

Méthode de dimensionnement d'un système photovoltaïque comme source de secours pour l'alimentation d'un laboratoire informatique : Cas de laboratoire informatique de l'ISTA Lukula, Boma, RD Congo

[Sizing method of a photovoltaic system as a backup source for the power supply of a computer laboratory : Case of computer laboratory of ISTA Lukula, Boma, DR Congo]

KHIEKIE NGEMBO Ready, FITA LIBWA Justin, and PHONGO MAVUNGU Germain

Institut Supérieur de Techniques Appliquées de Lukula à Boma, RD Congo

Copyright © 2023 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The satisfaction of the energy needs of a computer laboratory requires a systematic study of the consumption of the various electrical receivers listed. A compromise must be found between the time of use of these receivers and the number of needed to be connected to the photovoltaic power source in order to minimize, as much as possible, the daily energy consumed by the installation. We note the peak power (P_c), the number of the panels ($N_{pa,t}$), the power of the inverter (P_{Ond}) and the current of the regulator ($I_{rég}$) are lineary a function of the daily energy (E_{cj}). The total number of batteries ($N_{b,t}$) is a linear function of the daily energy (E_{cj}) and the autonomy of the battery bank (N_{Au}).

In this paper, we propose a simplified and reliable method for sizing, selecting and wiring of the photovoltaic components in order to ensure an effective and secure supply of electrical energy.

KEYWORDS: Method, sizing, photovoltaic system, backup source, power supply, computer laboratory.

RESUME: La satisfaction du besoin énergétique d'un laboratoire informatique requiert une étude systématique de la consommation des différents récepteurs électriques répertoriés. Un compromis devra être trouvé entre le temps d'utilisation de ces récepteurs et le nombre des récepteurs nécessaires à brancher à la source d'alimentation photovoltaïque afin de minimiser, le mieux que possible, l'énergie journalière consommée de l'installation. Nous constatons que la puissance crête (P_c), le nombre des panneaux ($N_{pa,t}$), la puissance de l'onduleur (P_{Ond}) et le courant du régulateur ($I_{rég}$) sont linéairement fonction l'énergie journalière (E_{cj}). Le nombre total des batteries ($N_{b,t}$) est linéairement fonction de l'énergie journalière (E_{cj}) et de l'autonomie du parc des batteries (N_{Au}).

Nous proposons dans cet article une méthode simplifiée et fiable de dimensionnement, de choix et de câblage des composants photovoltaïques afin d'assurer une fourniture en énergie électrique de manière efficace et sécurisée.

MOTS-CLEFS: Méthode, dimensionnement, système photovoltaïque, source de secours, alimentation, laboratoire informatique.

1 INTRODUCTION

Les potentialités en énergie solaire de la République Démocratique du Congo, avec une bande d'ensoleillement élevée comprise entre 3.500 et 6.750 $Wh/m^2/jour$, offrent une solution attrayante afin d'améliorer le taux d'électrification du pays à 30% à l'horizon 2022. En 2020, le taux d'électrification était estimé à 9% et le très faible taux de desserte électrique en système photovoltaïque très faible est estimé à 18% en 2013.

L'objectif ici est de proposer une méthode simplifiée permettant de dimensionner les composants du générateur photovoltaïque nécessaires à assurer l'alimentation en énergie électrique d'un laboratoire informatique.

Dans le cadre de laboratoire informatique de l'ISTA Lukula/Boma, nous sommes amenés à proposer les caractéristiques tant matérielles que fonctionnelles des différents composants du système photovoltaïque capable de fournir une alimentation continue en énergie électrique dans les bonnes conditions environnementales, c'est-à-dire sans pollution sonore et sans émissions de gaz à effet de serre comme il en est le cas pour le groupe électrogène (AVR/MODEL GEP_18-2) de 20 kVA qui assure actuellement une alimentation de secours en cas d'absence de l'énergie de la Société Nationale d'Electricité (SNEL).

2 CONCEPTS FONDAMENTAUX [4], [5], [6], [7], [8], [9]

2.1 DIMENSIONNEMENT DES COMPOSANTS SOLAIRES PHOTOVOLTAÏQUES

Le choix des composants photovoltaïques dépend à priori du bilan des puissances, du bilan énergétique global du laboratoire informatique ainsi que de l'estimation de l'ensoleillement au lieu d'implantation de notre générateur photovoltaïque.

2.1.1 EVALUATION DE BESOIN ÉNERGÉTIQUE ET DE LA PUISSANCE INSTALLÉE

La puissance totale P_T des appareils installés et le besoin énergétique journalier E_{cj} estimé par la consommation en heure sont calculé par :

$$E_{cj} = \sum_{i=1}^n P_i * T_i \quad (1)$$

$$P_T = \sum_{i=1}^n P_i \quad (2)$$

Où :

- $E_{cj}[Wh/j]$: l'énergie consommée journalière, en wattheure par jour ;
- $P_i[W]$: la puissance unitaire d'un appareil ou d'un groupe d'appareils « i », en watt ;
- $T_i[h]$: la durée d'utilisation d'un appareil, en heure.

2.1.2 CALCUL DE LA PUISSANCE CRÊTE ET CHOIX DE TENSION DE SERVICE

1°) Calcul de la puissance crête du champ photovoltaïque (P_c) :

Partant de l'énergie consommée journalièrement (E_{cj}), la puissance crête du système (P_c) est définie par :

$$P_c = \frac{E_{cj}}{K * I_{r,moy}} \quad (3)$$

Où :

- $P_c[W_c]$: la puissance crête total du champ photovoltaïque, en watt crête ;
- $E_{cj}[Wh/j]$: l'énergie consommée par jour, en wattheure par jour ;
- $I_{r,moy}[kWh/m^2.j]$: l'irradiation journalière moyenne, en kilowattheure par mètre carré jour ;
- $K \in [0.55; 0.75]$: le rendement du système photovoltaïque (coefficient correcteur).

2°) Choix de la tension de fonctionnement du système (U_s) :

La tension de service ou travail du système est choisie en fonction de la puissance crête du champ photovoltaïque en fonction du tableau 1 ci-dessous.

Tableau 1. Plage de tension de fonctionnement du système PV [5]

Puissance crête totale [W_c]	0 – 500	500 – 2000	> 2000
Tension de travail [V_{DC}]	12	24	48

Remarque : Le watt crête est la puissance produite par les panneaux photovoltaïques dans les conditions standards (STC) : ($T = 25^\circ C$; $I = 1000W/m^2$; $Masse\ d'air = 1.5$).

2.1.3 DIMENSIONNEMENT DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

Avant tout dimensionnement, il est important de choisir des panneaux fournissant les caractéristiques techniques minimales suivantes :

Tableau 2. Fiche technique du panneau photovoltaïque choisi

Puissance crête du panneau :	$P_{c,pa}[W_c]$	450
Tension à vide (c. o) :	$U_{co}[V]$	49,3
Tension au point de Puissance maximale :	$U_{mpp}[V]$	41,6
Courant de court-circuit :	$I_{cc}[A]$	11,6
Courant au point de Puissance maximale :	$I_{mpp}[A]$	10,85
Efficacité maximale :	$E[\%]$	20,70
Maximum fusibles en série :	$I[A]$	20
Nombre de diodes :	$N_d[-]$	3
Poids :	$P_{kg}[Kg]$	25
Longueur :	$L[m]$	2,24
Largeur :	$\ell[m]$	1,13

1°) Calcul de nombre total des panneaux photovoltaïques du système ($N_{pa,t}$) :

La puissance crête unitaire ($P_{c,pa}$) d'un panneau étant connu, on détermine le nombre total des panneaux photovoltaïques par :

$$N_{pa,t} = \frac{P_c}{P_{c,pa}} \quad (4)$$

Où :

- $N_{t,pa}[-]$: le nombre total des panneaux photovoltaïques ;
- $P_c[W_c]$: la puissance crête du système (ou champ) photovoltaïque ;
- $P_{c,pa}[W_c]$: la puissance crête d'un panneau photovoltaïque.

2°) Câblage des panneaux photovoltaïques :

Les panneaux doivent être câblés afin qu'ils fournissent un courant et une tension adaptés aux régulateurs. Le nombre des panneaux en série ($N_{pa,s}$) et des panneaux en parallèle ($N_{pa,p}$) à câbler se calcule comme suit :

$$N_{pa,s} = \frac{U_s}{U_{mpp}} \quad (7)$$

$$N_{pa,p} = \frac{N_{pa,t}}{N_{p,s}} \quad (8)$$

Où,

- $N_{pa,s}$: le nombre des panneaux photovoltaïques en série ;
- $U_T[V]$: la tension de travail du système (ou champ) photovoltaïque ;
- $U_{pa}[V]$: la tension d'un panneau photovoltaïque.

- $N_{pa,p}$: le nombre des panneaux photovoltaïques en parallèle ;
- $N_{pa,s}$: le nombre des panneaux photovoltaïques en série ;
- $N_{pa,t}$: le nombre total des panneaux photovoltaïques.

3°) Calcul de la surface ($S_{pa,t}$) et du poids total ($P_{pa,t}$) des panneaux

La connaissance de nombre des panneaux à installer doit amener à estimer la surface totale et le poids total de ces panneaux. On termine alors :

$$S_{pa,t} = S_{pa} * N_{pa,t} \quad (5)$$

$$P_{pa,t} = P_{pa} * N_{pa,t} \quad (6)$$

Où :

- $P_{pa,t}[Kg]$: Poids total d'un panneau ;
- $P_{pa}[Kg]$: Poids unitaire d'un panneau ;
- $S_{pa,t}[m^2]$: Surface totale d'un module ;
- $S_{pa}[m^2]$: Surface unitaire d'un module.

2.1.4 DIMENSIONNEMENT DES BATTERIES

1°) Calcul de la capacité de stockage ($C_{b,t}$) :

On procède d'abord à la détermination de la capacité de stockage $C_{b,t}$ du champ photovoltaïque. Elle est calculée par :

$$C_{b,t} = \frac{E_{cj} * N_{Au}}{D * U_T} \quad (9)$$

Où :

- $C_{b,t} [Ah]$: la capacité totale de stockage du système (ou champ) photovoltaïque ;
- $E_{cj} [Wh/j]$: l'énergie consommée par jour, en wattheure par jour ;
- $D [\%]$: la décharge maximale des batteries ou profondeur de décharge (0.8 pour les batteries à plomb) ;
- $U_T [V]$: la tension de travail ou de service du système (ou champ) photovoltaïque ;
- $N_{Au} [-]$: le nombre de jour d'autonomie.

2°) Choix des batteries :

Le choix des batteries doit également se faire en fonction des produits sur le marché et de la tension de service ou travail du système. Nous avons opté pour les batteries ayant les caractéristiques fournies au tableau 3 ci-dessous.

Tableau 3. Caractéristiques de la batterie choisie [4] [5]

Tension U_b [V]	Capacité C_b [Ah]	D [%]
12	200	80

3°) Calcul de nombre des batteries ($N_{b,t}$) :

Le nombre total des batteries $N_{b,t}$ nécessaire à l'installation est :

$$N_{b,t} = \left(\frac{U_T}{U_b} * \frac{C_{b,t}}{C_b} \right) \quad (10)$$

Où :

- $N_{b,t}$: le nombre des batteries dans le système (ou champ) photovoltaïque ;
- $U_T[V]$: la tension de travail ou du service du système (ou champ) photovoltaïque ;
- $U_b[V]$: la tension de la batterie ;
- $C_{b,t} [Ah]$: la capacité de stockage du système (ou champ) photovoltaïque ;
- $C_b [Ah]$: la capacité unitaire de la batterie.

2.1.5 DIMENSIONNEMENT DE L'ONDULEUR ET DU RÉGULATEUR

1°) Choix de l'onduleur :

Le choix d'un onduleur devra tenir compte de deux paramètres suivants :

- ✓ *Comptabilité de la puissance* : la puissance de l'onduleur doit être (P_{Ond}) supérieure à la puissance crête totale (P_c) des récepteurs AC. ($P_{Ond} > P_c$)
- ✓ *Comptabilité de la tension* : la tension DC à la sortie des panneaux ($U_s = U_{pa,s}$) doit appartenir à la plage de la tension d'entrée (U_e) de l'onduleur.

La puissance de l'onduleur est alors égale à :

$$P_{Ond} \geq 1,25 * P_c \quad (11)$$

2°) Choix de régulateur :

Les deux critères de choix d'un régulateur sont est dictés par :

- ✓ *La tension de sortie des panneaux* ($U_{pa,s}$) : Il faut toujours que la tension de sortie du régulateur soit égale à la tension d'entrée des batteries ($U_{s,rég} = U_s$) ;
- ✓ *Le courant de sortie des panneaux* ($I_{pa,s}$) : Il faut toujours que le courant de sortie des panneaux soit inférieur ou égal au courant d'entrée régulateur ($I_s = I_{e,rég}$).

Le courant d'entrée du régulateur ($I_{e,rég}$) est déterminé par :

$$I_{e,rég} = I_{cc} * N_{pa,p} \quad (12)$$

Où :

- $I_{e,rég} [A]$: le courant d'entrée du régulateur ;
- $N_{pa,p} [-]$: le nombre de panneau en parallèle ;
- $I_{cc} [A]$: le courant de court-circuit du panneau.

Pour des raisons de sécurité, le régulateur doit avoir un courant ($I_{rég}$) égale à :

$$I_{rég} \geq 1,25 * I_{e,rég} \quad (13)$$

2.1.6 DIMENSIONNEMENT DES SECTIONS DES CONDUCTEURS

Les sections des conducteurs entre les différents composants photovoltaïques sont sensiblement liées aux courants qui doivent y transiter. Ainsi pour chaque tronçon du conducteur considéré, on utilise la relation suivante :

$$S_{Ci} = \frac{\rho * I * 2L}{\Delta u} \quad (14)$$

Où :

- $S_{Ci} [mm^2]$: La section du conducteur (i) ;
- $\rho [\Omega m^2 / m]$: La résistivité du conducteur (i) ;
- $I [A]$: Le courant électrique dans le conducteur (i) ;
- $L [m]$: La longueur du conducteur (i) ;
- $\Delta u [\%]$: La chute de tension maximale (i).

Pour des câbles en cuivre par exemple de chute de tension maximale ($\Delta U = 3\%$) et de résistivité ($\rho = 1.7 * 10^{-6} \Omega m$), on détermine alors les sections des conducteurs entre :

1°) Les Panneaux – le Régulateurs :

La détermination de cette section se fait sur deux tronçons. On a donc les sections des conducteurs suivantes :

✓ Entre les Panneaux – la Boite de Raccordement (BR) :

$$S_1 [mm^2] = \frac{\rho * I_1 * 2L}{\Delta U_{pa,s}} \quad (15)$$

Où le courant I_1 dans le tronçon est calculé par :

$$I_1 [A] = I_{(pa/BR)} = \frac{P_{c,pa}}{U_T} \quad (16)$$

✓ Entre la Boite Raccordement (BR) – le Régulateur :

$$S_C [mm^2] = \frac{\rho * I_{e,rég} * 2L}{\Delta U_{pa,s}} \quad (17)$$

Où le courant I_2 dans le tronçon est le courant d'entrée du régulateur. On a :

$$I_2 [A] = I_{(BR/rég)} = I_{e,rég} \quad (18)$$

2°) Le Régulateur– le parc des Batteries :

La section du conducteur entre ces deux composants est déterminée par :

$$S_C [mm^2] = \frac{\rho * I_{e,rég} * 2L}{\Delta U_{pa,s}} \quad (19)$$

Où le courant $I = I_{e,rég}$ et la tension $U = U_{pa,s}$.

On note : $U = U_{pa,s} = U_{mpp} * N_{pa,s} = U_s$ & $I = I_{e,rég} = I_{cc} * N_{pa,p} = I_{s,rég}$

3°) Le parc de Batteries – l'Onduleur :

La section des conducteurs entre ces deux composants est déterminé par :

$$S_C [mm^2] = \frac{\rho * I_{e,ond} * 2L}{\Delta U_T} \quad (20)$$

Le courant $I_{e,ond}$ dans le tronçon est calculé par :

$$I_{e,ond} [A] = \frac{P_{Ond}}{\eta_{Ond} * U_e} \quad (21)$$

Où :

- $I_{e,ond}$: Le courant d'entrée dans l'onduleur ;
- η_{Ond} : Le rendement de l'onduleur ;
- U_e : La tension d'entrée dans l'onduleur ($U_e = U_{pa,s} = U_s$).

3 MATÉRIELS ET MÉTHODES

3.1 MATÉRIELS

Pour aboutir aux résultats de notre étude, nous avons fait recours au tableur Excel pour le traçage des courbes et graphiques.

3.2 MÉTHODES

3.2.1 COLLECTES DES DONNÉES [1], [3]

Le laboratoire de l'ISTA Lukula à Boma situé au Kongo Central, dans le territoire de Muanda aux périphéries de Boma, bénéficie de l'irradiation moyenne de $5,45 \text{ kWh/m}^2$. Ce laboratoire informatique qui occupe une superficie de 45 m^2 est alimenté comme l'ensemble de l'Institution par source de la Société Nationale de l'Electricité et d'un Groupe Electrogène comme source de secours.

Le bilan de puissance de ce laboratoire se présente comme suit : (Données recueillies en Octobre 2022)

Tableau 4. Bilan des puissances du laboratoire informatique de l'ISTA Lukula/Boma

N°	Désignation	Quantité	Puissance unitaire P_u (W)
1	PC de Bureau (DELL Inc.)	15	125
3	PC Portable (LENOVO ThinkPad)	2	75
3	Plafonnier Surya XS	5	65
4	Routeur TP-LINK	1	70
5	Modem Hugues HT 2000	1	70
6	Vidéo Projecteur EPSON	1	40
7	Lampe	7	60
8	Sonorisation	1	250

3.2.2 MÉTHODES DE CALCUL

En utilisant les relations (1) et (2), nous présentons sur le tableau 5 le besoin énergétique du laboratoire de l'ISTA Lukula à Boma.

Tableau 5. Besoin énergétique du laboratoire informatique de l'ISTA Lukula à Boma

N°	Désignation	Qté	P_u (W)	P_t (W)	T_u (h)	E_{cj} (Wh/j)
1	PC de Bureau (DELL Inc.)	15	125	1875	8	15 000
3	PC Portable (LENOVO ThinkPad)	2	75	150	8	1 200
3	Plafonnier Surya XS	5	65	325	6	1 950
4	Routeur TP-LINK	1	70	70	24	1 680
5	Modem Hugues HT 2000	1	70	70	24	1 680
6	Vidéo Projecteur Epson	1	40	40	6	240
7	Lampe	7	60	420	8	3 360
8	Sonorisation	1	250	250	6	1 500
Total				3 200		26 610

4 RESULTATS & DISCUSSIONS

4.1 RÉSULTATS ALGÈBRIQUES

4.1.1 LA PUISSANCE CRÊTE (P_c) ET LE BESOIN ÉNERGÉTIQUE (E_{cj})

En fonction de la durée d'utilisation et de la puissance unitaire de chaque récepteur ou de groupe des récepteurs présenté au tableau 5, le bilan de puissance et le besoin énergétique du laboratoire informatique de l'ISTA Lukula à Boma sont évalués respectivement à $P_T = 3,2 \text{ kW}$ et à $E_{cj} = 26,61 \text{ kWh/j}$. D'où la puissance crête du système (P_c) est alors :

$$P_c = \frac{E_{cj}}{K * I_{r,moy}} = \frac{26\,610}{5,45 * 0,65} = 7511,64 [W_c] = 7,5 [kW_c]$$

La puissance crête totale trouvée étant $P_c = 7511,64 \text{ W}_c > 2000 \text{ W}_c$, la tension de service adoptée est $U_s = 48V$. (Cfr. Tableau 1)

4.1.2 DIMENSIONNEMENT DES PANNEAUX PHOTOVOLTAÏQUES

En se référant au tableau 2, indiquant les caractéristiques du panneau photovoltaïque, on détermine :

Nombre total des panneaux $N_{pa,t}$, [-]	18
Nombre de panneau en série $N_{pa,s}$, [-]	2
Nombre de panneau en parallèle $N_{pa,p}$, [-]	9
Surface totale des panneaux $S_{pa,t}$, [m^2]	45,6
Poids total des panneaux $P_{pa,t}$, [Kg]	450

4.1.3 DIMENSIONNEMENT DE PARC BATTERIES

Le choix des batteries se fait en fonction de la tension de service du système et du marché. Notre choix se porte sur les batteries ayant les caractéristiques fournies au tableau 3. ($U_b = 12V$, $C_b = 200 \text{ Ah}$ et un taux de décharge $D = 80\%$). Nous proposons à notre source photovoltaïque de secours, une autonomie de deux jours ($N_{Au} = 2 \text{ jours}$) en cas d'absence de la source principale (SNEL) et du rayonnement soleil.

Capacité de Stockage $C_{b,t}$, [-]	1185,94
Nombre total des batteries $N_{b,t}$, [-]	28
Nombre des batteries en série $N_{b,s}$, [-]	4
Nombre des batteries en parallèle $N_{b,p}$, [-]	7

4.1.4 DIMENSIONNEMENT DE L'ONDULEUR ET DU RÉGULATEUR

Choix de l'onduleur :

Pour une bonne sécurité, l'onduleur et le régulateur doivent avoir respectivement les valeurs de puissance et du courant multipliées par le facteur de sécurité 1,25.

On trouve :

	Valeurs trouvées	Valeurs retenues
Puissance de l'Onduleur P_{Ond} [W]	9389,56	10 000
Le courant du régulateur $I_{rég}$ [A]	130,5	130

Nous proposons un (1) onduleur triphasé PUR SINUS de $P = 1000 \text{ W}$ un (1) régulateur MPPT ($I = 130 \text{ A}$; $U = 48 \text{ V}$).

4.1.5 DIMENSIONNEMENT DES SECTIONS DE CONDUCTEURS

Le choix est porté sur le conducteur en cuivre (résistivité $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8} \Omega m$, chute de tension $\Delta u = 3\%$), on détermine les sections du conducteur entre :

1°) *Panneaux – Régulateurs* :

Pour le tronçon :	Courant [A]	Section [mm^2]
Panneau – Boite de Raccordement (BR), (7m)	9,38	2,5
Boite Raccordement (BR) – Régulateur, (7m)	104	20

2°) *Régulateurs – Batteries* :

Pour le tronçon :	Courant [A]	Section [mm^2]
Régulateurs – Batteries, (5m)	104	16

3°) *Batteries – Onduleurs* :

Pour l'onduleur choisi de rendement $\eta_{Ond} = 93\%$, et de puissance $P_{Ond} = 10.000W$, on calcule le courant d'entrée de l'onduleur ($I_{e,Ond}$) :

Pour le tronçon :	Courant [A]	Section [mm^2]
Batteries – Onduleurs, (2m)	224,014	16

Le tableau 6 ci-après présente les résultats du dimensionnement en fonction des paramètres et données collectées.

Tableau 6. Résultats du dimensionnement

N°	Composants PV	Quantité
01.	Panneaux monocristallin 450 [Wc]	18
02.	Batteries d'accumulateur 12V et 200 Ah	28
03.	Onduleur triphasé PUR SINUS (220/380V)	10.000W
04.	Régulateur MPPT 48 V	130A
05.	Sections :	
✓	Panneaux PV – Boite de Raccordement (mm^2)	2,5
✓	Boite de Raccordement – Régulateurs (mm^2)	20
✓	Régulateurs – Batteries (mm^2)	16
✓	Batteries – Onduleurs (mm^2)	16

4.2 RÉSULTATS SIMULÉS

La variation de l'énergie consommée journalière en fonction du temps d'utilisation et de la puissance des groupes des récepteurs sont présentés au tableau 6 ci-dessous.

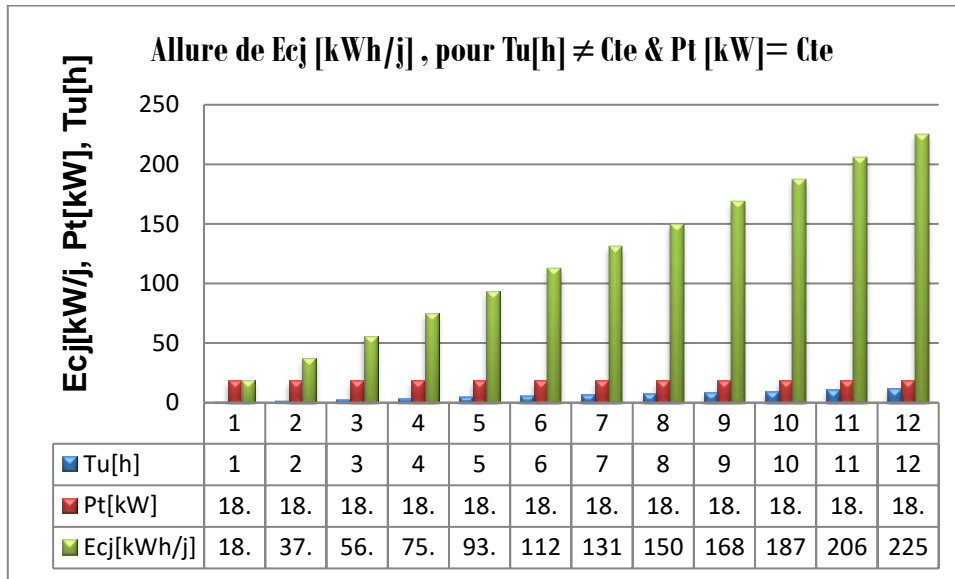


Fig. 1. L'énergie journalière E_{cj} en fonction du temps d'utilisation T_u , pour la puissance $P_T = Cte$

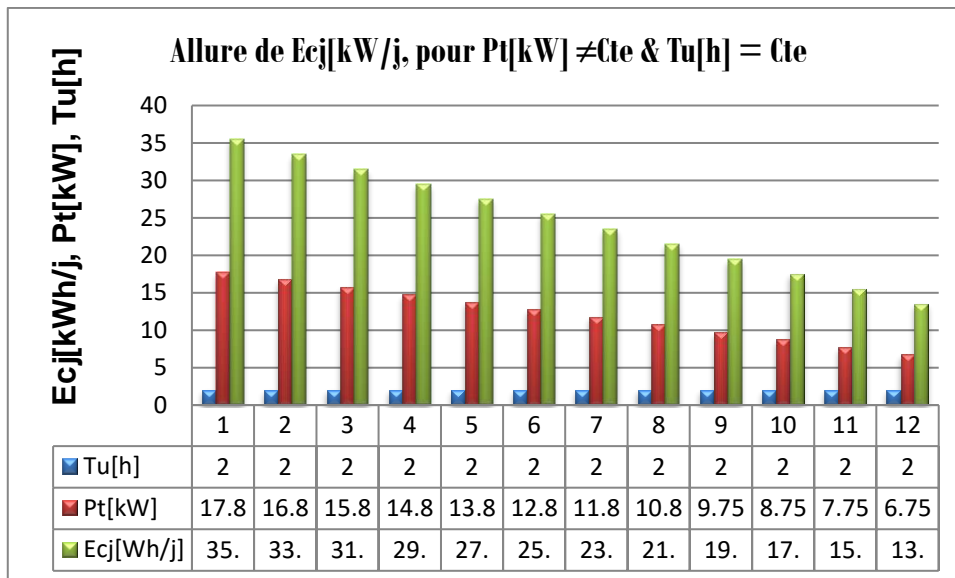


Fig. 2. L'énergie journalière E_{cj} en fonction de la puissance P_T , pour le temps d'utilisation $T_u = Cte$

En partant des relations (1) à (12), nous déduisons que la puissance crête (P_c); le nombre total des panneaux ($N_{pa,t}$), la capacité de stockage des batteries ($C_{b,t}$), le nombre total des batteries ($N_{b,t}$) ainsi que la puissance de l'onduleur (P_{ond}) sont explicitement proportionnels à l'énergie consommée journalière (E_{cj}). On trouve :

$$\begin{cases} P_c[W_c] = \alpha_1 * E_{cj} \\ N_{pa,t}[-] = \alpha_2 * E_{cj} \\ C_{b,t}[-] = \alpha_3 * E_{cj} \\ N_{b,t}[-] = \alpha_4 * E_{cj} \\ P_{ond}[W] \geq \alpha_5 * E_{cj} \end{cases} \quad (13)$$

Où $\alpha_{i(i=1 \text{ à } 5)}$ sont des valeurs à déterminées par :

$$\alpha_1 = \frac{1}{K * I_{r,moy}}; \quad \alpha_2 = \frac{1}{P_{c,pa} * K * I_{r,moy}}; \quad \alpha_3 = \frac{N_{Au}}{D * U_s}; \quad \alpha_4 = \frac{N_{Au}}{U_b * C_b * D}; \quad \alpha_5 = \frac{1,25}{K * I_{r,moy}}$$

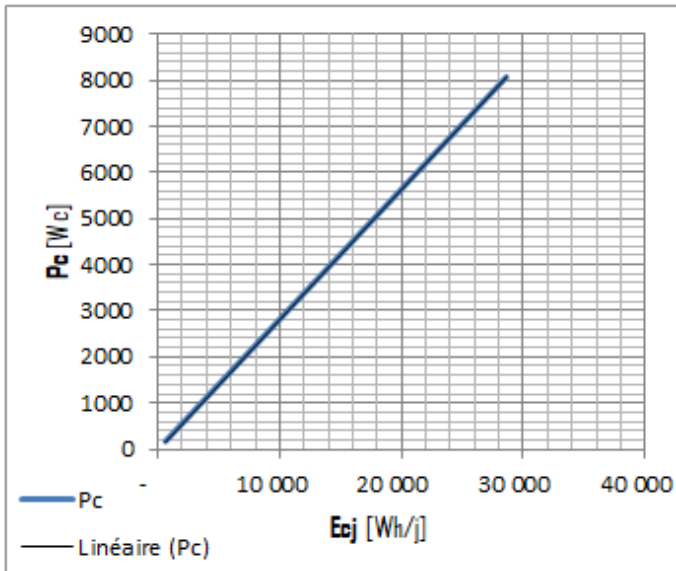


Fig. 3. Puissance crête P_c de l'énergie journalière $E_{c,j}$

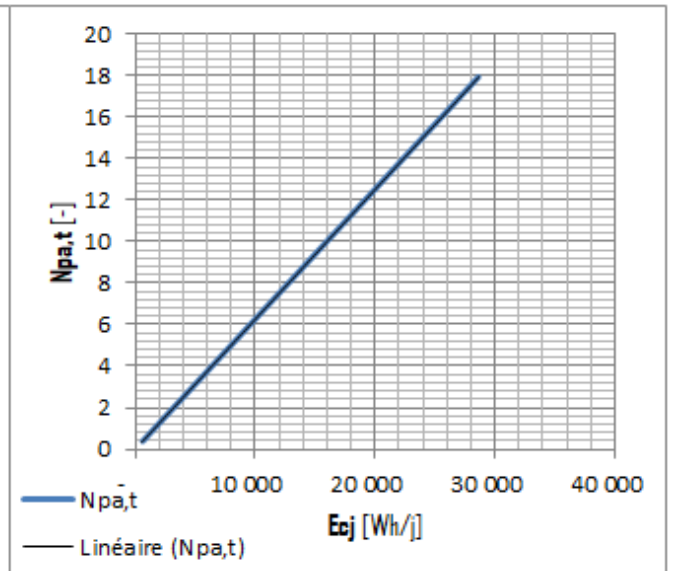


Fig. 4. Nombre de panneaux $N_{pa,t}$ en fonction de l'énergie journalière $E_{c,j}$

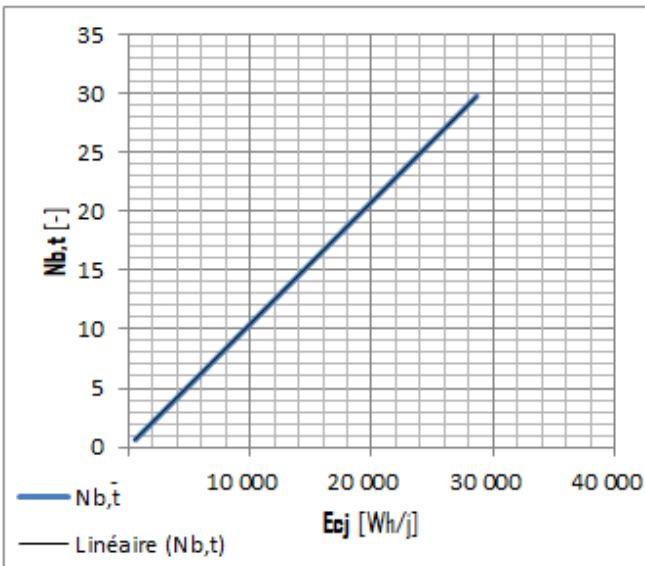


Fig. 5. Nombre total des batteries $N_{b,t}$ en fonction de l'énergie journalière $E_{c,j}$

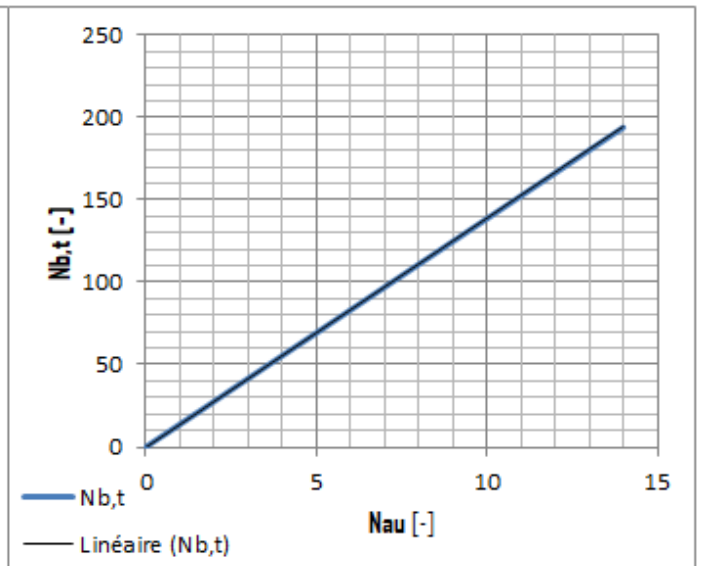


Fig. 6. Nombre total des batteries $N_{b,t}$ en fonction de jour de l'autonomie N_{Au}

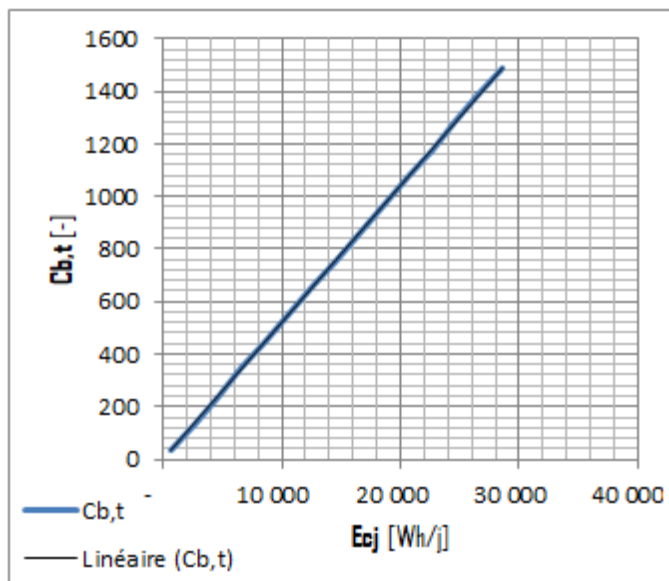


Fig. 7. Capacité de stockage des batteries $C_{b,t}$ en fonction de l'énergie journalière $E_{c,j}$

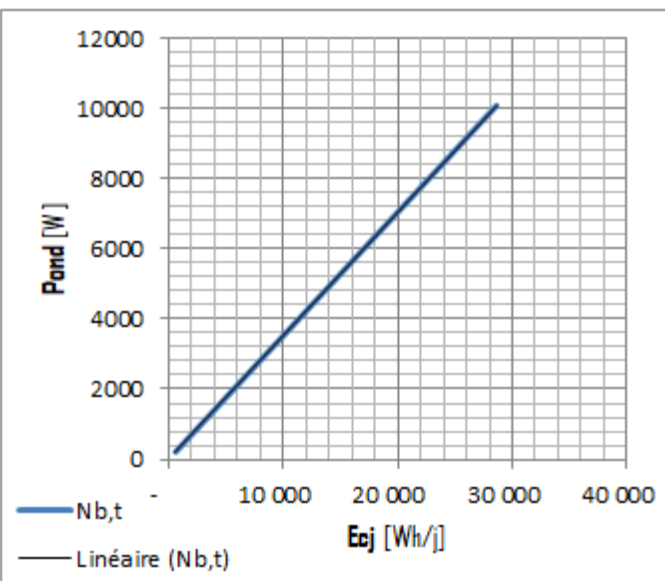


Fig. 8. Puissance crête P_{ond} en fonction de l'énergie journalière $E_{c,j}$

4.3 DISCUSSION

Sur les figures 1 et 2, nous constatons combien l'énergie consommée journalière ($E_{c,j}$) varie en fonction du temps d'utilisation et de la puissance totale installée des récepteurs. La bonne gestion de cette énergie journalière revient à la minimiser soit par la réduction de la durée d'utilisation des récepteurs ou soit par la réduction de la puissance installée des récepteurs à brancher.

Sur les figures 3 et 4, nous observons que la puissance crête totale de l'installation, nécessaire à la détermination de nombre de panneaux dans une installation, est linéairement fonction de l'énergie consommée journalière ($E_{c,j}$).

Les figures 5, 6 et 7 montrent que le nombre total des batteries à installer et la capacité de stockage des batteries augmentent linéairement en fonction de l'énergie consommée journalièrement ($E_{c,j}$) mais le nombre des batteries est aussi fonction linéaire de l'autonomie (N_{Au}) désirée pour la capacité de stockage de l'énergie. Plus l'autonomie est élevée, plus le nombre des batteries est important.

La figure 8 montre clairement que la puissance de l'onduleur à choisir est d'autant plus grande que l'énergie consommée est importante.

5 CONCLUSION

La méthode que nous venons de proposer présente une procédure simplifiée et fiable de dimensionnement d'un système photovoltaïque comme source de secours pour l'alimentation en énergie électrique d'un laboratoire informatique. Les résultats numériques et graphiques trouvés montrent combien les récepteurs consommateurs d'énergie électrique devront être choisis judicieusement afin de minimiser l'énergie consommée journalière, qui impliquerait directement une réduction de nombre des composants (panneaux photovoltaïques et batteries) et une réduction des puissances de certains composants tels que les onduleurs et les régulateurs.

REFERENCES

- [1] Association Congolaise pour les Énergies Renouvelables et Décentralisées (CERD). Le secteur des énergies renouvelables et décentralisées en République Démocratique du Congo. Mai 2021
- [2] Rapport National. *ENERGIE RENOUVELABLE POUR TOUS A L'HORIZON 2030*. Programme National et Stratégie, RDC, Août 2013
- [3] Ministère du Plan RD Congo. Cahier Sectoriel, INVESTIR DANS LE SECTEUR D'ELECTRICITE, Agence National pour la Promotion des Investissement (ANAPI). Kinshasa, Octobre 2020
- [4] AL-SHAMANI, Ali Najah ; HJ OTHMAN, Mohd Yusof ; MAT Sohif ; RUSLAN, M.H. ; ABED, Azher M. ; SOPIAN, K. *Design & Sizing of Stand-alone Solar Power Systems A house Iraq*. Solar Energy Research Institute (SERI), Universiti Kebangsaan Malaysia, 43600 Bangi, Malaysia. ISBN: 978-1-61804-303-0, pp 145 – 150
- [5] BHUIYAN, M.M.H.; ASGAR, M. Ali. *Sizing of a stand-alone photovoltaic power system at Dhaka*. Department of Physics, Bangladesh University of Engineering and Technology, Ramna, Dhaka-1000, Bangladesh, Renewable Energy 28 (2003)
- [6] SANWOGOU, Youmali, HOVA, Hoavo, YEMBI, Jean Paul, YORO BA, Hamet et LY, Ibrahima. *Conception d'un système solaire photovoltaïque pour alimenter le laboratoire de physique de l'Université de Kara, Togo*. Afrique SCIENCE 15(5) (2019), 238 - 251
- [7] ZAIRI, Soufiane et BOUBIADA, Slimane. Etude et Dimensionnement d'une centrale Photovoltaïque. Mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, Septembre 2020
- [8] AMZA, Boukhlifa. Dimensionnement technique d'une installation photovoltaïque de 300 kW. Mémoire de master, Université M'Hamed Bougara Bourmedes, Algérie, Juin 2017
- [9] KHANFARA, M ; BACHTIRI, R EL ; BOUSSETTA, M and HAMMOUMI, K EL. *Economic Sizing of a Grid-Connected Photovoltaic System: Case of GISER research project in Morocco*. International Conference on Renewable Energies and Energy Efficiency (REEE 2017), IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 161 (2018) 012006