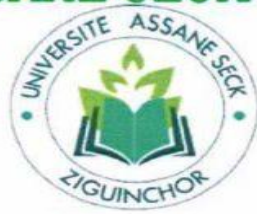


# UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR SCIENCES ET TECHNOLOGIES

Département de Physique

**Mémoire de Master**

Mention : Physique et Applications

Spécialité : Physique des Matériaux

Sujet: Taux des énergies renouvelables dans les centrales ouest africaines: difficultés rencontrées et défis à relever

Présenté par

Mlle Fanta Baldé

Sous la direction de

Pr Diouma Kobor

Devant le jury composé de

Lat Grand NDIAYE	Maître de Conférences	Président
Moustapha THIAME	Maître Assistant	Rapporteur
Ababacar NDIAYE	Maître Assistant	Examineur
Modou TINE	Assistant	Examineur
Joseph Sambasène DIATTA	Assistant	Examineur
Diouma KOBOR	Maître de Conférences	Directeur

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut...*

*Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude,  
L'amour, le respect, la reconnaissance...*



## **Je dédie ce mémoire à ...**

**ma très chère maman Diabouyel dite Mah Balde**

*Affable, honorable, aimable : Tu représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse et l'exemple du dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi.*

*Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études.*

*Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de faire depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.*

*Tu as fait plus qu'une mère puisse faire pour que ses enfants suivent le bon chemin dans leur vie et leurs études.*

*Je te dédie ce travail en témoignage de mon profond amour.*

*Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur.*

**mon Papa SAÏDOU BALDE**

*Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime,*

*Le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour toi.*

*Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être. Tes appels m'ont toujours réconforté, surtout quand tu me disais « concentre toi et n'ai pas peur, je compte beaucoup sur toi »*

*Ce travail est le fruit de tes sacrifices que tu as consentis pour mon éducation et ma formation.*

**mes chers frères et soeurs**

**AMORA, MARIAMA, AISSATOU YAFAYE ET BOUBACAR**

*Vous êtes présent dans tous mes moments de bonheur et de tristesse, de part vos prières votre soutien moral et vos belles surprises durant les vacances.*

*En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu le tout puissant, vous protège et vous garde mes biens aimés.*

**A mes grands parents Babili, Samba Diahé, Omar et Daouda Balde et leurs familles**

*Vous avez toujours été présents par vos bons conseils.*

*Votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours tout au long de mon cursus.*

*Veillez trouver dans ce modeste travail ma reconnaissance pour tous vos efforts.*

**A tous les membres de ma famille, petits et grands Oncles, tantes, cousins, cousines**

*Veillez trouver dans ce modeste travail l'expression de mon Affection.*

**A la mémoire de mes grands pères, mes grandes mères, oncles et tantes**

*J'aurais tant aimé que vous soyez présents.*

*Que Dieu ait vos âmes dans sa sainte miséricorde*

## REMERCIEMENTS

*En cet instant consacré à la rédaction de cette page de remerciements, un obstacle se dresse sous ma plume : le fait de ne pouvoir mentionner les noms de toutes les personnes qui me tiennent à cœur. Ceci n'enlève en rien ma profonde reconnaissance envers elles. Qu'elles trouvent ici l'expression de mes sincères remerciements pour l'attention qu'elles m'accordent. Je tiens à adresser mes sincères remerciements à mon encadreur le **Dr Diouma Kobor**, qui a dirigé ce travail malgré ses multiples occupations. Grâce à sa disponibilité, sa rigueur, ses conseils et directives j'ai pu achever ce travail dans les délais malgré les nombreuses contraintes que j'ai eu à rencontrer au cours de mes recherches. Je remercie également **Dr Chérif Baldé**, **Dr Lat Grand Ndiaye**, **Dr Modou Tine**, **Dr Samo Diatta**, **Dr Ababacar Ndiaye**, **Dr Moustapha Thiame**, **Dr Ibrahima Sakho** et l'ensemble des enseignants de la filière MPC1 de l'Université Assane Seck de Ziguinchor ainsi que les doctorants du laboratoire de physique qui ont tous su mettre tout en œuvre afin que tout se passe dans un bon état d'esprit.*

*Je remercie tous les membres de ma famille pour leurs conseils et soutiens morales plus particulièrement mon grand Père **Babily Balde**, à qui, j'adresse une mention spéciale pour tout ce qu'il a fait et continue de faire pour moi.*

*Mes remerciements vont aussi à l'endroit de tous les employés de l'entreprise Wartsila West Africa Corporation. Mention spéciale à mon directeur de stage **Mr Kossi Amuzu**, à mes camarades de promotion, à mes amis pour leur soutien moral, encouragements et leur générosité, au **Dahira siratikal moustakhime** de l'UASZ et tous les membres de l'**AERDK**.*

*Je ne finirai sans adresser mes sincères remerciements à **Mr Daouda Mané** ingénieur géologue, à ma meilleure amie **Mame Fatou Baldé** et à mes tuteurs de Ziguinchor, particulièrement à mon grand père **Samba Diahé Baldé**.*

## RESUME

Ce travail a été fait pour les 15 pays de l'Afrique de l'Ouest. Cette partie de l'Afrique dispose d'importantes ressources énergétiques, notamment le pétrole, et d'un bon potentiel dans le domaine des énergies renouvelables. L'Afrique de l'Ouest a un potentiel hydraulique estimé à 25 000 MW dont le quart serait localisé en Guinée Conakry. Un potentiel éolien important existe sur les côtes sénégalaises et au Cap Vert avec une moyenne de 6 m/s, un important ensoleillement, évalué entre 5 et 7 kWh/m<sup>2</sup>/jour au Burkina Faso, au Mali, au Niger et au Sénégal ainsi qu'au Nord du Bénin et du Togo. La biomasse (bois, résidus agricoles, charbon de bois, fumiers, etc.) et les déchets constituent la principale source d'approvisionnement énergétique pour 70 % à 90 % de la population Ouest africaine. C'est dans ce contexte que nous nous sommes fixé comme objectif principal d'étudier le taux des énergies renouvelables dans les centrales électriques ouest africaines. Et comme objectifs spécifiques, nous nous sommes intéressés à la situation énergétique des pays de l'Afrique de l'Ouest, à la situation des énergies renouvelables par rapport à la situation énergétique pour chaque pays et aux difficultés rencontrées pour la fourniture d'énergie,

D'après l'étude, nous avons pu trouver une capacité totale installée évaluée à environ 41 204,528 MW dont 9 259,698 MW est d'origine renouvelable soit 22,47 %. Plus de la moitié des capacités électriques en Afrique de l'Ouest proviennent de centrales à gaz. Les principales difficultés rencontrées par les techniciens sont le stockage de l'énergie et des installations à défauts. La distribution électrique pose souvent un problème surtout avec les pertes d'énergies.

Dans ces zones aux fortes disparités, les défis sont nombreux et l'accès à l'énergie reste toutefois l'un des défis majeurs à l'heure actuelle. La CEDEAO doit adopter un rythme rapide de construction de centrales électriques, cela implique des installations plus importantes et l'abandon des hydrocarbures liquides comme combustibles. Pour ce faire, l'implication du secteur privé est nécessaire. L'efficacité énergétique et les énergies renouvelables sont deux éléments essentiels et complémentaires pour parvenir à un développement durable.

## **Abstract**

This work was done for West African countries. This part of Africa has significant energy resources, oil, and a good potential on renewable energies. West Africa has an estimated 25,000 MW of hydropower potential; the quarter is located in Guinea Conakry. A significant wind potential exists on the Senegalese coast and in Cape Verde with an average of 6 m / s, a significant amount of sunshine, estimated between 5 and 7 kWh / m<sup>2</sup> / day in Burkina Faso, Mali, Niger and Senegal, north of Benin and Togo. Biomass (wood, agricultural residues, charcoal, manure, etc.) and waste constitute the main source of energy supply for 70 % to 90 % of the West African population. In this context, we have set ourselves the main objective of studying the rate of renewable energies in West African power plants. And as specific objectives, we focused on the energy situation of West African countries, the situation of renewable energies in relation to the energy situation for each country and the difficulties encountered in supplying energy,

According to the study, we were able to find a total installed capacity estimated around 41,204.528 MW of which 9,259.698 MW is of renewable origin or 22.47 %. More than half of the electricity capacity in West Africa comes from gas-fired plants. The main difficulties encountered by technicians are the storage of energy and defective installations. Electrical distribution is often a problem especially with energy losses.

In these areas with large disparities, the challenges are numerous and access to energy remains one of the major challenges at the moment. ECOWAS must adopt a fast pace of construction of power plants, this implies larger installations and the abandonment of liquid hydrocarbons as fuels. To do this, the involvement of the private sector is necessary. Energy efficiency and renewable energies are two essential and complementary elements for achieving sustainable development.

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I : SITUATION ENERGETIQUE DES PAYS DE L'AFRIQUE DE L'OUEST.....</b>	<b>3</b>
I. Contexte et situation énergétique des pays de l'Afrique de l'Ouest.....	3
a. Cas du Sénégal .....	3
b. Cas du Bénin.....	4
c. Cas du Burkina Faso.....	4
d. Cas du Cap vert .....	5
e. Cas de la côte d'Ivoire.....	5
f. Cas de la Gambie.....	6
g. Cas du Ghana.....	6
h. Cas de la Guinée Bissau .....	7
i. Cas de la Guinée Conakry .....	7
j. Cas du Libéria.....	8
k. Cas du Mali.....	8
l. Cas du Niger.....	9
m. Cas du Nigéria .....	9
n. Cas de Sierra Léone.....	10
o. Cas du Togo.....	10
<b>II. Potentiel énergétique des pays de l'Afrique de l'Ouest.....</b>	<b>11</b>
<b>CHAPITRE II : TAUX DES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LES CENTRALES ELECTRIQUES OUEST AFRICAINES .....</b>	<b>15</b>
<b>I. Tableaux récapitulatifs des centrales électriques Ouest Africaine .....</b>	<b>15</b>
a. Cas du Sénégal .....	15
b. Cas du Bénin.....	16
c. Cas du Burkina Faso.....	16
d. Cas du Cap Vert.....	17
e. Cas de la côte d'ivoire .....	17
f. Cas de la Gambie.....	18
g. Cas du Ghana.....	18
h. Cas de la Guinée Bissau .....	18
i. Cas de la Guinée Conakry .....	19
j. Cas du Libéria.....	19
k. Cas du Mali.....	20
l. Cas du Niger.....	20

m.	Cas du Nigéria .....	21
n.	Cas de la Sierra Léone .....	21
o.	Cas du Togo.....	21
<b>II. Taux des énergies renouvelables .....</b>		<b>22</b>
a.	Cas du Sénégal .....	23
b.	Cas du Bénin.....	24
c.	Cas du Burkina Faso.....	25
d.	Cas de la Gambie.....	26
e.	Cas du Libéria.....	27
f.	Cas du Nigéria .....	27
g.	Cas du Niger .....	28
h.	Cas de la côte d'Ivoire .....	29
i.	Cas du Ghana.....	30
j.	Cas de la Guinée Conakry .....	31
k.	Cas de la Guinée Bissau .....	32
l.	Cas du Cap Vert.....	33
m.	Cas de la Sierra Léone .....	34
n.	Cas du Mali.....	35
o.	Cas du Togo.....	36
<b>CHAPITRE III : DIFFICULTES RENCONTREES ET DEFIS A RELEVER.....</b>		<b>39</b>
<b>I. Difficultés rencontrées.....</b>		<b>39</b>
1.	Premier paramètre : L'adaptabilité des modules .....	40
2.	Deuxième paramètre : Les pertes dues à une température de jonction élevée.....	40
3.	Troisième paramètre : Les pertes dues à l'onduleur .....	40
4.	Quatrième paramètre : Les pertes de compteur .....	41
5.	Cinquième paramètre : Les pertes de câblage .....	41
<b>II. Défis à relever sur les énergies renouvelables .....</b>		<b>41</b>
1.	L'efficacité énergétique pour lever les barrières de l'accès à l'énergie .....	42
2.	Assurer un approvisionnement en énergie fiable.....	42
3.	Stimuler le développement social.....	42
4.	La réduction des émissions de gaz à effet de serre .....	42
5.	La distribution à haute performance de l'électricité, Faisabilité économique, financière et technique	43
<b>CONCLUSION.....</b>		<b>44</b>



## Liste des figures

Figure 1 : carte des pays membres de la CEDEAO.....	11
Figure 2: Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Sénégal en % .....	23
Figure 3 : Taux des différentes énergies renouvelables installées au Sénégal en % .....	23
Figure 4 : Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Bénin en %.....	24
Figure 5: Taux des différentes énergies renouvelables installées au Bénin en % .....	24
Figure 6 : Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Burkina Faso en %.....	25
Figure 7: Taux des différentes énergies renouvelables installées au Burkina Faso en %.....	25
Figure 8: Taux des énergies dans les centrales électriques installées en Gambie en % .....	26
Figure 9 : Taux des différentes énergies renouvelables installées en Gambie en % .....	26
Figure 10 : Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Libéria en % .....	27
Figure 11: Taux des différentes énergies renouvelables installées au Libéria en %.....	27
Figure 12: Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Nigéria en %.....	28
Figure 13: Taux des différentes énergies renouvelables installées au Nigéria %.....	28
Figure 14: Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Niger en %.....	29
Figure 15: Taux des énergies dans les centrales électrique installées en Côte d'Ivoire en % .....	29
Figure 16: Taux des différentes énergies renouvelables installées en Côte d'Ivoire en %.....	30
Figure 17: Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Ghana en %.....	30
Figure 18: Taux des différentes énergies renouvelables installées au Ghana en %.....	31
Figure 19 : Taux des énergies dans les centrales électriques installées en Guinée Conakry en %.....	31
Figure 20 : Taux des différentes énergies renouvelables installées en Guinée Conakry en %.....	32
Figure 21 : Taux des énergies dans les centrales électrique installées en Guinée Bissau en % .....	32
Figure 22: Taux des différentes énergies renouvelables installées en Guinée Bissau en %.....	33
Figure 23: Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Cap Vert en % .....	33
Figure 24 : Taux des différentes énergies renouvelables installées au Cap Vert % .....	34
Figure 25: Taux des énergies dans les centrales électriques installées en Sierra Léone en % .....	34
Figure 26: Taux des différentes énergies renouvelables installées en Sierra Léone% .....	35
Figure 27: Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Mali en % .....	35
Figure 28: Taux des différentes énergies renouvelables installées au Mali en % .....	36
Figure 29: Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Togo en %.....	36
Figure 30 : Taux des différentes énergies renouvelables installées au Togo en %.....	37
Figure 31: Puissance total installée dans les centrales électriques des pays de l'Afrique de l'Ouest.....	37
Figure 32: illustration du taux d'énergies renouvelables par pays .....	38

## Liste des tableaux

Tableau 1: <b>Potentiel énergétique des pays de l'Africaine de l'Ouest</b> .....	13
Tableau 2: Types de centrales électriques et leur puissance installée au Sénégal .....	15
Tableau 3: Types de centrales électriques et leur puissance installée au Bénin .....	16
Tableau 4: Types de centrales électriques et leur puissance installée au Burkina Faso .....	16
Tableau 5: Types de centrales électriques et leur puissance installée au Cap vert .....	17
Tableau 6: Types de centrales électriques et leur puissance installée en Côte d'Ivoire .....	17
Tableau 7: Types de centrales électriques et leur puissance installée en Gambie .....	18
Tableau 8: Types de centrales électriques et leur puissance installée au Ghana .....	18
Tableau 9: Types de centrales électriques et leur puissance installée au Guinée Bissau .....	19
Tableau 10: Types de centrales électriques et leur puissance installée au Guinée Conakry .....	19
Tableau 11: Types de centrales électriques et leurs puissances installées au Libéria .....	20
Tableau 12: Types de centrales électriques et leurs puissances installées au Mali .....	20
Tableau 13: Types de centrales électriques et leurs puissances installées au Niger .....	20
Tableau 14: Types de centrales électriques et leur puissance installée au Nigéria .....	21
Tableau 15: Types de centrales électriques et leur puissance installée en Sierra Léone .....	21
Tableau 16: Types de centrales électriques et leur puissance installée au Togo .....	22

## Liste des annexes

Annexe 1: Tableau récapitulatif du taux des énergies renouvelables installées par pays .....	xv
Annexe 2 : Puissance des centrales électriques de la Gambie (www.ecreee.org, www.nawec.gm) .....	xv
Annexe 3: Puissance des centrales électriques du Sénégal (www.ecreee.org, www.senelec.sn) .....	xvi
Annexe 4 : Puissance des centrales électriques du Togo (www.ecreee.org, www.edt.sn) .....	xvii
Annexe 5 : Puissance des centrales électriques de la Guinée Bissau (www.ecreee.org, www.eagb.sn) .....	xvii
Annexe 6: Puissance des centrales électriques du Niger (www.ecreee.org, www.nigelec.sn) .....	xvii
Annexe 7: Puissance des centrales électriques du Libéria (www.ecreee.org, www.ecowrex.org) .....	xviii
Annexe 8: Puissance des centrales électriques de la côte d'Ivoire (www.ecreee.org, www.ecowrex.org) ...	xviii
Annexe 9 : Puissance des centrales électriques de la Sierra Léone (www.ecreee.org, www.ecowrex.org) ...	xix
Annexe 10 : Puissance des centrales électriques de la Guinée Conakry (www.ecreee.org, www.ecowrex.org) .....	xix
Annexe 11 : Puissance des centrales électriques du Ghana (www.ecreee.org, www.ecg.sn) .....	xxi
Annexe 12: Puissance des centrales électriques du Mali (www.ecreee.org, .....	xxii
Annexe 13: Puissance des centrales électriques du Burkina Faso (www.ecreee.org, www.sonabel.sn) .....	xxiii
Annexe 14: Puissance des centrales électriques du Bénin (www.ecreee.org, www.edm-sa.com) .....	xxiv
Annexe 15 : Puissance des centrales électriques du Cap vert (www.ecreee.org, www.electra.cv) .....	xxiv
Annexe 16: Puissance des centrales électriques du Nigéria (www.ecreee.org, www.nera.sn) .....	xxvi

## Liste des sigles et abréviations

**DO:** Diesel Oil

**RI:** Réseau Interconnecté

**CI:** Centres Isolés

**MT:** Moyenne Tension

**BT:** Basse Tension

**Pa:** Pertes d'adaptabilité

**Pce:** Pertes liées au compteur d'électricité

**Pt:** pertes dues à la température de jonction

**Pond:** pertes dues à l'onduleur

**Pca:** Pertes d'énergie dans le câblage

**GES:** Gaz à effet de serre

**MW:** Méga Watt

**KWh:** Kilowatt heure

**GWH:** Gigawatt heure

**PMA:** Pays les Moyens Avancés

**PIB:** Produit Intérieur Brute

**Km<sup>2</sup>:** kilomètre carré

**GNL:** Gaz Naturel Liquéfié

**AEnR:** Taux des Energies Renouvelables

**EnR:** Energie Renouvelable

**AEnS:** Taux Energie Solaire

**Tep:** Tonne équivalent pétrole

**GTI :** Premier producteur indépendant du Sénégal

**GPL:** Gaz de Pétrole Liquéfié

**CEDEAO:** Communauté Economique des Etats de l’Afrique de l’Ouest

**SENELEC:** Société Nationale d’Electricité du Sénégal

**OMVS:** Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal

**SOGEM:** Société de Gestion de l’Energie du Mali

**ASER:** Agence Sénégalaise pour l’Electrification Rurale

**CRSE:** Commission de Régulation du Secteur de l’Electricité

**NAWEC:** Compagnie Nationale d’Eau et d’Electricité de la Gambie

**EAGB:** Société publique d’électricité et de l’eau de la Guinée-Bissau

**EDM SA:** Société nationale de production d’Energie du Mali

**CEET:** Compagnie d’Electricité et d’Eau du Togo

**CEB:** Compagnie électrique du Bénin

**NEPA:** L’Autorité National de l’Energie Electrique (National Electric Power Authority)

**NERA:** Agence Nigérienne de Régulation de l’Electricité (Nigerian Electricity Regulatory Agency)

**ECG:** Electricité du Ghana (Electricity of Ghana)

**NIGELEC :** Société nationale d’électricité du Niger

**ELECTRA :** Société nationale d’électricité du Cap Vert (en portugais)

## INTRODUCTION

L'Afrique de l'Ouest est constituée d'un ensemble de 15 pays indépendants : le Bénin, le Burkina Faso, le Cap Vert, la Côte d'Ivoire, la Gambie, le Ghana, la Guinée, la Guinée Bissau, le Libéria, le Mali, le Niger, le Nigéria, le Sénégal, la Sierra Léone et le Togo. En matière de superficie, les pays d'Afrique de l'Ouest s'étendent sur près de 20 % du continent. La croissance démographique y est très forte (près de 10 millions de personnes supplémentaires par an) et les besoins en énergies augmentent à un rythme rapide. L'Afrique de l'ouest dispose d'importantes ressources énergétiques, notamment le pétrole, et d'un bon potentiel dans le domaine des énergies renouvelables.

Cette partie de l'Afrique a un potentiel hydraulique estimé à 25 000 MW dont le quart serait localisé en Guinée Conakry. Un potentiel éolien important existe sur les côtes sénégalaises et au Cap Vert, l'Afrique de l'Ouest dispose d'un important ensoleillement, évalué entre 5 et 7 kWh/m<sup>2</sup>/jour au Burkina Faso, au Mali, au Niger et au Sénégal ainsi qu'au Nord du Bénin et du Togo dans une moindre mesure. La biomasse (bois, résidus agricole, charbon de bois, fumiers, etc.) et les déchets constituent la principale source d'approvisionnement énergétique pour 70 % à 90 % de la population Ouest africaine selon les pays. Il y'a de ce fait une fracture importante entre les populations rurales et citadines, ces dernières ayant accès à des réseaux électriques. Il existe par ailleurs de fortes disparités entre les pays d'Afrique de l'Ouest : le Nigéria est le premier producteur de pétrole africain (12<sup>e</sup> au monde avec 2,7 % de la production mondiale en 2013) tandis que d'autres pays ont une production énergétique très limitée dépendant presque de la biomasse comme le Togo. Plus de la moitié des productions électriques en Afrique de l'Ouest proviennent de centrales à gaz [1].

Les énergies renouvelables englobent une vaste gamme de ressources énergétiques très diverses : biomasse, hydraulique, géothermie, éolienne, solaire et marine, ainsi que des processus de combustion, thermiques, mécaniques, photovoltaïques, etc. Outre les avantages évidents en termes de contrôle des émissions, les technologies liées aux énergies renouvelables peuvent également contribuer de manière significative à la sécurité énergétique domestique et à la stimulation du développement économique. Au cours des dernières années, les marchés des énergies renouvelables et cadres politiques ont évolué rapidement. Par ailleurs, les énergies renouvelables sont de plus en plus considérées comme essentielles pour faciliter l'accès à l'énergie, en particulier dans les zones rurales des pays en développement. Elles s'affirment comme une option viable pour fournir à des millions de personnes une meilleure qualité de vie. Il reste encore beaucoup à faire pour atteindre l'accès à l'énergie pour tous.

Actuellement, l'Afrique de l'Ouest enregistre une très faible consommation d'électricité par habitant. Cette situation risque de changer rapidement dans les années à venir. La part mondiale des énergies renouvelables dans l'augmentation de la capacité de production annuelle est de plus de 50 % [2]. Ce qui veut dire que la transition du secteur de l'énergie a d'ores et déjà commencé car l'Afrique de l'Ouest dispose d'un grand potentiel en matière d'énergies renouvelables et que le défi consiste à savoir exploiter ce potentiel pour satisfaire la demande en électricité.

C'est dans cette logique d'exploitation et d'investissement sur les énergies renouvelables en Afrique de l'Ouest, que l'entreprise Wartsila West Africa corporation a décidé de faire une étude sur le potentiel énergétique de chaque pays de la CEDEAO mais aussi sur les types de centrales électriques installées tout en évaluant leurs puissances électriques.

C'est dans ce contexte et en qualité de stagiaire ayant été sélectionnée par ce groupe, en partenariat avec l'Université Assane Seck de Ziguinchor, que s'est effectué ce travail d'investigations.

## **CHAPITRE I : SITUATION ENERGETIQUE DES PAYS DE L'AFRIQUE DE L'OUEST**

### **I. Contexte et situation énergétique des pays de l'Afrique de l'Ouest**

#### **a. Cas du Sénégal**

Le Sénégal, situé à l'extrême ouest de l'Afrique de l'ouest en bordure de l'océan Atlantique, s'étend sur une superficie de 196 722 km<sup>2</sup> avec un climat de type sahélien. Il est limité au nord par la Mauritanie, à l'est par le Mali, au sud par la Guinée et la Guinée-Bissau. Avec une population estimée à 15 726 037 habitants en 2017, la plus grande partie de la population est concentrée sur la côte et les zones rurales. Etant parmi les pays les moins avancés (PMA), son économie se situe au quatrième rang régional en Afrique de l'ouest avec une moyenne de 3.8 % par an. L'économie du Sénégal est dominée par le secteur des services, qui contribue à hauteur de 58,6 % du PIB, suivi par l'industrie (24,3 %), et l'agriculture (17,1 %). De même la pauvreté, l'exclusion sociale touchent une grande partie de la population des villes car 46,7 % de la population totale du Sénégal vit en dessous du seuil de pauvreté [3].

La production d'énergie électrique au Sénégal, en dehors de l'hydroélectricité en provenance de Manantali dans le cadre de l'OMVS, est assurée par des moyens exclusivement thermiques, principalement alimentés par des hydrocarbures importés, et répartis en trois sous-ensembles en fonction du type de réseau desservi à savoir: les centrales du réseau interconnecté, les centrales régionales et les centrales secondaires. Les centres de production du réseau interconnecté (R.I), concentrés dans la région nord-ouest du Sénégal, couvrent plus de 95 % de la demande en électricité. L'apport de Manantali aux R.I représente 11,66 % de la capacité totale exploitable. Le réseau interconnecté s'étend dans les régions de Dakar, Thiés, Fatick, Diourbel, Louga, Kaolack, Saint Louis et de Matam [4].

La SENELEC (Société Nationale d'Electricité du Sénégal) coexiste avec deux opérateurs privés dans le segment de la production. Il s'agit de la GTI qui exploite depuis fin 1999 une centrale thermique qui sera transférée à la SENELEC à l'issue d'une période de quinze ans et Kounoune Power qui exploite également une centrale thermique à transférer à la Senelec. En outre, dans le cadre de l'OMVS, la société de la Gestion de l'énergie de Manantali (SOGEM) appartenant aux trois Etats membres, livre sur le réseau de la SENELEC, depuis juillet 2002, de l'énergie produite par la centrale hydroélectrique localisée au Mali. Le développement de l'électricité dans les zones rurales non encore électrifiées est confié à l'Agence Sénégalaise d'Electrification

Rurale (ASER). La régulation des activités de production, transport, distribution et de vente d'énergie électrique sur l'ensemble du territoire est confiée à la Commission de Régulation du Secteur de l'Electricité (CRSE) [5].

### **b. Cas du Bénin**

Etat de l'Afrique de l'ouest, la République du Bénin est située dans la zone tropicale entre l'équateur et le tropique du cancer. Elle est limitée au Nord par le fleuve Niger, frontière naturelle avec la république du Niger, au Nord-Ouest par le Burkina-Faso, à l'Ouest par le Togo, à l'Est par le Nigéria et au Sud par l'Océan atlantique. La superficie du Bénin est de 114.763 km<sup>2</sup> avec une population de 10 448 647 habitants.

La situation énergétique du Bénin est décrite dans le système d'informations énergétique de la CEB (Compagnie Electrique du Bénin) et est caractérisée par :

- Une consommation d'énergie relativement faible et marqué par une prédominance des usages traditionnels de la biomasse-énergie avec forte émission de Carbone. La consommation énergétique du Bénin était de 3 344 kTep en 2010, soit environ 0, 4 Tep/habitant. En 2012, la consommation de bois de feu et du charbon de bois représentait environ 48, 8 % de l'énergie finale totale consommée, les produits pétroliers 49, 1 % et l'électricité 2, 1 %.
- Un faible taux d'accès des populations à l'électricité, particulièrement dans les zones rurales. En 2014, le taux d'électrification nationale est de 31 % avec 58 % en milieu urbain et 6, 7 % en milieu rural. On a une dépendance quasi-totale de l'extérieur pour les approvisionnements en produits pétroliers et un important potentiel inexploité d'énergies renouvelables [6].

### **c. Cas du Burkina Faso**

Le Burkina Faso est situé au cœur de l'Afrique occidentale dans la boucle du Niger. Il partage ses frontières avec 6 pays qui sont: au Nord et à l'Ouest, le Mali, au Sud, la Côte d'Ivoire, le Ghana, le Togo et le Bénin et à l'Est, le Niger. Le pays s'étend sur une superficie de 274 200 Km<sup>2</sup> et n'a pas de débouché maritime. La population est évaluée à 15 000 000 d'habitants en 2017 et près de 80 % vit en milieu rural.

Le secteur de l'énergie au Burkina Faso se caractérise essentiellement par la rareté des ressources naturelles exploitables à moindre coût. Pays non producteur de pétrole, le Burkina Faso importe la totalité de ses besoins en hydrocarbures. L'approvisionnement se fait à partir des pays voisins : Côte d'Ivoire, Ghana, Togo, Bénin et bientôt le Niger. L'approvisionnement



en énergie primaire total est environ 3 260 kTep et le taux d'accès à l'électricité est estimé à 27 % [7].

#### **d. Cas du Cap vert**

Le Pays est montagneux et d'origine volcanique, constitué par dix îles avec une superficie de 4 033 km<sup>2</sup>. Le Cap Vert se situe entre l'Equateur et le Tropique du Cancer avec une population estimée à 537 661 habitants.

Le secteur de l'énergie au Cap Vert est fortement dépendant des produits pétroliers et il existe une forte demande des combustibles de bois (bois de chauffe, charbon de bois et biomasse) qui est la principale énergie primaire de production nationale, à coté de l'énergie éolienne qui a pris une expression considérable. Le Cap Vert est un importateur de produits de pétrole-liquide. Les dérivés de pétrole ont contribué avec 73, 348 Tep, qui représentent environ 71 % de la totalité des sollicitations en énergie du marché. L'électricité est principalement produite par des centrales thermiques. Le taux d'accès à l'électricité du Cap Vert est estimé à 70 % en 2006.

Trois principaux éléments constituent la source d'approvisionnement en énergie au Cap Vert. Il s'agit du pétrole, de l'électricité et des énergies renouvelables (biomasse et éolienne). La principale société d'électricité « ELECTRA » dispose de 32 centrales thermiques fonctionnant au diesel et de 4 parcs éoliens. La production électrique connaît, elle aussi, un accroissement. Seulement, l'électricité est essentiellement produite par des centrales à diesel (plus de 95 % de la production). La demande en énergie est essentiellement orientée vers l'importation de produits pétroliers, la production d'électricité par énergie éolienne et l'utilisation de la biomasse énergétique. L'accès à l'électricité reste difficile sur le territoire Capverdien du fait du morcellement du réseau électrique dû à sa situation d'insalubrité [8].

#### **e. Cas de la côte d'Ivoire**

La population de la Côte d'Ivoire est estimée à près de 22 000 000 d'habitants sur une superficie de 322 463 km<sup>2</sup>. La majorité de la population est concentrée dans les bidonvilles ivoiriens.

La Côte d'Ivoire a très tôt développé une politique d'accès à l'électricité basée sur l'exploitation de ses ressources hydrauliques. Le taux d'accès à l'électricité est élevé. Il est de 74%. De plus des perturbations fréquentes sur le réseau (vétuste du réseau, déficit de production, etc.) privent la clientèle de l'énergie fiable et de qualité. Les investissements dans le secteur de l'électricité n'ont pas accompagné la demande. Les infrastructures sont exploitées au-delà de leur limite de capacité. Au niveau de l'efficacité énergétique et des énergies renouvelables, le pays dispose d'un vaste gisement sous exploité. Les deux chocs successifs pétroliers de 1979 et 1983 couplés aux crises financières internationales ont orienté le pays à initier quelques actions de maîtrises

d'énergie. Mais le fort enracinement des énergies conventionnelles et le retour de l'équilibre budgétaire, ont relégué au second plan ces énergies sombres en carbone. L'Etat s'est désengagé peu à peu des secteurs productifs laissant le champ libre à des initiatives privées pour se consacrer à ses prérogatives de régulateur du marché [9].

#### **f. Cas de la Gambie**

La Gambie est un pays très étroit, qui s'étend de part et d'autre du fleuve Gambie. C'est un pays côtier de l'océan atlantique, avec son arrière-pays qui a la particularité d'être enclavé dans le Sénégal. Avec une superficie de 11 295 km<sup>2</sup>, la population gambienne s'élève à 1 967 709 habitants.

La Gambie possède comme principales ressources d'énergie, le bois de chauffe, l'électricité, les importations de pétrole, le Gaz de pétrole liquéfié (GPL). En raison d'une croissance démographique rapide, la demande en sources d'énergie a largement dépassé la capacité de production de la compagnie nationale d'eau et d'électricité (NAWEC). Nawec, un opérateur public à la dérive, présente déjà un taux d'électrification faible de 40 % dans tout le pays et seulement 12% dans le monde rural. La Gambie a en plus, bien du mal à garantir l'approvisionnement en électricité des territoires connectés. Les délestages intempestifs d'électricité font rage dans ce petit pays d'Afrique de l'Ouest. La Gambie s'enfonce dans une crise énergétique sans précédent ces dernières années. Confrontée aux insuffisances d'un réseau électrique vétuste et à la fragilité financière d'une compagnie publique. L'électricité est fournie via des générateurs vieux de quarante ans, et dont plus de la moitié est en panne. Ce qui fait que les coupures de courant sont presque quotidiennes dans certains quartiers de la capitale Banjul, et rien n'est fait pour y remédier. La compagnie est aujourd'hui en panne et n'a vraisemblablement pas les ressources pour financer les investissements nécessaires. Seul espoir, un accord d'approvisionnement éventuel avec le Sénégal qui permettrait au gouvernement de gagner du temps dans l'attente d'une ouverture progressive du marché à la concurrence et aux investisseurs étrangers [10].

#### **g. Cas du Ghana**

La superficie du Ghana est de 238 535 km<sup>2</sup> et sa population est estimée à 28 959 391 habitants. Le Ghana est l'un des pays Africains où l'accès à l'électricité est le plus élevé, avec près de 80 % de la population concernée contre 50 % au Nigéria. Mais ils existent toujours des disparités entre les zones rurales et les zones urbaines.

L'électricité au Ghana est principalement distribuée par la société Electricity of Ghana (ECG). L'ECG couvre 36 % du territoire mais distribue près de 90 % de sa production électrique. Le

centre et le nord du pays sont couverts par la société Northern Electricity Distribution Company, qui assure les 10 % restant. Le mix énergétique ghanéen, historiquement équitable et réparti entre l'énergie hydraulique et l'énergie thermique, est aujourd'hui à dominante thermique. La capacité installée est en effet passée de 2 900 MW à 3 722 MW grâce à l'addition en un an d'environ 800 MW à partir des centrales à gaz. Par ailleurs, le Ghana exploite progressivement son potentiel d'énergie renouvelable, avec une capacité de 22,5 MW en solaire [11].

#### **h. Cas de la Guinée Bissau**

La Guinée Bissau située à l'extrême sud-ouest de l'Afrique de l'Ouest, est un pays dont la population est estimée à 1 800 000 habitants sur une superficie de 36 125 km<sup>2</sup>. L'économie du pays est en grande partie assurée par la production et l'exportation de la noix de cajou sur toute l'étendu du territoire. De même la majeure partie de la population vit en milieu rural.

La Guinée-Bissau est l'un des pays les moins électrifiés de la région: 20 % de la population ont accès à l'électricité. Bissau est la seule ville desservie par le réseau public, avec 47000 foyers électrifiés, d'autres localités sont partiellement alimentées par des producteurs privés,

L'arrêt des centrales est fréquent, interrompant l'alimentation électrique, ces coupures perturbent également l'approvisionnement en eau, La production d'électricité est estimée à 66 GWh et la consommation d'électricité est environ 42 kWh/ habitant.

Le parc énergétique est composé de centrales thermiques au diesel et c'est la société publique d'électricité et de l'eau de la Guinée-Bissau (EAGB) qui gère les installations de la capitale. La capacité installée est de 21 MW, et la capacité réelle de 18 MW, dont seuls 15MW sont disponibles 24h/24. Une centrale solaire de 0,34 MW est mise en place pour alimenter une partie de la région. L'EAGB a des difficultés financières structurelles liées à la vétusté du réseau et aux raccordements illégaux (environ 25 % de pertes techniques à la production), ainsi qu'à des difficultés de facturation et de financement par l'Etat. L'entreprise peine à assurer l'approvisionnement en Diesel nécessaire à la production électrique [12].

#### **i. Cas de la Guinée Conakry**

La Guinée Conakry est entourée de la Guinée-Bissau, du Sénégal, du Mali, de la côte d'ivoire, du Libéria, de la Sierra Leone et de l'Océan Atlantique. La Guinée a près de 11 000 000 d'habitants sur une superficie de 245 857 km<sup>2</sup>. Le taux de croissance annuel moyen de la population a été de 2,2 % entre 2010 - 2016 et 65 % de la population guinéenne vit en milieu rural.

Le bilan énergétique national se présente comme suit: 78 % pour le bois et le charbon de bois, 22% pour les produits pétroliers importés. Le bois de cuisine et le charbon de bois constituent

les principaux combustibles utilisés par les ménages. Le taux d'accès au service électrique est de 47,8 % en zone urbaine et de 2 % en zone rurale. La consommation électrique est concentrée en milieu urbain, ce qui fait que l'électricité est quasi indisponible pour les ménages ruraux. L'objectif à moyen et long terme du pays est de les remplacer grâce au développement des énergies renouvelables [13].

#### **j. Cas du Libéria**

Le pays a une superficie de 111 369 km<sup>2</sup> et sa population est estimée à 4 396 554 habitants. Le Libéria est en pleine transition, passant de la construction post-conflit au développement économique à long terme. La pauvreté et l'insécurité sociale freinent le développement du pays. Le manque d'infrastructures matérielles, en particulier électriques et routières, hors de Monrovia fait que l'électricité est uniquement fournie à la capitale. Le taux d'accès à l'énergie reste inférieur à 10 %. Le coût de l'électricité est aussi très élevé au Libéria. Les entreprises recourent aux groupes électrogènes à un coût élevé prohibitif [14].

#### **k. Cas du Mali**

Pays continental et non producteur de pétrole, le Mali est approvisionné en hydrocarbures à travers les ports maritimes des pays voisins tels que la Côte d'Ivoire, le Sénégal, le Bénin et le Togo. L'approvisionnement par les axes de Lomé (Togo) et Cotonou (Bénin), est le plus coûteux à cause de la longueur des trajets et des difficultés de transit. La population du Mali est estimée à 18 957 258 habitants sur une superficie de 1 240 000 km<sup>2</sup>.

La consommation énergétique globale du Mali provient principalement de la Biomasse, les produits pétroliers, l'électricité et des énergies renouvelables. La biomasse constituée essentiellement de bois et de charbon de bois, occupe une place centrale (81 %) dans la consommation énergétique nationale du Mali, suivie par les produits pétroliers (16 %) et les énergies renouvelables (3 %). La majeure partie des produits pétroliers importés était constituée de Gasoil (55 %), suivi de l'Essence ordinaire (19 %), du DO (10,5 %) et du pétrole Lampant (9 %). Le reste étant réparti entre l'Essence Super et le Fuel Oil.

Par ailleurs, le classement des grands secteurs d'utilisation de l'énergie du Mali, se présente comme suit dans l'ordre décroissant de leur importance dans la consommation finale : Ménage, environ 96 %, dont 73 % et 23 % pour les ménages urbains et ruraux respectivement ; Industries, environ 3 %, dont la moitié est constituée de la consommation des industries extractives ; Agriculture, moins de 1 %.

Le système électrique du Mali peut être décomposé en 4 sous- systèmes :

- Le système interconnecté (RI) de EDM SA (société nationale de production d'Énergie du Mali) alimentant en particulier Bamako et Ségou à partir d'un parc hydraulique/thermique ;
- Le système Manantali exploité par la SOGEM, société de l'OMVS, interconnecté avec le RI au poste de Kodialani à Bamako, alimentant Bamako et la route de Kayes et Kita.
- Les centrales isolées (CI) de EDM SA par des centrales diesel.
- Les centrales diesel des auto-producteurs (mines d'or) et centrales biomasse des sucreries [15].

### **l. Cas du Niger**

Le Niger a une superficie de 1 267 000 km<sup>2</sup> et une population estimée à 17 129 076 habitants. Il est considéré comme un état fragile à bas revenu et fait partie de la liste des pays les moins développés. Sa production électrique est faible ce qui rend difficile l'accès à l'électricité surtout dans les zones rurales. Le taux d'accès à l'électricité s'élève à 9,6 % au Niger.

Le NIGELEC a engagé l'extension des réseaux (MT/BT) dans les sept chefs-lieux de régions du Niger à l'exception de Diffa, où les réseaux sont suffisamment développés pour le moment [16].

### **m. Cas du Nigéria**

Le Nigéria, première puissance économique de l'Afrique de l'Ouest avec 923 768 km<sup>2</sup>, deviendra probablement le troisième pays du monde par sa population au cours de ce siècle. La population nigériane doit dépasser aujourd'hui plus de 180 000 000 d'habitants et presque la moitié vit dans des villes (48 %). Son dynamisme est réel et son potentiel de développement immense. Il est le premier producteur de pétrole africain. Et est parmi les cinq premiers exportateurs mondiaux de gaz naturel liquéfié (GNL). La répartition des sources d'énergie consommée dans le pays reflète d'une part les inégalités, d'autre part les ressources locales. Les coupures d'électricité nombreuses, aléatoires et de durées indéterminées sont notées chez ceux qui n'ont pas de groupes électrogènes assez puissants.

En 2016, le parc électrique fonctionnant réellement comprenait 80 % de centrales à gaz, et 20 % d'installations hydroélectriques. Ce parc électrique montre des caractéristiques classiques d'un certain nombre de pays subsahariens : capacité de production largement insuffisante et taux de pannes très important. L'électricité est en tête des priorités du pays. Environ 55 % de la population n'ont pas accès à l'électricité. Plus de 90 % des consommateurs industriels, ainsi qu'un nombre significatif de consommateurs résidentiels, possèdent des groupes électrogènes. La pénurie d'électricité n'est pas due au manque de ressources, mais plutôt à l'absence de planification à long terme, à la mauvaise gestion et à l'insuffisance des investissements dans le secteur. La réforme du secteur de l'électricité a été redynamisée en 2010 par la feuille de route

adoptée à cet effet (Power Reform Roadmap). Ainsi, la société nationale d'électricité (National Electric Power Authority, NEPA) a été divisée en 11 sociétés de distribution, six sociétés de production et une société de transport. Parmi les principales réalisations figurent la création et la consolidation de Nigeria Bulk Trading Plc, qui est en cours de privatisation et la reconstruction de l'autorité nigériane de réglementation de l'électricité (Nigerian Electricity Regulatory Agency, NERA) et de l'institut national de formation en électricité [17].

#### **n. Cas de Sierra Léone**

La Sierra Léone a une superficie de 71 740 km<sup>2</sup>, sa population est estimée à 7 553 270 habitants. Sa situation énergétique est critique, le gouvernement s'est jusqu'ici employé, prioritairement, à assurer le rétablissement des moyens de production, de transport et de distribution détruits pendant la guerre, et n'a pas encore été en mesure de s'occuper de l'extension du réseau électrique national.

Le taux d'électrification n'atteint pas 10% et l'électricité est principalement distribuée dans la zone métropolitaine de Freetown. Le gouvernement s'est jusqu'ici employé prioritairement à assurer le rétablissement des moyens de production, de transport et de distribution détruits pendant la guerre. Il n'a pas encore été en mesure de s'occuper de l'extension du réseau électrique national. La Sierra Leone a un potentiel considérable pour le développement de l'énergie hydroélectrique, mais des réformes structurelles sectorielles s'imposent pour accueillir la participation et la concurrence du secteur privé. Dans le contexte d'un marché énergétique régional, la Sierra Léone reconsidère la mise en place progressive de l'investissement et envisage de donner la priorité à l'investissement qui étend le réseau électrique national avant d'investir dans d'autres centrales hydroélectriques [18].

#### **o. Cas du Togo**

Le Togo est un pays de l'Afrique de l'Ouest avec une superficie de 56 785 km<sup>2</sup> et une population de 7 000 000 d'habitants en 2016 et 62, 6 % de cette population vit en milieu rural. La pauvreté est accentuée dans les milieux ruraux. Le Togo est classée parmi les pays sous développés.

Quatre sous-secteurs se partagent le secteur de l'énergie du Togo, à savoir : le sous-secteur des énergies renouvelables et énergies traditionnelles (composée essentiellement de bois de chauffe, de charbon de bois et de déchets végétaux), le sous-secteur de l'électricité, le sous-secteur des hydrocarbures (fioul, gasoil/diesel, essence moteur, pétrole lampant, Gaz de pétrole liquéfié (GPL)), carburéacteur [16]. Le Togo a une forte dépendance vis-à-vis des importations (100 % des besoins en produits pétroliers divers et près de 80 % des besoins en électricité sont couverts

par les importations venant du Ghana, de la Cote d’ivoire et du Nigéria). L’énergie est distribuée au Togo par deux sociétés qui exploitent les réseaux de moyenne et basse tension (la CEET) et de haute tension (la CEB). La puissance totale installée en énergie solaire au niveau national est de 301, 92 kW. Elle est essentiellement utilisée pour l’électrification des infrastructures sociales : écoles, dispensaires, pompage d’eau potable etc., en milieu rural [19].

La figure 1 montre la carte des pays membres de la CEDEAO



Figure 1: carte des pays membres de la CEDEAO

## II. Potentiel énergétique des pays de l’Afrique de l’Ouest

Le tableau 1 présente les potentiels énergétiques de chaque pays membre de la CEDEAO. En Afrique de l’Ouest, les potentialités sont multiples en l’hydroélectricité, en énergie solaire thermique ou photovoltaïque, en bioénergie, et en énergie éolienne. Toutes ces filières démontrent au quotidien la disponibilité des ressources énergétiques durables et inépuisables adaptées aux différents contextes locaux. Malheureusement toutes ces ressources ne sont toujours pas exploitées pour assurer la demande en énergie. La faible consommation d’énergie, combinée aux gisements en énergies renouvelables disponibles offre à l’Afrique de l’Ouest l’opportunité de devenir facilement et rapidement autonome en énergie.

Le potentiel d’énergie hydroélectrique constitue une première base d’exploitation énergétique et de coopération régionale. La République de Guinée, par exemple, avec son potentiel hydraulique de 6 000 MW a une énergie annuelle garantie de 19 300 GWh. Malheureusement, la Guinée n’a mis en valeur que seulement 2 % de ce potentiel hydraulique susceptible d’approvisionner les pays voisins. En Afrique de l’Ouest, le potentiel solaire est plus important

dans les pays suivant (Sénégal, Mali, Burkina Faso, Cap Vert, Côte d'Ivoire, Niger, Nigéria, Libéria, Sierra Léone, Gambie) que dans les pays comme le Bénin, Togo, Ghana, Guinée Bissau et la Guinée Conakry. Le potentiel éolien a une moyenne de 5 m/s et est plus importante sur les zones côtières. Le Sénégal, le Cap Vert et la Guinée-Bissau sont les pays dont le potentiel éolien atteint les 6 m/s voir même 7 m/s. La biomasse, constituée de déchets animaux et végétaux est une ressource abondante. Elle est souvent utilisée sous formes de bois de chauffe et de charbon de bois dans les zones rurales. Cette source d'énergie peut bien être utilisée pour la production d'électricité sous forme de biogaz. Par contre, il est très difficile dans cette partie de l'Afrique d'avoir une estimation sur la valeur approximative du potentiel en biomasse.



Tableau 1: Potentiel énergétique des pays de l'Afrique de l'Ouest

Pays	Types d'énergies	Potentiel énergétique
<b>Sénégal</b>	Energie solaire	6 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	6 m/s
	Energie hydraulique	1 400 MW
	Biomasse	3,3 millions Tonnes sèches
<b>Bénin</b>	Energie solaire	3,9 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	5 m/s
	Energie hydraulique	624 MW
	Biomasse	617,7 tonnes par an
<b>Burkina Faso</b>	Energie solaire	6 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	5 m/s
	Energie hydraulique	72 MW
	Biomasse	2 515 millions de m <sup>3</sup>
<b>Cap Vert</b>	Energie solaire	6 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	7 m/s
	Energie hydraulique	140 MW
	Biomasse	12 millions de m <sup>3</sup> de bois
<b>Côte d'Ivoire</b>	Energie solaire	5 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	5 m/s (3.76m/s)
	Energie hydraulique	7000 MW
	Biomasse	12 millions de tonnes
<b>Gambie</b>	Energie solaire	6 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	5 m/s
	Energie hydraulique	800 MW
	Biomasse	18 millions de m <sup>3</sup> de bois
<b>Ghana</b>	Energie solaire	5 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	5 m/s
	Energie hydraulique	2 400 MW
	Biomasse	22 Millions de m <sup>3</sup> de bois
<b>Guinée-Bissau</b>	Energie solaire	2,4 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	6 m/s
	Energie hydraulique	184 MW
	Biomasse	67 00, déchets agricoles

<b>Pays</b>	<b>Types d'énergies</b>	<b>Potentiel énergétique</b>
<b>Guinée-Conakry</b>	Energie solaire	4,8 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	3 m/s
	Energie hydraulique	6 000 MW, 19300 GWH/an
	Biomasse	32 millions tonnes/an
<b>Libéria</b>	Energie solaire	5,1 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	4,2 m/s
	Energie hydraulique	6 100 MW
	Biomasse	684 millions de m <sup>3</sup> de bois
<b>Mali</b>	Energie solaire	6 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	5 m/s
	Energie hydraulique	1 050 MW
	Biomasse	500 millions de m <sup>3</sup>
<b>Niger</b>	Energie solaire	6 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	3,5 m/s
	Energie hydraulique	273 MW
	Biomasse	12 millions de m <sup>3</sup> de bois
<b>Nigéria</b>	Energie solaire	6,5 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	5 m/s
	Energie hydraulique	7 000 MW
	Biomasse	1 161 000 000 m <sup>3</sup> de bois
<b>Sierra Leone</b>	Energie solaire	5,2 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	5 m/s
	Energie hydraulique	5 000 MW
	Biomasse	109 millions de m <sup>3</sup> de bois
<b>Togo</b>	Energie solaire	4,5 kWh/m <sup>2</sup> /jour
	Energie éolienne	4 m/s
	Energie hydraulique	80 MW
	Biomasse	2 000 000 tonnes/an

## CHAPITRE II : TAUX DES ENERGIES RENOUVELABLES DANS LES CENTRALES ELECTRIQUES OUEST AFRICAINES

### I. Tableaux récapitulatifs des centrales électriques Ouest Africaine

La crise énergétique qui secoue actuellement le monde, résulte d'une forte dépendance sur les énergies fossiles. Ces sources d'énergies se caractérisent à la fois par une instabilité des prix qui érode les efforts des pays en développement et par leur grande contribution aux émissions de gaz à effet de serre responsables du réchauffement climatique.

Pour les pays de l'Afrique de l'Ouest, à l'instar des autres pays en développement, le système énergétique est à dominance fossile. Au niveau économique, le poids de la facture pétrolière pèse lourdement sur les budgets des Etats. La production électrique ouest Africaine est en grande partie issue des centrales thermiques notamment les centrales à gaz.

Dans ce chapitre, les résultats après investigations sont classés par pays et sont misent dans des tableaux de données. Dans chaque tableau, nous avons le type de centrale et leur puissance électrique installée en MW. Ces tableaux sont des résumés des listes de toutes les centrales électriques installées par pays. Ces listes se trouvent en annexe et chaque liste regroupe le nom de la centrale, le type d'énergie utilisée et la puissance installée.

#### a. Cas du Sénégal

Le tableau 2 représente le type de centrales électriques installées au Sénégal. Ce tableau est constitué de centrales thermiques, solaires, éoliennes, hydrauliques et en biomasse ainsi que la somme de toutes les puissances installées par types de centrales. Ensuite, nous avons fait la somme totale des puissances électriques installée au Sénégal en MW.

Au Sénégal, il n'y a toujours pas de centrales éoliennes ni à biomasse. Par contre des projets sont en cours sur l'implantation d'une centrale éolienne à Taiba Ndiaye.

**Tableau 2:** Types de centrales électriques et leur puissance installée au Sénégal

Types de centrales électriques du Sénégal	Puissance installée en MW
Centrales thermiques	777,46
Centrales solaires	154,00
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	66,00
Centrales à biomasse	0
TOTAL	997,46

### b. Cas du Bénin

Le tableau 3 regroupe l'ensemble des types de centrales électriques installées au Bénin ainsi que leurs puissances en MW. Comme le Sénégal, le Bénin n'a toujours pas de centrales éoliennes ni de centrales en Biomasse. La puissance électrique totale installée est de 712,04 MW dont 697,25 MW proviennent des centrales thermiques.

**Tableau 3:** Types de centrales électriques et leur puissance installée au Bénin

<b>Types de centrales électriques du Bénin</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	697,25
Centrales solaires	0,39
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	14,40
Centrales à biomasse	0
TOTAL	712,04

### c. Cas du Burkina Faso

Le tableau 4 est un récapitulatif des types de centrales au Burkina Faso. Dans ce pays, tous les types de centrales sont installés sauf des centrales éoliennes. La puissance totale installée est de 462,2 MW dont 437,08 est d'origine fossile. Ce qui est tout à fait compréhensible car le Burkina Faso est à l'intérieur du continent et le potentiel éolien est faible.

**Tableau 4:** Types de centrales électriques et leur puissance installée au Burkina Faso

<b>Types de centrales électriques du Burkina Faso</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	437,08
Centrales solaires	22,00
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	2,28
Centrales à biomasse	0,84
TOTAL	462,20

#### d. Cas du Cap Vert

Le tableau 5 est le résumé des centrales électriques du Cap Vert. Ce pays a su exploiter son potentiel éolien en installant des centrales éoliennes avec 25,5 MW de puissance électrique. Par contre il n'y a pas de centrales hydrauliques ni en biomasse dans cette île. Si l'absence de centrale hydraulique semble inimaginable pour une île, pour la biomasse cela pourrait être compréhensible comparé aux autres pays.

**Tableau 5:** Types de centrales électriques et leur puissance installée au Cap vert

<b>Types de centrales électriques du Cap Vert</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	172,65
Centrales solaires	9,23
Centrales éoliennes	25,50
Centrales hydrauliques	0
Centrales à biomasse	0
TOTAL	207,38

#### e. Cas de la côte d'ivoire

Le tableau 6 est le résumé des centrales de la Côte d'Ivoire. Dans ce pays, la production électrique est majoritairement d'origine hydraulique. La puissance totale installée est de 1 313 MW, seules 430 MW sont issues des centrales thermiques et le reste est issu des centrales hydrauliques. Notons aussi qu'il n'y a toujours pas de centrales solaires, éoliennes ni en biomasse dans toute l'étendue du pays. Cette situation est totalement paradoxale vu l'énorme potentialité de ce pays en énergie pouvant provenir de la biomasse.

**Tableau 6:** Types de centrales électriques et leur puissance installée en Côte d'Ivoire

<b>Types de centrales électriques de la Côte d'Ivoire</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	430
Centrales solaires	0
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	883
Centrales en biomasse	0
TOTAL	1313

#### f. Cas de la Gambie

Le tableau 7 correspond aux types de centrales installées en Gambie. Avec une situation énergétique critique, la Gambie n'a que 150 MW de puissance électrique installée. Les centrales installées sont diverses mais jusque là aucune centrale hydroélectrique n'est installée. Notons aussi que 95 MW sont d'origine fossile.

**Tableau 7:** Types de centrales électriques et leur puissance installée en Gambie

<b>Types de centrales électriques de la Gambie</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	95
Centrales solaires	34
Centrales éoliennes	14
Centrales hydrauliques	0
Centrales à biomasse	7
<b>TOTAL</b>	<b>150</b>

#### g. Cas du Ghana

Le tableau 8 représente les centrales du Ghana. Avec 3 722,038 MW de puissance totale installée, les 2 808,5 MW sont d'origine fossile. Ce pays a su exploiter son potentiel solaire et hydraulique alors que son potentiel éolien et la biomasse ne sont toujours pas exploités pour assurer la demande en énergie.

**Tableau 8:** Types de centrales électriques et leur puissance installée au Ghana

<b>Types de centrales électriques du Ghana</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	2808,500
Centrales solaires	352,500
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	561,038
Centrales à biomasse	0
<b>TOTAL</b>	<b>3722,038</b>

#### h. Cas de la Guinée Bissau

Le tableau 9 représente les centrales de la Guinée Bissau. Etant l'un des pays les plus pauvres en Afrique de l'Ouest, seul 21,34 MW de puissance électrique y est installée avec une centrale solaire de 0,34 MW. Les autres énergies renouvelables ne sont toujours pas exploitées dans ce pays.

**Tableau 9:** Types de centrales électriques et leur puissance installée au Guinée Bissau

<b>Types de centrales électriques de la Guinée Bissau</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	21,00
Centrales solaires	0,34
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	0
Centrales à biomasse	0
<b>TOTAL</b>	<b>21,34</b>

**i. Cas de la Guinée Conakry**

Le tableau 10 représente les centrales de la Guinée Conakry. Ce pays a le plus grand potentiel hydraulique de tous les pays de l’Afrique de l’Ouest. Notons que 1 745,34 MW de puissance électrique y sont installés et seul 525,03 MW sont d’origine fossile. La Guinée Conakry a su exploiter moins d’un quart de son potentiel hydraulique avec 1 220,29 MW. Il n’y a toujours pas de centrales en biomasse ni éoliennes mais seulement 0,02 MW d’origine solaire.

**Tableau 10:** Types de centrales électriques et leur puissance installée au Guinée Conakry

<b>Types de centrales électriques de la Guinée Conakry</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	525,03
Centrales solaires	0,02
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	1220,29
Centrales à biomasse	0
<b>TOTAL</b>	<b>1745,34</b>

**j. Cas du Libéria**

Le tableau 11 est celui des centrales électriques du Libéria. Ce pays sombre toujours dans le noir dû au manque d’infrastructure. Néanmoins, 150,8 MW y sont installés avec 58 MW qui sont d’origine fossile et le reste est d’origine hydraulique.

**Tableau 11:** Types de centrales électriques et leurs puissances installées au Libéria

<b>Types de centrales électriques du Libéria</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	58,00
Centrales solaires	0
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	92,80
Centrales à biomasse	0
<b>TOTAL</b>	<b>150,80</b>

**k. Cas du Mali**

Le tableau 12 représente les centrales électriques installées au Mali. Ce pays utilise les énergies fossiles et renouvelables pour assurer sa production d'électricité. Pour les énergies renouvelables, notons que l'énergie solaire et l'hydraulique sont les sources d'énergies exploitées au Mali. Avec 544,7 MW installés, les 280,3 MW sont d'origine fossile et les 263,34 MW sont d'origine hydraulique. Les centrales solaires ont une puissance de 1,06 MW.

**Tableau 12:** Types de centrales électriques et leurs puissances installées au Mali

<b>Types de centrales électriques du Mali</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	280,30
Centrales solaires	1,06
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	263,34
Centrales à biomasse	0
<b>TOTAL</b>	<b>544,70</b>

**l. Cas du Niger**

Le tableau 13 présente les centrales électriques installées au Niger. Les sources d'énergie du pays sont d'origine fossile avec 583 MW de puissance installée. Notons qu'il n'y a toujours pas de centrales en énergies renouvelables dans ce pays malgré les potentiels énergétiques existantes.

**Tableau 13:** Types de centrales électriques et leurs puissances installées au Niger

<b>Types de centrales électriques du Niger</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	583
Centrales solaires	0
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	0
Centrales à biomasse	0
<b>TOTAL</b>	<b>583</b>



### m. Cas du Nigéria

Le tableau 14 présente les types de centrales installées au Nigéria. Etant le premier pays exportateur de pétrole en Afrique, le Nigéria a 30 335,08 MW de puissance électrique installée. Malheureusement, l'accès à l'énergie est toujours un problème pour la population nigériane. Les potentiels énergétiques sont importants dans ce pays mais jusque là il n'y a toujours pas de centrales électriques en Biomasse.

**Tableau 14:** Types de centrales électriques et leur puissance installée au Nigéria

<b>Types de centrales électriques de la Nigéria</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	24942,90
Centrales solaires	1,33
Centrales éoliennes	0,40
Centrales hydrauliques	5390,45
Centrales à biomasse	0
<b>TOTAL</b>	<b>30335,08</b>

### n. Cas de la Sierra Léone

Le tableau 15 présente les centrales de la Sierra Léone. Avec 170,29 MW installés, les 94 MW sont d'origine fossile, les 61,29 MW d'origine hydraulique et 15 MW sont issus de centrales en Biomasse. Il n'y a pas encore de centrales solaires ni éoliennes en Sierra Léone.

**Tableau 15:** Types de centrales électriques et leur puissance installée en Sierra Léone

<b>Types de centrales électriques de la Sierra Léone</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	94,00
Centrales solaires	0
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	61,29
Centrales à biomasse	15,00
<b>TOTAL</b>	<b>170,29</b>

### o. Cas du Togo

Le tableau 16 présente les différents types de centrales électriques installées au Togo. Ce pays a 111,2 MW de puissance électrique installée dont 67,2 MW sont d'origine hydraulique et les 44 MW sont d'origine fossile.

**Tableau 16:** Types de centrales électriques et leur puissance installée au Togo

<b>Types de centrales électriques du Togo</b>	<b>Puissance installée en MW</b>
Centrales thermiques	44,00
Centrales solaires	0
Centrales éoliennes	0
Centrales hydrauliques	67,20
Centrales à biomasse	0
<b>TOTAL</b>	<b>111,20</b>

## II. Taux des énergies renouvelables

Calcul du taux d'énergies renouvelables (**AEnR**) par pays

Pour calculer ce taux on a utilisé la formule suivante :

$$AEnR = \frac{\text{Puissance EnR installée}}{\text{Puissance totale}} \times 100$$

Calcul du Taux d'énergie solaire (**AEnS**)

$$AEnS = \frac{\text{Puissance EnS installée}}{\text{Puissance totale}} \times 100$$

Calcul du taux d'énergie solaire par rapport aux énergies renouvelables

$$AEnS/EnR = \frac{\text{Puissance EnS installée}}{\text{Puissance EnR installée}} \times 100$$

Remplaçons l'expression de la 'puissance EnR' installée par 'puissance total installée \* **AEnR**'

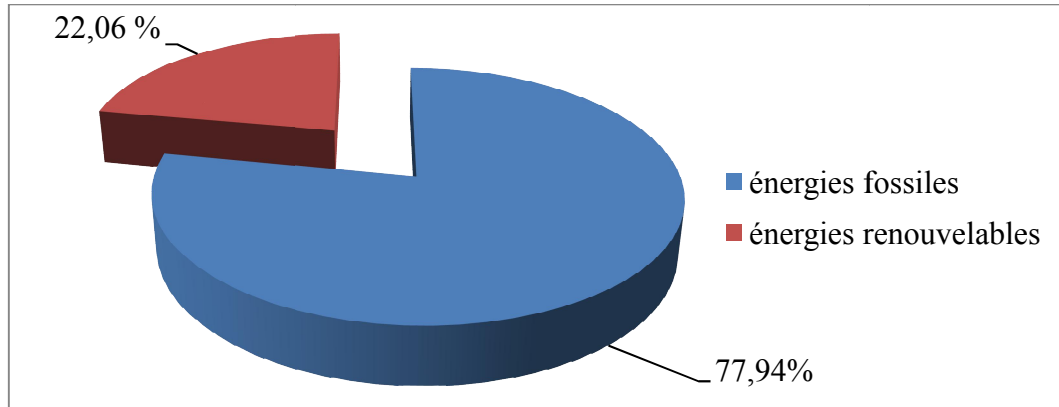
Ce qui donne :

$$AEnS/EnR = \frac{\text{Puissance EnS installée}}{\text{Puissance totale installée} \times AEnR}$$

$$D'où \frac{AEnS}{EnR} = \frac{AEnS}{AEnR} \times 100$$

### a. Cas du Sénégal

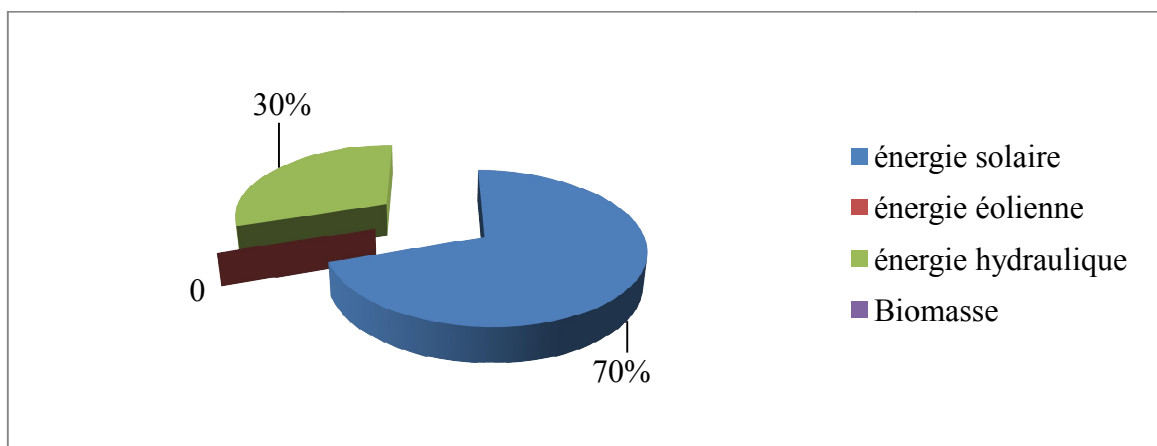
La figure 2 montre le taux d'énergies électriques installées au Sénégal. La puissance totale installée dans les centrales électriques du Sénégal est de 997,46 MW. Ce qui fait que sur cette figure, 77,94 % de l'électricité produite est d'origine fossile et les 22,06 % de cette électricité sont d'origine renouvelable. Parmi les centrales thermiques du Sénégal, nous avons des centrales à vapeur, des centrales à gaz et des centrales à diesel.



**Figure 2:** Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Sénégal en %

La figure n° 3 montre le taux des différentes énergies renouvelables installées au Sénégal. Ces énergies renouvelables sont l'énergie solaire, l'énergie éolienne, l'énergie hydraulique et la biomasse. Au Sénégal, les énergies renouvelables sont à hauteur de 22,06 %. Les 70 % de l'électricité produite des énergies renouvelables sont d'origine solaire et les 30 % sont d'origine hydraulique. L'électricité d'origine hydraulique est produite au barrage de Manantali.

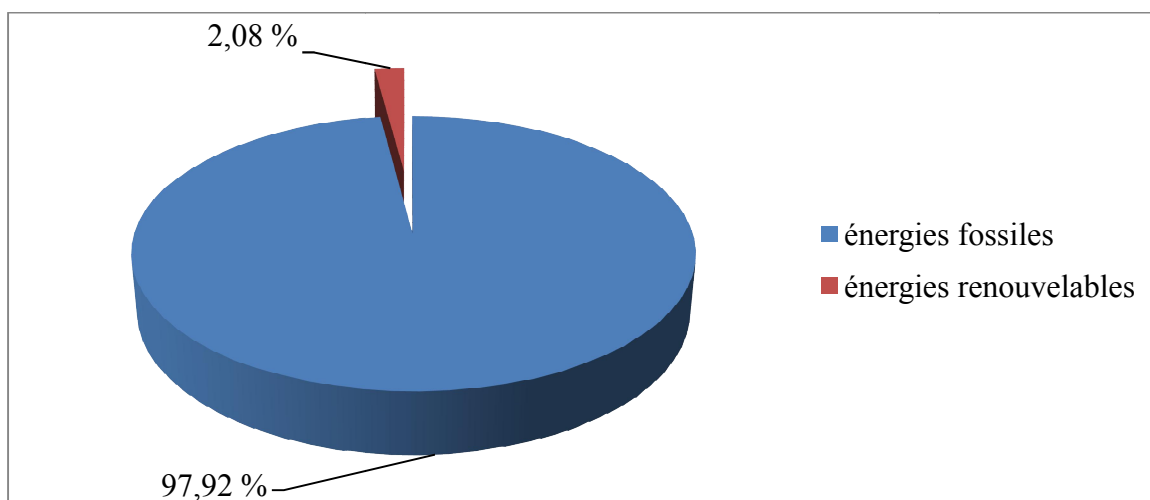
Malgré ces nombreux projets sur les énergies renouvelables, le Sénégal reste toujours un grand importateur d'hydrocarbures.



**Figure 3 :** Taux des différentes énergies renouvelables installées au Sénégal en %

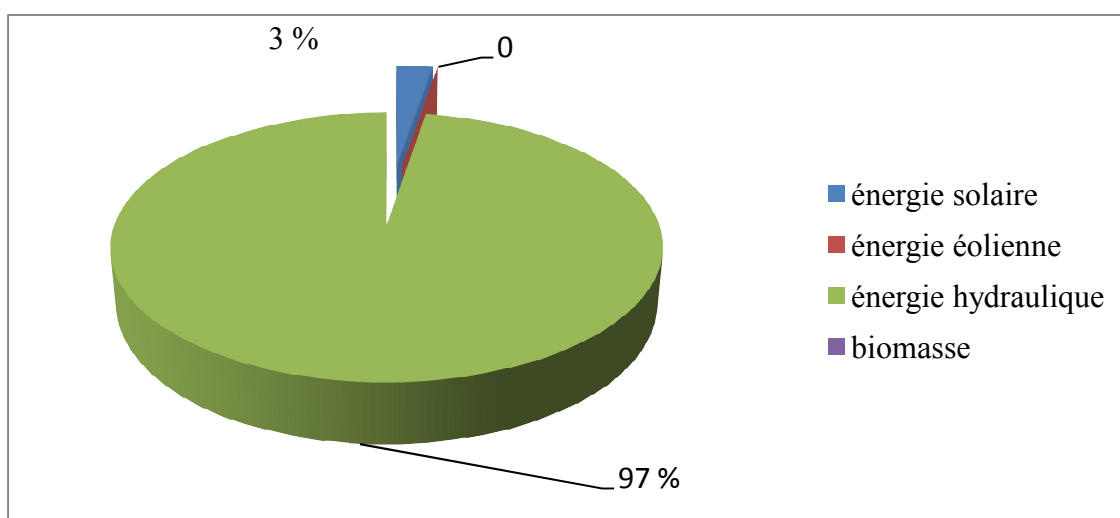
### b. Cas du Bénin

La figure 4 montre le taux des énergies électriques installées au Bénin. Dans 712,04 MW installées, les 97,92 % sont d'origine fossile et les 2,08 % sont d'origine renouvelable. Le Bénin a des centrales à gaz, des centrales à diesel et des centrales à fioul lourd. Les centrales à énergies renouvelables sont minimales au Bénin, ce qui fait que le taux des énergies renouvelables est très faible dans ce pays.



**Figure 4 : Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Bénin en %**

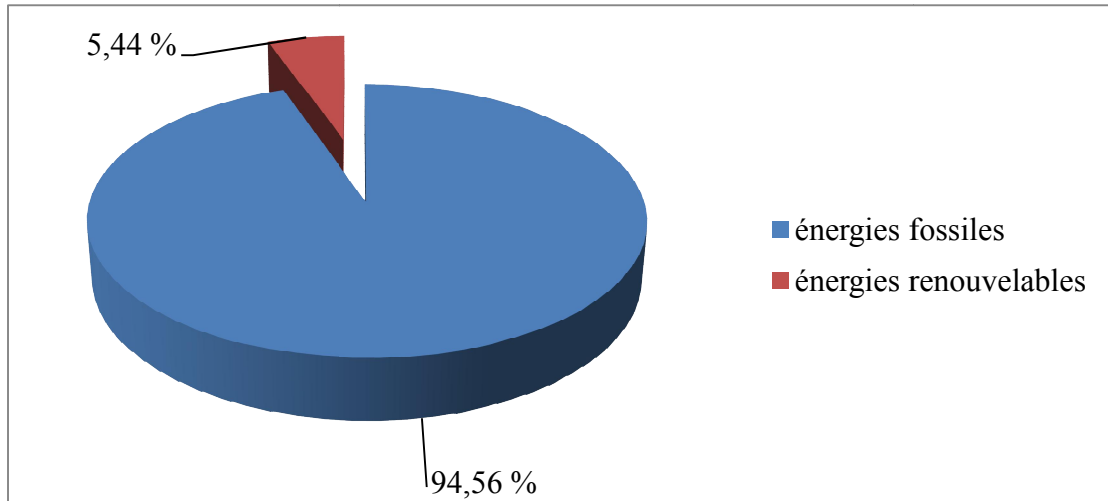
La figure 5 montre le taux des différentes énergies renouvelables installées au Bénin. Nous n'avons que l'hydroélectricité et le solaire comme énergies renouvelables installées au Bénin. Sur cette figure, les 97 % d'électricité d'origine renouvelable proviennent de l'hydraulique et les 3 % sont d'origine solaire. Le Bénin a un faible potentiel solaire et hydraulique mais son potentiel éolien et en biomasse reste important mais toujours pas exploité.



**Figure 5: Taux des différentes énergies renouvelables installées au Bénin en %**

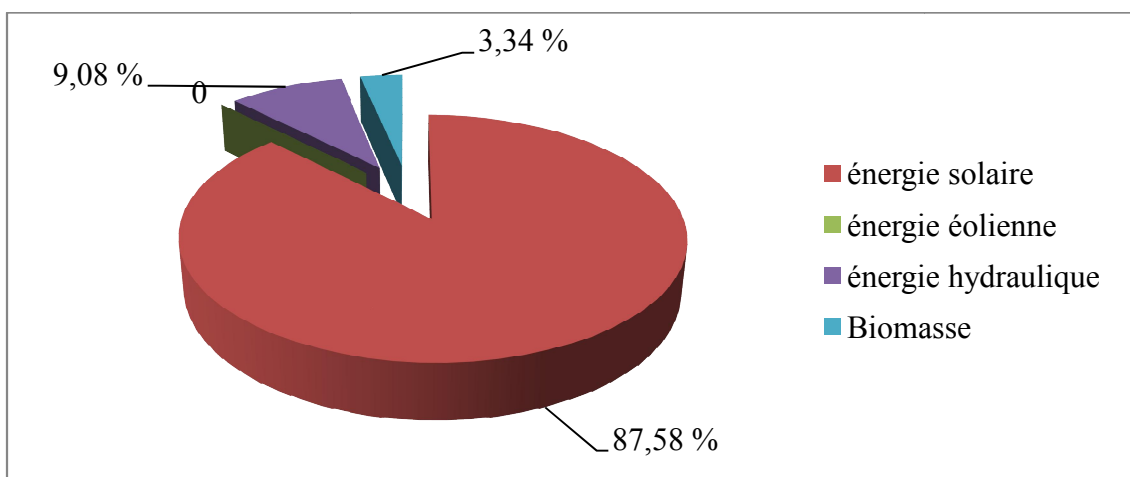
### c. Cas du Burkina Faso

La figure 6, montre le taux des énergies électriques installées au Burkina Faso. Au Burkina Faso, seule 462,2 MW sont installées et 94,56 % de l'énergie produite sont d'origine fossile et les 5,44% restante sont d'origine renouvelable. Les centrales thermiques du Burkina Faso sont des centrales à diesel et à fioul lourd.



**Figure 6 :** Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Burkina Faso en %

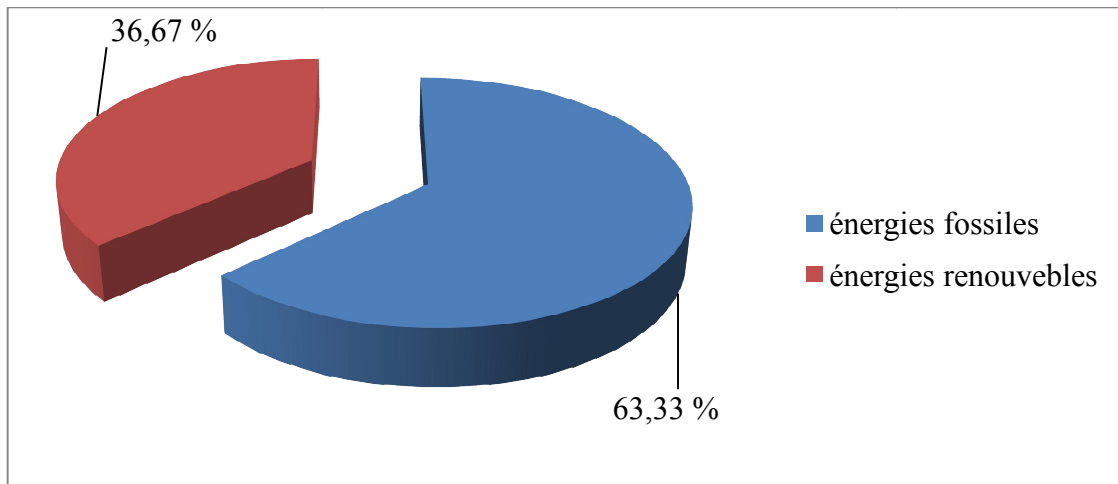
La figure 7, montre le taux des énergies renouvelables installées au Burkina Faso. Dans 5,44 % d'énergies renouvelables, les 87,58 % sont d'origine solaire, les 9,08 % d'origine hydraulique et le 3,34 % restant sont issue de la biomasse. Ce pays à fort potentiel énergétique a la plus grande centrale solaire (la centrale de Zagtoui avec 33 MW) de toute l'Afrique de l'ouest. Le Burkina est entrain d'investir sur les énergies renouvelables surtout dans l'énergie solaire et la biomasse.



**Figure 7:** Taux des différentes énergies renouvelables installées au Burkina Faso en %

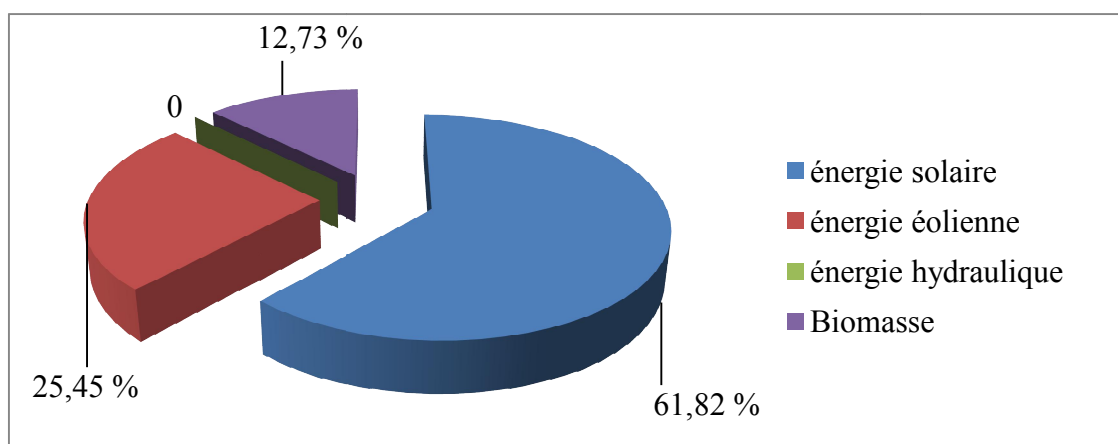
#### d. Cas de la Gambie

La figure 8, montre le taux des énergies électriques installées en Gambie. Avec 150 MW, les 63,33 % sont d'origine fossile et les 36,67 % sont d'origine renouvelable. Les centrales thermiques de la Gambie sont des centrales à diesel et à fioul lourd. La Gambie est actuellement dans une crise énergétique. Le potentiel énergétique de la Gambie est très important, mais cela ne permet toujours pas au pays de satisfaire la demande en énergie électrique.



**Figure 8:** Taux des énergies dans les centrales électriques installées en Gambie en %

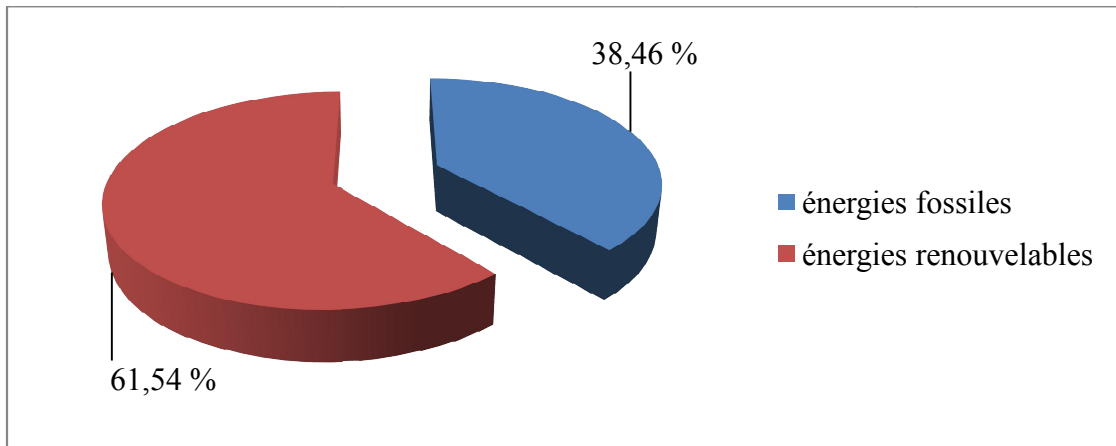
La figure 9 montre le taux des énergies renouvelables installées en Gambie. Les énergies renouvelables représentent 36,6 % de l'énergie produite. Notons que dans ces 36,6 %, nous avons 61,82 % d'énergie solaire, 25,45 % d'énergie éolienne et 12,73 % issues de la biomasse. Malgré ces revenus moindres, la Gambie a su installer des centrales solaires, éoliennes et une centrale en biomasse (7 MW).



**Figure 9 :** Taux des différentes énergies renouvelables installées en Gambie en %

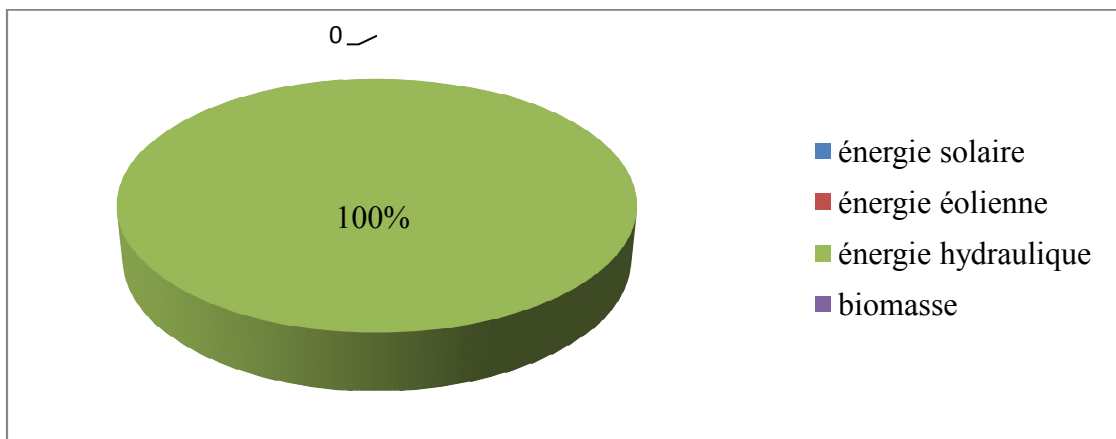
### e. Cas du Libéria

La figure 10 montre le taux des énergies électriques installées au Libéria. Dans 150,8 MW installées, 61,54 % de l'électricité du Libéria est d'origine renouvelable et 38,46 % d'origine fossile. Le Libéria a trois centrales diesel, deux centrales à fioul lourd et deux centrales hydrauliques. Le Pays a bien exploité son potentiel hydraulique dans la production électrique.



**Figure 10 :** Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Libéria en %

La figure 11 montre le taux des énergies renouvelables installées au Libéria. Dans cette figure, toute l'électricité d'origine renouvelable est issue des centrales hydrauliques. Le Libéria n'a que deux centrales hydrauliques qui assurent 61,54 % de la production électrique sur toute l'étendue du pays.

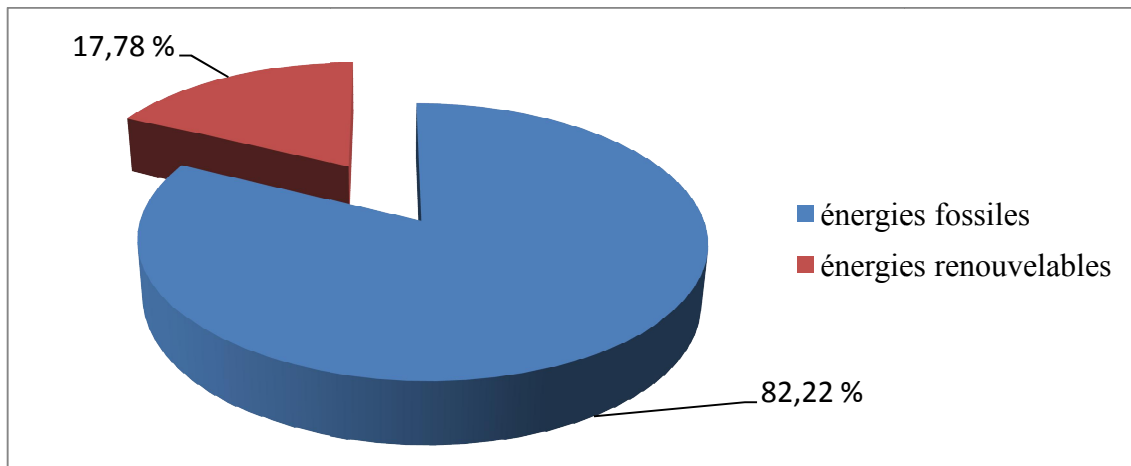


**Figure 11:** Taux des différentes énergies renouvelables installées au Libéria en %

### f. Cas du Nigéria

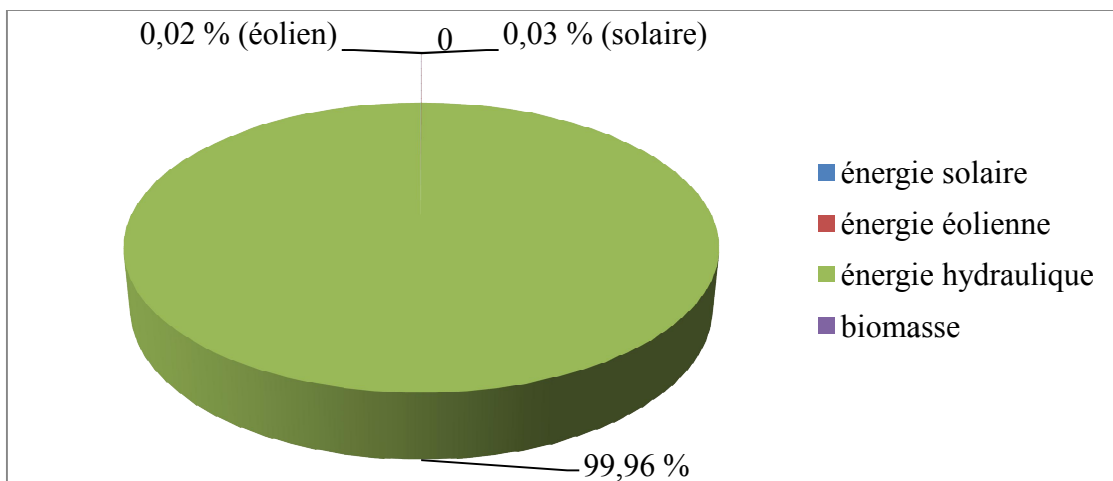
La figure 12 montre le taux des énergies électriques installées au Nigéria. Etant le pays qui a le plus grand nombre de centrales, le Nigéria enregistre 82,22 % d'énergies fossiles et 17,78 % d'énergies renouvelables. La majorité de ses centrales thermiques sont des centrales à gaz, suivi

de centrales à fioul lourd et de centrales à charbon. Malgré son potentiel énergétique et ces nombreuses centrales électriques, le Nigéria peine toujours à assurer l'accès à l'électricité pour tous.



**Figure 12:** Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Nigéria en %

La figure 13 montre le taux des énergies renouvelables installées au Nigéria. Dans 17,78 % d'énergies renouvelables installées, notons que 99,96 % sont d'origine hydraulique, les 0,03 % sont d'origine solaire et les 0,02 % d'origine éolienne. L'électricité du Nigéria d'origine renouvelable provient majoritairement des centrales hydrauliques.



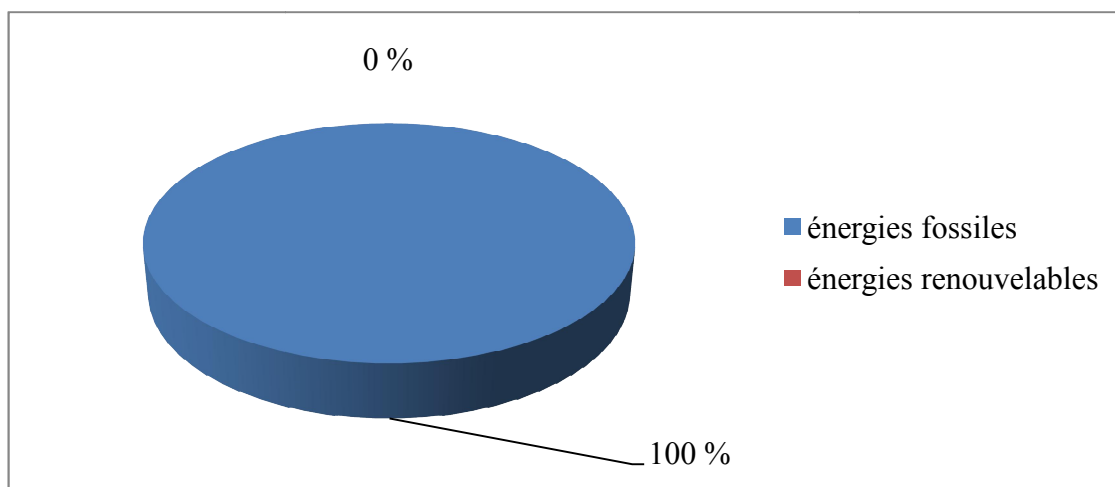
**Figure 13:** Taux des différentes énergies renouvelables installées au Nigéria %

### g. Cas du Niger

La figure n° 14 montre le taux des énergies électriques installées au Niger. Dans cette figure, nous constatons que le Niger n'a aucune centrale électrique d'énergie renouvelable. L'électricité provenant des centrales du Niger est à 100 % d'origine fossile. Le Niger a sept centrales à



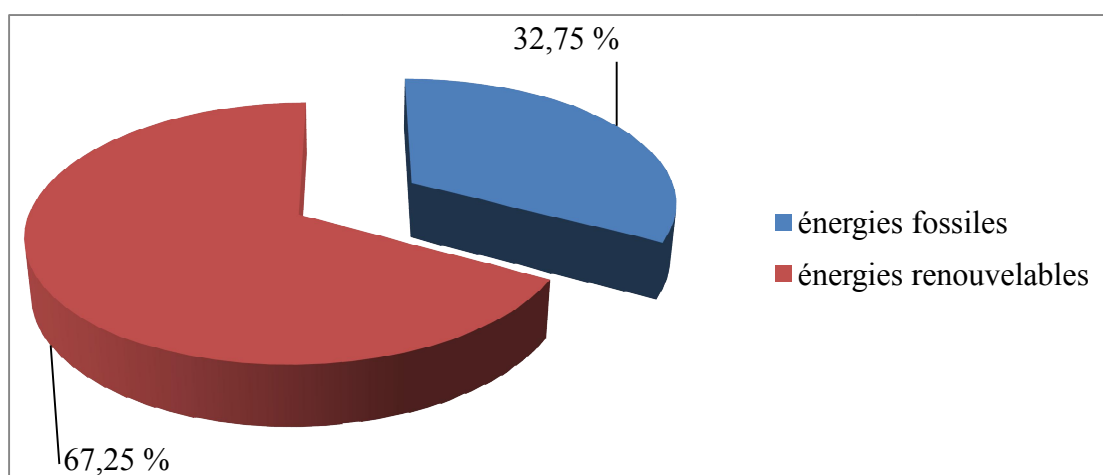
diesel, deux à fioul lourd et trois centrales à charbon. La centrale de Salkodamn est la plus grande centrale électrique du Niger, et c'est une centrale à charbon de 200 MW.



**Figure 14:** Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Niger en %

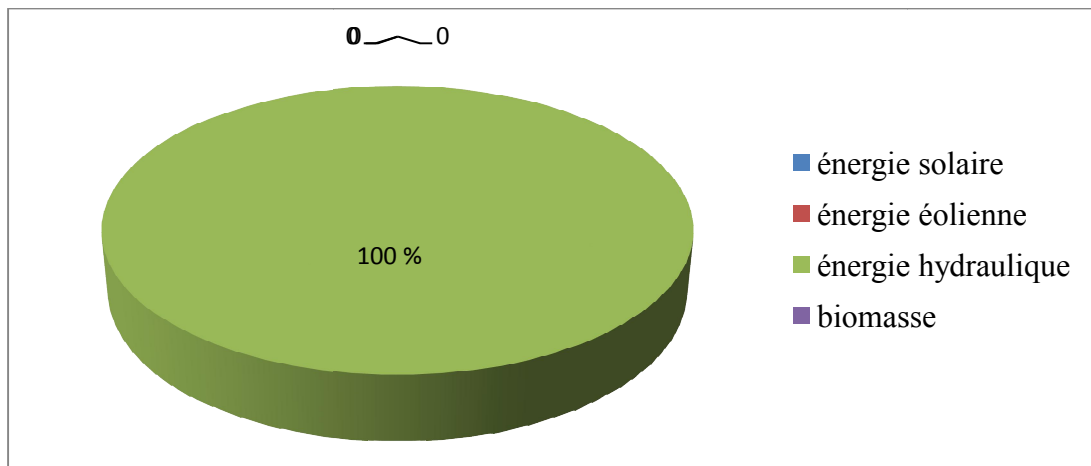
#### h. Cas de la côte d'Ivoire

La figure 15 montre le taux des énergies électriques installées en Côte d'Ivoire. La Côte d'Ivoire a 32,75 % d'énergies fossiles et 67,25 % d'énergies renouvelables. Les énergies renouvelables sont majoritaires dans la production de l'énergie électrique de la Côte d'Ivoire et font le double des énergies fossiles.



**Figure 15:** Taux des énergies dans les centrales électrique installées en Côte d'Ivoire en %

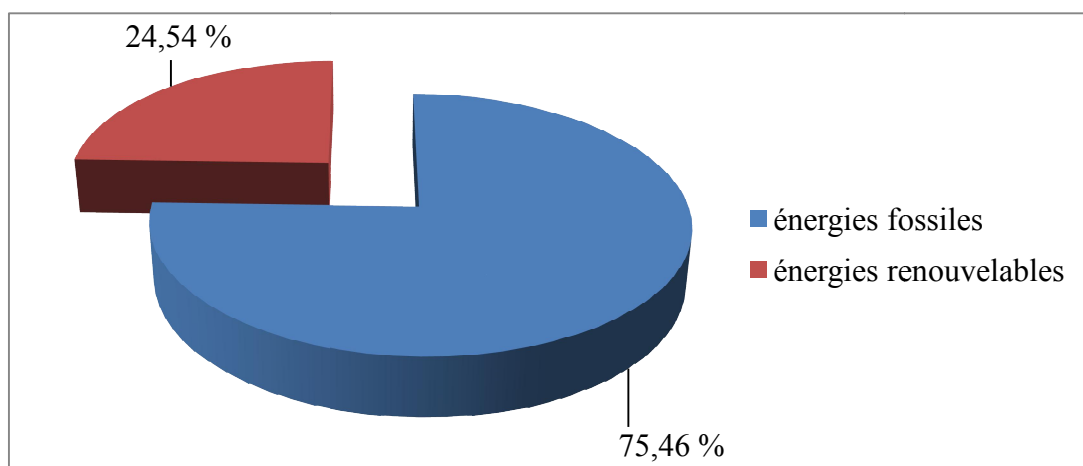
La figure 16 montre le taux des différentes énergies renouvelables installées en Côte d'Ivoire. Cette figure nous montre que les 67,25 % d'énergies renouvelables sont d'origine hydraulique. Aucune autre source d'énergie renouvelable n'est exploitée en Côte d'Ivoire.



**Figure 16:** Taux des différentes énergies renouvelables installées en Côte d'Ivoire en %

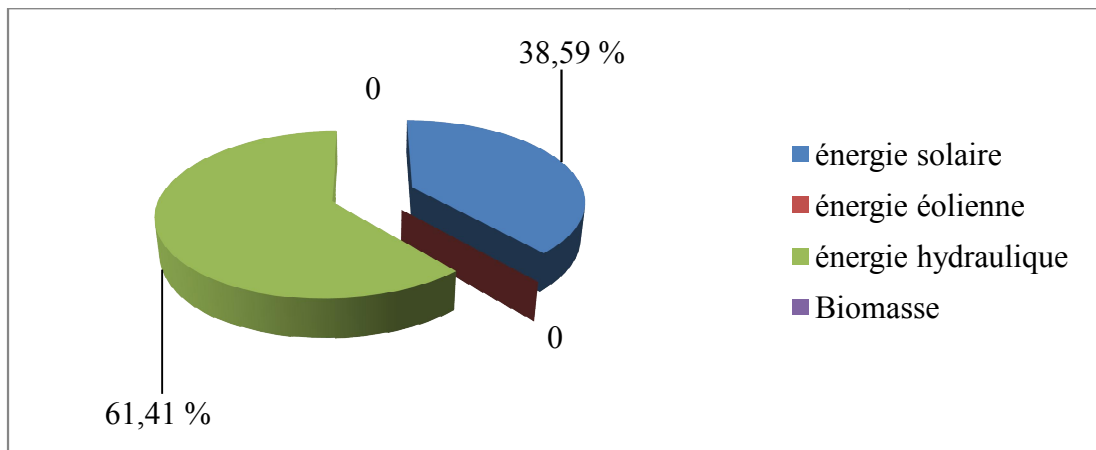
### i. Cas du Ghana

La figure 17 montre le taux d'énergies électriques installées au Ghana. Avec 3 722,038 MW, les 75,46 % sont d'origine fossile et les 24,54 % sont d'origine renouvelable. Les centrales thermiques du Ghana sont des centrales à diesel, à gaz, à fioul lourd, à LCO (définir LCO). Le pays a aussi des centrales solaires et des centrales hydrauliques.



**Figure 17:** Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Ghana en %

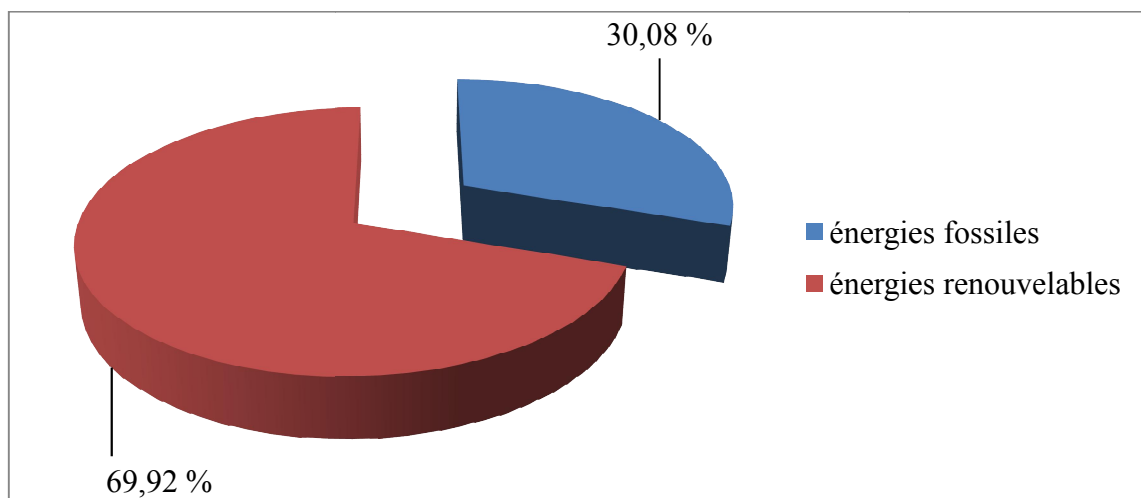
La figure 18 montre le taux des différentes énergies renouvelables installées au Ghana. Parmi ces énergies renouvelables, nous avons 61,41 % d'énergie hydraulique et 38,59 % d'énergie solaire. Le Ghana est un pays avec d'énormes ressources naturelles et renouvelables. Malheureusement, son potentiel éolien et en biomasse n'est toujours pas exploité pour la production d'électricité.



**Figure 18:** Taux des différentes énergies renouvelables installées au Ghana en %

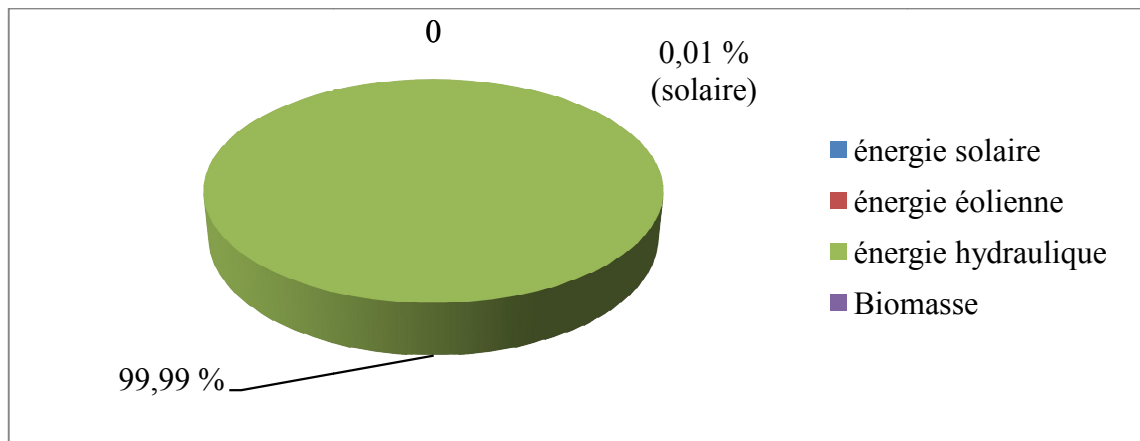
#### j. Cas de la Guinée Conakry

La figure 19 montre le taux des différentes énergies électriques installées en Guinée Conakry. La Guinée a 69,92 % d'énergie d'origine renouvelable et les 30,08 % sont d'origine fossile. L'électricité de la Guinée Conakry est majoritairement d'origine renouvelable. Cela s'explique par le fait que la Guinée est l'un des pays dont le potentiel en énergies renouvelables est très important. La biomasse, l'énergie hydraulique et l'énergie solaire sont des moyens de développement durable en Guinée.



**Figure 19 :** Taux des énergies dans les centrales électriques installées en Guinée Conakry en %

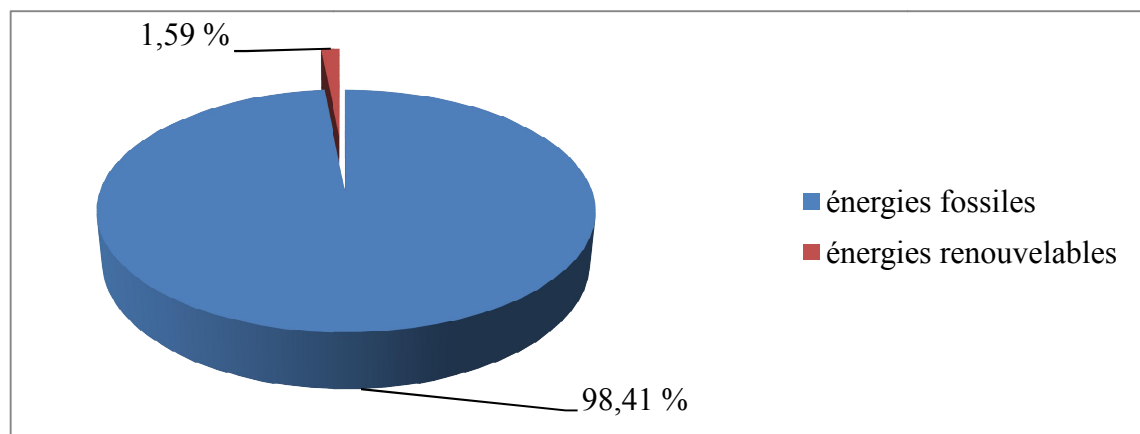
La figure 20 montre le taux des différentes énergies renouvelables installées en Guinée Conakry. Les 69,92 % d'énergies renouvelables sont constitués de 99,99 % d'énergie hydraulique et de 0,01 % d'énergie solaire. Avec un potentiel hydraulique important, la Guinée Conakry est dans la voie des énergies propres.



**Figure 20 :** Taux des différentes énergies renouvelables installées en Guinée Conakry en %

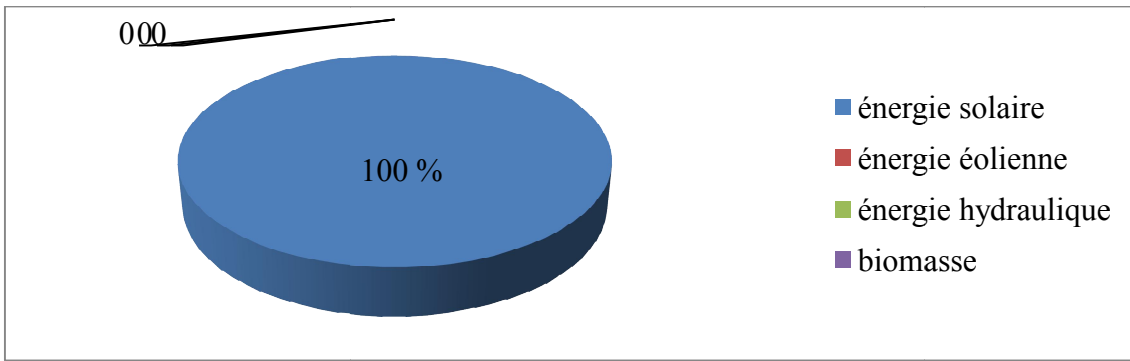
### k. Cas de la Guinée Bissau

La figure 21 montre le taux des énergies électriques installées en Guinée Bissau. Dans cette figure, nous constatons que l'utilisation des énergies fossiles est de 98,41 % et les énergies renouvelables sont de 1,59 %. Ce pays n'a que deux centrales électriques, une centrale à diesel de 21 MW et une centrale solaire de 0,34 MW. La Guinée Bissau est un pays à ressources financières moindres, ce qui fait que l'accès à l'électricité est toujours un problème.



**Figure 21 :** Taux des énergies dans les centrales électrique installées en Guinée Bissau en %

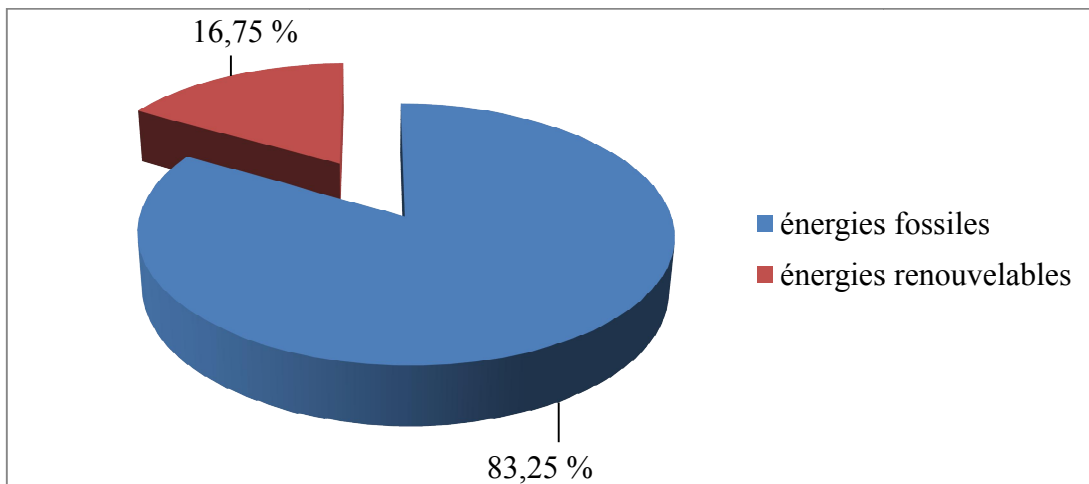
La figure 22 montre le taux des différentes énergies renouvelables installées en Guinée Bissau. Nous constatons sur cette figure que l'énergie renouvelable utilisée en Guinée Bissau est une énergie solaire. Cette centrale se trouve à Bambadinca avec une puissance de 0,34 MW.



**Figure 22:** Taux des différentes énergies renouvelables installées en Guinée Bissau en %

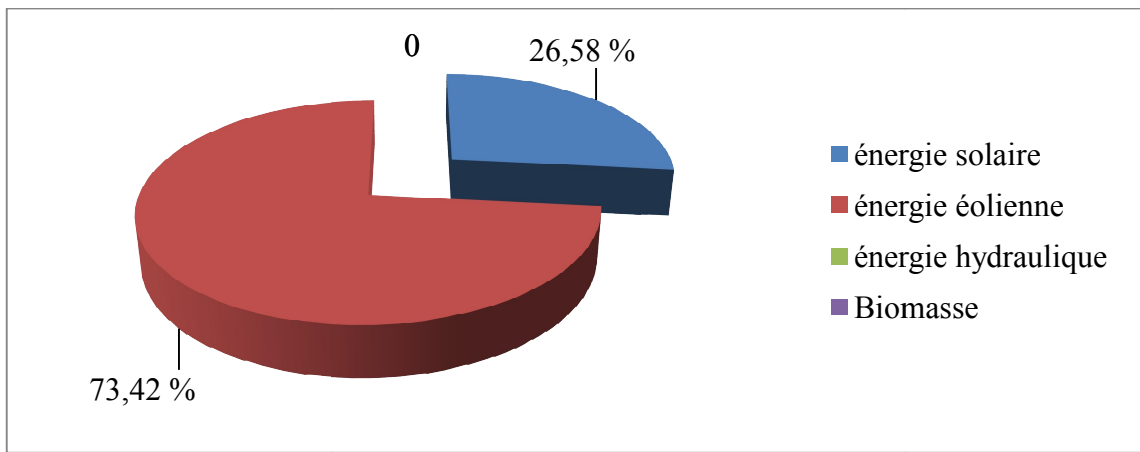
### 1. Cas du Cap Vert

La figure 23 montre le taux des énergies électriques installées au Cap Vert. Dans cette île, l'électricité produite est à 83,25 % d'origine fossile et les 16,75 % sont d'origine renouvelable. Son insalubrité fait que les centrales du Cap Vert sont dispersées et sont majoritairement de petites centrales.



**Figure 23:** Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Cap Vert en %

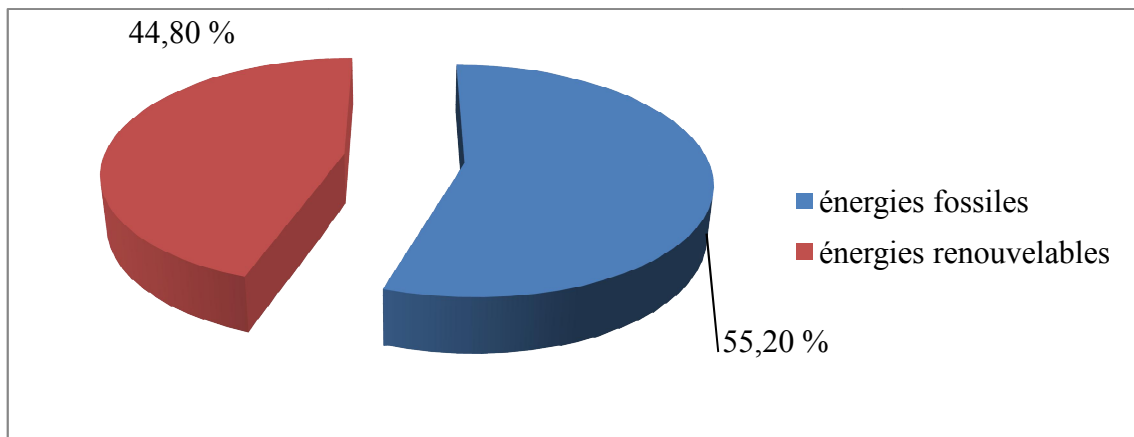
La figure 24 montre le Taux des différentes énergies renouvelables installées au Cap Vert. Les centrales à énergies renouvelables installées au Cap Vert sont des centrales solaires et des centrales éoliennes. Les centrales solaires ont un taux 26,58 % et les centrales éoliennes sont à hauteur de 73,42 % du taux des énergies renouvelables. Nous constatons dans cette figure que les centrales éoliennes sont majoritaires. Le Cap Vert, étant le pays qui a le plus grand potentiel éolien de l'Afrique de l'Ouest, a su exploiter ce potentiel pour la production d'électricité.



**Figure 24** : Taux des différentes énergies renouvelables installées au Cap Vert %

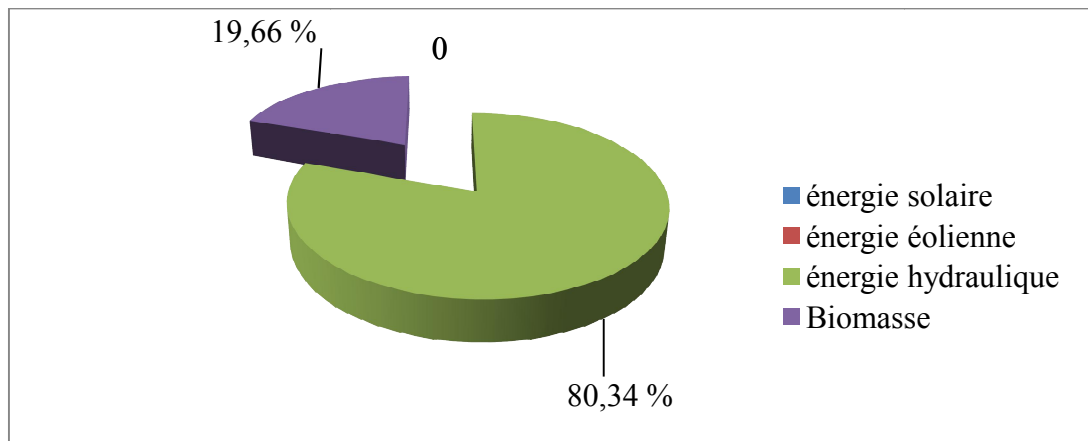
### m. Cas de la Sierra Léone

La figure 25 montre le taux des énergies électriques installées en Sierra Léone. Cette figure nous permet de voir que 55,20 % de l'électricité de la Sierra Léone sont d'origine fossile et que les 44,80 % sont d'origine renouvelable. Les centrales électriques de la Sierra Léone sont des centrales à Diesel, à fioul lourd, des centrales hydrauliques et en biomasse.



**Figure 25**: Taux des énergies dans les centrales électriques installées en Sierra Léone en %

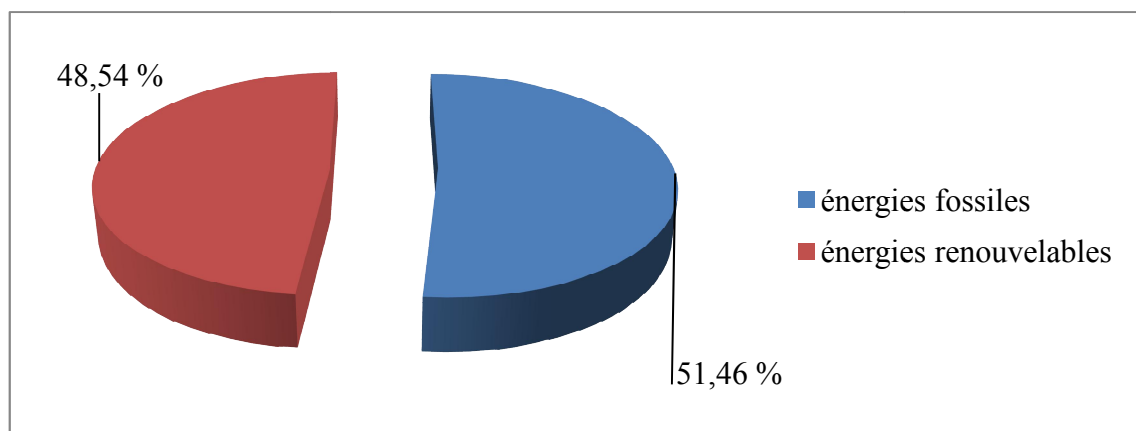
La figure 26 montre le taux des différentes énergies renouvelables installées en Sierra Léone. Cette figure nous montre que les centrales à énergies renouvelables de la Sierra Léone sont des centrales hydrauliques et des centrales en biomasse. Les centrales hydrauliques occupent 80,34 % du taux des énergies renouvelables et les centrales en biomasse les 19,66 %.



**Figure 26:** Taux des différentes énergies renouvelables installées en Sierra Leone%

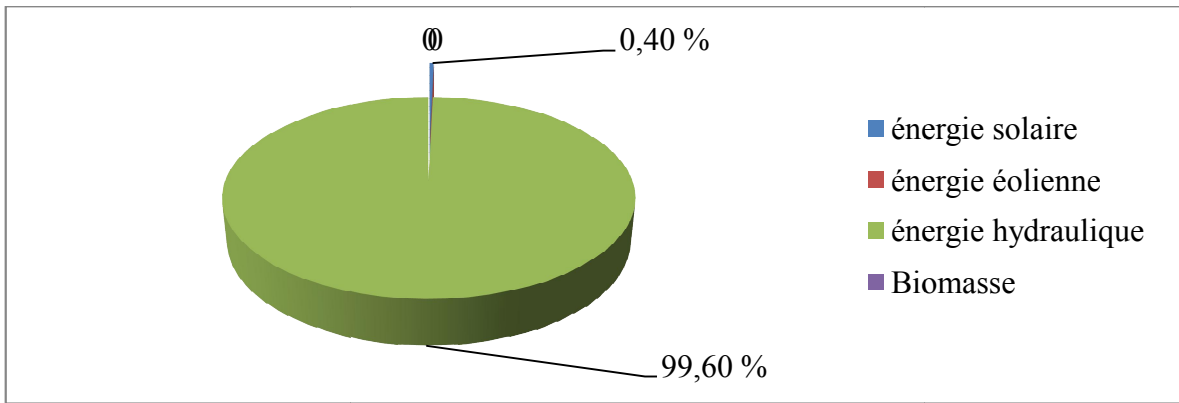
#### n. Cas du Mali

La figure 27 montre le taux des énergies électriques installées au Mali. L'électricité du Mali provient à 51,46 % des énergies fossiles et les 48,54 % sont d'origine renouvelable. Le pays a des centrales à diesel, des centrales à fioul lourd, des centrales hydrauliques et des centrales solaires. Malgré l'accroissement de la population, le Mali est toujours dans une crise énergétique.



**Figure 27:** Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Mali en %

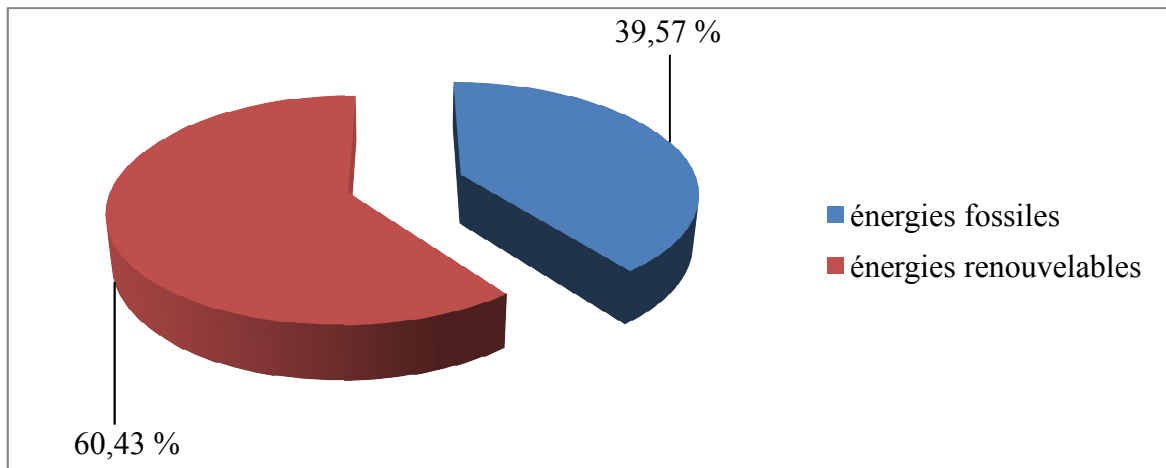
La figure 28 montre le taux des différentes énergies renouvelables installées au Mali. Le Mali n'a exploité qu'une partie de son potentiel hydraulique et son potentiel solaire. Ce qui nous permet de constater que dans cette figure les 99,60 % sont d'origine hydraulique et que les 0,4 % sont d'origine solaire.



**Figure 28:** Taux des différentes énergies renouvelables installées au Mali en %

**o. Cas du Togo**

La figure 29 montre le taux des énergies électriques installées au Togo. Dans cette figure, nous constatons que l'électricité produite au Togo est à 60,43 % d'origine renouvelable et que les 39,57 % sont d'origine fossile. Le Togo a trois centrales électriques dont une centrale à fioul lourd et deux centrales hydrauliques. Avec un taux d'énergies renouvelables supérieur à celui des énergies fossiles, le Togo est sur la voie des énergies propres.



**Figure 29:** Taux des énergies dans les centrales électriques installées au Togo en %

La figure 30 montre le taux des différentes énergies renouvelables installées au Togo. D'après la figure, l'énergie renouvelable est à 100 % hydraulique. Le Togo, n'a exploité que son potentiel hydraulique malgré que celui-ci soit faible par rapport au potentiel des autres pays.



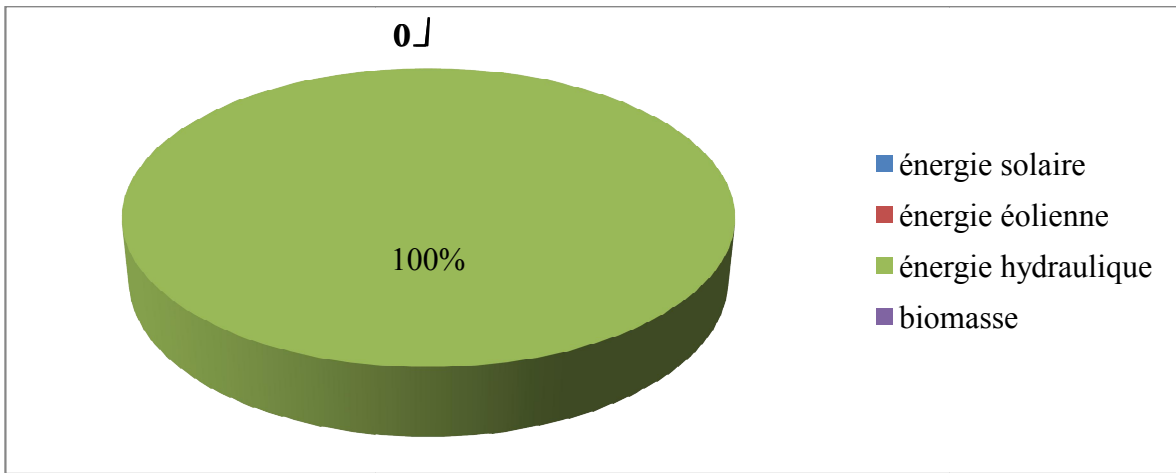


Figure 30 : Taux des différentes énergies renouvelables installées au Togo en %

Les figures 31 et 32 sont des résumés des figures précédentes.

La figure 31 montre la puissance totale installée dans les centrales électriques des pays de l’Afrique. Cette figure nous montre que le Nigéria est le pays le plus électrifié de l’Afrique de l’Ouest avec plus de 30 000 MW. Il est suivi du Ghana avec moins de 5 000 MW. Le Sénégal est à moins de 1 000 MW et la Guinée-Bissau est le pays le moins électrifié avec 21,34 MW. Avec tous ces potentiels énergétiques, l’accès à l’électricité est un problème dans cette partie de l’Afrique. Ces pays ont des ressources financières moindres et ils continuent toujours d’importer des hydrocarbures.

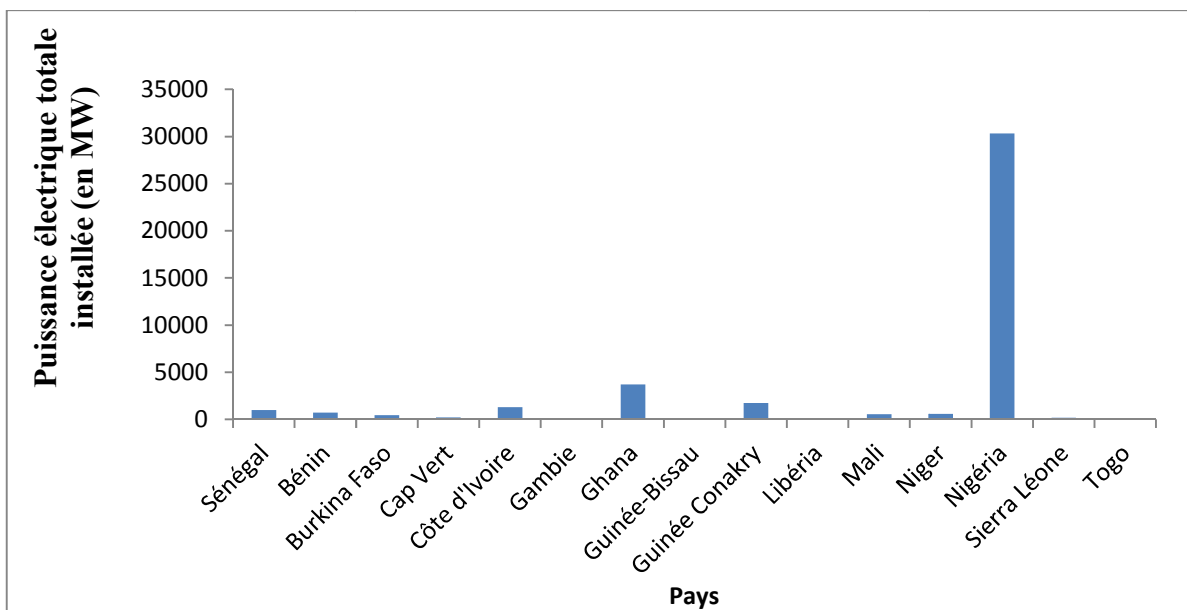
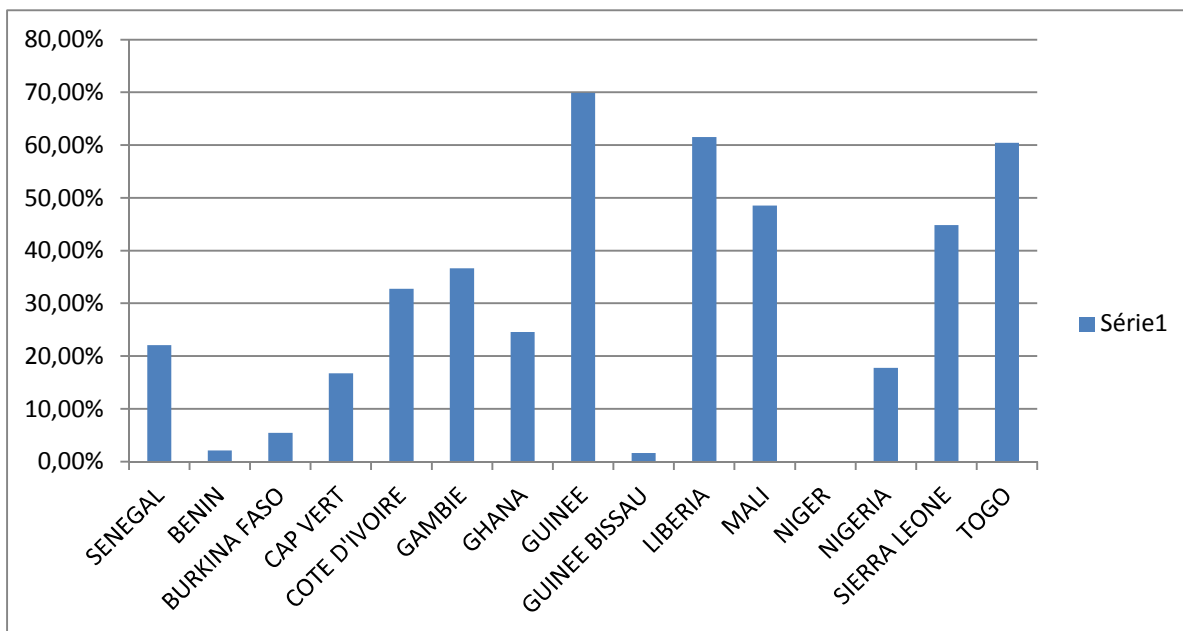


Figure 31: Puissance total installée dans les centrales électriques des pays de l’Afrique de l’Ouest

La figure 32 montre le taux d'énergies renouvelables par pays. Dans cette figure, les pays qui sont dans la voie des énergies propres avec plus de 50 % d'énergies renouvelables sont la Guinée Conakry, le Libéria et le Togo. Ces pays sont suivis du Mali et de la Sierra Léone avec plus de 40 %. Le Sénégal est à 22,06 % d'énergies renouvelables. Par contre le Niger est seul pays dont toutes ses centrales électriques sont des centrales thermiques.



**Figure 32:** illustration du taux d'énergies renouvelables par pays

En Afrique de l'Ouest l'énergie renouvelables la plus utilisée dans les centrales électriques est l'énergie hydraulique. L'énergie solaire vient en seconde position suivit de l'énergie éolienne et la biomasse. La plus part des centrales électriques de la Guinée Conakry, du Libéria, du Mali, de la Sierra Léone, du Togo et du Bénin sont des centrales hydrauliques. L'énergie éolienne est plus utilisée au Cap Vert. On note aussi l'existence de centrales à biomasse en Sierra Léone, en Gambie et au Burkina Faso.

### CHAPITRE III : DIFFICULTES RENCONTREES ET DEFIS A RELEVER

Le système énergétique de l'Afrique de l'Ouest est confronté aux défis interdépendants de l'accès à l'énergie, de la sécurité énergétique et de la dégradation de l'environnement (notamment due à la déforestation et au changement climatique). Au cours des dernières années, la région de la CEDEAO a traversé une crise énergétique qui entrave le développement économique et social. Cette crise a particulièrement affecté les populations à faible revenu. Les raisons sont diverses : crises politiques, demande électrique en hausse, augmentation des prix du diesel et des carburants, coûts de la production, pertes dans la distribution et des tarifs élevés. Le secteur de l'énergie est également affecté par la réduction des ressources en bois et en eau. Les prix élevés de l'énergie et les situations de crise dans plusieurs des systèmes énergétiques de l'Afrique de l'Ouest sont une forte motivation pour conserver l'énergie par la mise en place de mesures d'efficacité énergétique.

Dans cette partie, l'étude est accentuée sur les centrales solaires photovoltaïques et les difficultés sont pratiquement les mêmes dans la région ouest africaine [20].

La connexion d'un générateur photovoltaïque au réseau électrique ne peut être réalisée sans se conformer aux normes en vigueur et aux meilleures pratiques de l'état de l'art. Une installation doit en effet :

- Remplir les conditions techniques de raccordement au réseau électrique par la mise en place de dispositifs de protection, de découplage, de sectionnement et de comptage standardisés et reconnus.
- Ne pas perturber le comportement du réseau électrique.
- Fournir une énergie de qualité par l'utilisation de composants et d'une architecture photovoltaïque adaptés au contexte et besoins locaux [21].

#### I. Difficultés rencontrées

La première hypothèse lors du dimensionnement d'une installation photovoltaïque consiste à admettre que l'énergie journalière fournie par une installation photovoltaïque est égale, à un coefficient correctif  $K$  près, à l'énergie journalière moyenne délivrée par le soleil. Il existe en effet plusieurs paramètres influençant la quantité d'énergie produite par un générateur photovoltaïque, qu'il est nécessaire de prendre en compte, pour calculer au mieux l'énergie nette disponible à l'entrée du réseau électrique. Le paramètre incontournable est le gisement solaire du lieu d'implantation, les autres sont énoncés dans les lignes qui suivent [22].

### 1. Premier paramètre : L'adaptabilité des modules.

Lorsque que l'on connecte des modules photovoltaïques en parallèle et en série, ceux-ci peuvent connaître des pertes d'adaptabilité  $P_a$ , qui sont souvent estimées à 3,5 % de l'énergie qui devait être produite [23].

$$P_a = \frac{E_a}{E_r} \cdot 100 = 3,5 \%$$

Avec  $E_a$  : énergie perdu due à l'adaptabilité des modules

$E_r$  : énergie réelle

### 2. Deuxième paramètre : Les pertes dues à une température de jonction élevée.

Tout semi-conducteur constitué d'une jonction P-N voit ses performances se dégrader quand sa température de jonction augmente. Le silicium ne déroge pas à cette règle puisqu'une cellule photovoltaïque mal ventilée ou soumise à de fortes températures verra ses performances se dégrader.

$$T_{\text{jonction}} = 47,34^\circ$$

Une perte de puissance des cellules photovoltaïques est estimée à 0,45 % par °C de différence avec la température de jonction, on obtient donc une perte de rendement  $P_t$  qui est estimée à 10,1 % [24]:

$$P_t = 0,45 \cdot (T_{\text{jonction}} - T_{\text{ambiante}})$$

$$P_t = 10,1 \%$$

$$P_t = \frac{E_t}{E_r} \cdot 100 = 10,1 \%$$

Avec  $E_t$  : énergie perdu due à la température de jonction

### 3. Troisième paramètre : Les pertes dues à l'onduleur

Un convertisseur, ou onduleur, transforme le courant continu des batteries (12V ou 24V ou 48V) en courant alternatif 230 Volts. Il est préconisé de minimiser autant que possible la distance du câble Régulateur-Batterie et Batterie-Onduleur (inférieur à 6 m) afin d'éviter les déperditions d'électricité. Un autre problème majeur est de trouver un onduleur adapté face à la température élevé.

Les pertes dues à l'onduleur  $P_{\text{ond}}$ , sont obtenues sur une moyenne des rendements de tous les onduleurs sélectionnés et est estimées à 7,5 % [25].

$$P_{\text{ond}} = \frac{E_{\text{ond}}}{E_r} \cdot 100 = 7,5 \%$$

Avec  $E_{\text{ond}}$  : énergie perdue due aux onduleurs.

#### 4. Quatrième paramètre : Les pertes de compteur

Les pertes liées au compteur d'électricité  $P_{ce}$  sont estimées à 3 %. Ces pertes sont notées après une production d'énergie inférieure à la normale. Si la perte d'énergie avoisine les 3 %, par conclusion elles sont dues au compteur [26].

$$P_{ce} = \frac{E_{ce}}{E_r} \cdot 100 = 3 \%$$

Avec  $E_{ce}$  : énergie perdue due aux pertes de compteur

#### 5. Cinquième paramètre : Les pertes de câblage

Outre les pertes inévitables dues à l'électronique et au stockage, les pertes d'énergies importantes sont le plus souvent dues à un mauvais câblage (notamment des câbles non adaptées), et/ou une qualité de connexions insuffisante. Donc il est impératif d'effectuer un bon câblage afin de minimiser les pertes de la production jusqu'à la consommation.

Les pertes d'énergie dans le câblage  $P_{ca}$  sont estimées à 2 % [27].

$$P_{ce} = \frac{E_{ce}}{E_r} \cdot 100 = 2 \%$$

Avec  $E_{ce}$  : énergie perdue due aux pertes de câblage

En résumé, il peut arriver que toutes les pertes soient observées dans une installation solaire.

Dans ce cas, l'énergie disponible à l'entrée du réseau est  $E_e$ :

$$E_e = kE_r, \text{ avec } k = 100 \% - (P_a + P_t + P_{ond} + P_{mpp} + P_{ce}) [28]$$

## II. Défis à relever sur les énergies renouvelables

Les défis sont multiples et consistent à mobiliser tous les acteurs à mettre en cohérence des actions durables et augmenter le niveau de priorité politique accordée au secteur de l'énergie.

Le principal défi serait d'atténuer les effets néfastes de la dégradation des écosystèmes afin d'améliorer l'état de santé des populations. Pour relever le défi de l'accès à l'énergie, il est nécessaire de: mettre en place un vrai mécanisme intersectoriel de coordination qui traite des questions énergétiques et environnementales, dans une démarche multidisciplinaire. L'enjeu aujourd'hui est de développer une énergie durable à haut rendement afin de répondre aux besoins sociaux, économiques et environnementaux reposant sur des pratiques durables et des projets de développement énergétique intégrés capables de prendre en compte l'ensemble de la

filrière (de l'installation, à la consommation, en passant par les zones de stockage, la distribution, etc.) sur une vision de long terme.

### **1. L'efficacité énergétique pour lever les barrières de l'accès à l'énergie**

L'amélioration de l'efficacité énergétique, couplée avec les énergies renouvelables, accélérera l'accès aux services énergétiques en Afrique de l'Ouest. Le cœur du défi de l'accès à l'énergie consiste à rendre les énergies modernes accessibles aux femmes et aux hommes ayant des revenus limités, aussi bien dans les régions rurales qu'urbaines. La réduction du gaspillage d'électricité libère des capacités de production qui peuvent être dirigées vers l'électrification rurale par une extension du réseau. Ainsi, cela facilitera le service aux utilisateurs dans les zones éloignées du réseau national et accélérera le déploiement des systèmes décentralisés et des systèmes de production isolés qui sont essentiels dans les zones rurales. Un équipement plus efficace contribuera à une croissance plus rapide des activités productives, et rendra ainsi les services énergétiques modernes plus accessibles et plus abordables, aux entreprises et aux artisans.

### **2. Assurer un approvisionnement en énergie fiable**

Une majorité de la population d'Afrique de l'Ouest, aujourd'hui, n'a pas accès aux services énergétiques modernes et essentiels. Les systèmes énergétiques de ces pays souffrent de fréquentes coupures d'électricité et de baisses de tension due à des pénuries de combustible qui ont affecté la production de l'électricité. Une énergie peu fiable pénalise les entreprises de la région et a un impact sur les activités productives des populations.

De ce fait, faciliter l'accès à l'électricité, est donc un défi majeur pour le développement économique et le progrès social de la région.

### **3. Stimuler le développement social**

L'accès aux services énergétiques contribue à améliorer des services essentiels tels que la santé, l'éducation et l'approvisionnement en eau. L'installation de mini-centrales dans le milieu rural permet : la réfrigération des vaccins pour les établissements de santé, l'alimentation des ordinateurs pour les écoles, le pompage de l'eau pour l'agriculture et les ménages. L'accès aux énergies modernes facilite grandement la vie quotidienne des femmes et des enfants et améliore leur état de santé. Les énergies renouvelables sont la voie la plus rapide pour réduire les impacts négatifs des usages de l'énergie sur l'environnement.

### **4. La réduction des émissions de gaz à effet de serre**

L'extraction, le transport et la combustion des ressources fossiles (charbon, pétrole, gaz naturel) présentent de multiples atteintes à l'environnement :

- déversements de pétrole qui polluent les terres et l'eau,
- ruissellements et érosions des mines de charbon,
- pluies d'acides émises par les centrales électriques alimentées au charbon, pollution de l'air urbain.

Extraire et brûler de plus petites quantités de combustibles fossiles, via un usage efficace, réduit immédiatement tous les risques associés. En outre, cela réduit aussi les émissions de gaz à effet de serre, dioxyde de carbone, méthane, qui contribuent au changement climatique. Des technologies énergétiques efficaces peuvent être déployées pour une bonne production électrique, une bonne transmission et une bonne distribution. Cela pourra aider à contrebalancer la hausse de la demande en énergie et ainsi diminuer la production des centrales thermiques. Ainsi, les externalités environnementales négatives seront réduites (par exemple les émissions de Gaz à effets de Serre (GES), la pollution de l'air, du sol et de l'eau ainsi que la dégradation des terres).

#### **5. La distribution à haute performance de l'électricité, Faisabilité économique, financière et technique**

La plupart des compagnies d'électricité d'Afrique de l'Ouest font face à d'énormes difficultés pour fournir un service énergétique de qualité et étendre la couverture du réseau à de nouveaux utilisateurs. Les pertes de réseau de transport et de distribution sont l'une des causes de cette situation. Actuellement, les pertes dans la distribution du courant dans les pays de la CEDEAO sont dues à la fois à des équipements inefficaces, ainsi qu'aux impayés à la consommation.

La réduction des pertes de production, des pertes technique et des pertes économiques est faisable. Ceci aiderait la région à atteindre l'accès à l'énergie moderne, à améliorer la sécurité énergétique et à accélérer la croissance économique.

Les mesures techniques qui peuvent être utilisées afin de fournir un service performant, fiable et améliorer les relations avec les clients sont:

- La facturation optimisée - par exemple grâce à des compteurs prépayés;
- La vérification régulière des lignes pour identifier et supprimer les branchements illégaux et dangereux;
- La maintenance préventive pour tous les composants du système de distribution;
- Des systèmes de distribution haute tension, qui améliorent la qualité de l'énergie et réduisent les vols;

## CONCLUSION

D'après cette étude, nous constatons que moins de 40 % de la population ouest africaine a accès à l'énergie électrique. Les recherches nous ont aussi permis de trouver une puissance totale installée environ 41 204,528 MW dont 9 259,698 MW sont d'origine renouvelable soit 22,47 % et que plus de la moitié de l'énergie électrique proviennent des centrales à gaz. Les zones rurales sont presque laissées en rade sur l'approvisionnement en énergie électrique car plus de 80 % de la production est concentrée dans les villes.

Pour ce faire, La transition énergétique (passage de l'énergie pétrolière aux énergies renouvelables) est nécessaire pour une application de façon décisive des énergies renouvelables et efficacité énergétique dans le mixte énergétique de l'Afrique.

Ainsi grâce à cette étude, l'entreprise **Wartsila West Africa** Corporation a décidé d'investir dans l'énergie solaire au Burkina Faso (à Essakane) et dans l'hydroélectricité en Guinée Conakry (à Siguiri).

## PERSPECTIVES

- Exploiter le potentiel en énergies renouvelables.
- Créer un environnement favorable pour attirer les investissements du secteur privé.
- Améliorer la fiabilité de l'approvisionnement et la sécurité énergétique en diminuant les pertes de production, de transmission et de distribution de l'électricité.
- Réduire les coûts de la facture énergétique du secteur public et privé.
- Augmenter l'accès aux services énergétiques modernes, fiables et abordables, surtout dans les zones rurales.



## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1], [2]: M. Kappiah, “Les énergies renouvelables en Afrique de l’Ouest : Etat, expériences et tendances”, 2012
- [3] : Agence Nationale de la Statistique et de la démographie (ANSD), Rapport 2016, Dakar
- [4]: I. Niane, “Situation de base du Sénégal/Enda Energie: Agenda d’Actions Sénégal”, novembre 2016.
- [5]: I. Niane, “Situation de base du Sénégal/Enda Energie: Agenda d’Actions Sénégal”, novembre 2016.
- [6]: K. Dossou, E. Lawin, “Situation énergétique de base du Bénin-projet-ACE-WA”, Septembre 2016.
- [7] : N. Sawadogo, “Stratégies et politiques énergétiques du Burkina Faso”, Hambourg, Avril 2012
- [8] : Fonds Africain de Développement, “Projet de développement du système de transmission et de distribution de l’électricité au Cap Vert ‘’, Rapport d’évaluation Juillet 2011.
- [9] : BAD, “Evaluation rapide et Analyse des Gaps de la côte d’Ivoire/Energie durable pour tous’’, Rapport d’évaluation juin 2016
- [10] : Y. Azoumati, J. Blin, “Recherches et développement sur les énergies renouvelables en Afrique de l’Ouest, Etat des lieux et enjeux’’, 2009
- [11] : “Le secteur de l’électricité du Ghana’’, Rapport du service économique d’Accra,2016
- [12] : “16-05-16-Fiche-Teaser-Guinée-Bissau’’, Rapport énergies renouvelables 2016
- [13] : C. Cissoko, “Présentation du secteur de l’énergie de la république de Guinée’’, Novembre 2016
- [14] : M. Perrault, F. Kilo, M. Hittenger, “Document de stratégie du Libéria 2013-2017’’, 2013
- [15]: “SOGREAH: R2-Plan-Final-Optimal’’, TBD, 1360342, Octobre 2008
- [16] : B. Nassourou, “Energie durable pour tous: Agenda d’actions Niger’’, 27 Aout 2015
- [17]: L. Toccoen, “Lettre Géopolitique de l’Electricité’’, N°62-avril 2016
- [18]: A. Uche Ordu, “Infrastructure Et Croissance En Sierra Léone’’, 2016
- [19]: A. Komi, “Togo ODD énergies’’, 28 juin 2016
- [20],[21],[22]: L. Taccoen, “Lettre Géopolitique de l’Electricité du Sénégal’’, N°74- 30 Avril 2017
- [23],[24],[25],[26],[27]: A. Cid-Pastor, “Conception et réalisation de modules photovoltaïque électronique’’,Thèse Université Paul Sabatier, Toulouse 2006.

## **SITES WEB**

[www.ecreee.org](http://www.ecreee.org)

[www.ecowrex.org](http://www.ecowrex.org)

[www.fondem.org](http://www.fondem.org)

[www.plateformesolutionsclimat.org/solution/diffusion-du-biogaz-au-senegal-une-cooperation-durable-entre-lille-et-saint-louis/](http://www.plateformesolutionsclimat.org/solution/diffusion-du-biogaz-au-senegal-une-cooperation-durable-entre-lille-et-saint-louis/)

[www.senelec.sn](http://www.senelec.sn)

[www.edm-sa.com](http://www.edm-sa.com)

[www.beninto.info](http://www.beninto.info)

[www.agenceecofin.com](http://www.agenceecofin.com)

[www.nawec.gm](http://www.nawec.gm)

[www.electra.cv](http://www.electra.cv)

[www.eagb.sn](http://www.eagb.sn)

[www.edt.sn](http://www.edt.sn)

[www.nera.SN](http://www.nera.SN)

[www.nigelec.sn](http://www.nigelec.sn)

[www.sonabel.sn](http://www.sonabel.sn)

[www.ecg.sn](http://www.ecg.sn)

<https://www.afdb.org/fr/topics-and-sectors/initiatives>

[www.republicoftogo.com/Toutes-les-rubriques/Cedeao/Liberia](http://www.republicoftogo.com/Toutes-les-rubriques/Cedeao/Liberia)

<https://www.energies-renouvelables-afrique.com>

## ANNEXES

### Annexe 1: Tableau récapitulatif du taux des énergies renouvelables installées par pays

Pays	Taux en %
SENEGAL	22,06%
BENIN	2,08%
BURKINA FASO	5,43%
CAP VERT	16,75%
COTE D'IVOIRE	32,75%
GAMBIE	36,66%
GHANA	24,54%
GUINEE	69,92%
GUINEE BISSAU	1,59%
LIBERIA	61,54%
MALI	48,54%
NIGER	0
NIGERIA	17,77%
SIERRA LEONE	44,80%
TOGO	60,43%

### Annexe 2 : Puissance des centrales électriques de la Gambie ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.nawec.gm](http://www.nawec.gm))

Centrales électriques	Type de centrale	Capacité installée en MW
Brikama (IPP)	Diesel et Fioul lourd	7
Mbollo PV	Solaire	7
Kaur- PV diesel	Diesel	7
Batokunku	Diesel	7
GAMWIND	Eolienne	7
Kalom Biomasse	Biomasse	7
Bansang	Fioul lourd	0,9
Bassé	Diesel	2,6
Brikama PV	Solaire	20

Brikama( wartsila)	Fioul lourd	9
Kotu	Fioul lourd	41,4
Tujereng	Eolienne	4

**Annexe 3: Puissance des centrales électriques du Sénégal** ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.senelec.sn](http://www.senelec.sn))

Centrales électriques	Type de centrale	Puissance installée en Mw
Centrale de Sendou	Charbon	125
Centrale de Saint-Louis	Diesel	7
Centrale de Bel Air	Gaz	100
Centrale Cap des Biches	Diesel	86
Centrale C3	Diesel	87,5
Centrale C1	Diesel	51,2
Centrale de Kahone	Diesel	120
Centrale Kolda	Fioul lourd	4
Centrale Tambacounda	Diesel	6
Centrale de Ziguinchor	Diesel	14
Centrale C5 de Dakar	Diesel	10,76
Centrale de Tobene	Diesel	70
Centrale de Kounoune	Fioul lourd	96
Centrale solaire Senergy II	Solaire	20
Centrale solaire Sinthiou Mekhe	Solaire	30
Centrale solaire Bokhol	Solaire	20
Centrale solaire Malicounda	Solaire	22
Centrale solaire Méouane	Solaire	30
Centre International de Conférences Abdou Diouf (CICAD)	Solaire	2
Centrale solaire mérina dakhar	Solaire	30
TOTAL		354,76

**Annexe 4 : Puissance des centrales électriques du Togo ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.edt.sn](http://www.edt.sn))**

Centrales électriques	Type de centrale	Capacité installée
Lome (A and B)	Fioul lourd	44
Kpimé	Hydraulique	1,6
Nangbeto	Hydraulique	65,6
TOTAL		111,2

**Annexe 5 : Puissance des centrales électriques de la Guinée Bissau ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.eagb.sn](http://www.eagb.sn))**

Centrales électriques	Type de centrale	Capacité installée en MW
EAGB	Diesel	21
Bambadinca	Solaire	0,34
TOTAL		21,34

**Annexe 6: Puissance des centrales électriques du Niger ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.nigelec.sn](http://www.nigelec.sn))**

Centrales électriques du Niger	Type de centrale	capacité installée en MW
Gorou Banda	Diesel	80
Goudel	Diesel	10
Dosso	Diesel	30
Malbaza	Diesel	40
Zinder	Diesel	54
Soraz	Diesel	54
Twin Niamey 2	Fioul	14,4
D'Akouta Mine	Fioul	12
Sonichar	Charbon	36
Salkadamn	Charbon	200
Anou Araren	Charbon	37,6
Arlit(uranium mine)	Diesel	15
TOTAL		583

**Annexe 7: Puissance des centrales électriques du Libéria** ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.ecowrex.org](http://www.ecowrex.org))

Centrales électriques	Type de centrale	Capacité installée en MW
Bushrod	Diesel	10
Kru Town	Diesel	5
Bushrod 3	Fioul lourd	10
Firestone (Harbel)	Hydraulique	4,80
Mount Coffee	Hydraulique	88
Bushrod	Diesel	15
Bushrod2	Fioul lourd	18
TOTAL		150,8

**Annexe 8: Puissance des centrales électriques de la côte d'Ivoire** ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.ecowrex.org](http://www.ecowrex.org))

Centrales électriques	Types de centrales	Capacité installée en MW
Azito	Gaz	430
Taabo Dam	Hydraulique	210
Kossou Dam	Hydraulique	176
Buyo Dam	Hydraulique	165
Ayamé 2 Dam	Hydraulique	30
Ayamé 1 Dam	Hydraulique	22
Faye Dam	Hydraulique	5
Soubre	Hydraulique	275
TOTAL		1313

**Annexe 9 : Puissance des centrales électriques de la Sierra Léone** ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.ecowrex.org](http://www.ecowrex.org))

Centrales électriques	Types de centrales	Capacité installée en MW
Black Hall	Diesel	23
Bo	Diesel	5
Kingtom Oil	Diesel	25
Port Loko	Fioul lourd	30
Bonthe Works	Fioul lourd	11
Bumbuna	Hydraulique	50
Goma 1	Hydraulique	6
Guma	Hydraulique	2,4
Makali	Hydraulique	0,64
Yele	Hydraulique	0,25
Charlotte	Hydraulique	2
Addax Bioenergy	Biomasse	15
<b>TOTAL</b>		<b>170,29</b>

**Annexe 10 : Puissance des centrales électriques de la Guinée Conakry** ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.ecowrex.org](http://www.ecowrex.org))

Centrales électriques	Type de centrale	Capacité installée en MW
Semafo	Fuel	8
Tombo III	Fioul lourd	44,8
Kamsar	Fioul lourd	12,8
Tombo IV	Fioul lourd	32,44
Boké	Diesel	2,4
Sangaredi	Diesel	16,57
K-Energie	Diesel	75
Kipé	Diesel	50
Kamsar village	Diesel	3,2
Aggreko	Diesel et Fioul	50
Tombo I	Diesel et Fioul	24
Tombo II	Diesel et Fioul	26
Tinkisso	Hydraulique	1,65
Kaleta Dam [2]	Hydraulique	240
Boke Dam	Hydraulique	130

Samankou	Hydraulique	0,41
Garafiri Dam	Hydraulique	75
Loffa	Hydraulique	0,16
Kinkon	Hydraulique	3,4
Tinkisso	Hydraulique	1,65
Baneah (Banieya)	Hydraulique	5
Donkea	Hydraulique	15
Grandes Chutes (Kale)	Hydraulique	27,6
Kissosso	Hydraulique	0,2
Amaria(TBEA)	Hydraulique	300
Diaraguela	Hydraulique	72
Dubr�ka	Solaire	0,02
Faranah	Diesel	1,4
Garafiri	Hydraulique	75
Grandes chutes(Kale)	Hydraulique	27,6
Kalete	Hydraulique	240
Kamsar	Fioul	12,8
Kamsar village	Diesel	3,2
Kankan	Diesel	2,8
Kinkon	Hydraulique	3,4
Kipé	Diesel	50
Kisso	Diesel	0,02
Loffa, hydro	Hydraulique	0,16
Nzerekore	Diesel	2,8
Samankou,hydro	Hydraulique	0,41
Sangaredi	Diesel	3,6
Tinkisso, hydro	Hydraulique	1,65
Tombo III-Kaloum III	Fioul lourd	44,8
Tombo II-Kaloum II	Diesel	26
Tombo IV-Kaloum IV	Fioul lourd	32.4
Total		1745.34



**Annexe 11 : Puissance des centrales électriques du Ghana ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.ecg.sn](http://www.ecg.sn))**

Centrales électriques	Type de centrale	Capacité installée en MW
Bitou	Fioul	0,5
Chirano	Diesel	30
Tema	Diesel	236
Kar	Diesel	225
Mines Reserve	Diesel	85
Damang Mine	Gaz	25
Kapone Sap OCGT	Gaz	211
Sunon Asogli	Gaz	220
Kpone	Gaz, Diesel	230
Osagyefo Barge	Gaz, Diesel	125
Tema Osonor OCGT	Gaz, fioul	110
Takoradi I Thermal	Gaz, LCO	330
Takoradi Ii Thermal	Gaz, LCO	220
Akosombo	Hydraulique	1,038
Bui	Hydraulique	400
Kpong	Hydraulique	160
Nzema Solar	Solaire	155
Gomoa Onyandze	Solaire	20
Navrongo	Solaire	2,5
Cenit energ Ltd	Diesel	126
Effasu	Gaz	125
Oyandze	Solaire	20
Takoradi international company	Gaz	378
Takoradi T3	Diesel	132
Nzema	Solaire	155
<b>TOTAL</b>		<b>3722,038</b>

**Annexe 12: Puissance des centrales électriques du Mali ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org))**

Centrales électriques du Mali	Type de centrale	Capacité installée en MW
Randgold Morila	Fioul	32.15
Randgold Syama	Fioul	32.86
Niono	Fioul	2,6
SOPAM	Fioul lourd	56
Yatela (Gold mine)	Diesel	6
Arlit (Uranium mine)	Diesel	15.19
Sadiola (Gold Mine)	Diesel	17
Mopti	Diesel	9
Morila Gold mine	Diesel	29
Niono	Diesel	21,70
Bamako Rental	Diesel	18
Syama (Gold mine)	Diesel	30
Darsalam	Diesel	41,5
Balingue	Diesel	32,5
Manantali	Hydraulique	104
Felou	Hydraulique	60
Sotuba	Hydraulique	5,7
Selingue 2	Hydraulique	46
Selingue 1	Hydraulique	47.64
Kignan	Solaire	0.05
Ourikéla	Solaire	0.04
Kéniéba	Solaire	0,24
Sadiola	Solaire	0,13
Kolondiéba	Solaire	0,2
Kimparana	Solaire	0,07
Ouelessebouyou	Solaire	0,22
Mpessoba	Solaire	0,1
Niéna	Solaire	0,1
Sadiola(gold mine)	Diesel	17
Selingue	Hydraulique	47,64
<b>TOTAL</b>		<b>544,7</b>

**Annexe 13: Puissance des centrales électriques du Burkina Faso ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.sonabel.sn](http://www.sonabel.sn))**

Centrales électriques	Type de centrale	Capacité installée en MW
Ouagadougou	Diesel	22
Djibo	Diesel	1,53
Diapaga	Diesel	1,11
Gayeri	Diesel	0,32
Gorom-Gorom	Diesel	0,17
Gaoua	Diesel	2
Komsilga	Diesel	31
Bobo II, III	Diesel	50
Ouahigouya	Diesel	75
Kona	Diesel	22
Dori	Diesel	3,63
Tougan	Diesel	1,04
Boromo	Diesel	0,60
Ouaga 2	Fioul	44
Boulsa	Fioul	0,96
Kongoussi	Fioul	0,64
Dedougou	Fioul	5,70
Nouna	Fioul	1,33
Essakane Mine	Fioul lourd	57
Komsilga	Fioul lourd, Diesel	18
Kompienga	Hydraulique	14
Bagré	Hydraulique	16
Zagtouli	Solaire	33
Kona	Solaire	22
Faso Biogaz SARL	biomasse	0,28
BOBO 1	Diesel	5,6
faso biogaz sarl, biomasse	Biomasse	0,28
komsilga	Diesel	94
Kossodo	Diesel	94
Leo	Diesel	0,35
Niofila	Hydraulique	2,28
<b>TOTAL</b>		<b>619,46</b>

**Annexe 14: Puissance des centrales électriques du Bénin** ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.edm-sa.com](http://www.edm-sa.com))

Centrales électriques du Bénin	Types de centrales	Capacité installé en MW
Parakou	Fioul	25,42
Porto Novo	Fioul	13,93
WAPP Maria Gleta	Gaz	450
Maria Gleta	Gaz	100
Tag-Cve	Gaz	28,3
Akpakpa	Diesel	35,00
Gbegamey	Diesel	15
Natitingou	Diesel	12
Porto-Novo	Diesel	12
Cotonou – Rental	Diesel	21,6
Parakou	Diesel et Fioul lourd	19
KABO	Solaire	0,04
KPOKISSA	Solaire	0,04
OKE-OWO	Solaire	0,03
TANDOU	Solaire	0,02
TCHATINGOU	Solaire	0,02
TORA	Solaire	0,02
Bagre	Hydraulique	14,4
<b>TOTAL</b>		<b>122,36</b>

**Annexe 15 : Puissance des centrales électriques du Cap vert** ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.electra.cv](http://www.electra.cv))

Centrales électriques	Types de centrales	Capacité installée en MW
Favatal 2	Fioul	1,09
Palmerejo	Fioul lourd	1,5
Palmeira	Fioul lourd	11,94
Matiota	Fioul lourd	10,91
Praia	Diesel	1,2
Dominguinhas	Diesel	0,02
Fundo das Figueiras	Diesel	0,39

Gamboa (Praia)	Diesel	2,8
Lagoa	Diesel	0,05
Assomada	Diesel	2,45
Bofareira	Diesel	0,03
Lombo Figueira	Diesel	0,03
Lombo Figueira	Diesel	0,96
São Filipe	Diesel	5,12
Tarrafal 2	Diesel	7,67
Turris	Diesel	0,9
Porto Novo	Diesel	9,77
Sal-Rei	Diesel	11,56
Cabeólica Boa Vista - Morro da Vigia -	Diesel	2,55
Cabeólica Sal-Lajedo da Ribeira de Tarrafe	Eolienne	7,65
Cabeólica Santiago - Monte São Filipe	Eolienne	9,35
Chã Feijoal–Porto Novo Ilha de Santo Antão	Eolienne	5,9
Parque Eolico de Santo Antao	Eolienne	0,50
Vale da Custa- Minigríd PV-Wind-Genset	Eolienne	0,08
Mini-grid-Carriçal-São Nicolau (PV-Genset)	Solaire	0,04
Monte Trigo PV-Genset	Solaire	0,06
Sal Solar PV	Solaire	2,2
Santiago Solar PV plant	Solaire	4,4
Vale da Custa- Hybrid PV-Wind-Genset	Solaire	0,08
ELECTRA Solar- Sal Power Plant	Solaire	2,5
Chã Feijoal–Porto Novo Ilha de Santo Antão	Solaire	0,02
10KW PV ECREEE HQ SOLAR	Solaire	0,01
CABEOLICA Boa Vista-Morro	Solaire	2,55
Cabeolica Sao viccente-Selada do Flamengo	Solaire	5,95
Fataval	Diesel	1,09
Lazareto	Fioul lourd	32,44
Mosteiros	Diesel	0,96
Palmarejo	Fioul lourd	66,23
Sao filipe	Diesel	5,12
TOTAL		123,53

**Annexe 16: Puissance des centrales électriques du Nigéria** ([www.ecreee.org](http://www.ecreee.org), [www.nera.sn](http://www.nera.sn))

Centrales électriques	Types de Centrales	Capacité installée en MW
Sapele (NIPP)	Fuel lourd	450
Lake Chad	Fuel lourd	14.33
Katsina Works	Fuel	25
New Marte	Fuel	17.64
Obajana Cement	Fuel	132.9
Ijora (industry)	Gaz	75
Iwopin (Pulp and Papermill industry)	Gaz	60
Desaim (Gas to liquid fuel company)	Gaz	23
Eleme	Gaz	75
Qua Iboe	Gaz	25
Kaduna	Gaz	215
Ajaokuta (Steel company)	Gaz	110
Forcados Oil	Gaz	37,5
Egbin	Gaz	1320
Escravos	Gaz	750
Kolo Creek	Gaz	70
Delta-Ughelli II	Gaz	143
Rusal Alcon OCGT	Gaz	534
Trans-Amadi I et II OCGT	Gaz	136
Gbarain Ubie	Gaz	252
Afam VI CCGT	Gaz	650
Omotosho I et II	Gaz	785
AES Barge (IPP)	Gaz	270
Aba	Gaz	140
Calabar OCGT (NIPP)	Gaz	561
Transcorp Ughelli	Gaz	900
Egbema (NPP)	Gaz	338
Geregu I	Gaz	414
Geregu II (NIPP)	Gaz	434
Ihovbor	Gaz	450
Olorunsogo	Gaz	500
Afam IV-V	Gaz	726

Ibom	Gaz	190
Omoku	Gaz	150
Ughelli	Gaz	900
Sapele	Gaz	1020
Olorunsogo II (NIPP)	Gaz	675
Okpai (IPP)	Gaz	480
Alaoji OCGT	Gaz	1074
Itobe	Charbon	1200
Bakolori	hydraulique	3
Shiroro	hydraulique	600
Kainji	hydraulique	800
Jebba	hydraulique	540
Zamfara	hydraulique	100
Mambilla	hydraulique	3050
Kano	hydraulique	100
Kiri	hydraulique	35
Challawa Gorge	hydraulique	4
Ankwil 2 (Bagel 2)	hydraulique	2
Oyan	hydraulique	39
Nesco,	hydraulique	30
Dadin-Kowa	hydraulique	35
Gurara	hydraulique	30
Ogoja Solar	solaire	0,02
Laje	Solaire	0,06
Kindigi	Solaire	0,03
Geza	Solaire	0,06
Ewekoro works	Gaz	90
Idu field	Gaz	20
Ikorodu 2	Gaz	30
Itakpe (iron or minig)	Gaz	15,4
Jekko1	Hydraulique	4
Jekko2	Hydraulique	4
Kurra	Hydraulique	8
Kwall	Hydraulique	2

Lagos	Gaz	12
Ngell	hydraulique	2
Obite	Gaz	15
Odukpani	Gaz	5561
Olorunsogo 1	Gaz	336
Olorunsogo 2	Gaz	675
Ouree	Hydraulique	2
Owena	Gydraulique	0,45
Port harcourt I et II	Gaz	120
Rivers ipp	Gaz	180
Sapele I	Gaz	1020
Sapele II	Gaz	450
Trans amadi	Gaz	136
Usman Dam water Treatment, Solar Plant	Solaire	1.2
Warri	Gaz	125
TOTAL		30334,72