

Dimensionnement d'une installation solaire pour la réalisation de travaux pratiques dans les lycées et collèges en zone isolée

D. SORO*, M. H. C. YAPI, B. FOFANA et N. A. YAO

*Ecole Normale Supérieure (ENS) d'Abidjan, Département des Sciences et Technologie,
08 BP 10 Abidjan 08, Côte d'Ivoire*

* Correspondance, courriel : donafologosoro@yahoo.fr

Résumé

Ce travail consiste à faire le dimensionnement d'un système photovoltaïque pour la réalisation des travaux pratiques dans les lycées et collèges dans les zones isolées de la république de Côte d'Ivoire. Cette étude s'est faite fondamentalement en s'appuyant sur des établissements secondaires à base deux. Quatre groupes de travaux pratiques par classe sont retenus. La durée des expériences est de trente minutes (30 mn). Le nombre de panneaux solaires devant constituer le générateur photovoltaïque (PV), le nombre de batteries à utiliser pour stocker l'énergie pour les périodes non ensoleillées, la puissance de l'onduleur et celle du régulateur sont déterminés en s'appuyant sur le prix total de l'installation et de l'espace occupé. Ainsi pour le premier cycle du secondaire, le système est composé d'un seul panneau photovoltaïque de type Yingli solar de puissance 310 watts crêtes (Wc), de cinq batteries de 100 Ah, d'un régulateur Anself AS ($I_o = I_s = 40$ A) et d'un onduleur de 300 W. Au second cycle, le panneau photovoltaïque est toujours de marque Yingli solar mais cette fois-ci avec une puissance de 100Wc. Le nombre de batteries est 7 avec une capacité de 100 Ah chacune, d'un régulateur Allwin ($I_o = I_s = 50$ A) et d'un onduleur de 500 W. Pour un établissement ayant les deux cycles, le système est constitué de huit modules Yingli solar de puissance 100 Wc, de onze batteries de capacité 100 Ah chacune, d'un régulateur Allwin ($I_o = I_s = 50$ A) et d'un onduleur de 600 W.

Mots-clés : *dimensionnement, système photovoltaïque, panneau solaire, énergie solaire.*

Abstract

Dimensioning of a solar installation for the practical works in the lycées and colleges in insulated area

This work involves the sizing of a photovoltaic system for the realization of practical work in high schools and colleges in isolated areas of the Republic of Côte d'Ivoire. This study was basically based on secondary schools based on two. Four groups of practical work per class are retained. The duration of the experiments is thirty minutes (30 minutes). The number of solar panels to constitute the photovoltaic generator (PV), the number of batteries to be used to store energy for non-sunny periods, the power of the inverter and that of the regulator are determined based on the price total installation and occupied space. Thus, for the first cycle of secondary school, the system is composed of a single photovoltaic panel type Yingli solar of power 310 watts peaks (Wc), five batteries of 100Ah, a regulator Anself AS ($I_o = I_s = 40$ A) and an inverter (300W). In the second cycle, the photovoltaic panel is still brand Yingli solar but this time with a power of 100Wc. The number of batteries is 7 with a capacity of 100 Ah each, an Allwin regulator ($I_o = I_s = 50$ A) and a 500 W inverter.

For an establishment having both cycles, the system consists of eight Yingli solar modules of power 100 Wc, eleven batteries of capacity 100 Ah each, of a regulator Allwin ($I_e = I_s = 50$ A) and a 600 W inverter.

Keywords : *dimensioning, photovoltaic system, solar panel, solar energy.*

1. Introduction

L'énergie utilisée couramment est basée dans sa grande majorité sur les énergies conventionnelles c'est-à-dire les énergies fossiles. Ils fournissent plus de 80 % de l'énergie utilisée, loin devant l'énergie nucléaire et les autres formes d'énergie [1 - 3]. Ces énergies en plus d'être coûteuses et nuisibles, parce qu'à la base du réchauffement climatique [4, 5], s'épuisent de jour en jour. Trouver une alternative énergétique est devenu donc très crucial pour notre civilisation. Beaucoup de recherches ont été faites en ce sens pour le développement des énergies renouvelables. En effet ces dernières sont respectueuses de l'environnement [6, 7]. En Afrique, la cherté de la production d'électricité, empêche la distribution de celle-ci à toutes les populations [8, 9]. Plusieurs sont les ménages, et les communautés qui n'y ont pas accès. Un autre problème important est que les barrages qui alimentent les centrales électriques, perdent leurs puissances, leurs débits ayant chutés ces dernières années du fait du réchauffement climatique [10, 11]. Cela constitue un véritable défi. En Côte d'Ivoire par exemple, de très vastes zones à travers tout le pays ne disposent pas d'électricité. Le taux de couverture nationale est de 53 % [12]. Il y'a même des institutions qui dans ces zones, manquant d'électricité, ne peuvent offrir pleinement leurs services aux concitoyens. Or nous le savons bien, sans énergie, il n'y a pas de réel développement. A côté de ces institutions, il faut évoquer l'école qui en première ligne subit ce grand revers. Parfois à cause des coupures d'électricités ou délestages, des devoirs et même des cours ne peuvent se tenir. Dans le cadre de la Physique-Chimie, des expériences dépendent du courant du secteur. Il est déplorable de constater que ce problème d'électricité empêche la réalisation de celles-ci. Et pourtant sans expériences à l'appui, un cours de Physique-Chimie perd un peu de sa substance [13]. Il nous faut donc chercher une autre source d'énergie pour remédier cette situation. Notre choix s'est donc porté sur l'énergie photovoltaïque. Cette étude portera sur le dimensionnement d'une installation solaire pour l'alimentation en courant électrique d'un laboratoire de Physique-Chimie en milieu rural pour la réalisation de travaux pratiques.

2. Matériel et méthodes

2-1. Évaluation des besoins en énergie

Dans le laboratoire de Physique-Chimie, il se distingue deux groupes de matériels: celui de la chimie et celui de la physique. Généralement dans les établissements scolaires, le matériel de Physique-Chimie est stocké dans la salle de collection. Nous nous intéressons au matériel utilisant le courant du secteur que ce soit en Physique ou en Chimie. Nous nous sommes appuyés sur les guides et programmes de Physique-Chimie allant de la quatrième à la Terminale. Cela a consisté à recenser les cours ainsi que les expériences liées à ses cours dont le matériel utilise le courant du secteur. A partir de ce matériel recensé, nous avons calculé les énergies consommées au cours de chaque expérience. Ensuite dans chaque cycle, nous avons déterminé les énergies maximales consommées. Ces résultats sont consignés dans les **Tableaux 1 et 2**.

Tableau 1 : Energies maximales consommées par classe au collège

| Niveau | Energie (Wh) | Expérience | Dispositifs expérimentaux | Titre de la leçon |
|--------|--------------|----------------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| 4ième | 840 | tension alternative. Sinusoïdale | GTBF, Oscilloscope | Tension alternative. Sinusoïdale |
| 3ième | 912 | Puissance électrique | Lampes, Générateur | Électrolyse de l'eau |

Tableau 2 : Energies maximales consommées par classe au lycée

| Niveau | Energies (Wh) | Expériences | Dispositifs expérimentaux | Titre de la leçon |
|--------------------|---------------|---|---|--------------------------------|
| 2 ^{nde} A | 756 | Electrolyse | Electrolyseur, Lampe | Solution aqueuse |
| 2 ^{nde} C | 600 | Réaction de Dosage | Dispositif de dosage | Dosage |
| 1 ^{ère} A | 267 | Caractéris. d'un résistor | GT, Lampe | dipôles passifs |
| 1 ^{ère} D | 540 | Faire réaliser un dosage | Générateur 6-12V Agitateur magnétique. | Dosage |
| 1 ^{ère} C | 272 | Formule de conjugaison | Banc optique Générateur 6-12V | Introduction à l'optique |
| Tle D | 1248 | Conductibilité de l'eau et d'une solution | Electrolyseur Générateur 6-12V | Acide fort-Base forte |
| Tle C | 600 | Mélange acide et base | Electrolyseur, Alimentation, Agitateur magnétique. | Réaction acide fort-base forte |

2-2. Détermination du nombre de panneaux photovoltaïques

Un panneau solaire produit de l'électricité de manière intermittent à cause des variations d'éclairement du soleil. La puissance électrique qu'il fournit exprimée en watts varie donc suivant les heures de la journée et des saisons. Pour pouvoir comparer la puissance entre panneaux, on utilise le Watt crête, une mesure qui correspond à la puissance maximale que pourra débiter le panneau dans les conditions d'éclairement optimal STC (Standard Test Condition). Ces conditions sont 1000W de lumière/m². Pour déterminer le nombre de panneaux, on s'intéressera d'abord à deux paramètres qui sont : la consommation moyenne journalière, et l'irradiation incidente moyenne journalière reçue [14, 15]. On effectue le calcul sur la période la plus défavorable avec une inclinaison raisonnable des modules ou panneaux. La consommation d'énergies de chaque établissement scolaire connue, il faut aussi tenir compte des pertes d'énergies. Il convient alors de produire d'avantage d'énergies pour avoir une consommation suffisante. Cette énergie notée Ep (tient compte des pertes) s'écrit :

$$E_p = \frac{E_c}{k} \tag{1}$$

Ep est l'énergie produite, Ec l'énergie consommée et k le coefficient de l'incertitude météorologique.

Ce coefficient k prend en compte l'incertitude météorologique, l'inclinaison non corrigée des modules, la non optimalité du point de fonctionnement des modules (vieillessement, poussières, etc.), le rendement de charge et de décharge des batteries, le rendement du régulateur et de l'onduleur, et des pertes dans les câbles et les connexions. k est en général compris entre 0.55 et 0.65. Au cours de cette étude, nous fixons la valeur de k à 0,55. La puissance correspondant à cette énergie Ep est déterminée en fonction de l'irradiation de la région où est située l'installation.

$$P_c = 1000 \times \frac{E_p}{I_r} \quad (2)$$

où, est la puissance consommée, E_p l'énergie produite et I_r représente l'irradiation.

La Côte d'Ivoire étant situé en zone équatoriale, l'irradiation est de 6 kWh / m² / jour. Le facteur 1000 vient des conditions standards (température 25°C, éclairement 1000 W/m²) qui est le rayonnement solaire direct reçu au niveau du sol (à 90° d'inclinaison) du fait de l'absorption dans l'atmosphère (AM1). En effet, l'irradiation est exprimé en kWh, et la puissance du module en Wc d'où la nécessité de multiplier par ce facteur 1000. Pour connaître le nombre de module, il suffit de diviser cette puissance par la puissance du module, le tout multiplié par 1000. Le nombre N_m de Panneaux est alors donné par la **Relation** suivante :

$$N_m = \frac{E_u}{E_m} 1000 \quad (3)$$

avec, E_u représentant l'énergie utile ou nécessaire et E_m l'énergie d'un module.

Ce calcul sera effectué sur trois modèles de modules. Une fois le nombre de modules connu, on s'intéressera à l'architecture du générateur PV. On obtient le nombre de modules en série N_{MS} grâce à la relation suivante :

$$N_{MS} = \frac{T_{FR}}{V_{max}} \quad (4)$$

N_{MS} nombre de modules en série, T_{FR} la tension du régulateur utilisé et V_{max} la tension maximale du module.

Le nombre de branches en parallèle N_{BP} est déterminé comme suit :

$$N_{BP} = \frac{N_M}{N_{MS}} \quad (5)$$

Dans cette relation, N_{BP} est nombre de branches en parallèle, N_M est nombre total de modules et N_{MS} le nombre de modules en série.

2-3. Déterminations du nombre de batteries

Les batteries restent les éléments les plus fragiles du dispositif et la qualité de leur contrôle et de leur entretien, influence grandement leur durée de vie. Pour déterminer leur nombre nécessaires, il faut d'abord connaître la consommation journalière de l'installation, la tension, et leur capacité. Ensuite on détermine l'autonomie que l'on souhaiterait avoir, puis on évalue les pertes et leur profondeur maximale de décharge. La capacité totale que devra accumulée les batteries est donnée par la **Formule** suivante :

$$Cap = \frac{E_c \times Aut}{D \times U} \quad (6)$$

Cap est la capacité total des batteries, E_c est l'énergie consommée, Aut est l'autonomie du système, D est la profondeur de décharge et U la différence de potentiel aux bornes des batteries.

L'autonomie (Aut) varie généralement entre 3 à 15 jours. Pour cette étude, nous choisissons une autonomie de 3 jours vu que nous sommes dans une zone tropicale où le soleil est très généreux. La profondeur de décharge D est fixée à 0,5. U est la tension aux bornes des batteries. Cette capacité totale ayant été obtenue, on fait le rapport de celle-ci par la capacité de la batterie pour en obtenir le nombre total N .

$$N = \frac{Cap}{Cbat} \tag{7}$$

où, *Cap* est la capacité totale des batteries et *Cbat* la capacité d'une batterie.

2-4. Détermination du régulateur de charges

Le contrôleur de charge est l'élément central d'un système photovoltaïque autonome. Il contrôle les flux d'énergie. Les panneaux solaires n'envoient pas à tout moment de la journée un flux continu d'électricité. Le contrôleur de charge régule donc le flux afin d'alimenter les batteries avec régularité et les protéger. Par ailleurs, lorsque le ciel est très couvert, et que les panneaux ne délivrent plus d'énergie, il peut arriver que l'utilisateur ait besoin d'énergie. Ce qui occasionnerait une importante décharge des batteries. Le régulateur intervient alors pour prévenir d'une trop profonde décharge qui endommagerait les batteries. Le contrôleur de charge assure à la fois les fonctions de surveillance et de protection. En entrée : on doit s'assurer que le régulateur ait une intensité du courant plus grande ou égale à celle produite par des panneaux. On considère que les modules sont tous mis en parallèles. Cela nous permet de déterminer l'intensité maximale produite par les modules PV. En sortie : on doit s'assurer que le régulateur ait une intensité plus grande ou égale à l'intensité traversant les charges (c'est-à-dire les appareils à alimenter). On considère la puissance utilisée par nos générateurs car c'est la puissance demandée par ces charges. À l'entrée Le dimensionnement de la régulation de charge dépend de la puissance du générateur. L'intensité d'entrée du régulateur doit être supérieure à la valeur maximale de l'intensité produite par le générateur c'est-à-dire l'ensemble ces panneaux ou modules. On applique la relation :

$$I_e = 1,5 \times n_{module} \times I_{module} \tag{8}$$

avec, I_e l'intensité d'entrée, n_{module} nombre de module et I_{module} l'intensité d'un module.

À la sortie Le dimensionnement de la régulation de charge dépend de la puissance totale des récepteurs (ou utilisations). L'intensité admissible du courant de sortie du régulateur doit être supérieure à la valeur maximale appelée par les récepteurs. On applique la relation :

$$I_e = 1,5 \times \frac{P_{charge}}{U_{charge}} \tag{9}$$

I_e est l'intensité d'entrée, n_{module} le nombre de module et I_{module} l'intensité d'un module.

Par conséquent, il sera installé des régulateurs de tension d'entrée admissible supérieure à l'intensité totale des panneaux et d'intensité de sortie admissible supérieure à l'intensité des récepteurs.

2-5. Détermination de la puissance de l'onduleur

Un onduleur a pour principe de transformer une tension continue en une tension alternative. Un onduleur n'a pas de rendement fixe. Il est plus efficace au trois-quarts de sa puissance maximale et moins efficace à faible puissance. Pour dimensionner un onduleur on serait tenté de choisir un onduleur de puissance égale à la puissance totale des panneaux photovoltaïques mais, ce serait oublier les pertes, dû à l'appareil lui-même à la température ambiante et à la saison. Pour ce faire, on fixe la puissance nominale de l'onduleur en faisant les estimations suivantes :

- la charge maximale probable pendant une durée doit être supérieure à 20 min.

- la charge maximale instantanée doit être généralement 04 fois la puissance du moteur le plus puissant que l'onduleur devra démarrer [16].

L'onduleur choisi dépend de la capacité des panneaux utilisés. L'onduleur doit avoir une puissance d'entrée (côté DC) d'environ 90 % de la puissance crête des panneaux. Les installations photovoltaïques fonctionnent souvent sous une faible tension (12 à 48 Vcc) et avec un courant élevé, pourtant les pertes en lignes sont de l'ordre RI^2 (R : résistance du câble considéré) [17]. Il faut déterminer la section de câbles nécessaire de façon à limiter les pertes en lignes. Il faudra qu'elle soit faible par rapport à la puissance transmise par la ligne (inférieure à 4 ou 5 %). Un surdimensionnement de l'onduleur ou un sous-dimensionnement ne porte pas de préjudice à notre système photovoltaïque.

3. Résultats et discussion

3-1. Générateur photovoltaïque

Les **Tableaux 3 et 4** représentent respectivement les énergies maximales consommées au premier et second cycle de l'enseignement général en Côte d'Ivoire.

Tableau 3 : Energies maximales consommées par classe au collège

| Niveau | Energie (Wh) Cosommée | Experieces | Dispositifs expérimentaux | Titre de la leçon |
|-------------------|-----------------------|-----------------------------------|---------------------------|---------------------------------|
| 4 ^{ième} | 840 | tension alternative. sinusoïdale. | GTBF, Oscilloscope | Tension alternative sinusoïdale |
| 3 ^{ième} | 912 | Puissance électrique | Lampes, Générateur | Électrolyse de l'eau |

Tableau 4 : Energies maximales consommées par classe au lycée

| Niveau | Energies (Wh) | Expériences | Dispositifs expérimentaux | Titre de la leçon |
|--------------------|---------------|---|--|--------------------------------|
| 2 ^{nde} A | 756 | Electrolyse | Electrolyseur, Lampe | Solution aqueuse |
| 2 ^{nde} C | 600 | Réaction de Dosage | Dispositif de dosage | Dosage |
| 1 ^{ère} A | 267 | Caractéristique d'un résistor | GT, Lampe | dipôles passifs |
| 1 ^{ère} D | 540 | Faire réaliser un dosage | Générateur 6V-12V Ag. magnétique. | Dosage |
| 1 ^{ère} C | 272 | Formule de conjugaison | Banc optique Générateur 6V-12V | Introduction à l'optique |
| Tle D | 1248 | Conductibilité de l'eau et d'une solution | Electrolyseur Générateur 6V-12V | Acide fort-Base forte |
| Tle C | 600 | Mélange acide et base | Electrolyseur, Alimentation Agitateur magnétique. | Réaction acide fort-base forte |

Au premier cycle, l'énergie maximale consommée a lieu en classe de 3^{ième}, elle est de 912 Wh (**Tableau 3**). Cette énergie est retenue pour le dimensionnement du générateur PV pour le laboratoire de collège. Au lycée, la plus grande consommation se fait en classe de Terminale D, (**Tableau 4**). Cette énergie sera considérée comme l'énergie que devra délivrer le générateur PV pour le laboratoire de Physique-Chimie d'un établissement ne comportant que le second cycle. Pour un établissement comportant les deux cycles, la valeur de l'énergie est de 2160 Wh. C'est la somme des énergies consommées dans chaque cycle. Ces différentes valeurs sont mentionnées dans le **Tableau 5**.

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des puissances à fournir aux récepteurs

| | Energies à fournir (Wh) | Puissance Pc (Wc) |
|--------------------------------|-------------------------|-------------------|
| Laboratoire de collège | 912 | 276,37 |
| Laboratoire de Lycée | 1248 | 378,19 |
| Laboratoire pour à deux cycles | 2160 | 654,55 |

Le maximum de puissance consommée par les expériences au collège est nettement inférieur à la puissance maximale que peut consommer une expérience au lycée. Cela est dû au programme très dense de Physique-Chimie au lycée. Nous déterminons le nombre de modules pour chaque cycle d'étude selon le type de modules. Pour des raisons de symétrie nous avons fait passer les effectifs impairs en chiffres pairs sauf le cas où le générateur photovoltaïque est constitué d'un seul module. Le but est de trouver les associations en série et les branches parallèles lors de l'installation des systèmes PV. La puissance retenue pour le dimensionnement du générateur PV au premier cycle, au second et pour un établissement composé des deux cycles sont respectivement 276,37 Wc, 378,19 Wc et 654,55 Wc. Nous présentons dans le **Tableau 6**, le dimensionnement du générateur selon les différents types de modules préalablement choisis et leurs associations possibles au premier cycle.

Tableau 6 : Dimensionnement des générateurs PV pour le premier cycle

| Modèle de modules PV | France Solar 50 Wc | Yingli solar 100 Wc | Yingli Solar 310 Wc |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Nombre de modules théoriquement | 6 | 3 | 1 |
| Nombre de modules dans la pratique | 6 | 4 | 1 |
| Modules en série | 2 | 2 | 1 |
| Nombre de branches parallèles | 3 | 2 | 0 |
| Prix de revient (FCFA) | 240 000 | 192 000 | 146 000 |
| Surface total (m ²) | 03,74 | 02,67 | 00,99 |

On constate que pour alimenter un laboratoire au premier cycle, il faut soit un module de puissance 310 Wc soit quatre de 100 Wc ou six de 50 Wc. Plus les modules ont une puissance faible, plus leur nombre pour l'installation photovoltaïque est grand. A l'inverse, plus ils ont une puissance élevée et moins est le nombre dont on a besoin. Les modules de 50 Wc occupent beaucoup plus d'espaces que les autres. Ceux de 310 Wc occupent moins d'espaces. Ils sont peu encombrants et donc faciles à entretenir. On réalise avec les modules de 50 Wc une association comprenant trois branches, avec deux modules en série sur chaque branche. Ceux de 100 Wc ont deux branches parallèles composées de deux modules en série. En termes de coût, le prix de revient des modules de 50 Wc est plus élevé que les modules de 100 Wc. Par contre les modules de 310 Wc sont moins chers et en nombre réduit que les autres. Le générateur PV de lycée doit fournir une puissance de 378,19 Wc. Les résultats du dimensionnement sont reportés dans le **Tableau 7**.

Tableau 7 : Dimensionnement des générateurs PV pour le second cycle

| Modèle de modules PV | France Solar 50 Wc | Yingli solar 100 Wc | Yingli Solar 310 Wc |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Nombre de modules théoriquement | 08 | 04 | 02 |
| Nombre de modules dans la pratique | 08 | 04 | 02 |
| Modules en série | 02 | 02 | 02 |
| Nombre de branches parallèles | 04 | 02 | 00 |
| Prix de revient (FCFA) | 320 000 | 192 000 | 292 000 |
| Surface total (m ²) | 04,99 | 02,67 | 01,98 |

Au regard des résultats du **Tableau 7** l'installation du système solaire pour ce cycle nécessite huit modules de 50 Wc avec une architecture de quatre branches parallèles comportant chacune deux modules en série. Quant à ceux de 100 Wc on a deux branches en dérivation avec deux panneaux solaires en série dans chaque branche. Enfin pour ceux de 310 Wc, le générateur photovoltaïque est composé de deux disposés en série. Les modules de 50 Wc occupent 04,99 m², alors que ceux de 100 Wc en occupent 02,26 m² et ceux de 310 Wc environ 02 m². Du point de vue coût, le système composé de modules de 100 Wc est peu onéreux. Le prix de revient de ceux de 50 Wc, est presque le double du prix des précédents. Le générateur PV d'un établissement de deux cycles doit avoir une puissance de 654,55 Wc. Nous présentons dans le **Tableau 8** les résultats du dimensionnement sur la base des trois modèles de modules.

Tableau 8 : Dimensionnement des modules PV pour un établissement à deux cycles

| Modèle de modules PV | France Solar 50 Wc | Yingli solar 100 Wc | Yingli Solar 310 Wc |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|
| Nombre de modules théoriquement | 14 | 07 | 03 |
| Nombre de modules dans la pratique | 14 | 08 | 04 |
| Modules en série | 02 | 02 | 02 |
| Nombre de branches parallèles | 07 | 02 | 02 |
| Prix de revient (FCFA) | 560 000 | 384 000 | 584 000 |
| Surface total (m ²) | 08,68 | 05,28 | 03,96 |

Pour alimenter ce type de laboratoire il faut plus de quatorze modules de 50 Wc, soit quatre modules de 310 Wc ou tout simplement huit modules de 100 Wc. Le générateur constitué de modules de 50 Wc revient le plus chers, que ceux des modules 310 Wc malgré leur faible effectif. Les modules de 100 Wc sont par contre les plus abordables, leur coût étant le plus faible. Cependant les modules de 310 Wc, étant les moins nombreux ne vont occuper que 03,96 m² alors que ceux de 50 Wc occuperont près de 08,68 m². La surface occupée par les modules de 100 Wc est de 05,28 m². Les différentes associations sont marquées dans le **Tableau 8**. Après les différentes analyses faites plus haut, nous avons choisi en nous appuyant sur leurs coûts et l'espace occupé, pour le premier cycle, les modules de 310 Wc, pour le second cycle ou un établissement ayant les deux cycles les modules de 100 Wc.

3-2. Batteries

Le **Tableau 9** montre le dimensionnement effectué pour chaque type de batteries.

Tableau 9 : Dimensionnement des batteries pour le collège

| Modèle de batteries solaires | Euromax 40 Ah | Solar Acess 100 Ah | France Solar 200 Ah |
|------------------------------|---------------|--------------------|---------------------|
| Capacité à stocker | 456 | 456 | 456 |
| Nombre de batteries | 12 | 05 | 03 |
| Prix total en FCFA | 144 000 | 100 000 | 282 000 |

Il faut douze batteries de capacité 40 Ah pour le stockage pour un coût global de 144 000 FCFA. Les batteries de 100 Ah sont au nombre de cinq pour un coût de 100 000 F CFA. En ce qui concerne les batteries de 200 Ah, elles sont au nombre de trois, pour un coût 282 000 F CFA. Un bon choix de batteries dépend non seulement de son effectif mais aussi de la capacité résultante. Il faut toutefois minimiser le coût de ces dernières. Le choix de ces dernières se fait après le dimensionnement global. Le **Tableau 10** présente les résultats du prix de revient des différents types les batteries choisies.

Tableau 10 : Dimensionnement des batteries pour le lycée

| Modèle de batteries solaires | Euromax 40 Ah | Solar Acess 100 Ah | France Solar 200 Ah |
|------------------------------|---------------|--------------------|---------------------|
| Capacité à stocker | 624 | 624 | 624 |
| Nombre de batteries | 16 | 07 | 04 |
| Prix total en FCFA | 192 000 | 140 000 | 376 000 |

Au lycée, une autonomie de 03 jours est souhaitée comme indiqué plus haut. Le nombre de batteries est déterminé en fonction de leur capacité. Les batteries de capacité 200 Ah sont au nombre de quatre. En nous référant au **Tableau 10**, on constate que les batteries de 200 Ah reviennent plus chères soit 376 000 F CFA alors que les batteries 40 Ah au nombre de dix-huit de ne font que 192 000 F CFA. Les batteries de 100 Ah ont un faible coût : 140 000 FCFA. Si on considère le paramètre quantité, les batteries 200 Ah qui sont au nombre de quatre seront préférables. Mais, pour un choix basé sur le coût, ce sont plutôt celles de 100 Ah qui conviennent. Le **Tableau 11** montre le résultat du dimensionnement pour un établissement constitué des deux cycles d'enseignements secondaires.

Tableau 11 : Dimensionnement des batteries pour un établissement de deux cycles

| Modèle de batteries solaires | Euromax 40 Ah | Solar Acess 100 Ah | France Solar 200 Ah |
|------------------------------|---------------|--------------------|---------------------|
| Capacité à stocker | 1080 | 1080 | 1080 |
| Nombre de batteries | 27 | 11 | 06 |
| Prix total en FCFA | 324 000 | 220 000 | 564 000 |

Pour une autonomie de 03 jours souhaitée, il faut vingt-neuf batteries de capacité 40 Ah pour un coût 324 000 FCFA, onze batteries de 100 Ah pour un coût 220 000 FCFA, ou six batteries de 200 Ah pour un coût 564 000 F CFA. Les batteries de 100 Ah sont les plus moins chères et leur nombre acceptable. Les batteries de 200 Ah, pourtant peu nombreuses sont les plus couteuses.

3-3. Régulateur

Le dimensionnement d'un régulateur de charge dépend de l'adaptation de deux grandeurs qui sont le courant d'entrée venant des panneaux vers le régulateur et le courant de sorti quittant le régulateur pour les charges à alimenter. On calcule ici le régulateur convenable pour chaque type de panneau solaire. Cela revient à calculer l'adaptation en courant d'entrée I_e et courant de sortie I_s . Les résultats du premier cycle sont consignés dans le **Tableau 12**, ceux du second cycle dans le **Tableau 13** et pour un établissement à deux cycles dans le **Tableau 14**.

Tableau 12 : Dimensionnement des régulateurs pour le collège

| Modèles de batteries | France Solar 50 Wc | Yingli solar 100 Wc | Yingli Solar 310 Wc |
|----------------------|---------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Nombre de modules | 06 | 03 | 01 |
| courant I_e (A) | 42,66 | 26,64 | 13,48 |
| courant I_s (A) | 34,54 | 34,54 | 34,54 |
| Régulateur choisi | Anself AS ($I_e = I_s = 40$ A) | Allwin ($I_e = I_s = 50$ A) | Allwin ($I_e = I_s = 50$ A) |
| Coût en F CFA | 18 500 | 32 000 | 32 000 |

Tableau 13 : Dimensionnement des régulateurs pour le lycée

| Modèles de batteries | France Solar 50 Wc | Yingli solar 100 Wc | Yingli Solar 310 Wc |
|----------------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|
| Nombre de modules | 08 | 04 | 02 |
| courant I_e (A) | 56,88 | 35,52 | 26,97 |
| courant I_s (A) | 47,27 | 47,27 | 47,27 |
| Régulateur choisi | SmartSolar ($I_e = I_s = 100$ A) | Allwin ($I_e = I_s = 50$ A) | Allwin ($I_e = I_s = 50$ A) |
| Coût en F CFA | 95 500 | 32 000 | 32 000 |

Tableau 4 : Dimensionnement des régulateurs pour les deux cycles

| Modèles de batteries | France Solar 50 Wc | Yingli solar 100 Wc | Yingli Solar 310 Wc |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Nombre de modules | 14 | 7 | 3 |
| courant I_e (A) | 99,54 | 62,16 | 40,455 |
| courant I_s (A) | 81,81 | 81,81 | 81,81 |
| Régulateur choisi | SmartSolar ($I_e = I_s = 100$ A) | SmartSolar ($I_e = I_s = 100$ A) | SmartSolar ($I_e = I_s = 100$ A) |
| Coût en F CFA | 95 500 | 95 500 | 95 500 |

3-4. Onduleur

Un onduleur qui est peu chargé est moins efficace qu'un onduleur qui travaille à une plus grande capacité. Par conséquent, un sous-dimensionnement mène au final à un rendement supérieur. Un léger sous-dimensionnement ne risque pas d'endommager l'onduleur. Les onduleurs propres à chaque type d'établissement sont contenus dans le **Tableau 15**.

Tableau 15 : Dimensionnement des onduleurs pour les différents cycles

| Type d'établissements | Collège | Lycée | Deux cycles |
|---------------------------------|---------|--------|-------------|
| Puissance en W | 310 | 400 | 700 |
| Puissance de l'onduleur en W | 279 | 360 | 630 |
| Onduleur choisi, Puissance en W | 300 | 500 | 600 |
| Coût en F CFA | 15 000 | 21 500 | 28 000 |

4. Conclusion

Le travail a consisté à faire le dimensionnement d'une installation solaire pour l'alimentation en courant électrique d'un laboratoire de Physique-Chimie en milieu rural, afin de permettre un enseignement de meilleure qualité de la Physique-Chimie dans lesdits milieux. Nous avons fait ce travail dans trois types d'établissements du secondaire à base deux qui sont le premier cycle le second cycle et les deux cycles concomitamment. Pour le premier cycle du secondaire, le système est composé d'un seul panneau photovoltaïque de type Yingli solar de puissance 310 Wc, de cinq batteries de 100Ah, d'un régulateur Anself AS ($I_e = I_s = 40$ A) et d'un onduleur de 300 W. En ce qui concerne du second cycle, il faut 4 modules de 100 Wc, 7 batteries de 100 Ah, un régulateur Allwin ($I_e = I_s = 50$ A) et un onduleur de 500 W. Pour ce qui est d'un établissement ayant les deux cycles, le système est constitué de huit modules Yingli solar de puissance 100 Wc, de onze batteries de capacité 100Ah chacune, d'un régulateur Allwin ($I_e = I_s = 50$ A) et d'un onduleur de 600 W.

Références

- [1] - B. TISSOT, « Origine du pétrole et réduction du risque en exploitation pétrolière ». Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, série générale t, 5 (1988)
- [2] - HAGOP DEMIRDJIAN, Les combustibles fossiles : formation, composition et réserves, Cultures Sciences Chimie, (2005)
- [3] - GILLES CARBONNIER et JACQUES GRINEVALD, Energie et développement, *Revue internationale de politique de développement*, (2011)
- [4] - MYRIAM GOLDMINC, Non-assistance à ma planète en danger, Ma planète, (2001)
- [5] - J. WEISS, Recul des banquises et réchauffement climatique, Pour la Science / Dossier, N° 54 (2007)
- [6] - OLIVIER LANGEVIN, Quel impact environnemental des énergies renouvelable ? Origo, (2017)
- [7] - SAWIN, L. JANET, SVERRISSON, FREYR et al., Renewables 2014 : Global status report, REN21, (2014)
- [8] - AMAYI BADJI, Actualités, Coopération, Énergie, Hydrocarbure, 19 décembre (2014)
- [9] - JeuneAfrique.com, [www.jeuneafrique.com/239461/.../électricité pourquoi les africains paient-ils si cher/](http://www.jeuneafrique.com/239461/.../électricité-pourquoi-les-africains-paie-ils-si-cher/), (2017)
- [10] - LAURENT SACCO, Futura-Environnement <http://www.futura-sciences.com/fr/environnement/>, (août 2018)
- [11] - AGNES DUCHARNE, SYLVAIN THERY, PASCAL VIENNOT, EMMANUEL LEDOUX, ERIC GOMEZ and MICHEL DEQUE, Influence du changement climatique sur l'hydrologie du bassin de la Seine, *Vertigo*, (2003)
- [12] - GERARD WEISBUCH, Réflexions sur l'enseignement des sciences physiques au lycée : une mission impossible ? *Revue skholes .fr*, (2014)
- [13] - JEANNE CAMIRAND et CHRISTINE GINGRAS, Les changements climatiques : quels en sont les causes et les impacts ? *Nature Québec*, (2011)
- [14] - ILYASS BOUDOUAR et KHALID MELOUARD, Dimensionnement et installation d'un système de pompage photovoltaïque, Mémoire licence professionnelle, (2017)
- [15] - SMAÏL SEMAQUI, Etude de l'électrification d'un village avec de l'énergie solaire, photovoltaïque, Mémoire de MAGISTER, (2004)
- [16] - B. FLECHE, D. DELAGNES, « energie solaire photovoltaïque », STI ELT, énergie solaire, (2007)
- [17] - BOUALEM DENDIB, «Technique conventionnelles et avancée de poursuite MPPT pour des applications photovoltaïque : étude comparative.», Thèse, Université Ferhat Abbes-Sétif, (2017)