



**CENTRE AFRICAIN D'ETUDES SUPERIEURES EN GESTION**

**DEPARTEMENT CESAG GRANDE ECOLE**



**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**

**Pour l'obtention du diplôme de  
MASTER PROFESSIONNEL EN SCIENCES DE GESTION,  
OPTION GESTION DE PROJETS**

**Année académique 2014-2015**

**THEME**

**ENJEUX ET PERSPECTIVES DE DEVELOPPEMENT DE  
L'ENERGIE PHOTOVOLTAIQUE AU SENEGAL :  
CAS DU PROJET LAMPES SOLAIRES  
AWANGO BY TOTAL DE TOTAL SENEGAL**

**Rédigé par :**

**Blys-Karel MAVOUNGOU-SOUAMY-IGONDJO**

**Sous la direction de :**

**M. Papa Férou DIALLO,**

**Enseignant Associé au CESAG**

**Octobre 2015**

## DEDICACES

Nous dédions le présent mémoire à nos parents :

- Joseph Marie MAVOUNGOU SOUAMY,
- Gisèle Elisabeth MACAYAT épouse MAVOUNGOU SOUAMY,

qui n'ont cessé de nous encourager et n'ont ménagé aucun effort pour le financement de notre cursus scolaire et académique.

## REMERCIEMENTS

Pour la réalisation de ce mémoire professionnel nous adressons nos sincères remerciements à :

- L'administration du CESAG, pour nous avoir permis de travailler sur ce thème qui nous tient tout particulièrement à cœur,
- Total Sénégal en général et le service solaire en particulier, pour l'accueil chaleureux et l'aide apportée pour l'obtention des données de notre mémoire,
- Madame Ndeye Fatou GUEYE, Chef de Service Développement Solaire à Total Sénégal, pour la patience et la confiance accordées à notre égard,  
Monsieur Papa Félou DIALLO, enseignant associé au CESAG, qui a accepté de superviser ce mémoire malgré les nombreuses responsabilités qui l'incombent,
- Docteur Karim DIAKHITE, enseignant au CESAG, pour sa disponibilité et ses précieux conseils,
- M. Ferst Gracias Edgaeth MALONGA, Mlle Christine Arolar MENDY, M. Ibrahima BA pour leurs conseils et leur aide.

## LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS

- AFD** : Agence Française de Développement
- ANEE** : Agence Nationale de l'Economie d'Energie
- ASER** : Agence Sénégalaise d'Électrification Rurale
- BT** : Basse Tension
- CEDEAO** : Communauté Economique des Etats d'Afrique de l'Ouest
- CO2** : Dioxyde de Carbone
- CRSE** : Commission de Régulation du Secteur de l'Electricité du Sénégal
- DSRP** : Document de Stratégie pour la croissance et la Réduction de la Pauvreté
- ENR** : Energies Renouvelables
- EPIA** : European Photovoltaic Industry Association
- FCFA** : Franc de la Communauté Financière Africaine
- FONDEM** : Fondation Energies pour le Monde
- GIZ** : Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit
- GPL** : Gaz de Pétrole Liquéfié
- GWH** : Gigawatt-Heures
- IED** : Innovation pour l'Environnement et le Développement
- IFC** : International Finance Corporation
- IPP** : Independant Power Producer (Producteur indépendant d'Electricité)
- JICA** : The Japan International Cooperation Agency (Agence Japonaise de Coopération Internationale)
- KWH** : Kilowatt Heures
- LED** : Lampe à Diode Electroluminescente
- LPDSE** : Lettre de Politique de Développement du Secteur de l'Energie
- MS** : Marketing & Services
- MT** : Moyenne Tension
- TVA** : Taxe sur la Valeur Ajoutée
- MW** : Mégawatt
- OMD** : Objectifs du Millénaire pour le Développement
- OMVG** : Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Gambie (regroupe le Sénégal, la Mauritanie, la Guinée et la Gambie)
- OMVS** : Organisation pour la Mise en Valeur du fleuve Sénégal (regroupe le Sénégal, la Mauritanie, la Guinée et la Gambie)
- ONG** : Organisation Non Gouvernementale

**PASER** : Programme d'Actions Sénégalais d'Electrification Rurale

**PERACOD** : Programme pour la Promotion des Energies Renouvelables, de l'électrification rurale et de l'Approvisionnement durable en Combustibles Domestiques

**PIB** : Produit Intérieur Brut

**PNUD** : Programme des Nations Unies pour le Développement

**PREDAS** : Programme Régional de Promotion des Energies Domestiques et Alternatives au Sahel

**PSE** : Plan Sénégal Emergent

**PV** : Photovoltaïque

**SAR** : Société Africaine de Raffinage

**SEMIS** : Services de l'Energie en Milieu Sahélien

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

**Si** : Silicium

**SIE** : Système d'Information Energétique du Sénégal

**SWOT ou FFOM** : Strengths Weaknesses Opportunités Threats ou Forces Faiblesses  
Opportunité Menaces

**TEP** : Tonne d'Equivalent Pétrole

**UE** : Union Européenne

**Wc** : watt crête

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Puissances installées par type de centrale .....	25
Tableau 2: Puissances installées du parc de production au 31 décembre 2008 .....	25
Tableau 3: Tableau de l'évolution des prix moyens de l'électricité vendue par la SENELEC.	28
Tableau 4: Prix du carburant en FCFA .....	28
Tableau 5: Bouteille de Gaz - prix en FCFA .....	28
Tableau 6: Potentiel solaire des grandes villes du Sénégal .....	32
Tableau 7: critères d'achat de lampes solaires.....	63
Tableau 8: Type de lampes Awango by Total achetées .....	63
Tableau 9: Tableau croisé entre Zone d'habitation et utilisation de lampes solaires .....	64
Tableau 10: Tableau croisé achat de lampes solaires et critères de choix .....	65
Tableau 11: Recommandations et le niveau de satisfaction des lampes Awango by Total .....	66
Tableau 12: Tableau du Taux d'électrification urbaine .....	67
Tableau 14: Tableau du Taux d'électrification urbaine .....	69
Tableau 15: Taux d'électrification rurale (Conventionnel uniquement).....	71

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : L'approvisionnement en énergie du Sénégal .....	20
Figure 2 : Consommation finale par produit en % .....	21
Figure 3: Consommations finales par secteur (ktep).....	22
Figure 4: L'échelle énergétique .....	24
Figure 5: Carte électrique du Sénégal .....	25
Figure 6: Evolution du taux d'électrification en %.....	27
Figure 7: Carte des tonnages de résidus disponibles dans les régions sénégalaises (2003).....	29
Figure 8: Carte d'insolation du Sénégal .....	31
Figure 9 : Cadre institutionnel Sénégalais du secteur de l'énergie .....	33
Figure 10: Nombre d'abonnés PV par région .....	34
Figure 11: Puissance installée par secteur (KWc).....	35
Figure 12: Modèle d'analyse .....	40
Figure 13 : Evolution du chiffre d'affaires 1 <sup>er</sup> Trimestre 2014 par rapport à celui de 2013 ....	50
Figure 14 : Evolution chiffre d'affaires 2013-2014 .....	51
Figure 15: Analyse SWOT projet Awango by Total.....	57
Figure 16: Echantillonnage en fonction du genre .....	59
Figure 17: Nombre d'utilisateurs de lampes solaires.....	60
Figure 18: Diagramme à barres situation matrimoniale de l'échantillon .....	60
Figure 19: Diagramme à barres situation professionnelle de l'échantillon .....	61
Figure 20: Diagramme à barres sur les connaissances des lampes solaires de Total.....	61
Figure 21: Diagramme à barres utilisateurs lampes Awango by Total .....	62
Figure 22: Classement des taux d'électrification des régions du Sénégal .....	70

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Renseignements généraux sur Total Sénégal .....	81
Annexe 2 : Organigramme du Groupe Total.....	82
Annexe 3 : Questionnaire d'enquête sur l'utilisation des lampes solaires au Sénégal .....	83
Annexe 4 : Caractéristiques générales lampes solaire D.Light S10 et S.250 du Projet « Awango by Total » .....	84
Annexe 5 : Caractéristiques générales lampes solaires Sundaya Ultimium.....	86
Annexe 6 : Données indiquant quoi faire en cas de lampe Awango by Total défectueuse .....	87

CESAG - BIBLIOTHEQUE

## SOMMAIRE

DEDICACES .....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS .....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES ANNEXES.....	viii
SOMMAIRE .....	ix
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : APPROCHE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE.....	6
Chapitre 1 : Approche théorique et contexte de l'étude.....	8
Chapitre 2 : Méthodologie de l'étude.....	38
DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS .....	46
Chapitre 3: Présentation de Total Sénégal .....	47
Chapitre 4 : RESULTATS et recommandations .....	58
CONCLUSION GENERALE .....	77
ANNEXES .....	80
BIBLIOGRAPHIE .....	88
TABLE DES MATIERES .....	90

CESAG BIBLIOTHEQUE

# **INTRODUCTION GENERALE**

Dans un contexte de crise énergétique mondiale où l'on observe une croissance exponentielle de la démographie, une surconsommation d'énergie des ménages, des industries et des éclairages publics avec des ressources limitées, il est important de trouver des solutions alternatives.

Selon le Conseil Mondial de l'Energie, la population mondiale atteindra 8,5 Milliards de personnes en 2020 soit un taux de doublement de 40 ans. Au rythme de consommation actuel, il nous reste du pétrole pour les 40 à 100 prochaines années selon que l'on considère que certaines réserves sont exploitables ou non. Selon les mêmes hypothèses, on peut encore utiliser du gaz pendant 80 à 160 ans. Le charbon sera encore disponible pendant 170 à 1965 ans.

En Afrique, la biomasse est la source d'énergie la plus utilisée, pourtant de par sa position favorable au rayonnement du soleil, l'énergie solaire devrait être bien plus utile et utilisable.

Le Sénégal dispose de ressources considérables en énergie renouvelable, notamment de production photovoltaïque. Le potentiel solaire est important, avec un ensoleillement de 5,8 KW/h/m<sup>2</sup>/j<sup>1</sup> et un ensoleillement assez stable dans toutes les régions, tout au long de l'année. Cette prédisposition naturelle devrait en l'occurrence permettre d'alimenter les besoins en énergies dans tout le pays. La faible consommation d'énergie du pays, combinée au gisement solaire disponible offre au Sénégal l'opportunité de devenir facilement et rapidement autonome en énergie.

Selon le *Rapport du Système d'Information Énergétique du Sénégal (SIE)* la consommation d'énergie finale par habitant au Sénégal est faible (0,21 tep), comparée à la moyenne de la CEDEAO (0,45 tep) et à celle de l'Afrique (0,50 tep). De plus, selon ledit Rapport, On note une prédominance de la biomasse (50%), suivie des produits pétroliers (38%), de l'électricité (8%) et du charbon (6%) dans les consommations par type d'énergie<sup>2</sup>.

En effet, la biomasse est une source d'énergie renouvelable comprenant trois familles principales (le bois énergie ou biomasse solide, le biogaz, les biocarburants) qui sont tous des matériaux d'origine biologique employés comme combustibles pour la production de chaleur, d'électricité ou de carburants. Cependant, son rendement énergétique est assez faible car, pour produire de l'énergie biomasse il faut occuper des terres arables et donc baisser la production

---

<sup>1</sup> Cf. Atlas, PNUD, 2007

<sup>2</sup> Rapport du SIE de 2010

agricole, une surexploitation de la biomasse peut entraîner une déforestation importante et donc un danger pour l'environnement dont la pollution des eaux et des sols.

Ainsi, la forte dépendance à l'égard des ressources de la biomasse traditionnelle pose des difficultés pour la sécurité énergétique du pays.

Aujourd'hui, le sous-secteur de l'électricité est confronté à des défis majeurs, lorsqu'on sait que le taux d'électrification rural du Sénégal est seulement de 23% selon les chiffres de 2011.

La production d'électricité au Sénégal quant à elle est de 2858,3 GWh en 2009, dont 2427,1 GWh (Senelec et IPP), soit 84,9 %, sont livrés par la SENELEC<sup>3</sup>. La part des auto-producteurs est de 428,2 GWh (15%) et celle du solaire photovoltaïque est de 2,968 GWh, soit 0,1% de la production nette.

La population, quant à elle, ne fait que croître et il n'est plus à prouver que la consommation d'énergie évolue dans le même sens que l'accroissement de cette dernière. Il est donc indispensable d'ouvrir le marché de l'énergie à des opérateurs indépendants susceptibles de prendre en charge une partie de l'effort de renforcement des capacités électriques au niveau de la production et de la distribution, afin de le dynamiser et de favoriser la concurrence et l'amélioration du service.

Le Sénégal est sans aucun doute l'un des pays les plus chers en énergie, tout au long de notre étude nous essayerons de comprendre ce phénomène.

Ce modèle d'analyse ou conceptuel fera ressortir :

- ☛ Une variable dépendante qui représente l'objet de notre étude ;
- ☛ Des variables indépendantes qui permettront de définir les outils ou indicateurs permettant d'analyser les données ainsi recueillies les organiser et les transformer en résultats.

L'objet de notre étude est d'autant plus pertinent qu'il figure parmi les principales orientations du gouvernement Sénégalais, notamment dans le PSE et la LPDSE, dans le but de contribuer à la diversification des sources d'énergie et la promotion des énergies nouvelles notamment l'énergie Solaire.

---

<sup>3</sup> Note de synthèse rapport SIE 2010

Pour répondre au mieux au développement de l'énergie solaire, des entreprises à l'image de *Total Sénégal* avec le projet « Awango by Total », proposent des solutions en vue de promouvoir l'énergie solaire photovoltaïque.

En effet, malgré les efforts consentis par les secteurs publics et privés, la puissance totale installée en énergie solaire photovoltaïque demeure encore faible à 3 mégawatt crêtes pour 16 000 ménages ruraux dont la plupart habite la région de Fatick, ce qui correspond à environ 1 %, si elle est rapportée à celle de la totalité de la production publique<sup>4</sup>.

Au regard de tout ce qui précède, la problématique à éclaircir tout au long de notre étude est de savoir :

Quel sont les enjeux et perspectives de développement de l'énergie photovoltaïque au Sénégal ?  
Quelle est la contribution des projets privés à l'image de « Awango by Total » de Total Sénégal ?

De cette question principale découlent les interrogations spécifiques suivantes :

- ☞ Comment palier au déficit de l'énergie au Sénégal à travers les énergies renouvelables ?
- ☞ Quelle est la contribution de l'énergie photovoltaïque dans le système énergétique du Sénégal ?
- ☞ Comment les entreprises privées à l'image Total Sénégal aident au développement d'une énergie nouvelle par le solaire ?
- ☞ Comment participer par la même occasion au développement durable du Sénégal?

L'objectif général de notre étude est d'analyser les potentialités énergétiques du Sénégal. Les objectifs spécifiques quant à eux consistent à percer à jour les différentes sources d'énergie au Sénégal et mesurer la part de l'énergie solaire. Mieux encore, nous essayerons à travers l'étude du projet lampes solaires « Awango by Total », d'obtenir des résultats et des éléments objectifs sur les perspectives de développement de l'énergie photovoltaïque en général et plus particulièrement avec l'utilisation des lampes solaires.

L'approche méthodologique choisie repose sur le modèle d'analyse qui représente à la fois un cadre pour comprendre et interpréter les informations provenant de l'étude mais aussi un langage pour les formaliser en vue de construire un système.

---

<sup>4</sup> Le Guide des Acteurs ENR 2011

Ce sujet a une portée duale car pouvant servir et être approfondi :

- ☛ Tout d'abord pour l'Etat, les résultats de cette étude permettront de perfectionner le système énergétique sénégalais grâce aux présentations et recommandations faites ;
- ☛ Et enfin pour Total car ce document servira de squelette pour améliorer les performances du service solaire et du Projet Awango by Total.

Notre étude s'articulera autour de deux parties essentielles notamment :

- ☛ La première partie consacrée à l'approche théorique et méthodologique de l'étude comprend deux chapitres.

Elle abordera successivement la présentation du système énergétique sénégalais, de son contexte et délimitera le cadre méthodologique grâce au modèle d'analyse servant de base aux résultats de l'étude ;

- ☛ La deuxième partie appelée présentation et analyse des résultats comprend aussi deux chapitres.

Il sera question de faire dans un premier temps une brève présentation de Total Sénégal, puis de présenter les enjeux et perspectives de développement de l'énergie photovoltaïque au Sénégal. Ensuite, nous évaluerons le niveau d'utilisation des lampes solaires au Sénégal et du projet « Awango by Total » dans les régions de Kaolack et de Dakar et enfin ferons des recommandations sur l'ensemble des résultats de notre étude.

**PREMIERE PARTIE : APPROCHE  
THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE**

L'histoire de l'homme a été substantiellement marquée par l'évolution des sources d'énergie libre qu'il a pu utiliser. Jusqu'à il y a environ 500 000 ans, la seule énergie libre à la disposition de l'homme était sa propre énergie<sup>5</sup>.

En maîtrisant le feu pour chauffer, cuire, éclairer ou travailler les métaux, il a franchi la première marche de son apprentissage énergétique. Sont venues ensuite l'utilisation de l'énergie animale domestiquée, éolienne, hydraulique, thermique à cycles, chimique, électrique, nucléaire, solaire, etc.

Chacune de ces étapes a été l'occasion d'une évolution le plus souvent majeure des structures des sociétés humaines.

Dans cette première partie nous tenterons de délimiter et développer le cadre théorique de notre étude. Nous parlerons tout d'abord de l'énergie en général des formes libres et leur classification, ensuite nous nous appesantirons sur la place de l'énergie solaire au Sénégal à travers son contexte et enfin terminerons avec la méthodologie de notre étude.

---

<sup>5</sup> [www.connaissancedesenergies.org](http://www.connaissancedesenergies.org)

# CHAPITRE 1 : APPROCHE THEORIQUE ET CONTEXTE DE L'ETUDE

La maîtrise de l'énergie est la base du développement pour un pays, pour mieux comprendre ce concept nous allons parler de l'énergie en général, de ses formes et de son utilisation au Sénégal.

## 1.1. Définitions de l'énergie

Le terme « énergie » recouvre des réalités nombreuses et diverses. Si l'on met à part ses utilisations imaginées comme « un homme plein d'énergie », l'énergie désigne une capacité à agir quels qu'en soient les modes : mettre en mouvement, chauffer, comprimé, éclairé, sonoriser, transmettre une information, etc.<sup>6</sup>

L'énergie est définie en physique comme la capacité d'un système à produire un travail, entraînant un mouvement ou produisant par exemple de la lumière, de la chaleur ou de l'électricité. C'est une grandeur physique qui caractérise l'état d'un système et qui est d'une manière globale conservée au cours des transformations. L'énergie s'exprime en joules (dans le système international d'unités) ou souvent en kilowatts-heures (kW·h ou kWh).

Dans le langage courant, le terme « énergie » est employé en substitution d'« énergie utilisable par l'homme », aussi appelée « énergie libre ».

Ainsi quand on fait référence à la consommation d'énergie, il faut comprendre consommation d'énergie utilisable par l'homme ou encore consommation d'énergie libre.

Cette précision est d'autant plus importante que le monde scientifique a démontré que dans un système isolé (comme peut l'être notre univers) l'énergie totale est toujours conservée (premier principe de la thermodynamique), ce qui exclut toute consommation ou déperdition d'énergie. A contrario, l'énergie utilisable par l'homme, qui constitue une sous-partie de l'énergie totale, peut effectivement être consommée.

## 1.2. Les formes d'énergies libres

Aujourd'hui l'énergie utilisable par l'homme se présente en de multiples formes. Nonobstant cette diversité, les scientifiques ont réussi à établir des équivalences de telle sorte à pouvoir utiliser les mêmes unités de mesure pour chacune d'elles.

---

<sup>6</sup> Connaissance des energies.org

Dans la liste qui suivra, il sera fait référence à des formes qui peuvent sous certaines conditions être transposées en d'autres. Par exemple, l'énergie nucléaire peut être transformée en énergie électrique. Dans ces transformations, il y a globalement une dégradation de l'énergie passant d'un stade plus ou moins noble et structuré (énergie chimique, énergie de radiation, etc.) vers un stade final de chaleur, c'est-à-dire de mise en mouvement désordonné de molécules. Ces transformations partiellement irréversibles obéissent entre autres au deuxième principe de la thermodynamique.

### **1.2.1. L'énergie de gravitation**

Elle naît de l'attraction directe et réciproque entre deux corps massifs. Elle est négligeable pour de petits objets entre eux mais devient majeure à une plus grande échelle. C'est elle qui met en mouvement vers le sol un objet rendu libre ou qui génère le mouvement des planètes autour du soleil. Elle est utilisée par exemple dans des barrages hydrauliques où, en faisant s'écouler de l'eau dans des canalisations, elle permet de mettre en mouvement des turbines.

### **1.2.2. L'énergie cinétique dont l'énergie éolienne**

Elle naît du mouvement d'un corps massif. C'est elle qui caractérise l'énergie d'une voiture lancée sur la route ou celle du vent. Elle est omniprésente dans ses effets microscopiques car ce sont les énergies cinétiques des molécules et atomes d'un corps qui déterminent son niveau de température. La température est ainsi une mesure indirecte du degré d'agitation des particules. L'énergie cinétique permet de mettre en mouvement les pales des éoliennes qui elles-mêmes actionnent des générateurs d'électricité.

### **1.2.3. L'énergie thermique ou calorique**

Elle naît de la température d'un corps qui selon les cas peut diffuser de la chaleur pour des cuissons, pour accélérer des réactions chimiques mais aussi pour générer des mouvements. Cette génération de mouvement n'est possible que si la température d'un corps peut être confrontée à la température d'un corps plus froid. Cette loi physique a été précisée dans le deuxième principe de la thermodynamique. L'énergie thermique a eu un rôle essentiel dans la révolution industrielle permettant notamment la production d'acier et la mise en mouvement des locomotives à vapeur. Elle actionne aujourd'hui les turbines et alternateurs générant de l'électricité. La géothermie, chaleur provenant du globe terrestre, est un cas particulier de l'énergie thermique.

#### **1.2.4. L'énergie radiative dont l'énergie solaire**

Elle naît des rayonnements reçus. Ceux-ci sont, suivant leur longueur d'onde, de natures différentes (ondes radio, lumière visible, rayons Ultra-Violets, rayons X, etc.) mais ont en commun de pouvoir se déplacer même dans le vide et ceci à la vitesse de la lumière. C'est l'énergie radiative qui permet à une ampoule électrique d'éclairer, à un four à micro-ondes de cuire les aliments, à un radar de mesurer une vitesse. Le Soleil est une source importante de radiation reçue sur Terre. Il nous envoie un niveau important d'énergie par petits paquets dits photons, présentant des longueurs d'ondes différentes. C'est cette énergie qui est récupérée directement en électricité dans les centrales photovoltaïques, ou encore en chaleur ultérieurement transformée en électricité dans les centrales thermodynamiques.

#### **1.2.5. L'énergie chimique dont les énergies fossiles**

Elle naît des forces de liaison regroupant des atomes dans une molécule. Dans des réactions chimiques où se reconstituent de nouvelles molécules fréquemment plus stables chimiquement que les molécules initiales, se dégage une quantité de chaleur. C'est elle qui est utilisée dans un accumulateur ou une pile électrique en libérant de l'énergie récupérée en mouvement d'électrons, c'est-à-dire en électricité. C'est elle qui est libérée dans la combustion d'une bûche par exemple dans un foyer. Les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) sont une forme particulière d'énergie chimique. L'énergie issue de la biomasse est également d'origine chimique.

#### **1.2.6. L'énergie électrique**

Elle naît du déplacement des électrons dans un conducteur. Sa production est issue de la consommation d'autres formes d'énergie. C'est elle qui actionne les moteurs électriques, fait fonctionner les circuits électroniques intégrés et les différents types d'éclairage. Elle se caractérise par une grande facilité de distribution mais présente une difficulté de stockage. Son domaine d'application ne cesse de croître.

#### **1.2.7. L'énergie nucléaire**

Elle naît de l'utilisation des forces de liaison des protons et des neutrons au sein du noyau des atomes. En transformant par fission des atomes lourds tels que l'uranium 235 ou par fusion des atomes légers tels que les isotopes d'hydrogène, une réaction nucléaire libère de la chaleur, des neutrons, des rayons alpha, beta, gamma... La chaleur de fission est utilisée dans les centrales nucléaires pour actionner les générateurs d'électricité au travers de fluides caloporteurs. La

chaleur de fusion sera utilisée de manière expérimentale à grande échelle dans le tokamak d'Iter en vue d'une éventuelle exploitation industrielle à fin du XXI<sup>e</sup> siècle/début du XXII<sup>e</sup>.

### **1.3. Classification**

En fonction des points de vue et/ou des besoins, les formes d'énergie sont classifiées et quantifiées de la manière suivante :

#### **1.3.1. Les consommations d'énergie primaire**

De manière à comptabiliser les consommations d'énergie sans omission ou double comptage, a été créée la notion de consommation d'énergie primaire. Celle-ci prend en compte les consommations d'énergie directement au service des hommes (comme le gaz lorsqu'il est utilisé pour le chauffage central) et les consommations d'énergie indirectement au service des hommes encore appelées consommations intermédiaires qui participent à des processus visant à produire des biens et services utiles à l'homme (comme le gaz lorsqu'il est utilisé dans une réaction chimique). A contrario les consommations d'énergie en vue de produire une autre forme d'énergie libre (comme le gaz utilisé pour produire de l'électricité) ne sont pas comptées dans les consommations primaires.

#### **1.3.2. Les énergies renouvelables ou non renouvelables**

Pour ce qui relève des considérations de développement durable, les sources d'énergie sont fréquemment classées en deux catégories : renouvelable et non renouvelable. Le terme renouvelable n'est d'ailleurs pas à prendre au sens propre, il conviendrait de dire « renouvelable à l'échelle humaine » puisque le soleil qui en est le moteur essentiel direct ou indirect a une durée de vie limitée. Dans la première figurent les énergies solaires (énergies radiatives), les énergies éoliennes (énergies cinétiques), la biomasse (énergies chimiques), les énergies hydrauliques (énergies cinétiques). Dans la seconde, les énergies fossiles (énergies chimiques) et nucléaires sont répertoriées. Au sens strict, les énergies fossile et nucléaire pourraient être aussi considérées comme renouvelables mais sur des périodes trop longues pour être prises en compte à l'échelle humaine.

Les activités économiques telles que les productions industrielles, le transport, le chauffage des bâtiments, l'utilisation d'appareils électriques divers, sont consommatrices de beaucoup d'énergie ; l'efficacité énergétique, la dépendance énergétique, la sécurité énergétique et le prix de l'énergie y sont des préoccupations majeures. Une sensibilisation accrue aux effets du réchauffement climatique a conduit ces dernières années à un débat mondial sur la maîtrise des émissions de gaz à effet de serre et à des actions pour leur réduction. Cela conduit à envisager

des transformations des modes de consommation énergétique (transition énergétique), pas seulement en raison des contraintes liées à l'épuisement de l'offre, mais aussi à cause des problèmes posés par les déchets, l'extraction des énergies fossiles, ou certains scénarios géopolitiques.

Au sortir des différents éclaircissements, nous avons pu avoir des idées plus claires sur les formes d'énergie et leur classification.

Cependant, dans le cadre de notre étude, nous nous appesantirons beaucoup plus sur l'énergie solaire dont nous présenterons les avantages mais aussi les insuffisances.

#### **1.4. Présentation de l'énergie photovoltaïque, avantages et limites**

Comme nous l'avons expliqué plus haut, l'énergie photovoltaïque est une source d'énergie renouvelable puisque fonctionnant grâce au soleil ; bien qu'elle ait cette particularité, il n'en demeure pas moins qu'elle présente des avantages et des inconvénients que nous allons décliner plus bas.

##### **1.4.1. Présentation de l'énergie photovoltaïque**

###### **1.4.1.1. Définition**

L'énergie solaire photovoltaïque provient de la conversion de la lumière du soleil en électricité au sein de matériaux semi-conducteurs comme le silicium ou recouverts d'une mince couche métallique. Le terme « photovoltaïque » fait référence à un effet du même nom, qui a été décrit pour la première fois en 1839 par Antoine Becquerel. Schématiquement, un photon pénétrant dans un matériau semi-conducteur (comme le silicium) peut être en mesure d'exciter un électron. Celui-ci peut alors se déplacer et être récolté.

Ces matériaux photosensibles ont la propriété de libérer leurs électrons sous l'influence d'une énergie extérieure. C'est l'effet photovoltaïque. L'énergie est apportée par les photons, (composants de la lumière) qui heurtent les électrons et les libèrent, induisant un courant électrique. Ce courant continu de micro puissance calculé en watt crête (Wc) peut être transformé en courant alternatif grâce à un onduleur. L'électricité produite est disponible sous forme d'électricité directe ou stockée en batteries (énergie électrique décentralisée) ou en électricité injectée dans le réseau.

Un générateur solaire photovoltaïque est composé de modules photovoltaïques eux-mêmes composés de cellules photovoltaïques connectées entre elles.

Les performances d'une installation photovoltaïque dépendent de l'orientation des panneaux solaires et des zones d'ensoleillement dans lesquelles vous vous trouvez.<sup>7</sup>

Nous allons maintenant tenter de comprendre comment est produite l'électricité à partir de la lumière, et comment sont fabriqués les photo générateurs.

#### 1.4.1.2. Transformation de l'énergie photovoltaïque

La conversion photovoltaïque se produit dans des matériaux semi-conducteurs. Qu'est-ce que la photoconductivité d'un semi-conducteur?

Rappelons tout d'abord les deux points suivants :

- ✓ Toute matière est faite d'atomes comportant des électrons (charges négatives élémentaires) qui gravitent autour d'un noyau (voir figure de structuration d'un atome en annexe).
- ✓ Un courant électrique est une circulation d'électrons.

Dans un isolant électrique, les électrons de la matière sont liés aux atomes et ne peuvent pas se déplacer. Dans un conducteur électrique (un fil de cuivre par exemple), les électrons sont totalement libres de circuler et permettent le passage d'un courant. Dans un semi-conducteur, la situation est intermédiaire : les électrons contenus dans la matière ne peuvent circuler que si on leur apporte une énergie pour les libérer de leurs atomes.

Quand la lumière pénètre dans un semi-conducteur, ses photons apportent une énergie permettant aux électrons de se libérer et de se déplacer dans la matière, il y a donc courant électrique sous exposition à la lumière. Le semi-conducteur le plus utilisé est disponible en quantité incalculable à la surface de la Terre, puisque présent dans le sable sous forme de silice et de silicates : il s'agit du silicium (Si). C'est ce silicium qui compose les circuits intégrés, utilisés massivement dans l'électronique.

Pour simplifier, un photo générateur est donc physiquement une tranche de silicium que l'on prend en sandwich entre deux électrodes métalliques (+) et (-) pour collecter le courant produit.

Mais pour « attirer » ces électrons vers les électrodes, il faut une force interne. On comprend cette nécessité en repensant à la chute d'eau : la gravitation terrestre entraîne l'eau vers le sol, créant ainsi un débit et donc de l'énergie. Ce n'est pas l'eau elle-même qui est source d'énergie mais son déplacement.

---

<sup>7</sup> [www.energies-renouvelables.org](http://www.energies-renouvelables.org)

Dans un photo générateur, c'est en créant une différence de potentiel entre ses bornes que l'on permet la circulation du courant. Et c'est le « dopage » des parties avant et arrière de la « tranche » de silicium qui va permettre l'apparition de cette différence de potentiel : dopage de type p sur une face, par adjonction d'atomes de bore (B), contenant moins d'électrons périphériques par atome que le silicium ; dopage de type n sur l'autre face, par adjonction d'atomes de phosphore (P), contenant plus d'électrons périphériques par atome que le silicium.

On obtient ainsi une « jonction » possédant un champ électrique interne pour entraîner vers le circuit extérieur les charges électriques libérées sous illumination.

D'un point de vue électronique, un photo générateur est donc une jonction p-n ou p-i-n (parfois, on ajoute une couche intrinsèque, c'est-à-dire non dopée entre la couche p et la couche n) réalisée dans un semi-conducteur absorbant dans le spectre visible.<sup>8</sup>

Une installation photovoltaïque est constituée de modules, eux-mêmes assemblés à partir de cellules photovoltaïques. Ces cellules permettent la production d'électricité à partir du rayonnement solaire en transformant la lumière émise par le soleil, qui contient des photons, en énergie électrique. L'électricité correspond à un déplacement d'électrons. Aussi, pour rendre les électrons plus mobiles, le silicium découpé en fine tranche est « dopé ».

La cellule photovoltaïque est en fait composée de deux zones : une zone dans laquelle une partie des atomes de silicium sont remplacés par des atomes de phosphore et une autre zone dans laquelle une partie des atomes de silicium sont remplacés par des atomes de bore. Il en résulte la création d'un champ électrique à l'interface de ces deux zones.

L'atome de phosphore possède un électron de plus que l'atome de silicium sur sa couche périphérique, et l'atome de bore en a un en moins.

Ainsi quand la lumière pénètre le silicium, elle apporte de l'énergie sous forme de photons. Les photons vont communiquer leur énergie aux atomes de silicium, conduisant à la création de charges électriques. Les électrons de la zone dopée au phosphore vont rejoindre les trous de la zone dopée au bore via la connexion extérieure. Ils sont alors collectés par les grilles en métal. Au passage, leur déplacement crée un courant électrique.

Pratiquement, une cellule photovoltaïque en technologie cristalline est donc composée de plusieurs couches actives :

---

<sup>8</sup> Cellules solaires : les bases de l'énergie photovoltaïque 5e édition

- ✓ une couche « anti-reflet » sur la face avant dont le but est de faciliter au maximum la pénétration d'un maximum de photons ;
- ✓ une grille conductrice avant « collectrice des électrons » ;
- ✓ une couche dopée N (généralement grâce aux atomes de bore) avec porteurs de charges libres négatifs (électrons) ;
- ✓ une couche dopée P (généralement grâce aux atomes de phosphore) avec porteurs de charges positifs (trous) ;
- ✓ un contact métallique arrière pour collecter les charges positives.

L'électricité photovoltaïque ainsi produite peut ensuite être injectée dans le réseau électrique général pour être utilisée ailleurs, ou stockée dans des batteries pour servir à des moments où il n'y a plus de soleil. Elles sont montées en série sur les panneaux ou les modules solaires pour obtenir une tension adéquate. L'énergie électrique fournie est alors transformée en courant alternatif par un onduleur, ce qui la rend compatible avec l'ensemble du réseau électrique.

#### **1.4.2. Avantage de l'énergie photovoltaïque**

Comme énergie renouvelable, l'énergie photovoltaïque est considérée comme une énergie propre et durable. Nous montrons ici les arguments en faveur de cette affirmation, car le recours à cette énergie est certainement un progrès, tant en termes d'impacts sur l'homme que sur la planète.

##### **1.4.2.1. Impacts sur la planète**

L'énergie du soleil est la source la plus renouvelable de toutes. Le silicium est un des matériaux les plus abondants de la croûte terrestre, et le plus employé à l'heure actuelle, donc l'énergie solaire photovoltaïque préserve les ressources naturelles.

L'utilisation du photovoltaïque réduit la quantité d'énergie consommée pour produire de l'électricité, ce que l'on appelle l'énergie grise, en comparaison des autres méthodes de production. On estime aujourd'hui qu'un panneau solaire produit en quelques années seulement (4 à 6 selon les technologies) l'énergie qui a été nécessaire à sa fabrication. La fabrication des panneaux solaires utilise en grande partie des matériaux recyclables ou revalorisés. Le silicium provient souvent des rebuts de l'électronique, le verre support et l'aluminium des encadrements et des fixations mécaniques sont des matériaux qui bénéficient déjà de filières de recyclage bien développées.

La production d'électricité par un générateur photovoltaïque n'émet pas de gaz à effet de serre et ne génère pas de pollution comparable à celle des modes de production traditionnels.

En 2030, selon l'EPIA<sup>9</sup>, le solaire photovoltaïque permettra de réduire les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> de 1,6 milliard de tonnes par an, soit l'équivalent de 450 centrales au charbon d'une puissance moyenne de 750 MW.

C'est une énergie fiable et durable : les générateurs photovoltaïques sont modulaires, faciles à mettre en œuvre et à entretenir. Ils n'ont que très peu d'usure intrinsèque. Leur durée de vie est de 20 à 30 ans.

#### **1.4.2.2. Impacts sur l'homme**

Cette industrie minimise les déchets toxiques. La pollution émise lors de la fabrication des cellules solaires est relativement faible (sauf en ce qui concerne certains matériaux à risque comme le cadmium, cf. section 3.4). Et il n'y a absolument aucune émission toxique lors de la génération d'électricité par les panneaux solaires.

C'est une technologie qui favorise la santé publique. En particulier dans les pays à faible densité de population, souvent mal électrifiés, la production de froid du solaire photovoltaïque permet la conservation des aliments, des médicaments et des vaccins, et contribue ainsi à l'hygiène et à la santé dans les pays défavorisés. De même le pompage solaire et les systèmes de purification d'eau améliorent l'accès à l'eau potable. C'est une technologie qui favorise le développement humain.

En apportant l'électricité dans des endroits reculés, le photovoltaïque améliore considérablement le niveau de vie des habitants : l'éducation est meilleure avec une école éclairée et équipée d'un ventilateur, et d'un téléviseur ; l'agriculture est facilitée par les possibilités d'irrigation, de travail mécanique (moulin à grains par exemple) ; le travail des artisans est encouragé par la présence d'électricité (pour les machines à coudre, les outillages, l'éclairage du soir, etc.).

En conséquence, cette technologie évite l'exode rural et l'urbanisation massive difficiles à gérer dans certains pays, qui ne sont pas en mesure de fournir des emplois et des habitations décentes à tous ces migrants. Dans les pays producteurs de panneaux solaires mais aussi un peu partout

---

<sup>9</sup> Source : EPIA

où ils sont vendus, installés, entretenus, le photovoltaïque génère de l'activité économique et des emplois<sup>10</sup>.

De plus, les installations photovoltaïques sont en général de haute fiabilité, peu sujettes à l'usure, elles demandent peu d'entretien.

Le montage des installations photovoltaïques est simple et les installations sont adaptables aux besoins de chaque projet. Il s'agit d'une source d'énergie électrique totalement silencieuse ce qui n'est pas le cas, par exemple des installations éoliennes. L'énergie photovoltaïque est une énergie propre et non-polluante qui ne dégage pas de gaz à effet de serre et ne génère pas de déchets.

Cependant, cette source d'énergie possède aussi des inconvénients que nous allons vous présenter.

### **1.4.3. Inconvénients de l'énergie photovoltaïque**

Tout d'abord, les panneaux photovoltaïques ne produisent de l'énergie que lorsqu'il y a du soleil, c'est donc une source irrégulière. D'ailleurs, la production est irrégulière, selon les saisons comme on peut le voir sur ce tableau qui représente les productions en énergie de cellules photovoltaïques, on remarque que la production d'électricité en hiver est faible tandis que celle en été est plus importante. De plus, il n'y a aucune production d'électricité le soir et la nuit, la production en énergie photovoltaïque est donc peu adaptée.

La production nécessite aussi l'inclinaison des panneaux photovoltaïques par rapport au soleil car en fonction de cette inclinaison, le panneau sera plus longtemps exposé chaque jour. La surface disponible est donc affaiblie. Entre autre, il vaut mieux que les panneaux photovoltaïques soient exposés vers l'est. La production n'est pas aussi importante selon la période de la journée.

En effet, l'atmosphère retient une partie des photons de la lumière si bien que les cellules photovoltaïques ne captent pas tous les photons émis par le soleil. La production durant la journée est maximale au zénith du soleil (midi) car l'atmosphère (la moins épaisse à ce moment-là) retient une moins grande quantité de photons.

Aussi, les rendements des panneaux photovoltaïques sont encore faibles et de l'ordre de 20 % (pour les meilleurs). L'énergie photovoltaïque convient donc mieux pour des projets à faible

---

<sup>10</sup> Cellules solaires : les bases de l'énergie photovoltaïque 5e édition

besoins, comme une maison unifamiliale, par exemple. Dans le cas d'une installation photovoltaïque autonome qui ne revend pas son surplus d'électricité au réseau, il faut inclure des batteries dont le coût reste très élevé.

La durée de vie d'une installation photovoltaïque n'est pas éternelle mais de l'ordre de 20 à 30 ans. De plus, le rendement des cellules photovoltaïques diminue avec le temps qui passe. On parle en général pour les panneaux photovoltaïques, d'une perte de rendement de 1 % par an. Il se pose le problème du coût, en effet la fabrication des panneaux solaires photovoltaïques relève de la haute technologie demandant énormément de recherche et développement et donc des investissements coûteux. Cela se traduit dans le prix de l'installation qui, aujourd'hui, reste chère.

Enfin se pose le problème du recyclage des cellules photovoltaïques car celles-ci contiennent des éléments chimiques polluants (arséniure, galium...).<sup>11</sup>

## **1.5. Contexte énergétique du Sénégal**

### **1.5.1. Présentation du Sénégal et de son système énergétique**

Le Sénégal est un pays sahélien situé dans la partie la plus occidentale de l'Afrique, il a une superficie de 196 722 km<sup>2</sup>. Le pays est divisé en 14 régions administratives, 113 municipalités et 370 communautés rurales regroupant 14 400 villages. Sa population est estimée à environ 12,8 millions d'habitants.

Le Sénégal, un des pays les plus stables d'Afrique, a considérablement renforcé ses institutions démocratiques depuis son indépendance en 1960, avec quatre présidents qui se sont succédés à sa tête. Sur le plan économique, le taux de croissance du PIB en 2013 a atteint 3,5% (semblable à celui de 2012).

L'inflation a été modérée, avec une augmentation des prix à la consommation de 1,8% en 2013. Le commerce extérieur a été marqué par une diminution du déficit du compte des transactions courantes (779,6 milliards de FCFA). En 2013, la masse monétaire enregistrerait une progression de 4,1%, à la suite de la hausse du crédit intérieur de 9,8% et de la baisse des avoirs

Au niveau du marché de la dette publique, les interventions du Trésor sénégalais ont été moins fortes qu'en 2012. Au cours de l'année 2013, les émissions de bons et d'obligations du Trésor

---

<sup>11</sup> [www.energiesdemain.com](http://www.energiesdemain.com)

sont respectivement ressorties à 147,2 milliards et 234,4 milliards contre 267,7 milliards et 250,4 milliards un an plus tôt.

A moyen terme, les analystes attendent pour le Sénégal un dynamisme économique accru, avec une accélération de la croissance jusqu' à un niveau projeté à 5% en 2015. Les autorités sénégalaises projettent une croissance élevée au cours des années suivantes : 6,7% en 2015 et 8% en 2017<sup>12</sup>.

Depuis l'année 2000, le secteur énergétique sénégalais a été confronté à une forte évolution de la demande en énergie. Ce rythme d'évolution accélérée, ainsi qu'une forte dépendance aux énergies fossiles, ont provoqué de forts déséquilibres dans le pays (émeutes de l'énergie en 2011). Dans ce contexte, il y a eu une mobilisation du gouvernement pour mettre en place un plan de restructuration et de relance du secteur (le plan Takkal).

Cependant, la place des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique reste faible et le Sénégal cherche plutôt à augmenter la capacité de production du pays en utilisant les technologies les moins coûteuses.

D'après le rapport du SIE du Sénégal de 2009, la facture pétrolière du Sénégal est passée de 184 milliards FCFA en 2000 à environ 400 milliards FCFA en 2009, ce qui entraîne une forte sortie de devises influant négativement sur la balance commerciale du pays. Aussi, 45% du revenu des exportations est actuellement mobilisé pour honorer cette facture.

Tout de même, on constate une baisse de 21,6% du ratio importations produits pétroliers / totales des exportations entre 2008 (66,6%) et 2009 (45%), due au prix du baril qui est plus bas en 2009 malgré l'augmentation des importations en volume.

En 2009, le GPL (Gaz de Pétrole Liquéfié) constitue près de 5,6 % de la consommation finale d'énergie par produit et 9,1 % de la consommation finale des ménages ; ce qui se traduit par une consommation de biomasse significativement inférieure à celle des pays de la sous-région.

Mais, aujourd'hui, cet effort n'est pas sans conséquences financières pour l'Etat: environ 4 milliards de francs CFA de subvention en 2009 pour les emballages destinés aux faibles revenus, ce qui a permis de préserver 50 605 hectares de forêt. Toutefois, avec la suppression de la subvention en juin 2009 et l'augmentation du prix du gaz butane ces derniers mois, malgré

---

<sup>12</sup> Source : Banque Mondiale, DPEE, BCEAO, Perspectives économiques en Afrique.

le renoncement de l'Etat à la TVA, quel sera le comportement des ménages, surtout ruraux, dans leur pratique et mode de consommation d'énergie domestique ?

Le taux d'électrification urbaine est de 90,1 % en 2009, alors qu'en milieu rural le taux d'électrification est de 23,8 % ; ce qui donne, au total, un taux d'électrification nationale de l'ordre de 54 % contre une moyenne mondiale de 60 %.

Compte tenu, d'une part, du taux actuel d'électrification rurale et, d'autre part, d'une progression moyenne annuelle (2000-2009) de 10,4 % de ce taux, on peut dire que les objectifs initiaux fixés par le Gouvernement dans le Programme d'Actions Sénégalais d'Electrification Rurale (PASER) qui visait à porter le taux d'électrification rurale à 30% en 2015 puis à 62% à l'horizon 2022, pourraient largement être atteints avec des taux respectifs de 38,4% et 77,4% pour 2015 et 2022, si bien sûr la tendance se maintient.

L'intensité énergétique rapportée au PIB, elle, mesure l'efficacité énergétique d'une économie, elle est définie comme le rapport de la consommation d'énergie par unité de PIB et par an. Au Sénégal, l'intensité énergétique est passée de 0,37 tep/Mille \$US en 2000 à 0,19 tep/Mille \$US en 2009, à ce qui fait une amélioration de l'efficacité énergétique de l'ordre 47%. Le taux d'indépendance énergétique montre que le Sénégal est indépendant en moyenne à environ 55 % ; ce taux est globalement stable sur les dernières années.

Néanmoins, il est relativement élevé et du fait principalement de la part importante des consommations de biomasse-énergie. En effet, le taux d'indépendance en énergie moderne (i.e. hors biomasse) est quant à lui très faible (1,04%) en moyenne.

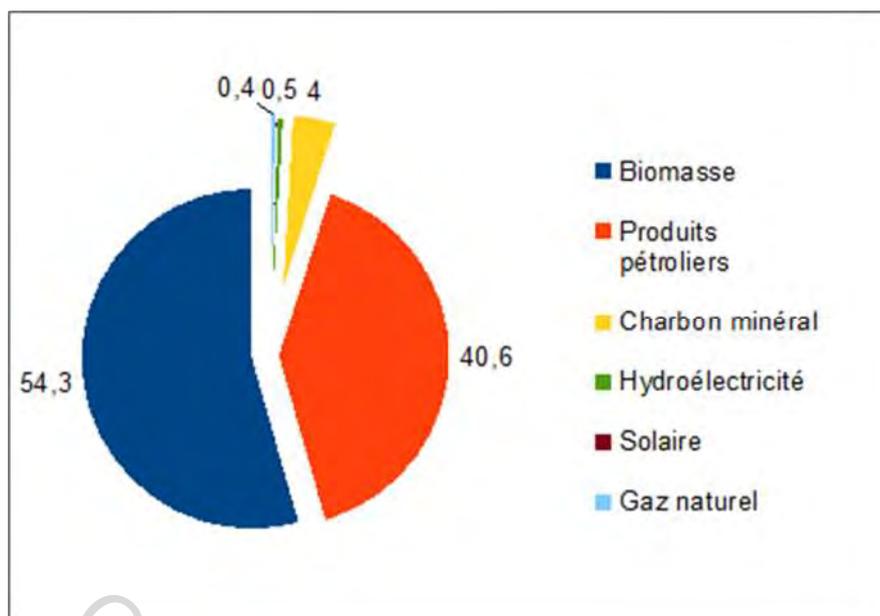
#### 1.5.1.1. L'approvisionnement en énergie

En 2009, le volume total d'approvisionnement en énergie est de 3 780 ktep. Deux énergies sont principalement utilisées : la biomasse (54,3%) et les produits pétroliers (40,3%). La biomasse est une ressource locale, mais pour les produits pétroliers le Sénégal est dépendant des importations.<sup>13</sup>

**Figure 1** : L'approvisionnement en énergie du Sénégal

---

<sup>13</sup> : SIE (système d'information énergétique du Sénégal) Sénégal, Rapport 2010.



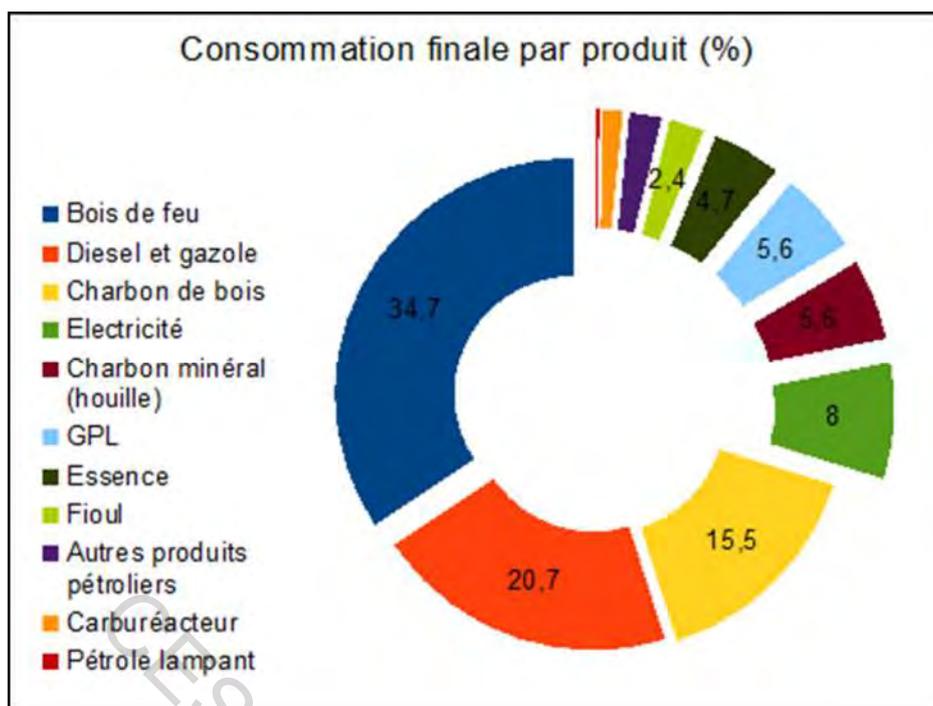
Source : Rapport SIE Sénégal 2011

#### 1.5.1.2. La consommation d'énergie

En ce qui concerne la consommation totale d'énergie finale, celle-ci s'est élevée en 2009 à 2 503 ktep. La consommation d'énergie par habitant au Sénégal est de 0,21 tep (2009), alors que la moyenne africaine est de 0,50 tep.

Les principales consommations par produit sont le bois de feu (34,7%), le diesel et gazole (20,7%), le charbon de bois (15,5%) et l'électricité (8%).

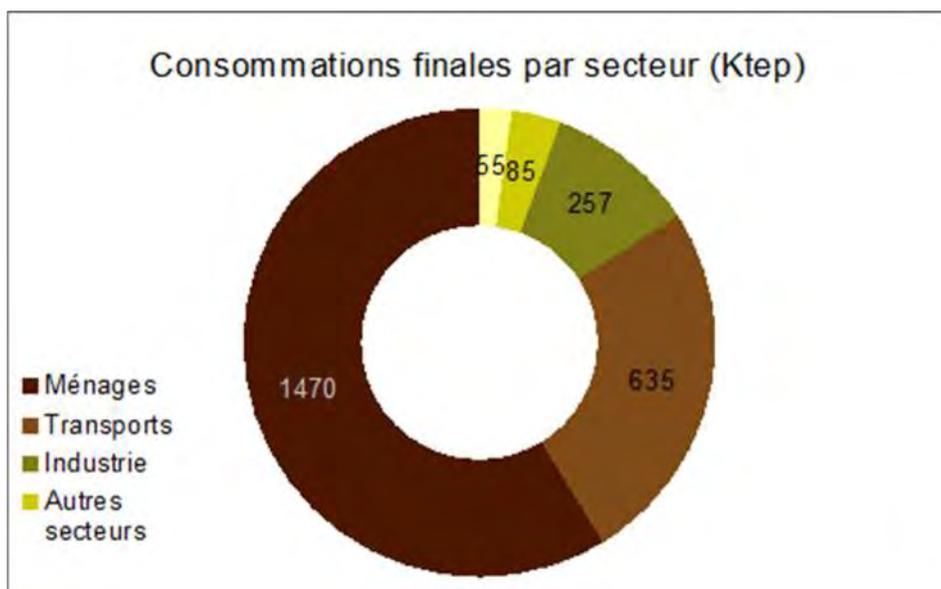
**Figure 2** : Consommation finale par produit en %



Source: SIE Sénégal, Rapport 2010

Les secteurs les plus consommateurs d'énergie sont les ménages (58,7%), les transports (25,4%) et l'industrie (25,4%).

**Figure 3:** Consommations finales par secteur (ktep)



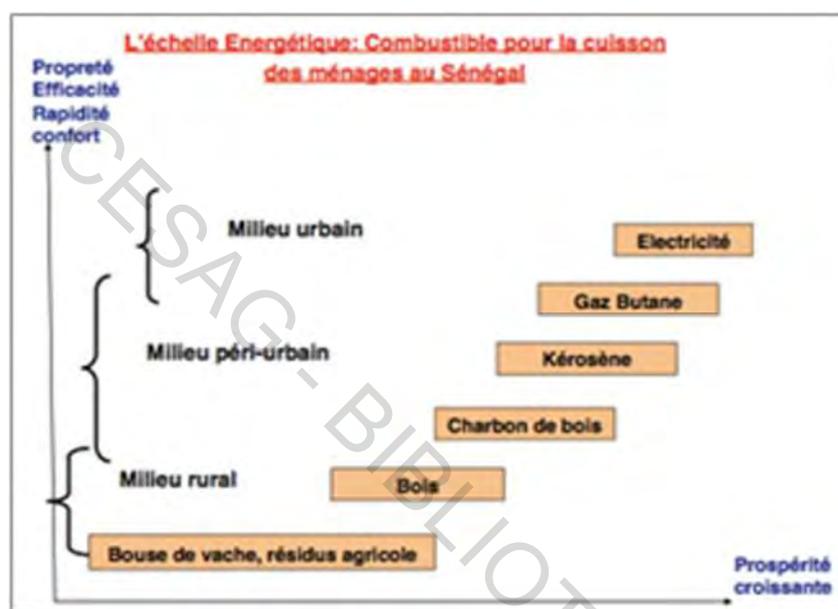
Source : SIE Sénégal, Rapport 2010

Par type de produit et par secteur, le bois de feu représente le produit énergétique le plus utilisé dans le secteur des ménages.

### 1.5.1.3. L'énergie domestique

Les ménages sont le secteur le plus consommateur d'énergie, notamment pour la préparation des aliments. Par type de combustible utilisé, on remarque des spécificités par milieu urbain / rural. En milieu urbain, on utilise notamment l'électricité et le gaz, alors que dans les régions rurales le bois et le charbon de bois restent les principales sources de combustible.

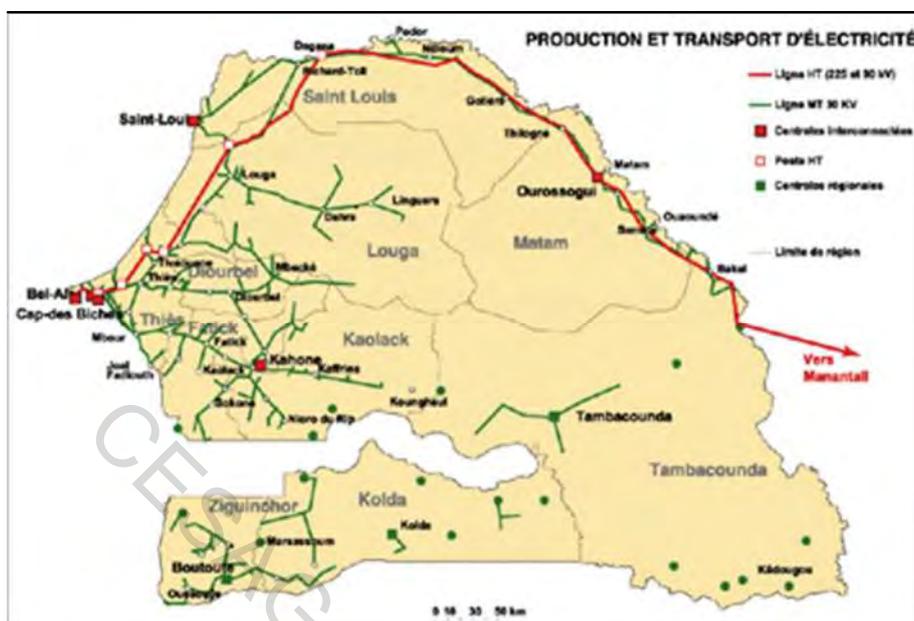
**Figure 4:** L'échelle énergétique



Source : PREDAS, Energies et Femmes au Sahel – Cas du Sénégal, 2006.

### 1.5.1.4. Le parc de production et le réseau de distribution d'électricité

Figure 5: Carte électrique du Sénégal



Source : SENELEC

Tableau 1: Puissances installées par type de centrale

Types de centrale	Puissance installées (MW)	Puissances assignées (MW)
Diesel	394,5	267
Vapeur	113,1	58
Turbine à Gaz	76	48
Cycle Combiné GTI	52	50
Hydroélectrique	66	60
TOTAL	701,6	483

Source : SENELEC, Rapport d'activité 2008

Tableau 2: Puissances installées du parc de production au 31 décembre 2008

Centrales	Puissances (MW)	Part en 2008
Senelec	476,8	68%
BOOT GTI (Cycle Combiné)	52	7%
Manantali (Hydro)	66	9%
Aggreko (location)	39,3	6%
Boo Kounoune (Diesel)	67,5	10%
Puissances totales	701,5	100%

Source : SENELEC, Rapport d'activité 2008

#### 1.5.1.5. Le réseau de distribution de l'électricité<sup>14</sup>:

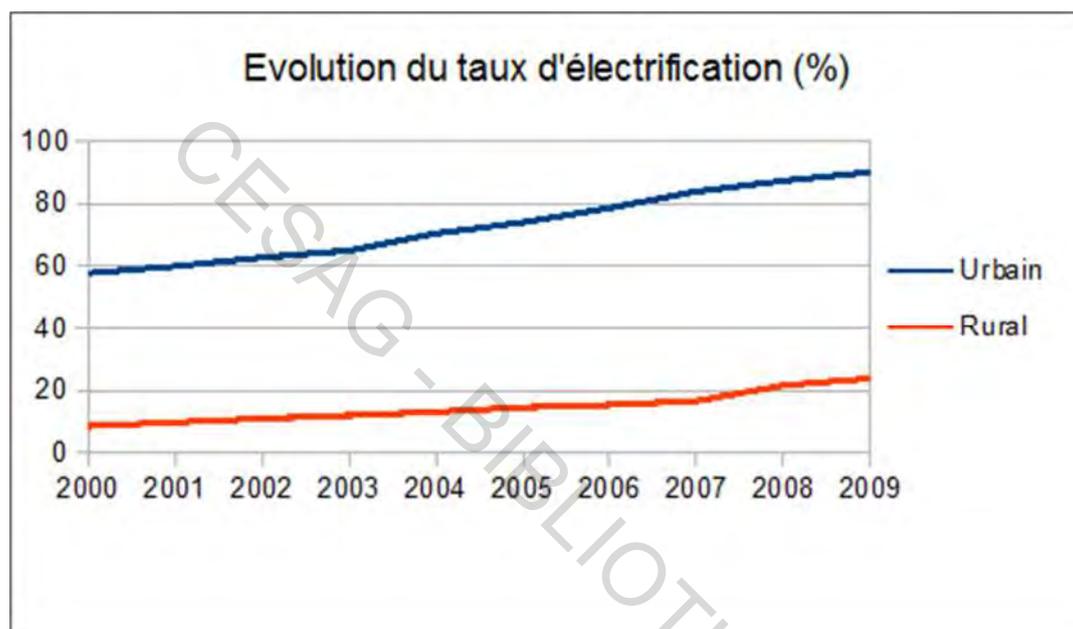
- ❖ 15 sous stations 30 kV / 6,6 kV
- ❖ 7 814 km de lignes MT (6,6 et 30 kV)
- ❖ 5 772 km de lignes BT
- ❖ 502 km de lignes HT (175 km de 225 kV et 327 km de 90 kV)
- ❖ 4 348 postes MT/BT
- ❖ Puissance totale installée dans les postes de transformation sources : 1 450 MVA

<sup>14</sup> Source : Commission de Régulation du Secteur de l'Electricité - « Note sur la révision intérimaire des conditions tarifaires de SENELEC »

### 1.5.1.6. Le taux d'électrification

Le taux d'électrification au Sénégal a connu une forte évolution, notamment dans le milieu urbain. Il est passé de 57,8% en 2000 à 90,1% en 2009. De la même manière, le taux d'électrification des zones rurales est passé de 8,6% en 2000 à 23,8% en 2009. Ainsi, le taux national d'électrification est de 54% en 2009.

**Figure 6:** Evolution du taux d'électrification en %



Source: SIE Sénégal, Rapport 2010

### 1.5.1.7. Le prix de l'énergie

#### ❖ L'électricité

Le prix de l'électricité a plutôt augmenté ces dernières années, comme illustré dans le tableau de l'évolution des prix moyens de l'électricité vendue par la SENELEC :

**Tableau 3:** Tableau de l'évolution des prix moyens de l'électricité vendue par la SENELEC

SENELEC : Prix moyens de l'électricité (F CFA/kWh)					
	2004	2005	2006	2007	2008
Basse Tension	87	84	95	105	116
Moyenne Tension	77	75	86	99	109
Haute Tension	59	57	69	77	89

Source: SENELEC, Rapport 2008

#### ❖ Le carburant

**Tableau 4:** Prix du carburant en FCFA

CARBURANT	PRIX EN FCFA
Super	850
Gasoil	798
Essence	814
Mélange	886

Source : TOTAL Sénégal, 21 janvier 2012

#### ❖ Le Gaz

**Tableau 5:** Bouteille de Gaz - prix en FCFA

BOUTEILLE DE GAZ	PRIX EN FCFA
2,7 kg	1 830
6 kg	4 060
12,5 kg	8 650
38 kg	26 300

Source : TOTAL Sénégal, 21 janvier 2012

❖ **Charbon de bois : environ 200 FCFA/kg (Source : PREDAS<sup>15</sup>)**

Dans le milieu urbain, l'utilisation du gaz est plus répandue, car la cuisson est plus rapide et plus économique en combustible, mais le prix des bouteilles ne cesse pas d'augmenter. L'avantage du charbon de bois est que la vente se réalise aussi en petite quantité.

### 1.5.1.8. Les énergies renouvelables

Nous nous intéresserons essentiellement à la biomasse et à l'énergie solaire pour mieux représenter le contexte énergétique sénégalais.

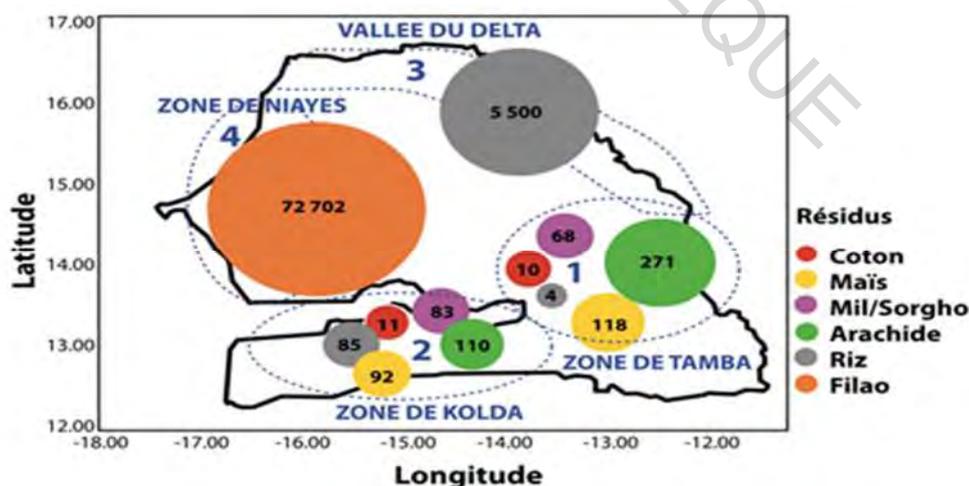
#### 1.5.1.8.1. La biomasse

La biomasse représente la source la plus importante d'énergie et constitue 54,3% de l'approvisionnement total du pays.

Mis à part le bois, le Sénégal dispose d'un potentiel non négligeable de sources de biomasse pour produire du bio-charbon : les résidus agricoles (les tiges de mil et de coton, les balles de riz), les résidus agro-industriels (les coques d'arachides, de coton etc.) ou les plantes aquatiques nuisibles comme le typha.

Au niveau statistique, il est difficile d'évaluer les données sur l'utilisation de la biomasse à cause du marché noir.

**Figure 7:** Carte des tonnages de résidus disponibles dans les régions sénégalaises (2003)



Source : PERACOD, Les Energies Renouvelables – Sénégal, 2011

<sup>15</sup> Programme Régional de Promotion des Energies Domestiques et Alternatives au Sahel (PREDAS), Energies et Femmes au Sahel – Cas du Sénégal, 2006

### 1.5.1.8.2. L'énergie solaire

L'énergie solaire a un fort potentiel dans le pays car le territoire sénégalais se caractérise par une durée annuelle moyenne d'ensoleillement d'environ 3 000 heures et une irradiation moyenne de 5,7 kWh/m<sup>2</sup>/j<sup>16</sup>.

En 2009, il y a 2 337 Mwc d'énergie photovoltaïque installée, ce qui représente seulement 0,36% de la puissance totale installée de la production du pays.<sup>17</sup>

#### ✓ Ressource solaire

Chaque année le soleil inonde le territoire du Sénégal de 394 milliers de milliards kWh ou encore de 33 830 000 000 TEP (tonnes équivalent pétrole).

Cette énergie représente 15 millions de fois la consommation d'énergie totale du pays (donnée SIE Sénégal 2006), c'est dire si la ressource solaire du pays est abondante.

La faible consommation d'énergie du pays, combinée au gisement solaire disponible offre au Sénégal l'opportunité de devenir facilement et rapidement autonome en énergie. Par exemple, une ville comme Dakar reçoit presque 2 fois plus d'ensoleillement que Paris, quand un sénégalais consomme 20 fois moins d'énergies primaire qu'un français.

La consommation électrique moyenne d'un sénégalais est de 210 kWh/an<sup>18</sup>. En théorie, un système photovoltaïque de 150W par personne suffirait donc à couvrir tous les besoins électriques de la population du pays.

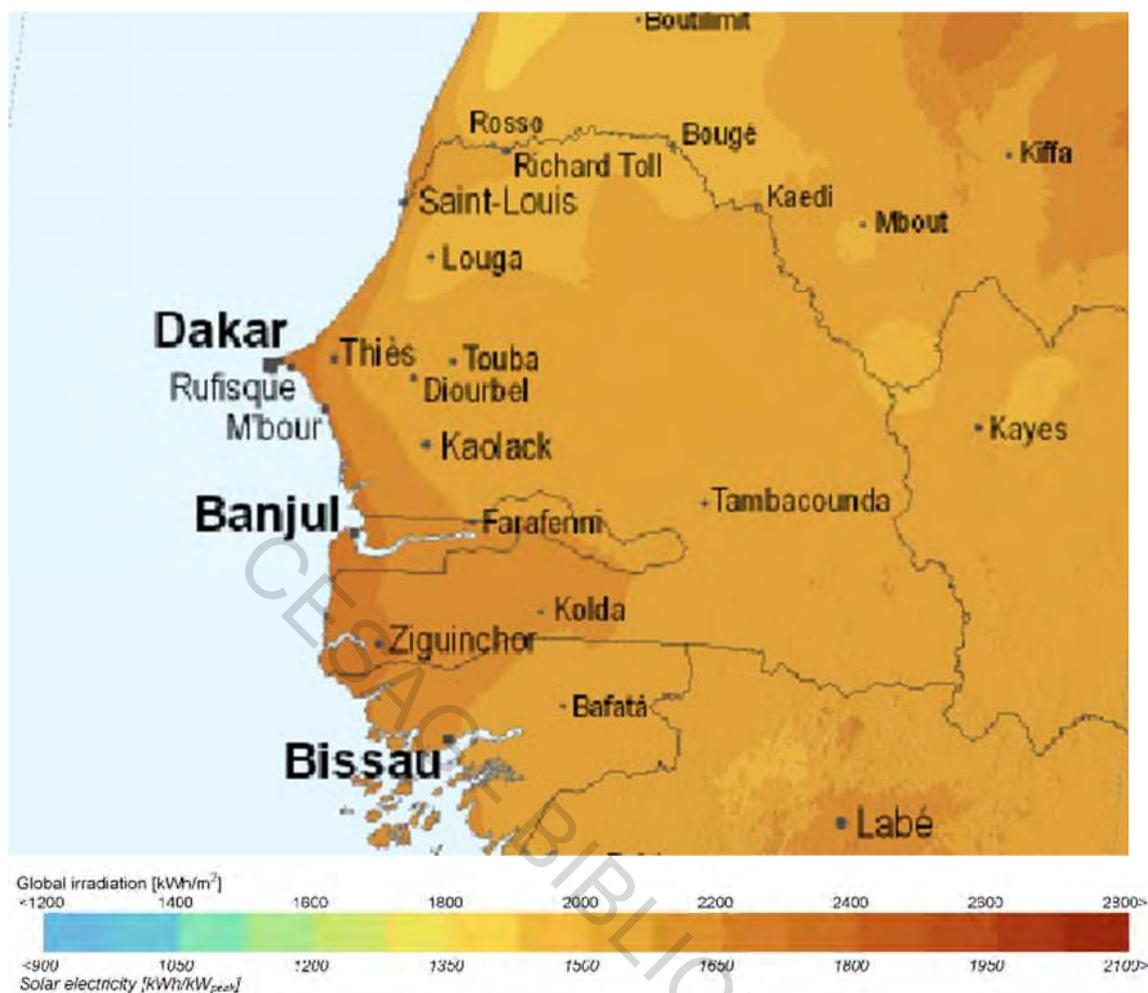
---

<sup>16</sup> Source : PERCAOD.

<sup>17</sup> Source : Rapport du Système énergétique du Sénégal (SIE) 2010

<sup>18</sup> Source : SIE Sénégal 2007

**Figure 8:** Carte d'ensoleillement du Sénégal



Source : PVGIS European communities 2001-2008

### ✓ Répartition dans l'année

L'ensoleillement au Sénégal est stable tout au long de l'année. La période d'hivernage offre un peu moins de soleil que la saison sèche, avec août comme mois le moins ensoleillé de l'année. Cependant la différence entre le potentiel solaire le plus faible en août et le plus fort en mars est seulement de 25%. Cette différence en Europe (entre décembre et juin) est par exemple de 250%.

**Tableau 6:** Potentiel solaire des grandes villes du Sénégal

VILLE	INCLINAISON OPTIMALE	IRRADIANCE GLOBALE PAR AN
Saint Louis	15°	2140 kWh/m <sup>2</sup>
Matam	15°	2030 kWh/m <sup>2</sup>
Thiès	15°	2130 kWh/m <sup>2</sup>
Dakar	15°	2270 kWh/m <sup>2</sup>
Touba	14°	2060 kWh/m <sup>2</sup>
Mbour	14°	2210 kWh/m <sup>2</sup>
Kaolack	14°	2080 kWh/m <sup>2</sup>
Tambacounda	15°	2070 kWh/m <sup>2</sup>
Kolda	14°	2110 kWh/m <sup>2</sup>
Ziguinchor	14°	2210 kWh/m <sup>2</sup>

De par les tableaux et figures précédents, nous pouvons donc en conclure que le Sénégal bénéficie d'un fort potentiel énergétique, notamment dans le solaire.

Cependant, les populations sont encore ancrées dans l'utilisation de la biomasse qui a un impact indirect négatif sur les sols bien que moins polluant que les énergies fossiles.

Ainsi, le Sénégal gagnerait mieux en s'investissant d'avantage dans le solaire, ce que nous allons tenter de démontrer dans les étapes suivantes de notre étude.

#### **1.5.1.9. Le cadre institutionnel sénégalais du secteur de l'énergie**

Le secteur de l'énergie est sous la tutelle de deux départements ministériels. Il s'agit du ministère de la Coopération internationale, des Transports aériens, des Infrastructures et de l'Energie et du ministère des Energies Renouvelables.

Le Ministère de la Coopération internationale, des Transports aériens, des Infrastructures et de l'Energie compte les directions techniques suivantes qui s'occupent de l'énergie de manière globale: Direction de l'Electricité ; Direction des Hydrocarbures et des Combustibles domestiques ; Direction de l'Economie et de la Maîtrise de l'Energie.

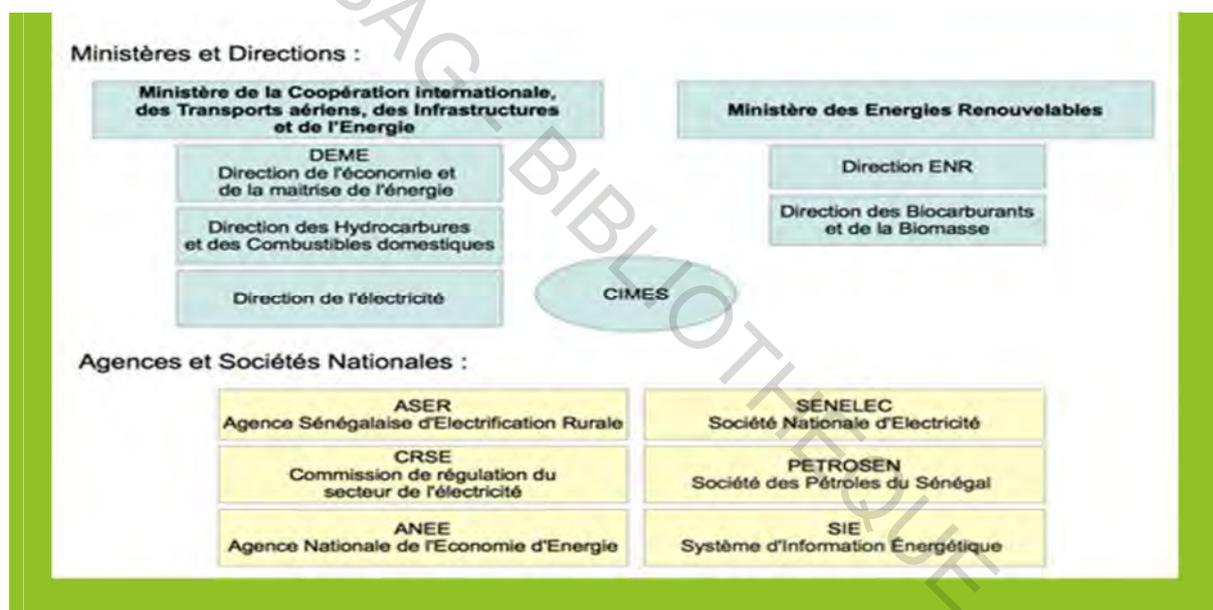
Il assure en outre la tutelle des Agences et Sociétés Nationales.

Le CIMES assure la coordination entre ministères, agences et sociétés nationales :

- ✓ L'Agence sénégalaise d'Électrification rurale (ASER) ;
- ✓ L'Agence nationale de l'économie d'énergie (ANEE) vient d'être créée, mais n'est pas encore opérationnelle ;
- ✓ La Commission de Régulation du Secteur de l'Electricité (CRSE) ;
- ✓ La Société nationale d'Electricité (SENELEC) ;
- ✓ Le Système d'Information Energétique du Sénégal (SIE) ;
- ✓ La Société PETROSEN ;
- ✓ La Société Africaine de Raffinage (SAR).

Le département ministériel en charge des ressources forestières et de l'environnement intervient aussi, notamment pour les questions concernant la biomasse.

**Figure 9 :** Cadre institutionnel Sénégalais du secteur de l'énergie



Source : AERE

Par ailleurs, il faut relever que ces structures du secteur de l'énergie sont en partenariat avec le département ministériel en charge des ressources forestières et de l'environnement, compte tenu de l'importance notée de la biomasse dans les consommations énergétiques. A ces acteurs institutionnels, s'ajoutent les partenaires du secteur privé (producteur indépendant et auto producteur).

En outre, le Sénégal est membre d'organisations régionales de production d'hydroélectricité comme L'Organisation pour la Mise en Valeur du Fleuve Sénégal (OMVS) et l'Organisation pour la Mise en valeur du fleuve Gambie (OMVG).

Parmi les partenaires institutionnels, porteurs des projets énergétiques en Sénégal, on compte aussi le PNUD, la GIZ, l'UE, l'AFD, la Banque Mondiale etc.

On observe un besoin d'homogénéité et de coordination au niveau institutionnel.

#### 1.5.1.10. Quelques données sur l'énergie photovoltaïque au Sénégal

La puissance totale installée en énergie solaire photovoltaïque (PV) est 2,337 MWc en 2009.

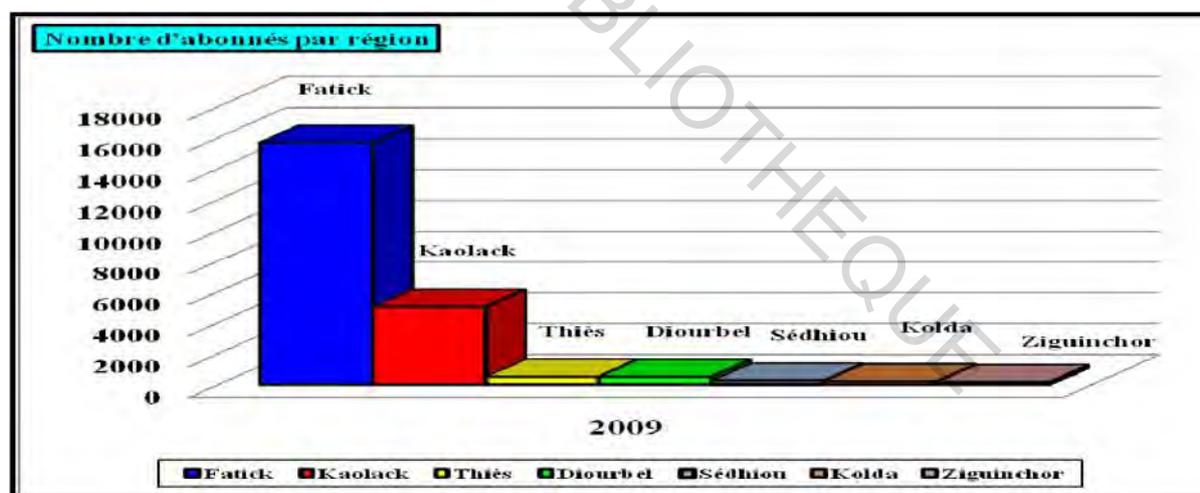
Si on rapporte cette puissance à la puissance totale installée du Parc de production publique, on trouve un ratio de 0,36 %.

##### ✓ Nombre d'abonnés PV par région

La région de Fatick est la région phare en matière d'électrification par voie solaire, suivie de Kaolack, Thies, Diourbel, Sedhiou, Kolda et Ziguinchor.

Le secteur des ménages bénéficie de la plus grande puissance installée du fait que les programmes de coopération se sont focalisés pour la plupart sur ce secteur.

Figure 10: Nombre d'abonnés PV par région



Source : SIE – Sénégal 2010

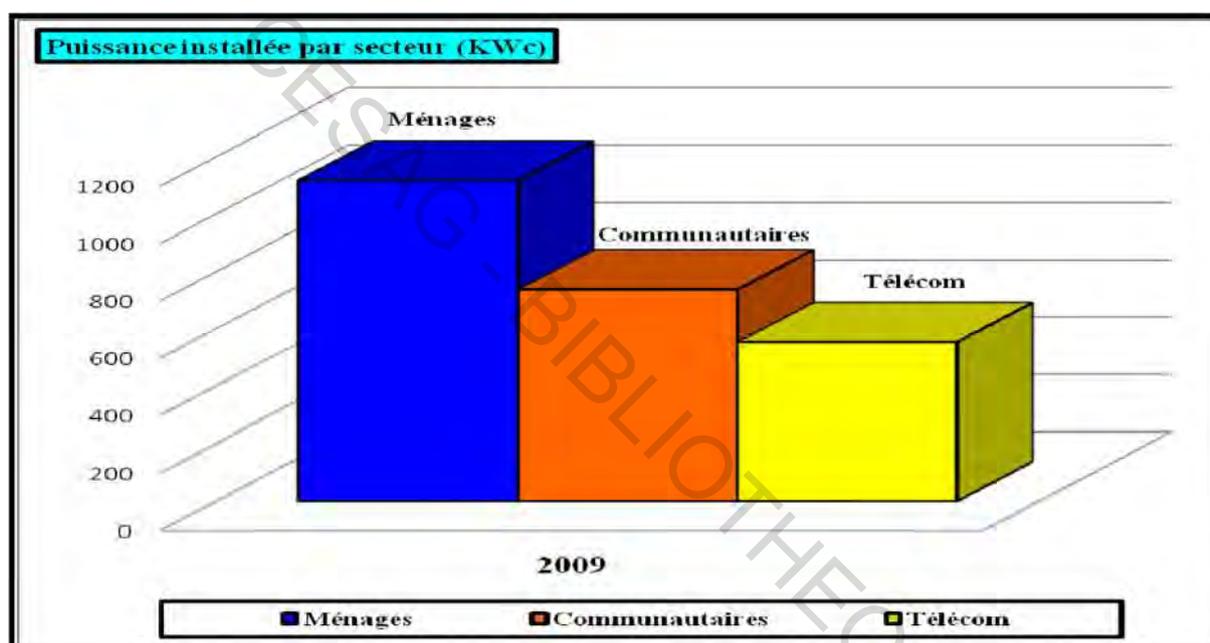
##### ✓ Puissances installées par secteur

La part du PV installé au Sénégal par rapport au conventionnel est pratiquement nulle en termes de puissance installée, mais importante et très utile du point de vue socio-économique et

environnemental, mais aussi en termes de contribution à l'atteinte des Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD) et de ceux du Document Stratégique de Réduction de la Pauvreté (DSRP).

Une étude portant sur l'évaluation de certains projets solaires PV réalisés au Sénégal par le bureau d'études SEMIS pour le compte de la Fondation Energie pour le Monde (FONDEM), une ONG française très active dans le domaine des énergies renouvelables, a révélé les impacts qualitatifs et quantitatifs positifs au niveau des ménages, de la santé des populations, de l'éducation et de la formation, ainsi que dans le domaine de la création d'emplois.

**Figure 11:** Puissance installée par secteur (KwC)



Source : SIE – Sénégal 2010

Conscient de l'importance du solaire PV dans le développement socioéconomique du pays, le Gouvernement du Sénégal a élaboré un Plan directeur d'électrification rurale par voie solaire, en mars 2002, par le biais du Ministère en charge de l'énergie et la coopération japonaise (JICA).

Selon ce plan, les ménages ciblés par les systèmes solaires photovoltaïques sont ceux ayant des revenus annuels assez élevés, soit 20 à 25% des populations des villages concernés, équivalent à 59 500 ménages à l'horizon 2015.

Selon les statistiques, la puissance totale en solaire PV installée au niveau des ménages est de 1117 kWc, soit environ 22345 ménages. Cela veut dire que sur les 59 500 ménages à électrifier

dans le plan directeur, il reste à équiper d'ici 2015, 371525 ménages en six ans, soit en moyenne 6193 ménages par an. Le coût de ce programme est de 18,79 Milliards de FCFA, soit 3,13 milliards de FCFA par an.

Aujourd'hui, le sous-secteur de l'électricité est confronté à cinq défis majeurs :

- ✓ Satisfaire une demande en croissance accélérée, avec un niveau de qualité de service satisfaisant ;
- ✓ Développer l'infrastructure de production, de transport et de distribution, en tenant compte des préoccupations liées à la compétitivité, notamment la stratégie de croissance accélérée (SCA), et à l'accès aux services de bases, décliné dans le Document de Stratégie de Réduction de la Pauvreté (DSRP) et dans les OMD ;
- ✓ Maîtriser la demande d'énergie électrique ;
- ✓ Renforcer l'efficacité énergétique au niveau de l'offre ;
- ✓ Ouvrir le marché à des opérateurs indépendants susceptibles de prendre en charge une partie de l'effort de renforcement des capacités électriques au niveau de l'offre, et s'ouvrir à des perspectives d'importer de l'énergie électrique à une échelle régionale, au niveau du West African Power Pool (WAPP).

Pour promouvoir le développement des énergies renouvelables, principalement solaires, le gouvernement a mis en place des textes qui pour la plupart sont déjà rentrés en vigueur en vue d'une meilleure utilisation à savoir :

- ✓ La loi n° 2010-21 du 20 décembre 2010 portant loi d'orientation sur les énergies renouvelables ;
- ✓ La résolution vitale de l'énergie présentée dans les fondements de l'émergence du PSE.

Il existe également plusieurs ONG et entreprises privées qui ont pris en main cela en vue de contribuer de manière efficace au développement économique et social du pays, qui devraient passer au préalable par celui du milieu rural.

C'est dans cette optique que des entreprises privées nationales et internationales présentes sur le territoire en mis en place des projets innovant orientés vers une valorisation du potentiel solaire du Sénégal, pour une meilleure électrification du milieu rural et ceux lésés.

Au terme de ce chapitre, nous avons pu apprendre d'avantage sur les formes d'énergies libres et leur classification, sur la question de l'énergie, de l'énergie photovoltaïque au Sénégal à travers son contexte. Il nous a également permis d'avoir une idée sur les avantages et les inconvénients de l'utilisation de l'énergie photovoltaïque.

En effet, si l'utilisation de l'énergie solaire serait très favorable au Sénégal en terme de prédisposition naturelle, celle-ci n'est malheureusement pas encore à la portée de toutes les couches de la société et engendre énormément de coûts d'installation.

CESAG - BIBLIOTHEQUE

## CHAPITRE 2 : METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Le chapitre précédent nous a permis d'avoir les éléments théoriques nécessaires représentant le socle de notre étude.

Il est maintenant question d'aborder et de présenter la méthodologie choisie pour notre étude ainsi que les outils de collecte de données utilisés. Cette méthodologie permettra de définir la ligne directrice permettant d'orienter nos recherches.

Cette méthodologie sera structurée de la manière suivante :

- ✓ le modèle d'analyse ;
- ✓ la méthode de collecte de données ;
- ✓ la méthode d'analyse de données.

### 2.1. le modèle d'analyse

Le modèle d'analyse ou conceptuel est une construction permettant de peaufiner la méthodologie et définir les outils ou indicateurs permettant d'analyser les données recueillies, les organiser et les transformer en résultats. Il est vu comme une construction abstraite finalisée qui permet de réduire la complexité de l'étude en se focalisant sur certains aspects des connaissances.

Le modèle conceptuel représente à la fois un cadre pour comprendre et interpréter les informations provenant de l'étude mais aussi un langage pour les formaliser en vue de construire un système<sup>19</sup>.

#### 2.1.1 Les variables

Elles jouent un rôle très important dans l'étude et peuvent être soit dépendantes soit indépendantes.

La variable dépendante correspond à l'objet de notre étude, c'est-à-dire l'élément que nous cherchons à expliquer. Elle correspond dans le cadre de notre étude aux enjeux et perspectives de développement du solaire au Sénégal.

Les variables indépendantes permettent de définir précisément les critères que l'on cherche à mesurer en vue d'expliquer la variable dépendante. Les variables indépendantes choisies dans le cadre de notre étude sont : le degré de connaissance des lampes solaires en général et celle

---

<sup>19</sup> <http://cours-ifcs-brunopoupin.wifeo.com/documents/Lanalyse-dans-le-Travail-de-Recherche.pdf>

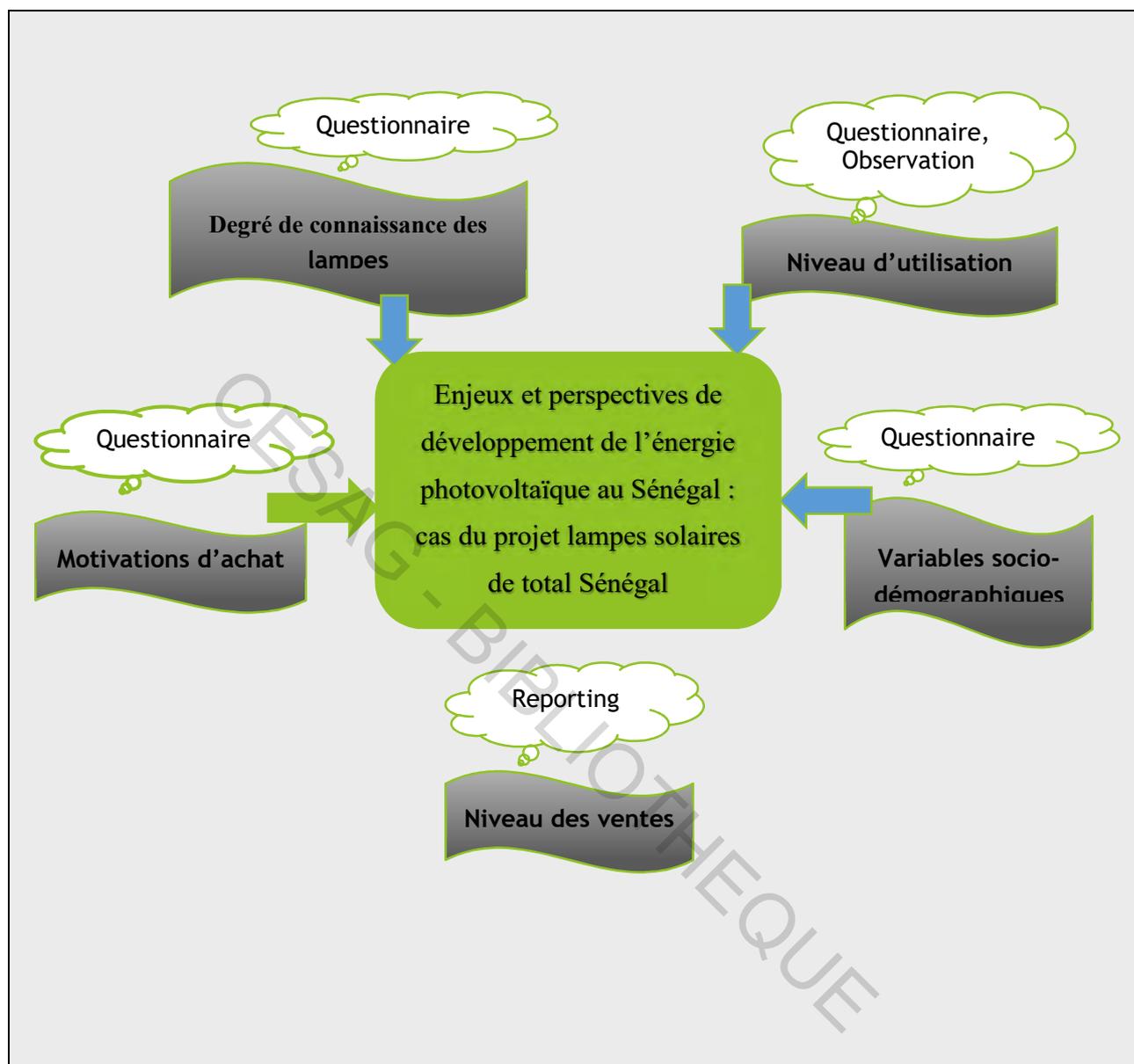
de Total, leur niveau d'utilisation au Sénégal, les motivations d'achat, les variables sociales démographiques (situation matrimoniale, catégorie sociale professionnelle, zone d'habitation des cibles de l'étude) et enfin en ce qui concerne le projet solaire de Total, le niveau de ventes des lampes à l'année.

Etant donné que le modèle d'analyse est une construction schématisée, nous pouvons donc le matérialiser de la manière suivante :

CESAG - BIBLIOTHEQUE

### 2.1.2 Le modèle d'analyse

Figure 12: Modèle d'analyse



### 2.2. La méthode de collecte de données

La procédure d'enquête est utilisée quand, dans un domaine donné, on se trouve confronté à une situation d'incertitude quant aux causes d'un état de chose.

De ce fait, on est amené à poser des questions, souvent à des personnes, pour inventorier leurs opinions, leurs pratiques, leur situation, leur passé. De ce vaste coup de filet sans hypothèse préalable, on espère tirer des explications sur les phénomènes en cause. Des méthodes efficaces

existent cependant, certaines datant des années soixante comme l'analyse factorielle des correspondances, d'autres plus récentes comme la régression logistique.

Pour évaluer le projet que nous avons choisi, nous avons opté pour « l'enquête par questionnaire » qui est un outil d'observation permettant de quantifier et comparer l'information. Cette information est collectée auprès d'un échantillon représentatif de la population visée par l'évaluation.

### **2.2.1 Les différentes formes de questionnaire**

Un questionnaire est un ensemble de questions construit dans le but d'obtenir l'information correspondant aux questions de l'évaluation. Les répondants ne sont pas sollicités pour répondre directement à celles-ci : un bon questionnaire décline en effet la problématique de base en questions élémentaires auxquelles le répondant saura parfaitement répondre.

Les enquêtes combinent souvent deux formes de questionnaire, avec une dominante de questions fermées et quelques questions ouvertes, plus riches mais aussi plus difficiles à traiter statistiquement.

#### **2.2.1.1 Le questionnaire fermé**

Dans un questionnaire fermé, les questions imposent au répondant une forme précise de réponse et un nombre limité de choix de réponses. Les questionnaires fermés sont utilisés pour obtenir des renseignements factuels, juger d'un accord ou non avec une proposition, connaître la position du répondant concernant une gamme de jugements, etc.

Dans le cadre de notre étude nous avons opté pour un questionnaire fermé élaboré sur le logiciel Sphinx et soumis à un échantillon donné.

#### **2.2.1.2 Le questionnaire ouvert**

Dans un questionnaire ouvert, la personne interrogée développe une réponse que l'enquêteur prend en note. Dans ce cas, l'enquête par questionnaire ouvert ressemble à un entretien individuel de type directif. Une question ouverte laisse la réponse libre dans sa forme et dans sa longueur.

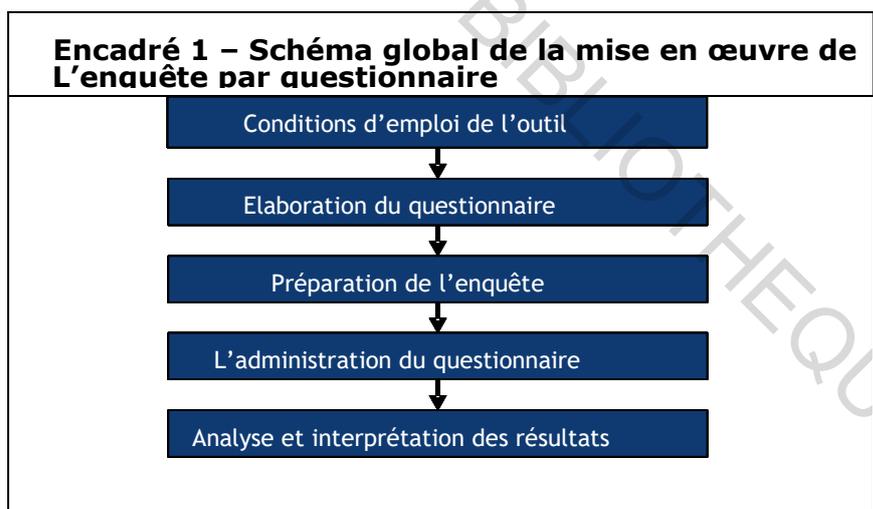
### 2.2.1.3 Quels usages peut-on faire de l'enquête par questionnaire en évaluation pays ?

L'enquête par questionnaire est l'outil qui, dans une évaluation pays, permet de mieux collecter des informations auprès de la population avec possibilité de comparer et quantifier le poids respectif des opinions exprimées.

Il convient particulièrement pour connaître le degré de satisfaction des bénéficiaires finaux. Le questionnaire fermé présente l'avantage de permettre un traitement statistique à un coût limité. Il peut en cours de réalisation se révéler inadapté si l'évaluateur s'aperçoit que certaines questions nécessitent d'être plus finement analysées.

En faisant le point quotidiennement avec les enquêteurs, l'évaluateur peut décider d'approfondir certaines questions au cours des entretiens, voire d'ajouter aux questions des sous-questions permettant une analyse plus fine.

### 2.2.1.4 Comment mettre en œuvre l'enquête par questionnaire ?



Source : europa.eu

### 2.2.1.5 Conditions d'emploi de l'outil Elaboration du questionnaire

Pour la rédaction des questions	Une connaissance préalable du contexte de l'évaluation et des enjeux du programme pour les bénéficiaires. Avoir tous les éléments pour couvrir le champ de l'enquête.
Pour l'élaboration de l'échantillon	Disposer d'une base d'informations statistiques minimales. Vérifier l'accès physique et logistique des répondants.
Pour la mise en œuvre du questionnaire	Identifier un partenaire local fiable, capable de mettre à disposition les ressources humaines et matérielles. Avoir le temps de réaliser toutes les étapes préliminaires de mis au point du questionnaire et de l'échantillon sans lesquelles les résultats risquent d'être décevants

Source : europa.eu

La bonne gestion du temps est un prérequis de l'enquête par questionnaire. Différentes formes de construction de l'échantillon peuvent donc être développées : échantillon simple, stratifié, sondage par grappes, par quotas, en boule de neige, etc.<sup>20</sup>

### 2.3. La méthode d'analyse des données

La stratégie utilisée pour mettre en œuvre les méthodes d'analyse est de respecter la situation d'incertitude de départ et de ne pas imposer une méthode qui force les résultats dans un sens ou un autre mais qui laisse émerger d'éventuelles surprises.

A cette fin le processus d'analyse sera caractérisé par l'utilisation du concept de variable d'intérêt: toute enquête est faite quand on est face à un phénomène dont on veut rendre compte et cette focalisation détermine une ou plusieurs "variables d'intérêt" dont on veut rendre compte. On proposera donc une première méthode qui consiste à repérer quelles sont les questions de l'enquête qui sont les plus liées à cette variable d'intérêt.

Pour analyser nos données nous utiliserons le logiciel « sphinx » qui nous permettra d'obtenir le PEM, Pourcentage de l'Ecart Maximum qui permet de faire ce travail. Comme cette méthode est très simple au point de vue théorique elle permettra de comprendre les notions

<sup>20</sup> <http://ec.europa.eu/>

d'indépendance dans un tableau et d'écart à l'indépendance, qui sont indispensables pour la bonne intelligence des méthodes suivantes.

Une fois repérées les variables qui sont liées au phénomène étudié, on utilisera une méthode, l'analyse des correspondances, qui permettra de faire une analyse globale du phénomène, c'est-à-dire qui positionnera les différentes modalités de la variable d'intérêt dans un univers de modalités suffisamment riche pour que des hypothèses de travail puissent en être issues, mais suffisamment limité pour que l'analyse ne soit pas submergée par trop de données.

Une fois cette vue d'ensemble établie, l'analyse se focalisera sur des points précis qui demandent une investigation complémentaire car l'analyse précédente, comme une carte qui englobe un vaste territoire, est peu précise et trop incertaine. De l'analyse globale, on passe à l'analyse locale, et de l'hypothèse de travail à sa vérification.<sup>21</sup>

---

<sup>21</sup> Philippe Cibois Professeur émérite de sociologie, Université de Versailles – St-Quentin en Yvelines France

Au terme de cette première partie, nous avons pu avoir une meilleure approche théorique sur la notion d'énergie.

Dans le premier chapitre, nous avons épilogué sur les formes d'énergies et leur classification. Par la suite, nous avons présenté abordé le contexte énergétique sénégalais ainsi que quelques chiffres clés.

Depuis l'avènement du Plan Sénégal Emergent, des mesures ont été prises par le gouvernement Sénégalais en vue d'ouvrir les portes du secteur des énergies renouvelables aux entreprises et investisseurs privés. De cette ouverture, plusieurs projets ambitieux ont vus le jour à l'image du projet Awango by Total que nous présenterons par la suite.

Le deuxième chapitre nous a permis de construire le modèle d'analyse, de décliner les méthodes de collecte et d'analyse des données qui permettront de faire ressortir les résultats de l'enquête.

En effet, pour avoir une meilleure idée sur les enjeux et perspectives de développement du solaire nous avons choisi un certains nombres d'indicateurs et d'outils pour expliquer au mieux notre variable dépendante.

Les résultats que nous obtiendrons par la suite nous dirons si oui ou non le pari de l'énergie photovoltaïque est en bonne voie ou non.

**DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION ET  
ANALYSE DES RESULTATS**

CESAG - BIBLIOTHEQUE

## CHAPITRE 3: PRESENTATION DE TOTAL SENEGAL

Total Sénégal S.A. est une Société anonyme avec conseil d'administration régie par les dispositions de l'acte uniforme de l'OHADA relatif au droit des sociétés commerciales et du groupement d'intérêt économique filiale du Groupe TOTAL présent dans 130 pays du monde avec plus de 99 000 collaborateurs.

Total est présent au Sénégal depuis plus de 60 ans et exerce sans contexte, une main mise sur les secteurs du pétrole et du gaz.

### 3.1. Historique de total Sénégal

L'activité du Groupe Total en Afrique a commencé avec la création à Dakar en 1947 de la CFDP (Compagnie Française de Distribution de Pétrole en Afrique) qui devient en 1960 Total Afrique de l'Ouest.

En 1976, la société voit le jour sous le nom de Total Sénégal. Cette dernière connaîtra deux opérations d'augmentation de capital qui ont permis de porter à 15% le niveau de participation d'investisseurs tiers. Dans les années 90, la société a procédé à plusieurs opérations de croissance externe (notamment ESSO Sénégal, Société des Pétroles Mory (SDPM) et Total GAZ).

En 2000, la fusion du Groupe Total avec successivement le groupe PetroFina et le groupe Elf Aquitaine, marque un tournant dans l'activité de Total au Sénégal.

En effet, Total Sénégal devient Total Fina Elf Sénégal et se positionne comme leader sur le marché sénégalais. L'assemblée générale des actionnaires du 11 juin 2003, adopte la nouvelle dénomination Total Sénégal.

Avec un capital s'élevant à 3 257 770 000 FCFA<sup>22</sup>, Total Sénégal est le leader dans la distribution et la commercialisation de produits pétroliers au Sénégal.

### 3.2. Domaines et formes d'intervention de Total Sénégal

Les activités de Total Sénégal sont l'importation, le stockage et la distribution sur le marché national ou régional de produits pétroliers, réparties entre les lignes de métier suivantes :

- ✓ Réseau de stations-service ;

---

<sup>22</sup> Document de l'offre publique de vente d'actions de Total Sénégal du 8 octobre au 7 novembre 2014

- ✓ Clients industriels et entreprises (vente directe) ;
- ✓ Carburants aviation ;
- ✓ Carburants marine ;
- ✓ Lubrifiants ;
- ✓ GPL.

La société propose à ses clients une offre complète et diversifiée de produits et de services.

On peut répartir toutes ces activités en 03 activités principales :

- **Raffinage-Chimie**

Dans le domaine de la pétrochimie, sont commercialisés au Sénégal les polymères, en provenance des usines européennes de Total principalement et également des joint-ventures de Corée du Sud.

- **Marketing & Services au Sénégal**

Au Sénégal, Total dispose d'un réseau d'environ 163 stations-services (plus de nouvelles ouvertes au courant de l'année 2015), où les carburants sont commercialisés sous la marque Total.

- **Trading-Shipping au Sénégal**

Total a vendu du gasoil, jet, gazoline et Fuel HSFO au Sénégal.

### **3.3. Réseau de stations-service.**

La distribution réseau constitue le cœur de métier de Total Sénégal, qui dispose d'un réseau de 163 stations-service situées sur toute l'étendue du territoire national. En 2013, la société exploite 33 nouvelles stations dont 14 dans le cadre d'un partenariat avec la société sénégalaise Touba Oil.

Les stations Touba Oil restent la propriété de Touba Oil mais sont exploitées par Total Sénégal. Outre les carburants, Total Sénégal distribue dans son réseau des produits de spécialité : lubrifiants moteurs, insecticides (aérosols), bouteilles de gaz, lampes solaires. La clientèle réseau de Total Sénégal est constituée de particuliers et d'entreprises adhérentes au programme Cartes pour l'approvisionnement de leur flotte de véhicules.

Le réseau de stations-service de Total Sénégal fait l'objet d'un vaste programme de rénovation sous une nouvelle image (programme mondial de nouvelle image T-Air du secteur Marketing & Services du Groupe Total), et se différencie par la proposition de services innovants :

- ✓ Le paiement mobile, qui permet au client de régler le carburant et les services au moyen de son téléphone portable,
- ✓ Le transfert d'argent (virement d'espèces), activité en forte croissance effectuée avec différents partenaires,
- ✓ La distribution alimentaire, activité menée en partenariat avec un acteur professionnel et reconnu dans ce secteur, au travers d'un réseau de boutiques en station,
- ✓ Une activité professionnelle de diagnostic et d'entretien mécanique, menée en partenariat avec un professionnel du secteur, sur le réseau de station-service Total Sénégal.

### **3.4. Résultats de total Sénégal pour l'exercice 2014**

#### **3.4.1 Activités depuis le 1<sup>er</sup> Janvier 2014**

Les ventes de Total Sénégal s'établissent à 596 kt en 2014, en hausse de 86.7 kt, soit une progression de 17 % par rapport à l'exercice précédent. Total Sénégal renforce sa position de leader sur le marché de la distribution de produits pétroliers au Sénégal, avec une part de marché en hausse de 1.9 points par rapport à 2013 qui s'établit à 35,5 % en 2014 (hors marché SENELEC). Sur le canal Réseau, les ventes et parts de marché progressent de manière très significative (+13% et +1.6 pts) sous l'effet :

- ✓ du développement des points de ventes : 14 stations-services ont été ouvertes dont la 1<sup>ere</sup> station autoroutière au Sénégal,
- ✓ de la progression des ventes sur les stations existantes à la faveur d'une stratégie marquée par l'innovation : Nouveau concept La Croissanterie, paiement marchand Orange Money, City dia Express, BOSCH car services, poursuite du déploiement de la nouvelle image T-air,
- ✓ de l'emménagement vers le nouveau siège social sis sur la route de l'aéroport,
- ✓ de l'offre publique de vente de 8,9% des actions Total Sénégal détenues par Total Outre-Mer,
- ✓ du changement des prix carburant et gaz (restés stables depuis mi 2013) survenu au 20 décembre 2014 : impact d'effets stocks négatifs estimés à -1,2 GFCFA,

- ✓ de la cession de 11 stations-services, et d'autres actifs générant une plus-value de 3,7 GFCFA.

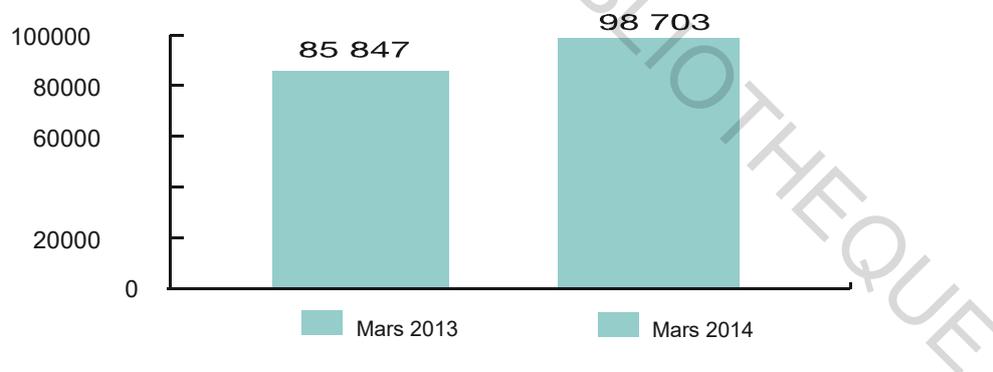
Les ventes Commerce Général progressent de +26.4 kt grâce notamment à de nouveaux contrats conclus avec des clients du secteur minier.

Les ventes GPL sont stables dans un marché qui progresse (+10%) notamment par le développement des ventes de bouteilles 9 Kg non commercialisées par Total Sénégal. Les ventes de Jet A1, en léger recul, souffrent de la perte de contrats en fin d'exercice 2013, mais reconquis en fin d'année 2014. Les ventes massives et les exportations progressent de 44.8 kt du fait d'une part, de l'arrêt métal de la SAR et d'autre part d'un positionnement compétitif des tarifs favorisant les ventes exports. Autres événements importants survenus depuis le 1er janvier 2014.

### 3.4.2 Chiffre d'affaires

Le chiffre d'affaires de Total Sénégal s'est établi à la fin du premier trimestre 2014 à 98,703 milliards FCFA contre 85,847 milliards de FCFA soit une progression de 15%.

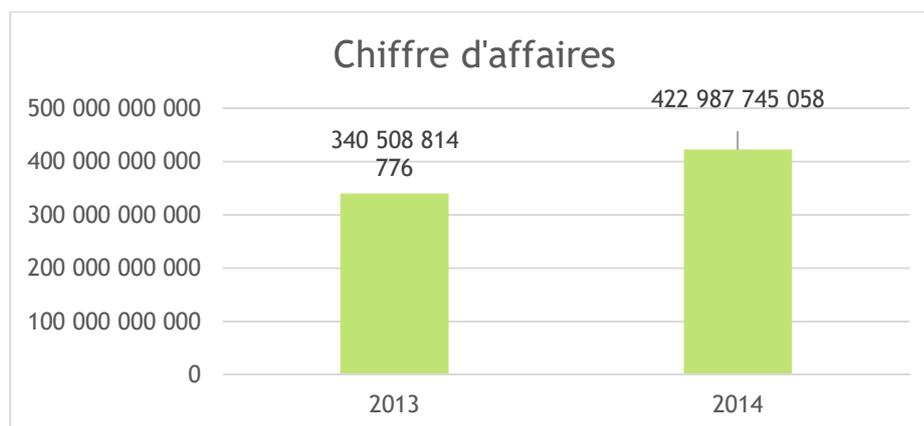
**Figure 13 :** Evolution du chiffre d'affaires 1<sup>er</sup> Trimestre 2014 par rapport à celui de 2013



**Source :** Total Sénégal

Le chiffre d'affaires hors taxes de l'exercice s'inscrit à 422 987 745 058 FCFA ressortant en hausse par rapport à celui de l'exercice 2013 qui avait atteint 340 508 814 776 FCFA soit une hausse de 24,22%.

**Figure 14 :** Evolution chiffre d'affaires 2013-2014



**Source :** *Données Total Sénégal*

Il est donc clair que la situation financière et économique de Total Sénégal n'est plus à prouver. Ainsi, allons parler d'un des produits du géant pétrolier précité plus haut, les lampes solaires, dont le projet lancé en 2011 a beaucoup fait parler de lui depuis ses débuts et reste également à développer.

### 3.5. Présentation du projet lampes solaires « Awango by Total » de total Sénégal

L'offre a été déployée au Sénégal en décembre 2012 lors de la conférence Lighting Africa et est présente dans 13 autres pays et 4 pays sont en cours de lancement. Le cœur de cible représente les ménages souffrant d'un déficit d'accès au réseau électrique.

Le nom « Awango by Total » a été formé à partir des concepts de «Awareness » «Advancing» et du verbe « Go »qui symbolise le mouvement. Il porte les valeurs identifiées durant les workshops : accessibilité, confiance, proximité, sincérité et optimisme.

L'identité visuelle témoigne par son dégradé de l'orange au jaune et son signe - du caractère éminemment solaire et positif de l'offre. La typographie réalisée véhicule à la fois l'ouverture et l'amplitude du projet, mais aussi sa solidité.

L'endossement par l'ajout du « by Total » permet d'attribuer l'offre au Groupe tout en la laissant pleinement s'exprimer.

Enfin la signature « Make it solar » conçue par l'agence est représentative de la dimension d'empowerement des produits et services proposés qui ouvrent de nouvelles perspectives aux clients, elle a d'ailleurs également fait l'objet d'un vote sur la plateforme projet<sup>23</sup>.

<sup>23</sup> <http://4uatre.digi.cyberie.net/>

L'énergie est un levier essentiel pour le développement social et économique. Cela reste pourtant un défi quotidien pour les 1,3 milliard de personnes dans le monde qui n'ont pas accès à l'électricité<sup>1</sup>. Les énergies traditionnelles qu'elles utilisent (lampes à kérosène, bougies, piles jetables) sont peu efficaces, insuffisantes pour de nouveaux usages et représentent une part significative des dépenses des familles les plus démunies.

Total a pris l'engagement de faire émerger des innovations technologiques et commerciales pour créer des solutions qui soient plus efficaces, plus fiables et plus économiques, tout en étant suffisamment rentables pour être pérennes et se diffuser largement.

Proposer des solutions solaires photovoltaïques innovantes et fiables pour résoudre les problèmes quotidiens de populations qui vivent sans électricité, avec de faibles revenus, tel est l'objectif de la nouvelle offre Awango by Total, un ensemble de produits et services qui répondent aux besoins d'éclairage et de chargement de téléphones portables.

Total a pris l'engagement de faire émerger des innovations technologiques et commerciales pour créer des solutions qui soient plus efficaces, plus fiables et plus économiques, tout en étant suffisamment rentables pour être pérennes et se diffuser largement.

Depuis 2010, les maillons qui constituent l'offre Awango by Total ont été testés par les clients de 4 pays pilotes - Cameroun, Kenya, Indonésie et République du Congo : 125 000 lampes ou kits solaires ont été vendus. Au Sénégal,

L'offre Awango by Total est la première réalisation à grande échelle issue du programme.

Ce premier modèle de social business développé par le Groupe permet de répondre aux besoins essentiels des populations les plus démunies n'ayant pas accès à l'électricité via la commercialisation de solutions solaires photovoltaïques pour l'éclairage et le chargement de téléphones portables.

A fin janvier 2014, 500 000 lampes solaires ont été vendues améliorant le quotidien de 2.5 millions de personnes.

Au deuxième semestre 2014, le déploiement se poursuivra dans 5 pays supplémentaires.

### 3.5.1 Objectif de vente

Un (1) million de lampes solaires qui permettront de fournir un accès à l'éclairage et au chargement de téléphones portables à environ 5 millions de personnes d'ici à 2015.<sup>24</sup>

Les lampes sont disponibles dans toutes les stations-services de Total à travers le Sénégal.

### 3.5.2 Organisation du Service Solaire de Total Sénégal

Au Sénégal, le service est sous la tutelle de la Direction Commerciale Spécialités de Total Sénégal qui est secondé par un chef de service lampe solaire, qui est secondée par un stagiaire assistant commercial.

Cependant en tant que filiale Marketing & services (SM ou MS), l'organisation du service solaire prévoit que la commercialisation des lampes solaires peut s'intégrer relativement bien à l'organisation existante. L'organigramme type d'une filiale est adapté au contexte local et à l'organisation de chaque filiale.

Au Cameroun par exemple, l'activité solaire est rattachée également à la Direction Commerciale de la filiale afin d'optimiser les liens avec le Réseau, les Spécialités et le Commerce Général.

### 3.5.3 Processus de commercialisation des lampes

Avec un réseau de stations et de points Lubrifiants assez large, Total couvre 80% des foyers de population au Sénégal, le reste constitue les zones rurales à faible densité de population.

Le maillage du réseau TOTAL au Sénégal comprend les stations-services et les points lubrifiants et permet donc d'atteindre la totalité du marché urbain et une partie du marché rural. Le marché des zones rurales enclavées est confié aux distributeurs partenaires « last mile ».

« Last mile » est un nouveau modèle de distribution qui consiste à établir un réseau de distributeurs composé d'ONG locales de développement, de micro-entrepreneurs en contact avec les populations, d'institutions de microfinance et de web marchand (niokobok<sup>25</sup>) même dans les zones les plus reculées<sup>26</sup>.

---

<sup>24</sup> [www.total.com](http://www.total.com)

<sup>25</sup> [www.niokobok.com](http://www.niokobok.com)

<sup>26</sup> <http://www.agenceecofin.com/>

Depuis son lancement, la marque « Awango by Total » est passée par un certains nombres de phases à savoir :

PERIODE	PHASE
Octobre-Novembre 2012	Préparation et 1 <sup>e</sup> test terrain
13 au 15 Novembre 2012	Lancement du projet à Dakar
Janvier- Juillet 2013	Déploiement sur le réseau des lampes solaires portables D. Light S10 & S250
Mai 2013- Juillet 2014	Lancement du système solaire domestique modulaire Sundaya Ulitium

### 3.5.4 Présentation de l'Offre au Sénégal

L'offre Awango by Total c'est :

- ✓ Une sélection d'équipements choisis pour leur qualité et leur adéquation aux besoins des populations ;
- ✓ Des prix abordables de 6 995 F pour le modèle D.light S20 et 19 995 F pour le modèle D.light S300 dans la gamme pico solaire, de 40 970 F à 125 969 F dans la gamme SHS. L'utilisation des lampes est rentabilisée après quelques mois (4 à 9 en moyenne en fonction des produits) et permet aux utilisateurs de réaliser des économies substantielles sur leurs dépenses énergétiques ;
- ✓ Une garantie de deux ans sur l'ensemble des produits et un service après-vente ;
- ✓ Des modes de distribution adaptés pays par pays (réseaux de stations-service Total, jeunes revendeurs itinérants, ONG, ventes via des coopératives agricoles) ;
- ✓ Des partenariats innovants avec des experts du développement, comme l'IFC, la GIZ ou les ONG IED et Entrepreneurs du Monde.

Parmi les produits proposés par le projet depuis ses débuts au Sénégal, nous avons :

#### 3.5.4.1. La D.Light S10

La D.Light 10 est une lampe solaire qui ne recharge pas les téléphones et propose deux niveaux d'éclairage : au niveau «haut», On peut lire et travailler de façon satisfaisante jusqu'à 60 cm de la lampe et dans un rayon d'un mètre (1 personne).

La lampe S10 fonctionne grâce à l'énergie du soleil, le panneau placé au soleil alimente une batterie qui permet à la lampe de s'allumer.

La boîte ne contient que la lampe, qui possède un panneau solaire intégré, la durée de vie des LED : 50 000 h, utilisation de 4h/jour ce qui équivaut à 35 ans

La lampe peut être utilisée de trois façons différentes, soit accrochée au mur grâce à la poignée, soit posée panneau contre le sol, soit simplement posée. Pour de meilleurs résultats, positionnez la lampe face au soleil.

Pour charger la lampe, il faut la placer au soleil, la chargez pendant une journée ou aussi connecter un chargeur Nokia à petit embout au secteur de la lampe.

#### **3.5.4.2. La D.Light S20**

Elle vient renforcer les lacunes de la S10 et la remplacer étant donné que cette dernière n'a pas beaucoup séduit et satisfait les clients.

Cette lampe est très solide et 3 à 5 fois plus lumineuse qu'une petite lampe à kérosène (visibilité d'ambiance). Elle possède un arceau en métal pour utilisation mobile et fixe ainsi qu'un panneau solaire intégré

Elle bénéficie d'une autonomie de 8h/jour) pour une luminosité moyenne et 4h/jour pour une luminosité élevée.

L'utilisateur a la possibilité de charger la lampe sur le réseau électrique grâce à un simple chargeur Nokia2 (2 mm) ou via l'énergie solaire. La lumière émise est classée dans le très blanc. La garantie est de 24 mois à partir de la date de vente du produit au client final et le prix de vente conseillé est de 6 995F.CFA.

#### **3.5.4.3. La D.Light S250**

La D.Light 250 est une lampe solaire qui éclaire et permet de recharger les téléphones portables.

Elle possède quatre niveaux d'éclairage :

- Haut : 4 heures,
- Moyen 6 heures,
- Faible 12 heures,
- Veilleuse 100 heures.

Au niveau « Haut » : On peut lire et travailler de façon satisfaisante jusqu'à 1m de la lampe et dans un rayon de 2m (2/3 personnes).

#### **3.5.4.4. La D.Light S300**

La D.Light S300 est une lampe solaire portable, elle vient remplacer la S250 et possède un chargeur pour téléphones portables intégré et un panneau solaire avec câble de longueur 3 mètres. Elle a une autonomie de 100 heures/jour en veille, 16 h/jour en luminosité faible, 8 heures/jour en luminosité moyenne et 4 heures/jour en luminosité.

Cette lampe très solide et 10 fois plus lumineuse qu'une petite lampe à kérosène (visibilité d'ambiance et travail d'étude). La recharge de téléphone portable inclue les Smartphones (un seul à la fois). Le temps nécessaire pour la recharge d'un téléphone Nokia est de 2-3heures.

La garantie est de 24 mois à partir de la date de vente du produit au client final. La lampe fonctionne dès la vente sans initialisation et sans l'aide d'aucun outil.

Le remplacement de la batterie n'est pas nécessaire avant au moins 5 ans et ne nécessite que d'un tournevis. Le prix de vente conseillé est de 19 995F.CFA

#### **3.5.4.5. La Sundaya Ulitium**

La Sundaya Ulitium est un système solaire domestique modulaire (d'une, deux, trois ou quatre lampes), permettant un équipement progressif grâce à un hub universel de connexion. Elle est compatible avec le système T-Lite. Les performances lumineuses pour une journée de charge sont de 60 heures/jour pour une luminosité faible, 12 heures/jour pour une luminosité moyenne et 6 heures/jour pour une luminosité élevée.

Il est possible d'agrandir l'installation en raccordant plusieurs lampes et les panneaux solaires sur des hubs ; la recharge de téléphone portable est possible grâce à un adaptateur. Le temps nécessaire pour la recharge d'un téléphone Nokia simple est de 2 heures.

Il est également possible de charger la lampe sur le réseau électrique grâce à un spécifique. La Sundaya est munie d'un système d'accroche des câbles au plafond par crochet. La lumière émise est classée dans le blanc neutre et la garantie est de 24 mois à partir de la date de vente du produit au client final. Le prix de vente varie en fonction du kit (du nombre de lampes et d'accessoires) choisi.

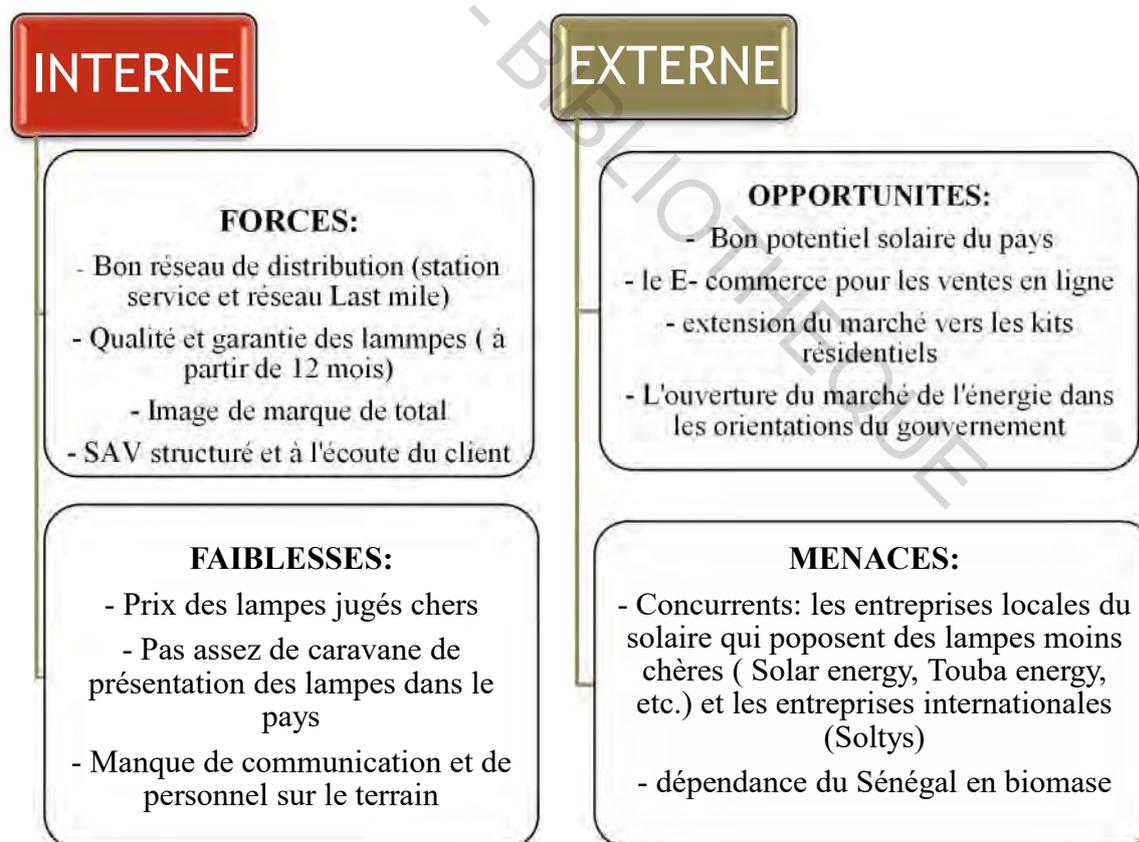
### 3.5.5. Analyse SWOT du projet du projet « Awango by Total »

Depuis son lancement en 2012 au Sénégal, nous pouvons dire que le projet est en phase de développement ou d'expansion.

L'analyse SWOT ou FFOM est une méthode d'analyse stratégique combinant une analyse de l'entreprise (interne) avec une analyse de son environnement économique (externe). Le résultat de cette analyse est présenté dans un tableau appelé matrice SWOT. Les forces et faiblesses de l'entreprise sont les résultats d'une analyse stratégique interne de l'entreprise, tandis que les opportunités et menaces sont liées à l'environnement économique dans lequel l'entreprise évolue.

Dans le but de résumer ce chapitre, nous avons ainsi représenté l'analyse SWOT du projet « Awango by Total » de la façon suivante :

**Figure 15:** Analyse SWOT projet Awango by Total



## CHAPITRE 4 : RESULTATS ET RECOMMANDATIONS

Dans ce chapitre nous aborderons les résultats de l'enquête par questionnaire menée auprès de 50 personnes à Dakar et à Kaolack et présenterons les enjeux et perspectives de développement de l'énergie photovoltaïque au Sénégal et donnerons les recommandations de l'étude.

### 4.1. Analyse de l'utilisation des lampes solaires au Sénégal

Comme nous l'avons démontré dans les chapitres précédents, le Sénégal regorge d'énormes potentialités dans les énergies renouvelables particulièrement dans le solaire.

Les enjeux et perspectives de développement du solaire sont énormes, de plus, le gouvernement a mis les bouchées doubles en vue d'ouvrir le marché aux acteurs privés.

Dans les étapes qui suivront nous allons tenter d'avoir une estimation sur l'utilisation de l'énergie solaire à travers les lampes solaires au Sénégal.

L'objectif principal de cette enquête réside sur le fait de connaître le niveau d'utilisation des lampes solaires au Sénégal à travers un questionnaire et un échantillonnage aléatoire.

Concernant le projet de Total, il s'agira d'évaluer le niveau de connaissance des sénégalais.

Les résultats permettront de proposer des recommandations afin d'améliorer la qualité des produits.

Cette enquête menée permettra ainsi de faire ressortir plusieurs points à savoir :

- ❖ Le niveau d'utilisation des lampes solaires « Awango » by Total,
- ❖ Le niveau de satisfaction des lampes solaires « Awango »,
- ❖ Les critères d'achat,
- ❖ Les points forts et les points faibles du projet Total.

Le questionnaire n'a été administré qu'à quelques résidents de Dakar et Kaolack compte tenu de l'étendue de l'Etat et de la modestie des moyens (financiers et humains).

Notre cible portera donc essentiellement sur les clients de quelques stations-services Total de Dakar et de Kaolack et sur quelques ménages dont nous sommes allés à la rencontre. Nous avons interrogé aussi bien les acheteurs que les non acheteurs de lampes solaires pour mesurer le niveau d'utilisation des lampes solaires (Total et hors Total).

#### 4.1.1. Caractéristiques générales des enquêtés

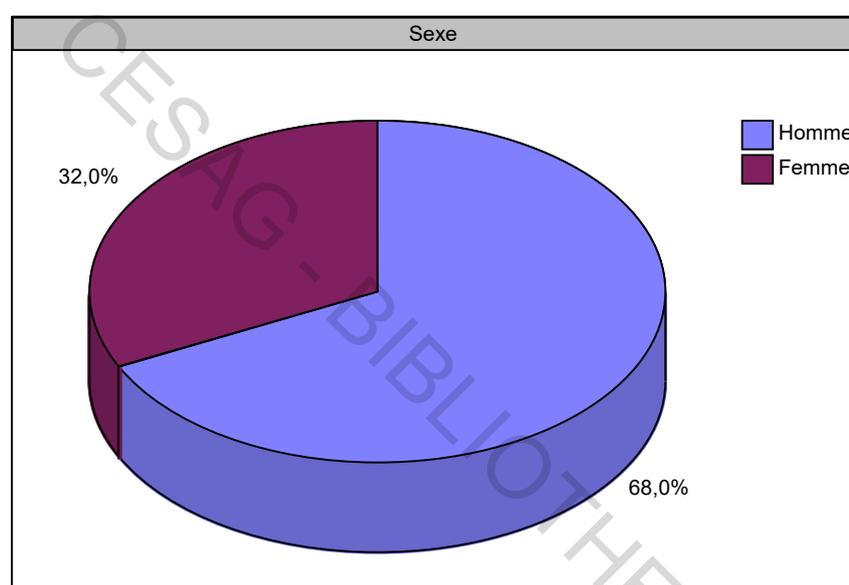
Nous avons choisi l'échantillonnage aléatoire parmi les types d'échantillonnage en raison des contraintes externes.

##### 4.1.1.1. Echantillonnage

L'échantillon est constitué de 50 personnes dont :

- ✓ 16 femmes soit 32% de l'échantillon ;
- ✓ 34 hommes soit 68%

**Figure 16:** Echantillonnage en fonction du genre



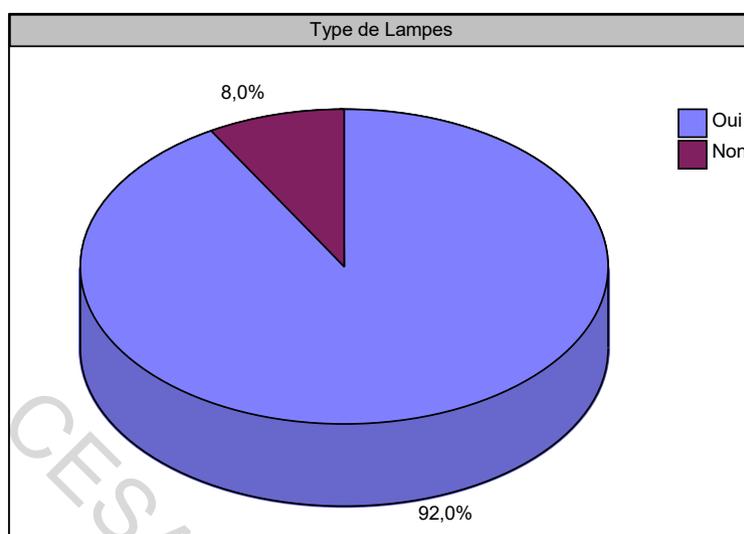
Source : Données d'enquête

#### Commentaire :

Durant l'administration du questionnaire nous avons constaté que les hommes étaient plus réceptifs et disposés à nous répondre, ce qui explique l'écart observé (36).

#### 4.1.1.2. Nombre d'utilisateurs de lampes solaires

Figure 17: Nombre d'utilisateurs de lampes solaires



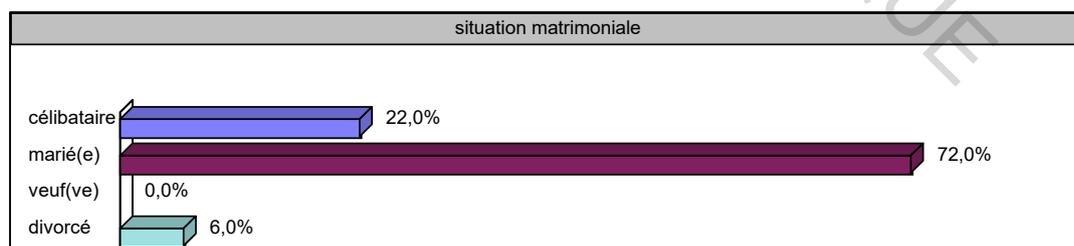
Source : Données d'enquête

#### Commentaire

Sur le nombre de personnes de notre échantillon, 92% des personnes interrogées utilisent des lampes solaires contre 8% n'en utilisent pas. Ce qui veut dire que le besoin et la demande dans ce secteur existent bel et bien.

#### 4.1.1.3. Situation matrimoniale de l'échantillon de l'enquête

Figure 18: Diagramme à barres situation matrimoniale de l'échantillon



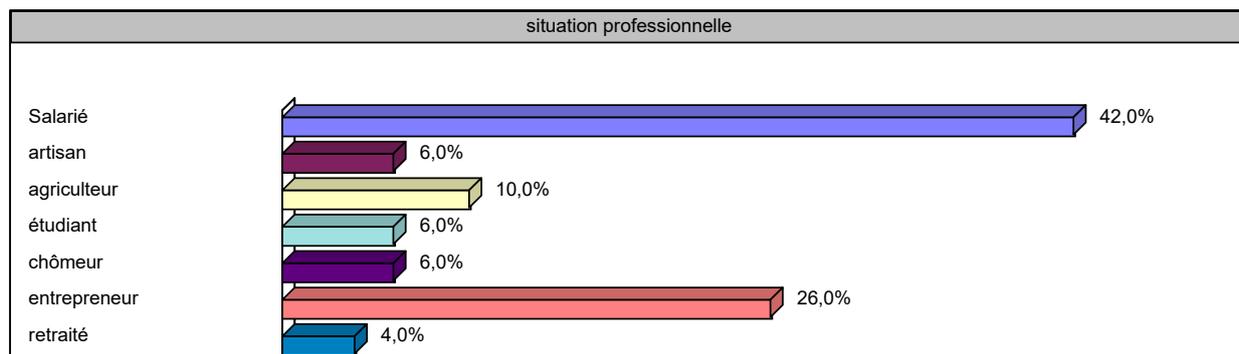
Source : Données d'enquête

#### Commentaire :

Nous constatons que 72% de l'échantillon est marié soit 36 personnes, 22% est célibataire soit 11 personnes et 6% est divorcé soit 3 personnes.

#### 4.1.1.4. Situation professionnelle de l'échantillon

Figure 19: Diagramme à barres situation professionnelle de l'échantillon



Source : Données d'enquête

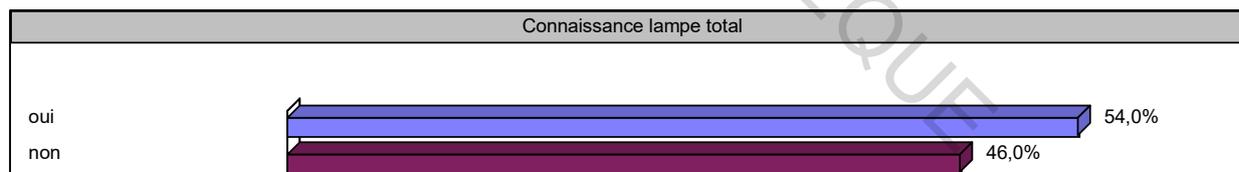
#### Commentaires :

Parmi les personnes interrogées :

- ✓ 42% sont des salariés ;
- ✓ 26% des entrepreneurs ;
- ✓ 10% des agriculteurs ;
- ✓ 6% des artisans et des chômeurs ;
- ✓ les retraités quant à eux ne représentent que 4% soit 2 personnes.

#### 4.1.1.5. Connaissances des lampes solaires de Total

Figure 20: Diagramme à barres sur les connaissances des lampes solaires de Total



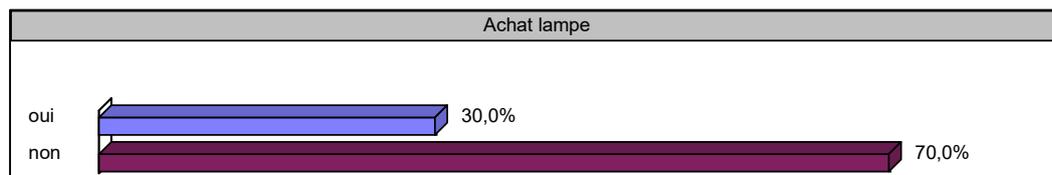
Source : Données d'enquête

#### Commentaire :

54% des interrogés connaissent le projet lampes solaires « Awango by Total » contre 46% ne connaissent pas. Parmi ces derniers, beaucoup nous ont informé qu'ils n'en avaient jamais entendu parler et que même en se rendant dans les stations Total, ils ne faisaient jamais attention aux lampes exposés et les confondaient à des téléphones portables.

#### 4.1.1.6. Utilisateurs des lampes Awango by Total

**Figure 21:** Diagramme à barres utilisateurs lampes Awango by Total



**Source :** Données d'enquête

**Commentaire :**

Nous remarquons que 30% des personnes interrogé ont acheté ou utilisent des lampes solaires de Total et 70% utilisent d'autres marques ou ne possède pas de lampes solaires. Les prix des lampes de Total sont jugés chers ainsi que leur vulgarisation reste encore à renforcer.

Les autres marques utilisées sont :

- ✓ Laituo ;
- ✓ Nadji Bi ;
- ✓ Touba solar Rama ;
- ✓ Nadji Bi ;
- ✓ Marque française ;
- ✓ Rama solar ;
- ✓ Beta energy;
- ✓ Kayer;
- ✓ Energy system ;
- ✓ Soltys ;
- ✓ Marque chinoise.

**4.1.1.7. Critères d'achat de lampes solaires**

**Tableau 7:** Critères d'achat de lampes solaires

critères de choix	Nb. cit.	Fréq.
Prix	22	44,0%
marque	10	20,0%
esthétique	3	6,0%
autonomie	16	32,0%
poids	2	4,0%
accessoires proposés	1	2,0%
intensité de la lumière	31	62,0%
autre à préciser	3	6,0%
<b>TOTAL OBS.</b>	<b>50</b>	

Source : Données d'enquête

**Commentaire :**

Les critères de choix qui sont le plus ressortis pour l'achat d'une lampe solaire sont l'intensité de la lumière (62%), le prix (44%) et les acheteurs regardent ensuite l'autonomie de la lampe (32%) et la marque (20%).

**4.1.1.8. Types de lampes Awango by Total achetées**

**Tableau 8:** Type de lampes Awango by Total achetées

Type lampe Total	Nb. cit.	Fréq.
Non réponse	35	70,0%
d.light S10	1	2,0%
d.light S20	7	14,0%
d.light S250	3	6,0%
d.light S300	8	16,0%
Sundaya Ultimium	1	2,0%
<b>TOTAL OBS.</b>	<b>50</b>	

Source : Données d'enquête

**Commentaire :**

La D.Light S300 et la S20 sont les plus utilisés avec 16% et 14% en raison de leur coût relativement abordable pour les ménages et les autres catégories. Les non réponses (70%) proviennent de ceux qui ne connaissent pas et n'utilisent pas la marque Awango by Total.

**4.1.2. Analyse Bi-Variée**

L'analyse bi-variée permet de croiser deux (2) variables soit quantitative-quantitative, qualitative-qualitative ou quantitative-qualitative.

Pour analyser les données de notre questionnaire nous allons utiliser le test du Chi 2.

Il consiste à mesurer l'écart entre une situation observée et une situation théorique et d'en déduire l'existence et l'intensité d'une liaison mathématique avec des données qualitatives (ex : tranche d'âge, mode de déplacement,...).

Il est donc nécessaire de reformuler des hypothèses :

- ✓ H1 : la dépendance est significative
- ✓ H2 : la dépendance n'est pas significative

#### 4.1.2.1. Rapport entre la zone d'habitation et l'utilisation de lampes solaires

**Tableau 9:** Tableau croisé entre Zone d'habitation et utilisation de lampes solaires

Type de Lampes	Oui	Non	TOTAL
habitation zone de coupure courant			
oui	18	2	20
non	28	2	30
<b>TOTAL</b>	<b>46</b>	<b>4</b>	<b>50</b>

Source : Données d'enquête

#### Commentaire :

46/50 des personnes interrogées ont déjà utilisé des lampes solaires 20/50 habitent dans des zones d'habitation touchées par les coupures de courant.

La dépendance entre l'utilisation des lampes solaires et la zone d'habitation n'est pas très significative, car le test de Chi 2 = 0,18, ddl = 1 ; 1-p = 32,96%. Ainsi, la zone d'utilisation n'influe pas sur l'utilisation de lampes solaires.

#### 4.1.2.2. Rapport entre l'achat de lampes Awango by Total et les critères de choix

**Tableau 10:** Tableau croisé achat de lampes solaires et critères de choix

Achat lampe critères de choix	oui	non	TOTAL
Prix	2	20	22
marque	7	3	10
esthétique	0	3	3
autonomie	5	11	16
poids	0	2	2
accessoires proposés	0	1	1
intensité de la lumière	11	20	31
autre à préciser	1	2	3
<b>TOTAL</b>	<b>26</b>	<b>62</b>	<b>88</b>

Source : Données d'enquête

#### Commentaire :

62/88 n'achètent pas de lampes Awango by Total et 31/88 regardent l'intensité de la lumière et 22/88 le prix. Nous remarquons que la dépendance entre l'achat des lampes Awango by Total et les critères de choix est très significative car le test de  $\chi^2 = 15,37$ , ddl = 7 ; 1-p = 96, 84%. Ainsi, les critères de choix influent sur l'achat de lampes Awango by Total notamment le prix, l'intensité de la lumière et l'autonomie.

### 4.1.2.3. Rapport entre les recommandations et le niveau de satisfaction des lampes Awango by Total

**Tableau 11:** Recommandations et le niveau de satisfaction des lampes Awango by Total

Niveau de satisfaction	Non réponse	Plutôt satisfait	Tout à fait satisfait	TOTAL
<b>recommandation à quelqu'un</b>				
Non réponse	70,0%	0,0%	0,0%	<b>70,0%</b>
Plutôt oui	0,0%	18,0%	0,0%	<b>18,0%</b>
Tout à fait	0,0%	4,0%	8,0%	<b>12,0%</b>
<b>TOTAL</b>	<b>70,0%</b>	<b>22,0%</b>	<b>8,0%</b>	

Source : Données d'enquête

#### Commentaire :

70% des personnes interrogées ne se sont pas prononcées sur le niveau de satisfaction par rapport aux lampes Awango by Total (soit parce qu'elles n'utilisent pas de lampes solaires Awango by Total soit parce qu'elles utilisent d'autres marques de lampes).

30% donc la totalité des utilisateurs de Lampes Awango by Total, les recommandent et en sont satisfaits.

La dépendance est très significative entre ces deux variables, test de  $\chi^2 = 77,27$  ; ddl=4 et  $1-p=99,99\%$  ; ainsi, si on s'en tient à ceux qui ont répondu, le niveau de satisfaction a un fort impact sur les recommandations des lampes Awango by Total.

## 4.2. Présentation des enjeux de l'énergie photovoltaïque au Sénégal

Le taux d'électrification, pour une zone géographique donnée, représente le rapport du nombre de ménages (cellule familiale) électrifiés au nombre total de ménages vivant dans la zone considérée.

Au total, l'accès à l'électricité n'est assuré que pour un peu plus de 54 % des ménages sénégalais. Dans les zones urbaines, 87 % des ménages ont accès à l'électricité, tandis que dans les zones rurales seulement 24 % des ménages peuvent utiliser l'énergie électrique.

#### 4.2.1. Taux d'électrification urbaine

Dans le tableau suivant, sont représentés les taux d'électrification obtenus au niveau des 14 régions qui composent le Sénégal, pour chacune des années de 2000 à 2009. Il n'est pris en compte que les zones urbaines de ces régions.

**Tableau 12:** Tableau du Taux d'électrification urbaine

Zones urbaines des régions	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Dakar	66%	68%	70%	72%	75%	79%	83%	87%	92%	96%
Diourbel	58%	60%	63%	63%	65%	68%	72%	76%	77%	80%
Fatick	23%	27%	29%	31%	32%	37%	42%	52%	57%	62%
Kaffrine	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	77%
Kaolack	53%	55%	59%	59%	68%	72%	72%	88%	92%	99%
Kédougou	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	92%
Kolda	37%	40%	42%	43%	51%	54%	56%	68%	72%	69%
Louga	55%	56%	60%	62%	75%	78%	80%	88%	92%	93%
Matam	20%	22%	24%	41%	53%	58%	60%	64%	66%	67%
Saint Louis	56%	57%	59%	60%	66%	68%	78%	76%	78%	81%
Sédhiou	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	51%
Tambacounda	45%	46%	48%	51%	55%	59%	65%	75%	77%	91%
Thiès	50%	52%	57%	59%	72%	76%	82%	88%	86%	84%
Ziguinchor	32%	35%	39%	42%	47%	52%	58%	64%	68%	72%
Sénégal	57,8%	60,0%	62,8%	65,0%	70,5%	74,0%	78,6%	83,9%	87,3%	90,1%

Source : SIE-Sénégal 2010

On constate que le taux d'électrification a augmenté de 50 % entre 2000 et 2009.

**Remarque :** A partir 2009, un nouveau découpage administratif du territoire a donné naissance aux régions de Kaffrine, Kédougou et Sédhiou, qui étaient respectivement dans les régions de Kaolack, Tambacounda et Kolda.

Nous constatons une évolution du taux d'électrification par rapport aux objectifs fixés dans la nouvelle LPDSE.

L'objectif d'un taux d'électrification urbaine de 85 % en 2012 est largement atteint.

#### **4.2.2. Taux d'électrification rurale**

Le tableau qui suit met en exergue, sur la période 2000-2009, les différents taux d'électrification obtenus au niveau des zones rurales des régions du Sénégal. On constate que le taux d'électrification rurale, au niveau national, augmente d'un peu plus d'un point par an.

La région qui a le taux le plus élevé est celle de Diourbel du fait de l'apport significatif de Touba, Chef-lieu de Communauté rurale et deuxième localité du pays en termes de population et d'urbanisation.

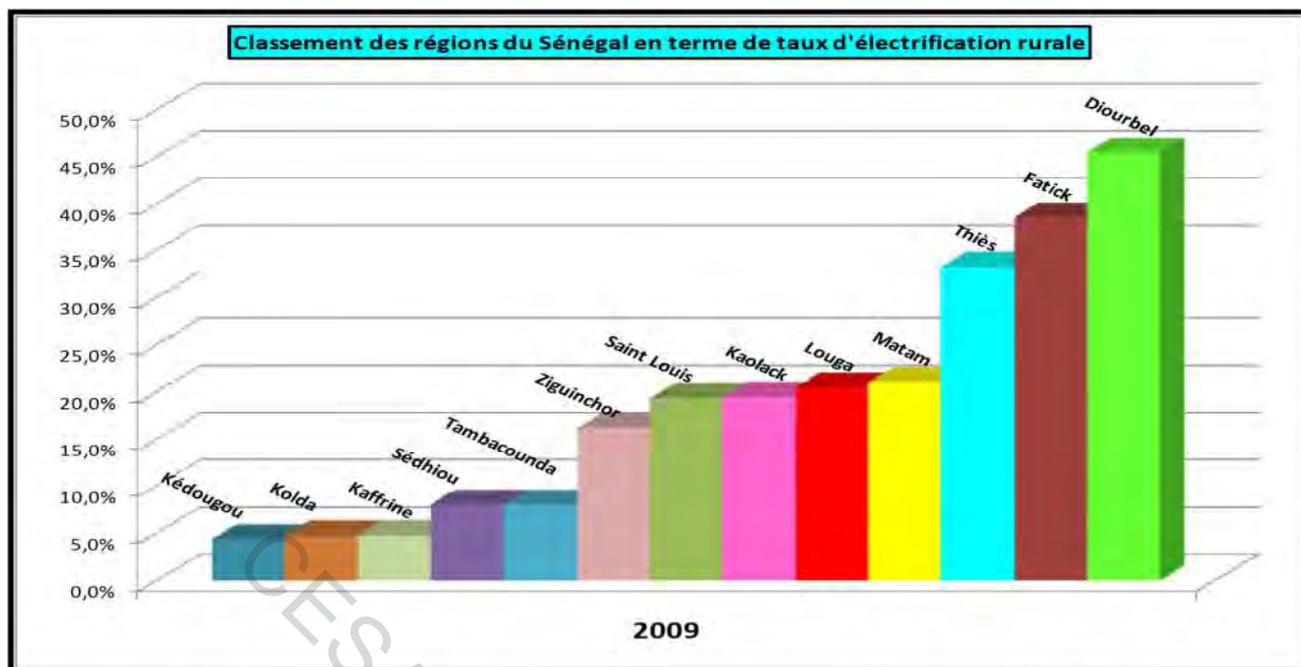
**Tableau 13:** Tableau du Taux d'électrification urbaine

Zones rurales des régions	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Diourbel	21,7%	23,9%	26,3%	27,7%	29,8%	32,1%	33,1%	35,7%	40,7%	45,5%
Fatick	11,6%	12,2%	12,4%	12,4%	26,1%	29,2%	29,9%	31,2%	35,1%	38,6%
Kaffrine										4,8%
Kaolack	4,7%	5,8%	6,4%	6,8%	9,2%	9,6%	11,2%	9,1%	10,5%	19,4%
Kédougou										4,3%
Kolda	1,1%	1,5%	1,8%	2,2%	2,0%	2,7%	3,3%	2,8%	4,0%	4,7%
Louga	7,6%	9,1%	10,0%	11,1%	10,7%	11,8%	12,8%	13,7%	18,8%	20,5%
Matam	9,1%	10,9%	13,7%	15,9%	11,6%	13,1%	14,2%	16,4%	19,8%	21,0%
Saint Louis	6,0%	7,9%	9,8%	11,2%	10,2%	11,5%	9,4%	14,5%	17,8%	19,3%
Sédhiou										8,0%
Tambacounda	1,3%	1,6%	1,9%	2,2%	4,5%	5,2%	5,2%	4,0%	6,0%	9,0%
Thiès	12,0%	13,4%	15,0%	16,5%	12,1%	13,6%	15,3%	17,4%	30,6%	33,2%
Ziguinchor	2%	3%	3%	4%	4%	6%	7%	10%	13%	16,1%
Sénégal	8,6%	9,8%	11,0%	12,0%	13,1%	14,6%	15,4%	16,6%	21,6%	23,8%

Source : SIE-Sénégal 2010

Les régions frontalières ont les taux les plus bas, qui sont surtout dus au fait qu'elles ne sont pas sur le réseau interconnecté, rendant ainsi difficile l'extension du réseau à leur niveau.

**Figure 22:** Classement des taux d'électrification des régions du Sénégal



Source : SIE-Sénégal 2010

L'impact du solaire n'est notable sur le taux d'électrification rurale nationale. En effet, la part du PV est de l'ordre de 3% en 2009 sur le taux d'électrification rurale.

Par contre la part du solaire est considérable dans les régions de Fatick et Kaolack, avec respectivement des parts de 64% et 52% dans l'électrification de ces deux régions en 2009.

**Tableau 14: Taux d'électrification rurale (Conventionnel uniquement)**

<b>TAUX D'ELECTRIFICATION RUARALE CONVENTIONNEL</b>										
<b>Zones rurales des régions</b>	<b>2000</b>	<b>2001</b>	<b>2002</b>	<b>2003</b>	<b>2004</b>	<b>2005</b>	<b>2006</b>	<b>2007</b>	<b>2008</b>	<b>2009</b>
Diourbel	21,1%	23,2%	25,7%	27,1%	29,3%	31,5%	32,6%	35,2%	40,3%	45,0%
Fatick	3,5%	4,2%	4,6%	4,7%	4,9%	5,7%	6,6%	8,1%	12,0%	13,9%
Kaffrine										4,8%
Kaolack	3,4%	4,6%	5,3%	5,6%	3,8%	4,3%	6,0%	4,0%	5,2%	9,3%
Kédougou										4,3%
Kolda	1,1%	1,5%	1,8%	2,2%	2,0%	2,7%	3,3%	2,8%	4,0%	4,2%
Louga	7,6%	9,1%	10,0%	11,1%	10,7%	11,8%	12,8%	13,7%	18,8%	20,5%
Matam	9,1%	10,9%	13,7%	15,9%	11,6%	13,1%	14,2%	16,4%	19,8%	21,0%
Saint Louis	6,0%	7,9%	9,8%	11,2%	10,2%	11,5%	9,4%	14,5%	17,8%	19,3%
Sédhiou										7,2%
Tambacounda	1,3%	1,6%	1,9%	2,2%	4,5%	5,2%	5,2%	4,0%	6,0%	9,0%
Thiès	11,4%	12,8%	14,4%	15,9%	11,5%	13,0%	14,8%	16,8%	29,8%	32,5%
Ziguinchor	2,1%	2,7%	3,4%	4,2%	4,1%	5,6%	7,0%	9,8%	12,6%	16,1%
Sénégal	7,4%	8,7%	9,9%	10,9%	10,2%	11,4%	12,4%	13,6%	18,6%	20,7%

Source : SIE-Sénégal 2010

En 2004, la baisse notée au niveau du taux d'électrification rurale, pour certaines zones, est due au découpage administratif qui a permis à certaines localités rurales d'être érigées en commune.

Pour certaines régions, à l'image de Fatick, l'impact du solaire est très marqué. En effet, cette zone constitue la région phare en matière d'électrification rurale par voie solaire, car ayant bénéficié en 2004, d'un équipement de 10 000 systèmes solaires familiaux de 50 Wc au niveau de 297 villages, en plus de la mise en place de 9 centrales solaires de 10 à 40 kWc dans 9 villages dotés de mini réseaux BT.

#### **4.3. Perspectives de développement de l'énergie solaire photovoltaïque au Sénégal**

Le secteur de l'énergie constitue un soutien majeur au développement de l'économie, à la réduction des inégalités sociales et territoriales. La Stratégie d'Émergence traduit l'ambition du Sénégal de garantir un accès large et fiable à une énergie bon marché. Ainsi, le PSE vise les objectifs suivants :

- ✓ avoir une parfaite disponibilité d'énergie en quantité et qualité suffisantes ;
- ✓ avoir un prix de l'électricité parmi les plus bas de la sous-région (~60 à 80 FCFA/kWh) pour un soutien à la compétitivité économique ;
- ✓ diminuer de moitié la facture d'électricité des ménages ; et
- ✓ supprimer les coupures et les pertes associées d'ici 2017.

La biomasse comme source d'énergie, la principale du pays, est utilisée comme source de chaleur dans la plupart des cas de manière traditionnelle, avec de graves conséquences associées. En 2009, l'accès à l'électricité au Sénégal était de 42% et le taux d'électrification rurale est passé de 8% à 20% entre 2000 et 2010.

Dans les prochaines années, le Sénégal fait face aux défis suivants en matière d'énergie:

- ✓ Résoudre les problèmes d'accès à l'électricité et la sécurité de l'approvisionnement (avec des interruptions constantes du système).
- ✓ Le coût élevé de l'électricité, inaccessible pour la majeure partie de la population rurale.
- ✓ Dans les zones rurales, on s'attend à une forte augmentation de l'électrification une fois que les plans opérationnels à long terme élaborés par l'Agence Sénégalaise pour l'Électrification Rurale (ASER) entreront totalement en fonctionnement.
- ✓ La pénétration des énergies renouvelables dans le système énergétique est très faible au Sénégal.

Dans ce contexte, et comme un élément essentiel du développement énergétique, le Sénégal devrait augmenter la contribution des énergies renouvelables à son système énergétique, en particulier si on tient en compte de la large disponibilité des ressources de son territoire.

#### **4.4. Difficultés rencontrées**

Nous avons rencontré quelques difficultés internes et externes dont la majorité n'a pas ébranlé notre détermination à obtenir les réponses à nos interrogations.

En ce qui concerne l'élaboration, la sélection de l'échantillon et l'administration du questionnaire, il nous a été difficile de les établir notamment par manque de moyens (humains, financiers) de temps et une impossibilité de mobilité géographique.

Le personnel des stations où nous nous sommes rendus ne nous a pas également rendu la tâche facile, à cause notamment du manque de coopération de certains.

Nous avons dû également faire face au refus de certaines personnes que nous avons abordé pour répondre aux questions.

De plus, il aurait été plus intéressant d'avoir un échantillon plus large et plus diversifié pour avoir des données plus exhaustives.

L'obtention des chiffres et des éléments constitutifs de l'étude du Projet Awango by Total n'a pas été une tâche facile et nous avons dû user avancer sans l'aide de certains éléments au risque d'arrêter notre étude.

#### **4.5. Recommandations**

Dans l'optique d'une meilleure expansion de l'énergie photovoltaïque et du projet Awango by Total au Sénégal, des recommandations vont être formulées.

Ces recommandations viendront compléter les observations et analyses faites tout au long de notre étude, en vue de les enrichir.

##### **4.5.1. Recommandations à l'égard des organismes publics ou étatiques**

Le secteur de l'énergie étant en plein développement au Sénégal, il incombe donc aux organes de l'Etat notamment en charge de l'énergie et du développement durable d'instaurer les gardes fous pour éviter les débordements par :

- ❖ La résolution des problématiques juridiques concernant l'achat et la vente d'énergie de gré à gré,
- ❖ L'instauration de nouvelles lois pour régir les prix et les caractéristiques des produits du solaire,
- ❖ L'allocation d'un budget beaucoup plus conséquent à l'égard du ministère de l'énergie,
- ❖ La protection des petites et moyennes entreprises nationales dans le secteur de l'énergie photovoltaïque,
- ❖ La communication avec les populations sur les bienfaits de l'utilisation des énergies renouvelables notamment solaire pour une meilleure gestion des ressources et un développement durable du Sénégal,
- ❖ La mise à jour du recensement de toutes les entreprises évoluant dans le secteur des énergies renouvelables étant donné que plusieurs entreprises de ce secteur ont vu le jour,
- ❖ L'acquisition d'un savoir-faire et la construction de références dans l'énergie photovoltaïque en vue d'un positionnement du Sénégal à l'international,
- ❖ L'incitation des jeunes à la création et au développement de projets dans le domaine de l'énergie solaire pour utiliser au mieux les potentialités solaires dont le pays est inondée,
- ❖ L'intégration du photovoltaïque autoconsommé au réseau électrique en termes d'énergie et de puissance, en l'associant au service de la SENELEC,
- ❖ La proposition d'une taxe condamnant l'utilisation d'énergie ou produits polluants,
- ❖ La subvention quant à l'achat de produits issus des énergies renouvelables pour les ménages les plus vulnérables,
- ❖ Et enfin se positionner dans l'élan de la COP21 et des modalités d'attribution du fond vert<sup>27</sup>.

#### **4.5.2. Recommandations à l'égard de Total Sénégal**

Nos recommandations à l'égard de Total Sénégal concernent des mesures d'amélioration du projet « Awango by Total » et du service lampes solaires.

En effet, les résultats du questionnaire et des ventes de l'année démontrent que :

---

<sup>27</sup> <http://www.oecd.org/fr/environnement/l-elan-du-financement-climatique-est-donne.htm>

- ✓ Le projet est peu connu et les prix des lampes ne sont pas assez à la portée des cibles de bases qui sont les ménages à faibles revenus du milieu rural,
- ✓ Les ventes n'évoluent pas de manière stable au long des mois de l'année,
- ✓ La liste des concurrents de Total dans le solaire ne cesse de croître et de séduire toujours plus de clients,
- ✓ Et enfin le service lampes solaires de Total Sénégal est en sous-effectif de personnel face à la demande grandissante dans le secteur.

De ces éléments, nous pouvons faire les recommandations suivantes :

- ❖ Renforcer l'effectif du service solaire en recrutant un responsable marketing et des agents commerciaux en vue d'être à l'image des autres filiales SM du continent en terme d'organisation du service et de pourcentage de vente,
- ❖ Faire périodiquement (tous les 3 ou 6 mois) des caravanes de sensibilisation et de vulgarisation des produits solaires de Total notamment les lampes Awango by Total,
- ❖ Augmenter les formations du personnel des stations sur les produits du projet Awango by Total en vue d'orienter au mieux les clients,
- ❖ Réaliser une étude comparative des prix du marché pour identifier où se situe le prix optimum des ventes de lampes solaires au Sénégal,
- ❖ Elargir le réseau des partenaires et distributeurs de lampes solaires de Total au Sénégal,
- ❖ Investir dans la Recherche et le Développement (R&D) pour la création et le développement de produits compétitifs répondant davantage aux besoins du marché (kits solaires résidentiels, lampes solaires plus solides et moins coûteuses, etc.).

La seconde partie de notre étude nous a tout d'abord permis dans le premier chapitre d'avoir une présentation assez exhaustive de Total Sénégal et du Projet « Awango by Total », de ses différents produits et d'en faire une analyse SWOT.

Elle nous a permis dans le second chapitre de retenir à partir des résultats du projet « Awango by Total », qu'une bonne partie de la population connaît ou utilise des lampes solaires. Les critères d'achat des lampes solaires dépendent principalement du prix et de l'intensité de la lumière reflétée.

Le projet « Awango by Total » bénéficie quant à lui d'une faiblesse au niveau de la communication et de la connaissance de ses produits.

L'enquête par le questionnaire a également révélé quelques difficultés rencontrées qui ont permis d'enrichir les recommandations faites à l'égard des organismes étatiques et du service solaire de Total Sénégal.

GESAG - BIBLIOTHEQUE

CESAG - BIBLIOTHEQUE

## **CONCLUSION GENERALE**

L'énergie est le socle même de l'existence et l'évolution de la société humaine, les énergies renouvelables, dont figure l'énergie solaire permettent d'alimenter un maximum de produits et de services de la société.

Le Sénégal, de par sa position géographique est constamment inondé des rayonnements du soleil et possèdent donc d'énormes potentialités dans cette forme d'énergie.

Le gouvernement sénégalais l'a compris et multiplie depuis des années des mesures et des textes en vue de libéraliser et ouvrir ce marché d'avenir. Les enjeux sont donc majeurs notamment grâce aux chiffres et estimations de la SENELEC, des acteurs privés sur les énergies libres comme le gaz, le pétrole. Le système énergétique sénégalais est donc en pleine réforme grâce notamment à l'avènement du PSE.

En effet, la forte consommation du pays en énergie biomasse qui a un impact considérable sur les sols notamment par l'utilisation du charbon est un défi réel à revoir à la baisse.

Les perspectives de développement de l'énergie solaire restent notamment possibles par l'existence de différents organes publics et privés gérant le secteur.

L'ouverture du marché a permis à plusieurs projets ambitieux de voir le jour à l'image du projet Awango by Total.

La construction de notre modèle d'analyse a permis de décliner les méthodes de collecte et d'analyse des données qui ont conduit aux résultats de l'enquête.

En effet, pour avoir une meilleure idée sur les enjeux et perspectives de développement du solaire, nous avons choisi un certain nombre d'indicateurs et d'outils pour expliquer au mieux notre variable dépendante qui représente le thème de notre étude.

La présentation de Total Sénégal et du Projet « Awango by Total », de ses différents produits et de son analyse SWOT viennent renforcer les enjeux et perspectives de développement de l'énergie solaire au Sénégal.

L'évaluation à mi-parcours du projet « Awango by Total », a permis de savoir qu'une bonne partie de la population connaît ou utilise des lampes solaires. Aussi, les critères d'achat des lampes solaires dépendent principalement du prix et de l'intensité de la lumière reflétée. La marque et l'autonomie viennent quant à elles en 3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> position.

Le projet « Awango by Total » n'est pas assez connu des cibles de base à savoir les ménages à revenus faibles du milieu rural.

L'enquête par le questionnaire menée auprès d'un échantillon aléatoire dans quelques stations à Dakar et à Kaolack a permis d'obtenir des résultats très significatifs.

Les leçons tirées des difficultés rencontrées ont permis d'enrichir les recommandations faites à l'égard des organismes étatiques et du service solaire de Total Sénégal.

Le rôle du gouvernement dans le secteur des énergies renouvelables est donc d'agir en facilitateur et accompagnateur, en créant les conditions favorables et en disposant les gardes fous pour éviter les débordements de part et d'autre.

L'initiative de Total Sénégal par le Projet « Awango by Total » est assez louable mais reste à renforcer par manque de ressources humaines et de communication accrue sur les produits et services du solaire notamment des lampes.

La cible principale des lampes Awango by Total étant les ménages pauvres issus du milieu rural, il est donc important de faire une étude sur les prix optimums à proposer compte tenu de la concurrence et de la demande observée.

Cette étude permet aux organes évoqués de bénéficier d'un squelette pouvant servir de base à un travail de recherche, avec des moyens plus conséquents, pour une étude sur l'énergie solaire photovoltaïque et le marché des lampes solaires au Sénégal.

## **ANNEXES**

CESAG - BIBLIOTHEQUE

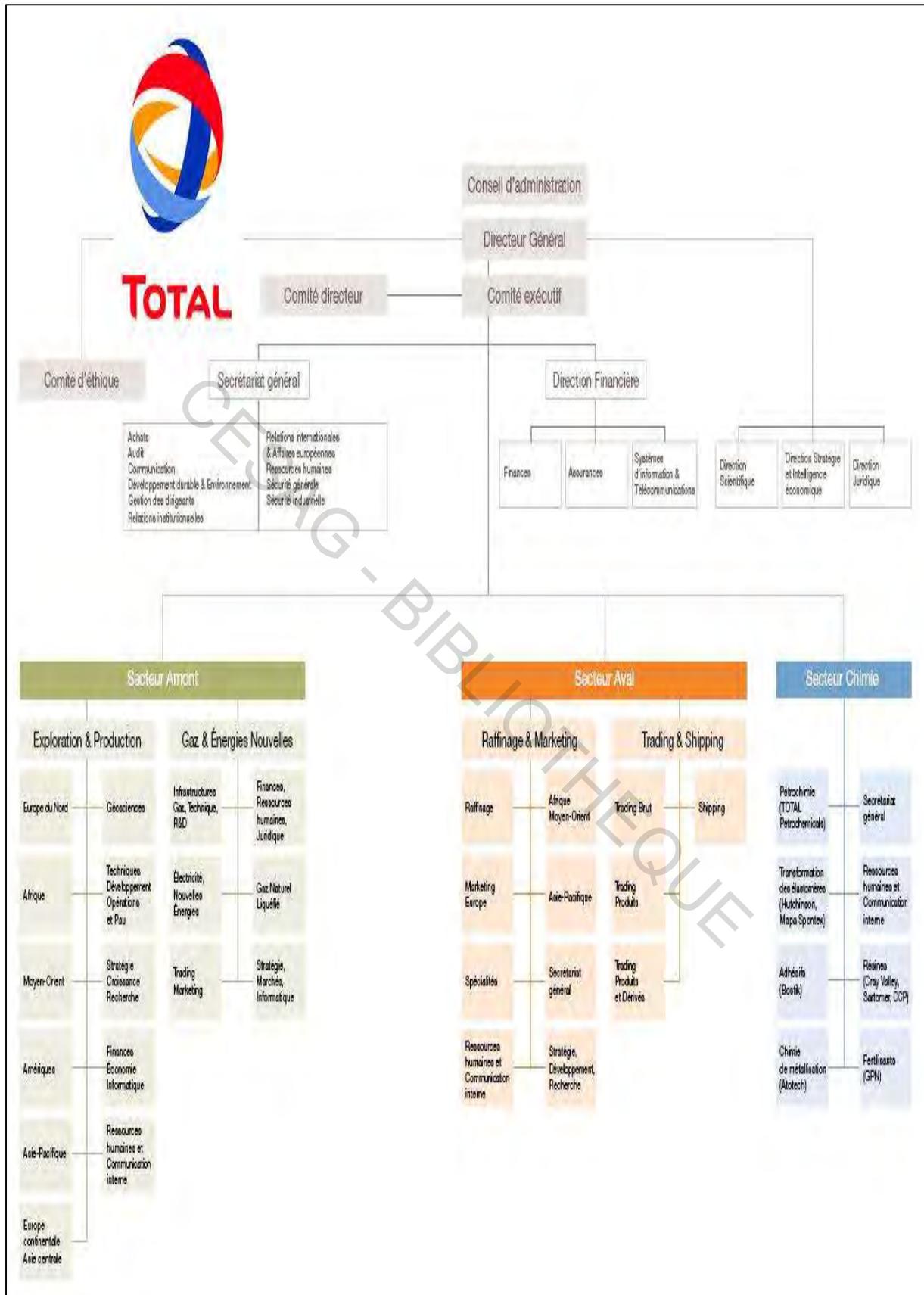
**Annexe 1 : Renseignements généraux sur Total Sénégal**

**II.1 Renseignements à caractère général sur Total Sénégal**

Dénomination	Total Sénégal S.A.
Forme juridique	Société anonyme avec conseil d'administration régie par les dispositions de l'acte uniforme de l'OHADA relatif au droit des sociétés commerciales et du groupement d'intérêt économique.
Siège social	Route de l'aéroport, sur la station Total Ngor BP 355 DAKAR, Sénégal Téléphone : +221 33 364 90 00 Télécopie : +221 33 364 90 90 Site internet : www.total-senegal.com
Objet social	La société a notamment pour objet : <ul style="list-style-type: none"><li>• Le commerce et l'industrie des hydrocarbures et de leurs dérivés sous toutes leurs formes ;</li><li>• La construction, le développement et l'exploitation de dépôts d'hydrocarbures ;</li><li>• Toutes activités de boutiques : achats, ventes de marchandises diverses ;</li><li>• Toutes opérations économiques entrant dans l'objet social ou susceptibles d'en favoriser le développement.</li></ul>
Date de constitution	1976
Capital	3 257 770 000 FCFA
Exercice social	1 <sup>er</sup> janvier au 31 décembre de chaque année (12 mois).
Registre du commerce	Registre de Commerce et Crédit Mobilier de Dakar sous le numéro SN-DKR -7977 B

DEVEZ ACTIONNAIRE DE TOTAL SENEGAL | 11

**Annexe 2 : Organigramme du Groupe Total**



Source : [www.total.com](http://www.total.com)

**Annexe 3 : Questionnaire d'enquête sur l'utilisation des lampes solaires au Sénégal**

**ENQUETE SUR L'UTILISATION DES LAMPES SOLAIRES AU SENEGAL**

Juin 2015 - CESAG-MASTER PRO GESTION DES PROJETS

Ce Questionnaire a été élaboré en vue d'avoir une estimation sur l'utilisation des lampes solaires au Sénégal ainsi que les critères de choix des acheteurs

**UTILISATION DU PRODUIT**

1. Avez vous déjà utilisé une lampe alimentée à partir de l'énergie solaire?

1. Oui  2. Non

2. Quelle Marque avez vous utilisé?

3. Quelle est l'estimation de la durée de la batterie de votre lampe solaire?

1. 4 heures  2. 6 heures  3. 8 heures  4. 12 heures  5. plus de 12 heures

*A noter que l'autonomie peut varier en fonction de la fréquence d'utilisation et du degré de charge d'une lampe à une autre*

4. Quelle appréciation faites vous de l'autonomie de la batterie?

1. Mauvais  2. Passable  3. Moyen  4. Bon  5. Excellent

5. A quelle fréquence utilisez-vous votre lampe?

1. Jamais  2. Rarement  3. Occasionnellement  4. Assez souvent  5. Très souvent

6. Pour quel type de service utilisez-vous votre lampe solaire?

1. Utilisation professionnelle  2. éclairage domestique  3. chargement téléphone  4. autre à préciser

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).*

7. Si 'autre à préciser', précisez :

**MOTIVATIONS D'ACHAT**

8. Quels sont vos critères de choix lors de l'achat d'une lampe solaire?

1. Prix  2. marque  3. esthétique  4. autonomie  5. poids  6. accessoires proposés  
 7. intensité de la lumière  8. autre à préciser

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).*

9. Si 'autre à préciser', précisez :

10. Habitez-vous dans une zone très touchée par les coupures de courant?

1. oui  2. non

11. Quel type de pièce ou de lieu souhaitez-vous alimenter avec votre lampe solaire?

1. Jardin  2. cuisine  3. chambre  4. salon  5. couloir  6. autre à préciser

*Vous pouvez cocher plusieurs cases (2 au maximum).*

12. Si 'autre à préciser', précisez :

13. Combien de lampes solaires possédez-vous?

*La réponse doit être comprise entre 1 et 5.*

**LAMPES SOLAIRES AWANGO BY TOTAL**

14. Connaissez-vous les lampes solaires Awango by Total?

1. oui  2. non

15. En avez-vous déjà acheté une?

1. oui  2. non

16. Si non, pourquoi?

*La question n'est pertinente que si Achat lampe = "non"*

17. Quel type de lampe solaire Awango by Total avez-vous acheté?

1. d.light S10  2. d.light S20  3. d.light S250  4. d.light S300  5. Sundaya Ultimium

*Vous pouvez cocher plusieurs casés (2 au maximum).*

18. Quel est votre niveau de satisfaction des lampes Solaires Total?

1. Pas du tout satisfait  2. Plutôt pas satisfait  3. Plutôt satisfait  4. Tout à fait satisfait

19. Recommanderiez-vous à quelqu'un d'acheter une lampe solaire Awango by Total?

1. Pas du tout  2. Plutôt non  3. Cela dépend  4. Plutôt oui  5. Tout à fait

20. Avez-vous des suggestions à faire?

1. oui  2. non

*La question n'est pertinente que si Suggestions = "oui"*

21. Si oui, précisez-les

**INFORMATIONS SUR L'INTERESSE**

22. Etes-vous?

1. Homme  2. Femme

23. Quel est votre zone d'habitation?

1. Dakar centre  2. dakar banlieu  3. régions

24. Si 'régions', précisez :

25. Quelle est votre situation professionnelle?

1. Salarié  2. artisan  3. agriculteur  4. étudiant  5. chômeur  6. entrepreneur  7. retraité

26. Quelle est votre situation matrimoniale?

1. célibataire  2. marié(e)  3. veuf(ve)  4. divorcé

27. Quelle est la taille de votre ménage?

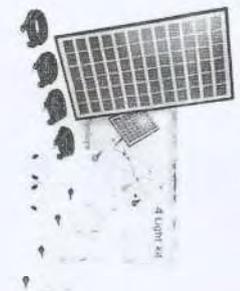
1. Moins de 2 personnes  2. Moins de 4 personnes  3. moins de 6 personnes  4. Plus de 6 personnes

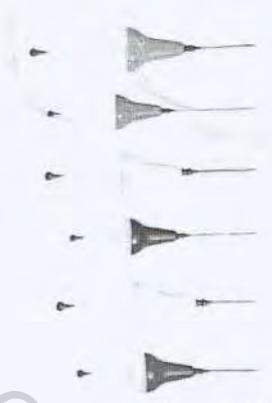
**Annexe 4 : Caractéristiques générales lampes solaire D.Light S10 et S.250 du Projet « Awango by Total »**

	Petite lampe	Lampe médium
Produit	S10 D.Light	S250.D.Light
		
Eclairage	2 niveaux	4 niveaux
Luminosité des LEDs	14-20 lm	5-20-40-70 lm
Autonomie	4-8 h	4-100 h
Recharge portable	non	oui
Autres fonctionnalités	recharge sur secteur	recharge sur secteur
Portée de la lumière pour un usage de lecture	Distance : 60cm Diamètre : 1m	Distance : 1m Diamètre : 2m
Garantie	1 an	1 an

**Annexe 5 : Caractéristiques générales lampes solaires Sundaya Ultimium**

## 2 - DONNÉES GÉNÉRALES



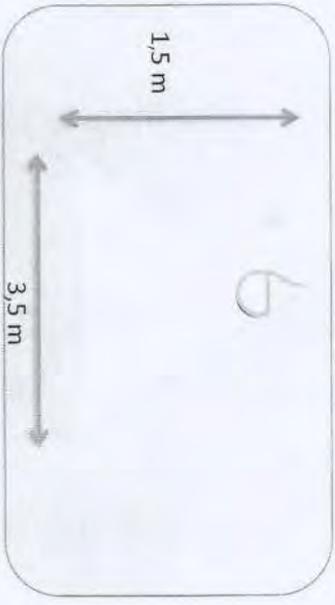




- Sundaya Ultimium est un système d'éclairage solaire modulaire.
- Il permet l'éclairage et la recharge des téléphones portables.
- Il possède trois niveaux d'éclairage :

NIVEAU DE LUMINOSITÉ	TYPE D'UTILISATION	DURÉE D'UTILISATION MAX	LUMINOSITÉ (LUMEN)
Haut	Travail de précision	6h	240
Moyen	Travail Individuel / Cuisine	12h	120
Bas	Lumière d'ambiance	60h	25

- Au niveau « haut » : On peut lire et travailler de façon satisfaisante jusqu'à 1,5m de la lampe et dans un rayon de 3,5m (4/5 personnes)
- Zone de lecture :



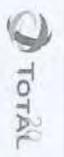
**Annexe 6 : Données indiquant quoi faire en cas de lampe Awango by Total défectueuse**

**QUE FAIRE EN CAS DE DÉFAUT DU PRODUIT AU MOMENT DE LA VENTE?**

Si vous repérez un produit défectueux au moment de la vente, complétez le Formulaire de produits défectueux **en deux exemplaires** (un pour la station et un pour le délégué réseau), et notez-y :

1. Le nom du vendeur en charge de la vente,
2. Le nom de la station,
3. La date,
4. La description du produit (le modèle de la lampe),
5. Le numéro de série de la lampe,
6. Dans le bloc « cas A : le produit est détecté défectueux avant la vente », précisez le type de défaut (par ex: absence d'un composant ou clignotement de la lampe),
7. Terminez avec la signature du gérant ou du vendeur.

Le renvoi à la filiale du formulaire correctement rempli, **accompagné du produit défectueux** correspondant, déclenchera la procédure de **remboursement** de la station en compensation du produit défectueux.

CESAG - BIBLIOTHEQUE

**BIBLIOGRAPHIE**

## OUVRAGES

1. BRIGAND Sylvain (2011), *Installations solaires photovoltaïques: Dimensionnement - Installation et mise en œuvre – Maintenance*, Editions Le Moniteur.
2. HANKINS Mark (2012), *Installations solaires photovoltaïques autonomes : Conception et installation d'unités non raccordée au Réseau*, Editions Dunod, Paris.
3. LABOURET Anne (2010), *Cellules solaires : les bases de l'énergie photovoltaïque*, 5e édition, Editions, ETSF, Paris.
4. TISSOT Michel (2012), *L'énergie solaire, thermique et photovoltaïque*, Editions Eyrolles.

## REVUE DOCUMENTAIRE

1. Atlas, PNUD, 2007.
2. Document de l'offre publique de vente d'actions de Total Sénégal du 8 octobre au 7 novembre 2014.
3. Note de Synthèse Rapport SIE, 2010.
4. Perspectives économiques en Afrique, Banque Mondiale, DPEE, BCEAO.
5. Rapport SIE Sénégal, 2010.
6. Rapport Guide des Acteurs ENR, 2011.

## SOURCES INTERNET

7. 4UATRE, <http://4uatre.digi.cyberie.net/>.
8. CONNAISSANCE DES ENERGIES, <http://www.connaissancedesenergies.org/>.
9. NIOKOBOK, [www.niokobok.com](http://www.niokobok.com).
10. TOTAL, <http://www.total.com/>.

---

## TABLE DES MATIERES

---

DEDICACES .....	ii
REMERCIEMENTS .....	iii
LISTE DES SIGLES ET ABREVIATIONS .....	iv
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES.....	vii
LISTE DES ANNEXES.....	viii
SOMMAIRE .....	ix
INTRODUCTION GENERALE.....	1
PREMIERE PARTIE : APPROCHE THEORIQUE ET METHODOLOGIQUE.....	6
Chapitre 1 : Approche théorique et contexte de l'étude.....	8
1.1. Définitions de l'énergie.....	8
1.2. Les formes d'énergies libres .....	8
1.2.1. L'énergie de gravitation .....	9
1.2.2. L'énergie cinétique dont l'énergie éolienne.....	9
1.2.3. L'énergie thermique ou calorique .....	9
1.2.4. L'énergie radiative dont l'énergie solaire .....	10
1.2.5. L'énergie chimique dont les énergies fossiles.....	10
1.2.6. L'énergie électrique.....	10
1.2.7. L'énergie nucléaire.....	10
1.3. Classification.....	11
1.3.1. Les consommations d'énergie primaire .....	11
1.3.2. Les énergies renouvelables ou non renouvelables .....	11
1.4. Présentation de l'énergie photovoltaïque, avantages et limites.....	12
1.4.1. Présentation de l'énergie photovoltaïque .....	12
1.4.1.1. Définition.....	12
1.4.1.2. Transformation de l'énergie photovoltaïque .....	13
	90

1.4.2.	Avantage de l'énergie photovoltaïque.....	15
1.4.2.1.	Impacts sur la planète .....	15
1.4.2.2.	Impacts sur l'homme .....	16
1.4.3.	Inconvénients de l'énergie photovoltaïque .....	17
1.5.	Contexte énergétique du Sénégal .....	18
1.5.1.	Présentation du Sénégal et de son système énergétique.....	18
1.5.1.1.	L'approvisionnement en énergie .....	20
1.5.1.2.	La consommation d'énergie .....	21
1.5.1.3.	L'énergie domestique.....	24
1.5.1.4.	Le parc de production et le réseau de distribution d'électricité .....	25
1.5.1.5.	Le réseau de distribution de l'électricité: .....	26
1.5.1.6.	Le taux d'électrification .....	27
1.5.1.7.	Le prix de l'énergie .....	28
1.5.1.8.	Les énergies renouvelables.....	29
1.5.1.8.1.	La biomasse .....	29
1.5.1.8.2.	L'énergie solaire .....	30
1.5.1.9.	Le cadre institutionnel sénégalais du secteur de l'énergie .....	32
1.5.1.10.	Quelques données sur l'énergie photovoltaïque au Sénégal.....	34
Chapitre 2 : Méthodologie de l'étude.....		38
2.1.	le modèle d'analyse.....	38
2.1.1	Les variables .....	38
2.1.2	Le modèle d'analyse .....	40
2.2.	La méthode de collecte de données.....	40
2.2.1	Les différentes formes de questionnaire .....	41
2.2.1.1	Le questionnaire fermé .....	41
2.2.1.2	Le questionnaire ouvert .....	41

2.2.1.3	Quels usages peut-on faire de l'enquête par questionnaire en évaluation pays ?	42
2.2.1.4	Comment mettre en œuvre l'enquête par questionnaire ? .....	42
2.2.1.5	Conditions d'emploi de l'outil Elaboration du questionnaire .....	42
2.3.	La méthode d'analyse des données .....	43
DEUXIEME PARTIE : PRESENTATION ET ANALYSE DES RESULTATS .....		46
Chapitre 3: Présentation de Total Sénégal .....		47
3.1.	Historique de total Sénégal .....	47
3.2.	Domaines et formes d'intervention de Total Sénégal .....	47
3.3.	Réseau de stations-service.....	48
3.4.	Résultats de total Sénégal pour l'exercice 2014.....	49
3.4.1	Activités depuis le 1 <sup>er</sup> Janvier 2014 .....	49
3.4.2	Chiffre d'affaires.....	50
3.5.	Présentation du projet lampes solaires « Awango by Total » de total Sénégal.....	51
3.5.1	Objectif de vente .....	53
3.5.2	Organisation du Service Solaire de Total Sénégal.....	53
3.5.3	Processus de commercialisation des lampes.....	53
3.5.4	Présentation de l'Offre au Sénégal .....	54
3.5.4.1.	La D.Light S10 .....	54
3.5.4.2.	La D.Light S20 .....	55
3.5.4.3.	La D.Light S250 .....	55
3.5.4.4.	La D.Light S300 .....	56
3.5.4.5.	La Sundaya Ulitium.....	56
3.5.5.	Analyse SWOT du projet du projet « Awango by Total ».....	57
Chapitre 4 : RESULTATS et recommandations .....		58
4.1.	Analyse de l'utilisation des lampes solaires au Sénégal .....	58
4.1.1.	Caractéristiques générales des enquêtés.....	59

4.1.1.1. Echantillonnage .....	59
4.1.1.2. Nombre d'utilisateurs de lampes solaires .....	60
4.1.1.3. Situation matrimoniale de l'échantillon de l'enquête .....	60
4.1.1.4. Situation professionnelle de l'échantillon .....	61
4.1.1.5. Connaissances des lampes solaires de Total.....	61
4.1.1.6. Utilisateurs des lampes Awango by Total .....	61
4.1.1.7. Critères d'achat de lampes solaires .....	62
4.1.1.8. Types de lampes Awango by Total achetées.....	63
4.1.2. Analyse Bi-Variée .....	63
4.1.2.1. Rapport entre la zone d'habitation et l'utilisation de lampes solaires .....	64
4.1.2.2. Rapport entre l'achat de lampes Awango by Total et les critères de choix....	65
4.1.2.3. Rapport entre les recommandations et le niveau de satisfaction des lampes Awango by Total .....	66
4.2. Présentation des enjeux de l'énergie photovoltaïque au Sénégal.....	66
4.2.1. Taux d'électrification urbaine .....	67
4.2.2. Taux d'électrification rurale.....	68
4.3. Perspectives de développement de l'énergie solaire photovoltaïque au Sénégal ..	72
4.4. Difficultés rencontrées .....	73
4.5. Recommandations .....	73
4.5.1. Recommandations à l'égard des organismes publics ou étatiques.....	73
4.5.2. Recommandations à l'égard de Total Sénégal .....	74
CONCLUSION GENERALE .....	77
ANNEXES .....	80
BIBLIOGRAPHIE .....	88
TABLE DES MATIERES .....	90