvelables dont l'exploitation pourrait renforcer l'offre de l'électricité afin de satisfaire les besoins dans tous les secteurs d'activité. Il présente un ensoleillement important pour la production de l'électricité. La stratégie de production de l'électricité du Cameroun n'est basée que sur l'hydroélectricité alors que d'autres sources pourraient être exploitées pour une complémentarité d'offre électrique. Dans un contexte marqué par la non-existence de la réglementation définissant les modalités d'utilisation des réserves énergétiques, il est plus que nécessaire de faire une évaluation du potentiel solaire photovoltaïque dont dispose le Littoral Sud-camerounais pour une production probable d'électricité.

En dépit de la littérature abondante sur le potentiel en source d'énergie renouvelable, il y a peu de travaux qui se sont intéressés à cette question au Cameroun à fortiori, à la zone littorale Sud du Cameroun. En raison de cette situation, il est important de se concentrer sur l'électricité en raison du rôle pivot qu'elle a pu jouer dans les pays développés et dans les progrès technologiques. Il est donc temps d'évaluer les sources d'énergie solaire photovoltaïque pouvant joindre les énergies fossiles dans une perspective d'accroissement de l'offre en électricité. L'énergie solaire offre une possibilité de développement efficace et durable de l'électricité grâce à son rayonnement. Cependant, pour une bonne exploitation du système solaire, il faut évaluer le rayonnement solaire sur un lieu. Cette étude vise à présenter la méthodologie mise en place

pour évaluer le potentiel en sources d'énergie électrique solaire photovoltaïque du Littoral Sud-camerounais.

I. Cadre spatial de l'étude

Du fait de sa double composante maritime et continentale, le littoral est un espace complexe et difficile à délimiter. Le littoral est décrit par Lévy et *al.* (2003) comme la zone d'interface entre l'espace continental et l'étendue maritime. Cette zone est régie par des lois afin de donner la possibilité à chaque pays de délimiter la sienne. Conformément à la délimitation des zones maritimes par la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer (CNUDM)¹¹ en son article 76 paragraphe 1, pour la partie maritime et le MINEF (1999)¹² pour la partie continentale, le Littoral Sud camerounais tel que délimité dans cette étude, est ainsi représenté par la Figure 1 ci-dessous.

¹¹ Le plateau continental d'un état côtier comprend aux fonds marins et à leur sous-sol au-delà de la mer territoriale, sur toute l'étendue du prolongement naturel du territoire terrestre de cet État jusqu'à 200 milles marins des lignes de base à partir desquelles est mesurée la largeur de la mer territoriale.

¹² La zone côtière est définie comme la région s'étendant du niveau de la haute marée jusqu'à 60 km vers le continent ; du côté de la mer, elle inclut aussi la Zone Économique Exclusive (ZEE)

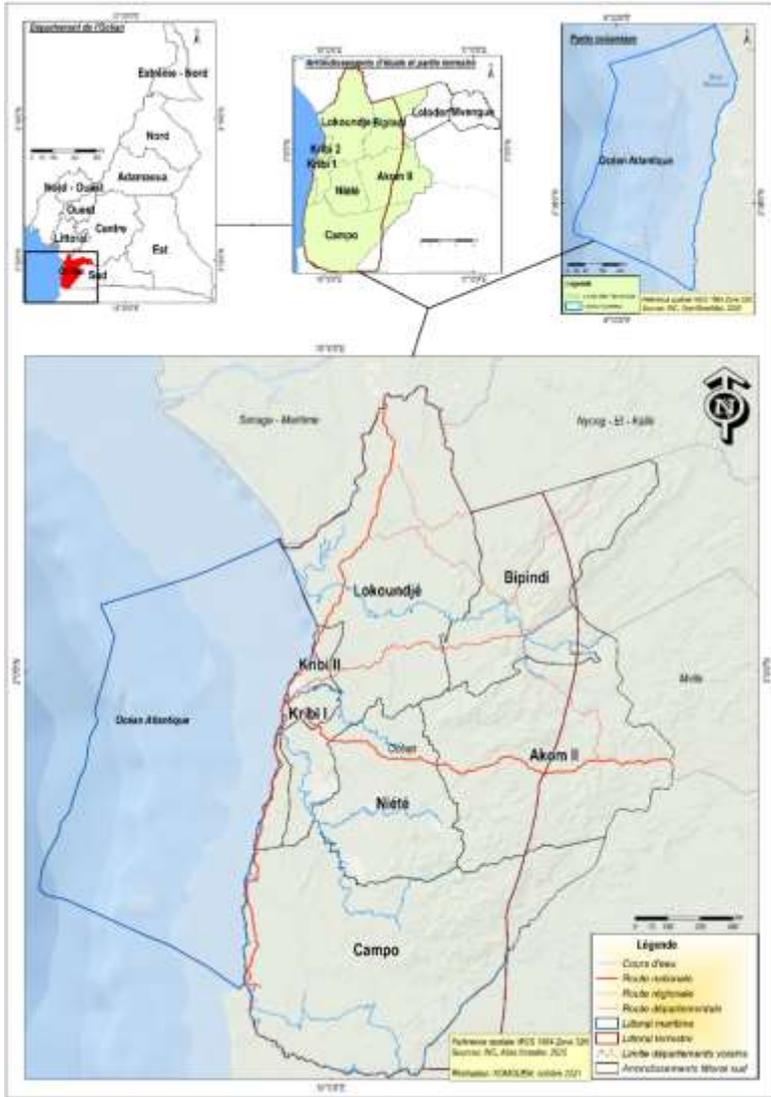


Figure 1: Localisation du Littoral Sud camerounais

Le Littoral Sud-camerounais comporte la mer territoriale dans sa partie maritime (elle va jusqu'à la limite supérieure (200 milles) autorisée par la convention du Montego Bay et dans sa partie continentale, il renferme sept arrondissements du département de l'Océan notamment, Kribi 1^{er}, Kribi 2^{ème}, Lokoundjé, Campo, Bipindi, Niété et Akom 2. Certains de ces arrondissements ont vu le jour dans les années 1990. Il s'agit de Bipindi (1994), Niété (1995) et les autres après les années 2000 comme, Kribi 1^{er}, Kribi 2^{ème} et Lokoundjé (2007). Il est limité au :

- Nord-Ouest par le département de la Sanaga maritime,
- Nord-Est par le département du Nyong et Kéllé
- Sud-Est par le département du Nyong et so'o
- Est par le département de la Mvila
- Sud-Est par le département de la Vallée du Ntem
- Ouest par l'Océan Atlantique,
- Sud par la Guinée Équatoriale

Dans le cadre de cette étude, c'est la partie continentale qui sera pris en compte.

II. Les facteurs influençant les installations photovoltaïques

Comme il a été précédemment évoqué, pendant qu'une partie du rayonnement solaire absorbée est convertie en énergie thermique, l'autre peut être absorbée et convertie en énergie électrique grâce aux cellules photovoltaïques utilisées que sont les panneaux solaires. Ainsi, pour maximiser la production, des facteurs tels que l'emplacement géographique des panneaux

solaires et l'orientation peuvent être déterminés en comprenant les valeurs d'ensoleillement. Bien qu'on puisse installer les panneaux solaires partout, la ration solaire n'est pas la même d'un endroit à un autre. Force est donc de constater sur la figure 7 ci-dessus, certains endroits reçoivent plus de rayonnement solaire que d'autres. Bien que toutes les surfaces soient éligibles pour toutes les installations photovoltaïques, il faut tenir compte de certains paramètres à savoir :

- L'exposition et l'inclinaison : la connaissance de l'exposition qui permet au mieux de capter le rayonnement solaire est important pour une rentabilité efficace des panneaux solaires. L'inclinaison quant à lui dépend du lieu géographique et tient compte de la hauteur du soleil à différents moments de la journée ;
- La surface utile ou surface du panneau solaire pouvant être mise en œuvre ;
- L'environnement proche et l'environnement lointain : lorsque les panneaux solaires sont recouverts par une ombre, leurs rendements en énergie électrique diminuent. Ainsi, les masques lointains sont les éléments du relief (montagnes, collines) pouvant générer des ombres sur les panneaux solaires et les masques proches (végétation, bâtiment voisin, etc.) sont les éléments de l'environnement proches qui peuvent créer l'ombrage sur les panneaux.

III. Approche méthodologique

Pour l'évaluation du potentiel en source d'énergie électrique solaire photovoltaïque du Littoral Sud-camerounais, les données du rayonnement solaire et données SIG pour les surfaces utilisables pour les installations solaires

photovoltaïques ont été nécessaires. Fort de cette situation, l'enjeu de ces données dans le cadre de cette étude est de générer les informations climatiques fiables sur cette zone afin de répondre aux besoins des projets sur la production de l'énergie électrique solaire photovoltaïque.

Pour caractériser l'ensoleillement, les données *in-situ* sont plus fiables. Mais, rendu au sein de la Direction de la Météorologie Nationale (DMN), il a été impossible d'obtenir les données climatiques de la zone d'étude non seulement à cause de leur non-existence, mais aussi à cause du caractère onéreux de celles qui existent pour certains sites. Ainsi, confronté à l'inaccessibilité des données climatiques fiables, les données satellitaires ont été exploitées dans ce sens que, « *depuis les années 1960, les satellites météorologiques sont devenus un des instruments privilégiés de l'étude de l'atmosphère* » (Tsalefac et al., 2002). À partir du modèle numérique de terrain (MNT) de la zone d'étude, l'outil Solar radiation d'ArcGis a permis de modéliser l'irradiation solaire. Puisque, le logiciel ArcGis possède un Toolbox spécifique pour les calculs de l'irradiation solaire. Cependant, pour estimer la production de l'énergie pendant une période donnée, le logiciel PVGIS a été utilisé. Ce logiciel a la capacité de récupérer les données météorologiques d'un site en prenant en compte l'irradiation solaire et l'élévation des montagnes.

IV. Résultat et discussion

L'évaluation du potentiel de l'énergie solaire photovoltaïque peut être faite sous trois angles à savoir : l'évaluation théorique, technique et économique.

IV.1. Les caractéristiques du rayonnement solaire sur le Littoral Sud-camerounais

IV.1.1. L'irradiation solaire

L'énergie que le soleil émet dans l'espace interplanétaire est quantifiée à travers l'irradiance et l'irradiation. L'insolation est la mesure du rayonnement solaire incident sur une zone pour une période définie. Elle est exprimée comme l'irradiance par W/m^2 ou kWh/m^2 et même dans le cas de systèmes solaires photovoltaïques. Le Cameroun en général et en particulier le Littoral-Sud camerounais est situé dans la zone intertropicale, par conséquent, il reçoit une grande partie du rayonnement solaire. La Figure 3 ci-dessous représente une carte de la radiation solaire dans la partie terrestre du Littoral-Sud camerounais.

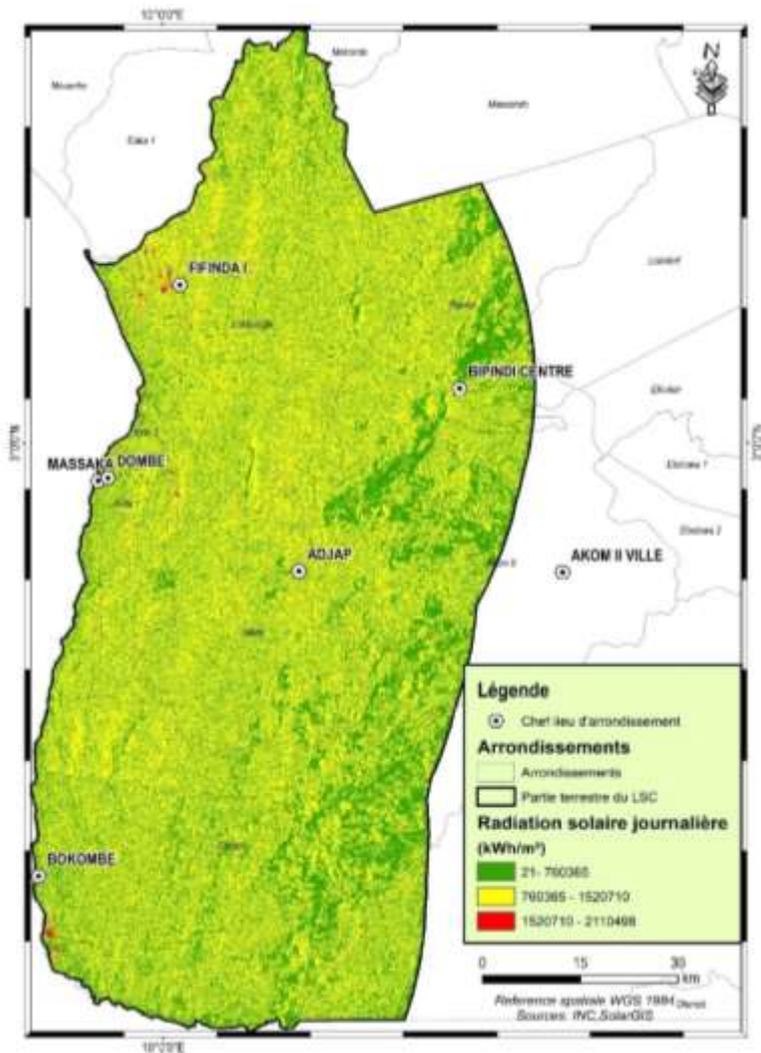


Figure 2: Spatialisation de la radiation solaire

Il ressort de cette figure 3 que, dans son ensemble, le Littoral-Sud camerounais reçoit suffisamment de l'énergie solaire pour

la production de l'électricité. Car, les valeurs de l'énergie solaire qui arrivent à la surface du sol varient de 21 à 2110498 kWh/m²/jour. Néanmoins, sur le plan spatial, la radiation est plus importante vers les côtes par rapport à l'intérieur du continent.

IV.1.2. Irradiation solaire journalière

La partie terrestre du Littoral Sud-camerounais reçoit assez de rayonnement solaire. Avec une durée moyenne d'ensoleillement journalier de 11h environ, la zone ici étudiée reçoit un rayonnement solaire important autant en saison de pluie qu'en saison sèche. La planche figure 1 ci-dessous, présente les profils d'éclairage du soleil sur le Littoral Sud-camerounais.

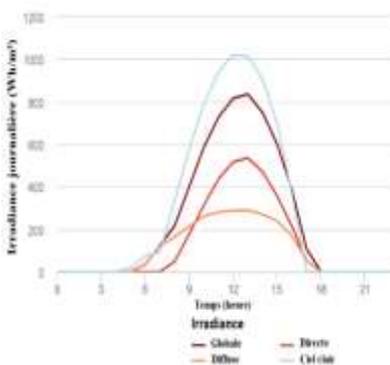


Figure 3 : Profil d'éclairage moyen journalier février (saison sèche)

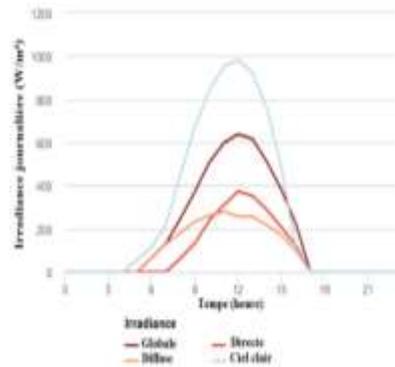


Figure 4 : Profil d'éclairage moyen journalier octobre (saison pluvieuse)

Source : PVGIS, 2021

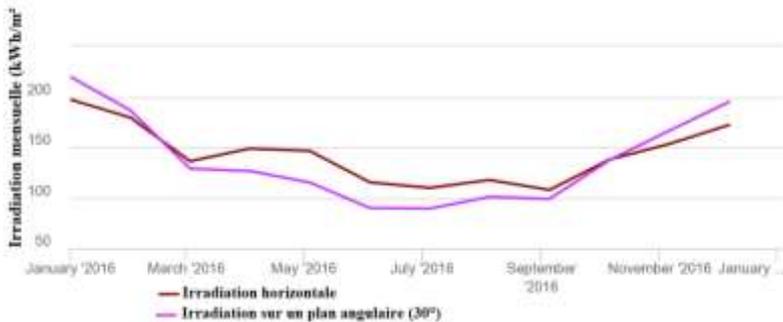
Planche figure 1 : Profil d'éclairage moyen du Littoral Sud-camerounais

L'analyse du profil journalier du rayonnement solaire dans la partie terrestre du Littoral Sud-camerounais présente une allure en cône. Le rayonnement solaire est plus élevé à partir de 11h et le pic est atteint à 12h. Ainsi, à partir de 7h, pendant que le rayonnement global, direct et diffus sont respectivement à 132.69 w/m², 0 w/m² et 130.72 w/m², celui à ciel clair est à 221.41 w/m². En revanche, à 12h, ces mêmes rayonnements atteignent respectivement 638.11w/m², 373.56 w/m², 256.03 w/m² et 982.66 w/m².

Quelle que soit la période de la journée, le rayonnement solaire est le plus élevé suivi du rayonnement global. Quant au rayonnement direct, il est nul à 7h et élevé à 12h.

IV.1.3. Irradiation mensuelle

Au cours d'une année, les rayonnements solaires subissent différentes variations d'un mois à un autre en fonction des saisons. Aussi, que ce soit sur un plan horizontal ou angulaire, les radiations solaires subissent des variations. Le profil de l'évolution des radiations solaires mensuelles en 2016 (Planche figure 1) montre que l'irradiation solaire atteint son pic en janvier aussi bien sur un plan horizontal que sur un plan angulaire. Cependant, force est de constater que le rayonnement solaire sur un plan angulaire est plus important que celui sur un plan horizontal de janvier à février et d'octobre à décembre. Alors que du mois de mars au mois de septembre, l'irradiation solaire sur un plan horizontal est plus élevée que sur un plan angulaire. Le profil de l'irradiation solaire est présenté par la Figure 6 ci-dessous.



Source : PVGIS, 2021

Figure 5: Estimations mensuelles d'irradiation solaire

Il ressort de cette figure 6 que dans le Littoral Sud-camerounais, l'irradiation solaire est importante toute l'année.

IV.1.4. Irradiation globale

La partie terrestre du Littoral Sud-camerounais avec une superficie de 835416662532 ha soit 83541666253 m², reçoit en moyenne 5,02 kWh d'énergie solaire par unité de surface et par jour. Ainsi, la moyenne annuelle de l'irradiation reçue chaque jour est égale à :

$$A = 8354166625.3 \times 5.02 = 41937916459.006 \text{ kWh/m}^2 \text{ soit } 147.6 \text{ Mégajoule (MJ)/m}^2$$

En fin de compte, pour une superficie de 8354166625.3 m², et une irradiation solaire moyenne de 5.02 (kWh/m²/jour), la zone reçoit près de 41937916459.006 kWh/m²/jour. Ce potentiel théorique d'énergie solaire est assez intéressant pour la production de l'énergie électrique. Le Tableau 21 ci-dessous présente le rayonnement solaire.

Tableau 1: Rayonnement solaire global

	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
Irradiation globale horizontale (kWh/m ² /jour)	5.97	6.16	5.65	5.18	4.71	4.69	4.18	4.63	4.26	4.18	5.04	5.6	5.02
Irradiation diffuse horizontale (kWh/m ² /jour)	2.43	2.49	2.63	2.25	2.34	2.31	2.44	2.54	2.48	2.38	2.36	2.4	2.42

Ce tableau 1 montre que les moyennes de l'irradiation globale horizontale et de l'irradiation diffuse horizontale, respectivement de 5.02 et 2.42, sont assez intéressantes pour la production de l'électricité.

IV.2. Le potentiel théorique surfacique de l'énergie solaire photovoltaïque

Le potentiel théorique surfacique ici concerne les toits et les surface de pente inférieure à 7%. Pour le calcul du potentiel surfacique sur le toit du photovoltaïque, on a utilisé la surface totale des bâtiments pour l'année 2021 dans la partie terrestre du Littoral Sud-camerounais. Cette surface des bâtis représente la surface des toits disponibles pour les installations solaires. L'extraction des bâtis de cette zone présente une surface totale surfacique des toits de près de 276.627 hectares. Ceci est le potentiel en toit pour les panneaux solaires photovoltaïques.

Pour les potentiels en surface non bâties pour les installations solaires photovoltaïques, l'importance a été accordée aux surfaces avec une pente inférieure à 7%. Grâce au modèle d'élévation de la zone d'étude, les régions de forte pente n'ont pas été considérées. Par conséquent, les surfaces avec une pente inférieure à 7% donnent une superficie de 536.513 hectares. Ce qui représente théoriquement le potentiel non bâti

pour les installations solaires photovoltaïques. Mais, en faisant la concurrence avec les autres types d'occupation du sol, on extrait de nouveau des surfaces à pente inférieure à 7%, le réseau hydrographique et routier, les zones forestières, protégées et de cultures, etc., Après cette extraction, le reste est additionné au potentiel des bâtis afin de trouver la surface véritablement disponible comme potentiel théorique pour l'utilisation en surface non bâtie du photovoltaïque et le potentiel en toit.

Un autre paramètre à prendre en compte est la face du relief. Car, avant toute installation des panneaux solaires photovoltaïques, il faut chercher non seulement les zones favorables (tenir compte des pentes) à l'installation des plaques solaires mais aussi, tenir compte de la face du relief. Sur le Littoral Sud-camerounais, les différentes faces du relief sont représentées par la Figure 7 ci-dessous.

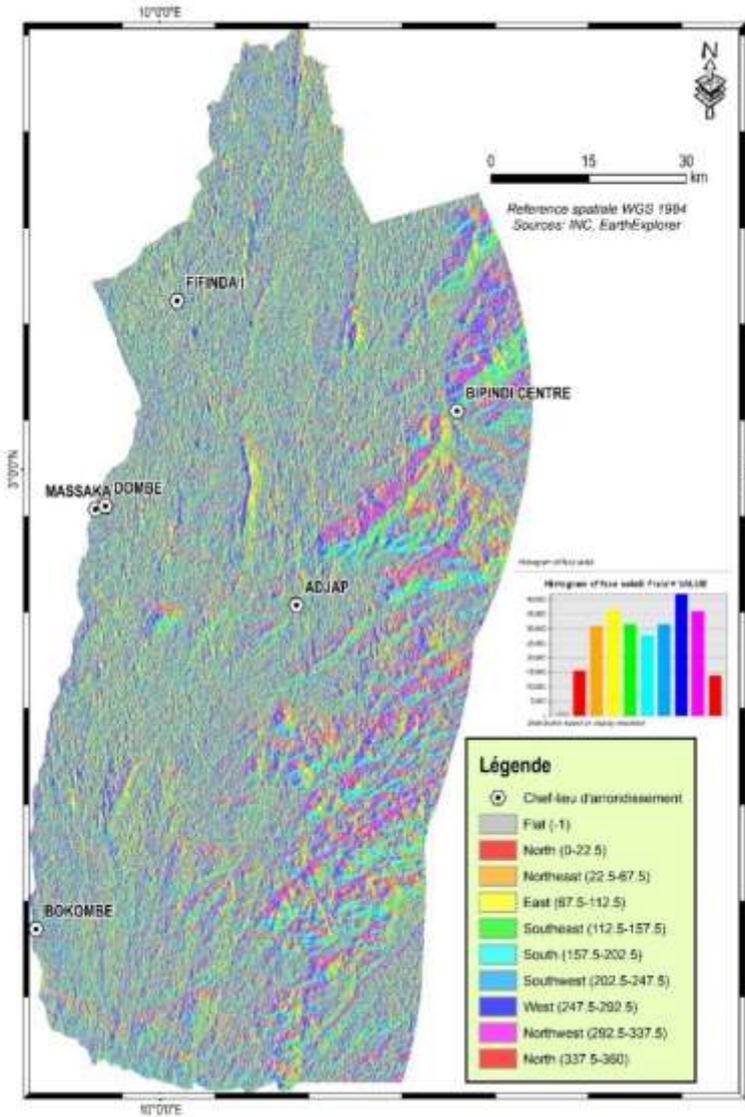


Figure 6: Face du relief du Littoral Sud-camerounais

Il ressort de cette figure 7 que les faces du relief regardent plus vers l'Ouest, du Nord-Ouest et de l'Est. On sait que le soleil se lève à l'Est et se couche à l'Ouest quel que soit l'hémisphère et la latitude. En revanche, le soleil est à son zénith au Nord dans l'hémisphère Sud. Une orientation des panneaux solaires photovoltaïques au Nord, permettrait de capter le maximum de radiation solaire tout le long de la journée. Car, il s'agit de l'exposition qui reçoit le plus d'énergie solaire au cours d'une journée quelle que soit la saison. Ainsi, l'orientation optimale des panneaux solaires dans le Littoral Sud-camerounais serait : Nord, Nord-Est et Nord-Ouest.

IV.3. Le potentiel technique et réalisable du solaire photovoltaïque

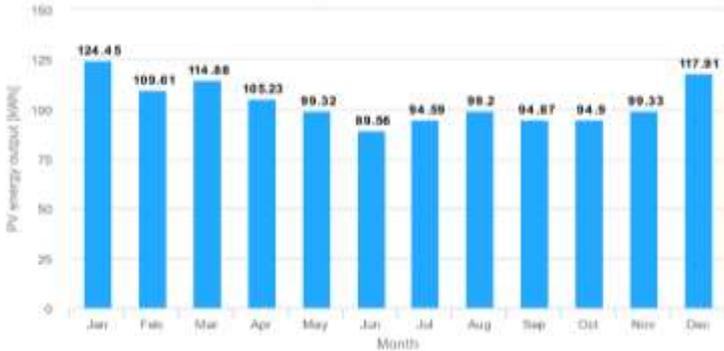
La surface des toits disponibles est près de 276.627 hectares. Toute la surface du toit d'une maison ne pouvant pas être utilisée pour les installations solaires à cause des autres usages, on considère que seulement 50% pourrait être utilisé, soit 138.313 ha. Dans la zone d'étude, les maisons ont des toits plats pour certaines et obliques pour d'autres. Pour les toits plats, on suppose l'angle d'incidence de 30° avec une orientation des modules vers le Sud. En tenant compte de la concurrence avec les autres occupations du sol ou des activités, on obtiendrait les surfaces non bâties pour les installations photovoltaïques. Ainsi donc, 50% de la surface à pente inférieure sera attribué au photovoltaïque, soit 268.257ha. Par conséquent, la surface disponible à faible pente sera augmentée à celle des toits, ce qui fait un total global des surfaces utilisables de 406.570 ha.

Concernant le potentiel technique du photovoltaïque, la zone ayant une irradiation moyenne journalière à près de 5.02 kWh/m² et une surface totale utilisable de près de 406570 m², le potentiel technique pour le photovoltaïque est de près de

2040981.4 kWh/m². Ceci correspondrait à une couverture quasi-totale des surfaces disponibles.

Pour ce qui est du potentiel réalisable du photovoltaïque dans la zone d'étude, seulement près de 11 mini champs solaires sont déjà installés. Ces champs solaires sont constitués d'environ 40 panneaux solaires et avec une capacité moyenne d'environ 15 KVA (12 KW, pour convertir en KW, il a été multiplié par 0.8 pris comme facteur de puissance). Ce que ferait en moyenne près de 165 KVA installés, soit 132 KW. Cette capacité installée jusqu'à présent ne concerne que les mini centrales solaires réalisées par le gouvernement dans les communes d'arrondissement de Bipindi (10 centrales solaires) et Akom 2 (une centrale solaire). Les autres installations privées sur toit ne sont pas comptabilisées ici.

En fonction des comptes rendu du suivi et évaluation de ces centrales solaires, plusieurs stratégies d'amélioration pourraient être adoptées dans l'optique d'augmenter les installations. Ceci dépendrait aussi de la politique du gouvernement pour favoriser la croissance du photovoltaïque. Car, les installations des centrales solaires jusqu'à présent sont des petits champs solaires qui ont été construits dans le cadre du programme de promotion des énergies solaires. Ceci d'autant plus que, la zone pourrait produire une forte quantité d'électricité photovoltaïque en fonction du type de panneaux utilisés, de l'angle d'inclinaison et de l'orientation choisis. D'ailleurs, avec les photovoltaïques (PV) de type Silicium cristallin, un angle d'inclinaison de 30° et un azimut de 90°, on pourrait obtenir mensuellement de l'énergie électrique tel qu'illustré par la Figure 8 ci-dessous.



PVGIS, 2021

Figure 7: Estimation du productible mensuelle d'un système PV fixe de type Silicium cristallin d'un kWp de capacité sur le Littoral Sud-camerounais

Dans PVGIS, le positionnement du système solaire prend en compte l'irradiation solaire et l'élévation des montagnes autour. Pour cette zone d'étude, l'impact des montagnes environnantes est présenté dans la Figure 9 ci-dessous.

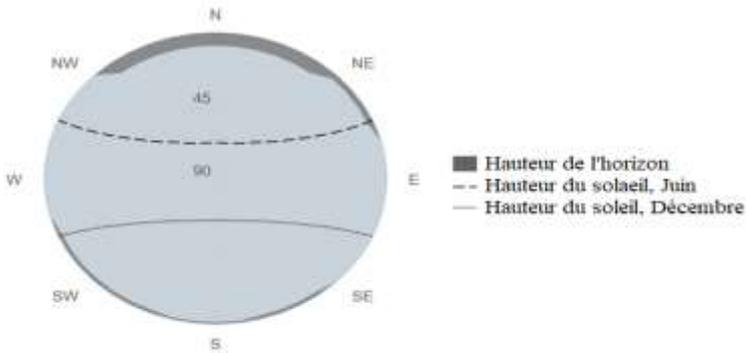


Figure 8: Situation du relief environnant au système solaire du Littoral Sud-camerounais

Il ressort de cette figure que les montagnes environnantes ne sont pas assez hautes. La position libre (posée sur le toit) est la position parfaite du système solaire photovoltaïque, car pas besoin d'un système de suivi. Compte tenu du fait que les toitures dans le Littoral Sud-camerounais sont le plus souvent légèrement inclinées de 15°, l'inclinaison horizontale du plan des photovoltaïques est environ de 30° et l'angle des panneaux photovoltaïques par rapport à la direction Sud est de 30°, donc l'Ouest.

À partir de ces paramétrages, l'estimation de la production annuelle des panneaux solaires photovoltaïques telle qu'elle est indiquée dans la figure 6 ci-dessus. Il ressort de cette figure 6 que, dans la partie terrestre du Littoral Sud-camerounais, un panneau solaire de type Silicium cristallin d'un kWp de capacité pourrait produire son maximum d'énergie en décembre et en janvier d'environ 117.91 KWh/m² et 24.45 KWh/m² respectivement. Cependant, le minimum d'énergie serait enregistré en juin. Mais avec une valeur estimée à près de 89.56 KWh/m². La production annuelle de ce système photovoltaïque est estimée à près de 1200.17KWh/m². Ce qui montre que, la zone est assez rentable pour les installations photovoltaïques.

IV.4. Analyse SWOT de l'énergie solaire photovoltaïque

De nos jours, tout développement est la résultante d'une gestion stratégique des ressources. Les sociétés s'engagent dans la planification stratégique pour une meilleure création de richesse. En fait, la planification stratégique est la clé d'une gestion stratégique réussie. La gestion stratégique est le processus continu de création, de mise en œuvre et d'évaluation des décisions qui permettent à une organisation d'atteindre ses objectifs. La gestion stratégique permet à une organisation d'être plus proactive que réactive pour façonner

son propre avenir ; elle permet à une organisation d'initier et d'influencer -plutôt que de simplement répondre à des activités et ainsi d'exercer un contrôle sur son propre destin (David, 2003). Les analyses externes et internes font partie du processus de gestion stratégique. L'analyse SWOT (Strengths, Weakness, Opportunities and Threats) est un outil stratégique d'entreprise inventé par un groupe de professeur de Havard : Learned, Christensen, Andrews et Guth destiné à identifier les options stratégiques d'une entreprise ou un projet (Dufour, 2021). L'analyse SWOT peut s'appliquer à tout projet qui nécessite une réflexion stratégique. Elle représente les forces, faiblesses, opportunités et menaces qui s'exercent sur un projet.

Réaliser une analyse SWOT pour le solaire dans cette zone est un moyen de préparer les stratégies pour une meilleure implantation des projets solaires dans le futur. Aussi, les données issues de cette analyse pourraient être utilisées pour améliorer les projets solaires déjà réalisés.

Les stratégies des énergies solaires photovoltaïques ont été définies sur la base du potentiel théorique d'énergie solaire photovoltaïque puis analysées à l'aide de la méthode SWOT comme on peut le voir dans le Tableau 2 ci-dessous.

Tableau 2: Analyse SWOT de la stratégie de développement des énergies solaire photovoltaïque

FORCES	FAIBLESSES
<ul style="list-style-type: none"> • Potentiel théorique estimé à près de 147.6 Mégajoule (MJ)/m² ; • Énergie propre sans pollution sonore ; • Source d'énergie gratuite ; • Ressources illimitées disponibles en 	<ul style="list-style-type: none"> • Limite d'usage des appareils énergivores ; • Connaissance limitée de la technologie

<p>toute saison ;</p> <ul style="list-style-type: none"> • Peu exigeant en maintenance ; • Usage des batteries pour stockage de l'énergie ; • Applications possibles très étendues et donc faciles à promouvoir ; • Des progrès technologiques rapides combinés à une baisse des prix des équipements ; • Acceptation commune de la technologie (par les décideurs et communauté locales) ; • Efficacité énergétique assurée ; • Possibilité d'installation sur les toitures des bâtiments afin de limiter les conflits fonciers ou d'occupation des sols ; 	<p>(mauvaise installation par les techniciens...)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encore trop cher pour un usage courant ; • Distance de distribution limitée ; • Limite de charge et décharge pour les batteries : de 30 à 80% pour une durée de vie de 7 à 10 ans
<p>OPPORTUNITÉS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Poursuite du progrès technique et augmentation de la production ; • Un soutien de l'État plus distinct : circulaire N°001/MINFI/CAB/ du 19 janvier 2012, liste des équipements exonérés de TVA parmi lesquelles, les équipements pour les installations solaires, multiples projets d'installation des champs solaires communautaires dont ont bénéficiés certains villages dans les arrondissements de Bipindi ; 	<p>DES MENACES</p> <ul style="list-style-type: none"> • Les problèmes fonciers ; • L'étendue du couvert forestier ;

Source : adapté de (Peureux, 2007), enquête de terrain

De l'analyse SWOT du solaire précédemment présentée, il ressort que la priorité devrait être accordée à cette énergie.

L'énergie solaire photovoltaïque dans le Littoral Sud-camerounais présente plus de forces que de faiblesses. Aussi, il a plus d'opportunités à produire l'électricité solaire photovoltaïque, que les menaces. Il serait donc, aussi bien économiquement soutenable, qu'environnementalement avantageux de privilégier ce type d'énergie dans la région.

En filigrane, la répartition spatiale des radiations solaire au sol dans la zone d'étude montre que toutes les parties de cette zone reçoivent une quantité d'énergie solaire assez intéressante pour la production de l'électricité photovoltaïque le long de l'année. Avec une irradiation solaire moyenne journalière de 5.02 kWh/m² et une durée d'ensoleillement journalière de 9h en moyenne. Ainsi, la rentabilité en électricité photovoltaïque va dépendre du type de cellule photovoltaïque choisi, en fonction de leurs performances. Car, d'après les informations recueillies auprès d'un technicien des équipements solaires sur le terrain, les cellules monocristallines produisent l'électricité en tout temps, alors que, les cellules polycristallines ne commencent la production d'électricité qu'après le lever du soleil.

IV.5. Discussion

Le potentiel en énergie solaire photovoltaïque est déterminé à partir du rayonnement solaire dans la zone d'étude. Ce rayonnement solaire est influencé par certains facteurs notamment, l'ombrage. Pour une production optimale d'électricité photovoltaïque, la connaissance de l'irradiation solaire est nécessaire. Le potentiel théorique du solaire photovoltaïque montre que le Littoral Sud-camerounais est assez ensoleillé. L'approche Solar Radiation d'ArcGis utilisé à cet effet, a été aussi utilisé dans les travaux de Faessler (2010) pour comparer la modélisation de l'irradiance en milieu urbain, puis de proposer plusieurs méthodes pour coupler des statistiques géo-référencées à l'irradiance par le toit. Mais cette

approche possède des limites dans ce sens que, le rapport entre le rayonnement direct et diffus est non modifiable. Aussi, il est impossible d'intégrer une année spécifique de la météorologie (Faessler, 2010). Dans cette approche, il n'est pas possible d'intégrer une année météorologique 'type' avec des jours 'moyens' par mois établis à partir des statistiques sur plusieurs années comme tel est le cas avec *meteonorm*.

Le potentiel surfacique du solaire photovoltaïque dans le Littoral Sud-camerounais a pris en compte la surface des toits et celle des pentes inférieures à 7%. Cependant, à cause des autres types d'utilisation de ces surfaces, seulement 50% de chacune d'elle a été considéré. Ce qui a permis de trouver le potentiel technique du photovoltaïque de 2040981.4 kWh/m² pour une surface utilisable de 406570 m². Cette démarche donne une estimation réelle du potentiel solaire photovoltaïque car seules les zones (toit, zone de pente inférieure à 7%) propices au développement de ce type d'énergie ont été considérées, mais les sols nus n'ont pas été intégrés dans cette évaluation. Pour évaluer le potentiel de l'énergie solaire photovoltaïque de la localité de Bitchoua, département du Ndé, Eneckdem Tsopgni (2018) a fait appel à la formule de Fouad Aye (2009) qui consiste à trouver l'irradiation totale de la localité en appliquant la formule $itl = \text{irradiance locale sur m}^2 * \text{superficie}$. Et pour trouver la productivité électrique récupérable, on s'appuie sur le rendement le plus faible pour les modules PV 15% et cette productivité est donnée par la formule $P = \text{énergie reçue quotidiennement dans la localité} * 0,15$. C'est ainsi que la ressource solaire photovoltaïque de la localité de Bitchoua qui dispose d'un taux d'irradiation journalière de 5.81 Kwh/m² avec une durée d'ensoleillement moyen journalier de optimal de 7h serait de 353 Gwh/jour pour toute la superficie de la localité qui est de 40.58 km². Cette

démarche ne tient pas compte du fait qu'il ait des zones qui ne soient pas propices aux installations solaires photovoltaïques.

Conclusion

Après analyse du potentiel en sources d'énergie continentale renouvelables du Littoral Sud-camerounais, il ressort que cette zone regorge des gisements solaires considérables pour la production de l'énergie électrique. En effet, à propos du potentiel solaire, la zone reçoit par jour, en moyenne près de 41937916459.006 kWh/m² d'irradiation solaire avec une durée d'ensoleillement de près de 11 heures. Son potentiel technique a été évalué à près de 2040981.4 kWh/m² et le potentiel annuel réalisable à près de 103.655 kWh. Le modèle d'évaluation du potentiel ainsi développé ne prend en compte que les aspects techniques. Or dans le domaine des énergies renouvelables et ce de l'énergie solaire en particulier, les enjeux sont également d'ordre économique (prix) et social (acceptabilité).

Références bibliographiques

David, F.R., (2003): *Strategic Management-Concept and Cases*. 9th Edition ed., Person Education, USA, 35p.

Dufour, L., (2021): *L'analyse SWOT: Définition, méthodologie et exemple*. Le Blog du Dirigeant. (<https://www.leblogdudirigeant.com/analyse-swot/>). Consultée le 02 Sep. 2021.

Eneckdem Tsopgni, V., (2018): *Analyse du potentiel en énergies renouvelables et propositions de solutions au déficit électrique à Bitchoua (Département du Ndé, Ouest -Cameroun)*. Mémoire, Université de Yaoundé I, Yaoundé, 194p.

Faessler, J., (2010): *Evaluation du potentiel solaire en milieu urbain: essais d'application aux toitures du canton de Genève*. Université de Genève, Institut des Sciences de l'Environnement,

Genève,

42p,

(<https://ise.unige.ch/geomrapport/rapports/GEOMATIQUE-FAESSLER-vf.pdf>).

Fouad Aye, A., (2009) : *Intégration des énergies renouvelables pour une politique énergétique durable à DJIBOUTI*. Thèse, Université Pascal Paoli, 178p, (<https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00605579>).

Guisan, O., (1988) : Energie solaire, .

Hadj-belkacemi, M., (2011) : *Modélisation et Etude Expérimentation d'un Capteur Solaire non Vitré et Perforé*. Université Abou Bekr Belkaid de Tlemcen, 96p, (<http://dSPACE.univ-tlemcen.dz/bitstream/112/934/1/HADJ-BELKACEMI-Mohammed.pdf>).

Ineichen, P., (2009) : Gisement solaire, .

Lévy, J. and Lussault, M., (2003) : *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. Éditions Belin, France, 1034p.

MINEF, (1999) : Profil côtier du Cameroun, .

Peureux, C., (2007) : *Le rôle des collectivités territoriales dans le développement des énergies renouvelables*. Mémoire de Master 2, Département Aménagement de l'Ecole Polytechnique de Tours, Université François Rabelais, 165p.

Planas, O., (2019) : *Irradiance solaire et irradiation solaire : différences, origine et types*. Energie solaire. (<https://lenergie-solaire.net/qu-est-ce-que-energie-solaire/rayonnement-solaire/irradiation-solaire>). Consultée le 18 Aug. 2021.

Tsalefac, M. and Ngoufo, R., (2002) : Les satellites météorologiques et la redécouverte des climats de la planète : l'expérience de l'estimation des pluies par satellites au Cameroun par l'équipe EREDCA, *Historiens et géographes*, n°379, pp: 275–281.