

*République Algérienne démocratique et populaire.*

*Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique.*

*Université Kasdi Merbah Ouargla.*

*Faculté des sciences Appliquées.*

*Département de génie mécanique*



## ***Mémoire de fin d'étude***

*Pour obtenir diplôme de Master académique*

**Domaine de Sciences appliquées « génie mécanique »**

**Option énergétique**

**Présenter par :**

Ben mahcene Youcef

Lazer Oualid

**Sous-titre :**

**Audit d'énergie électrique de la faculté des sciences  
appliqués, Université Ouargla : Amélioration et  
intégration de l'énergie renouvelable.**

**Soutenu Publiquement :**

**Le: 13/ 06 / 2022**

**Mr. President: Cherrade Nouredine**

**UKM Ouargla**

**Mr. Examineur: Kina Mohamed Salah**

**UKM Ouargla**

**Mr Encadreur : Derghout Zoheir**

**UKM Ouargla**

**N° ordre :**

**Promotion : 2021/2022.**

# Remerciement

*La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui nous voudrions témoigner toute notre gratitude.*

*Tout d'abord, nous tenons à remercier le Dieu de tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce travail.*

*Nous voudrions en second lieu notre reconnaissance à la directrice de ce mémoire, monsieur **Derghout Zoheir**, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion.*

*Nous désirons aussi remercier les professeurs de l'université Kasdi Merbah Ouargla, qui sont fourni les outils nécessaires à la réussite de notre étude universitaire.*

*Nous voudrions exprimer notre reconnaissance envers les amis et collègues qui sont apporté leur soutien moral et intellectuel tout au long de notre démarche.*

*Enfin, nous remercions tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage.*

*A ma très chère maman, qui j'ai toujours donné l'espoir de vivre et qui n'ai jamais cessé de prier pour moi.*

*A mon très cher père, pour leur encouragement, leur soutien, et surtout leur sacrifice afin que rien n'entrave le déroulement de mon étude.*

*A mes chers frères*

*A mes chères sœurs*

*A mes grands-parents*

*À mes oncles et mes chères tantes*

*A mon cher camarade Oualid*

*A tous mes amis en général et spécialement mes amis intimes Mohamed Islam et Mohamed Ali*

*Ainsi que tous ceux dont j'ai oublié de mentionner le nom.*

*Youcef*

# Dédicace

*Avant tous, je remercie dieu le tout puissant de M' avoir donné le courage et la patience pour réaliser Ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.*

*Je dédie ce modeste travail à mes parents. Aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de l'amour Dont ils ne cessent de me combler. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.*

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes frères*

*A mes sœurs*

*A toute ma famille, et mes amis*

*A mon cher camarade youcef*

*Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis merci.*

*Oualid*

# Table des matières

## Sommaire

### Introduction générale

Introduction général : .....	3
------------------------------	---

### Chapitre 1: la recherche bibliographique

Introduction : .....	6
----------------------	---

1.1. Audit électrique : .....	6
-------------------------------	---

1.2. Dimensionnement des systèmes photovoltaïques : .....	8
---	---

Conclusion : .....	9
--------------------	---

Introduction .....	11
--------------------	----

2.1. L'énergie photovoltaïque : .....	11
---------------------------------------	----

2.2. L'effet photovoltaïque : .....	11
-------------------------------------	----

2.3.1. L'irradiation: .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
-----------------------------	------------------------------------

2.3.2. Les rayonnements solaires: .....	12
---	----

2.3.2.1. Les rayonnements directs : .....	12
---	----

2.3.2.2. Les rayonnements diffus : .....	12
--	----

2.3.2.3. Les rayonnements réfléchis (globales) : .....	12
--	----

2.4. Les cellules photovoltaïques : .....	13
---	----

2.5. Le principe de fonctionnement des cellules solaires : .....	13
--	----

2.6. Les types des cellules photovoltaïques: .....	13
--	----

2.6.1. Les cellules au silicium monocristallin: .....	14
---	----

2.6.2. Les cellules au silicium poly-cristallin (ou multi cristallin): .....	14
--	----

2.6.3. Les cellules au silicium amorphe: .....	14
--	----

2.7. Les types des systèmes photovoltaïques : .....	15
---	----

2.7.1. Système Autonome : .....	15
---------------------------------	----

2.7.2. Système raccordé au réseau : .....	15
---	----

2.7.3. Systèmes hybride : .....	16
---------------------------------	----

2.8. Le système photovoltaïque autonome: .....	16
--	----

2.9 Le dimensionnement des systèmes photovoltaïques autonome: .....	17
---	----

2.9.1.	Etape 01 : Présentation du site d'étude : .....	18
2.9.2.	Etape 02 : Estimation des besoins journaliers:.....	18
2.9.3.	Etape 03 : chiffrage l'énergie solaire récupérable selon l'emplacement et la situation géographique. ....	19
2.9.3.1.	Etude de l'inclinaison et orientation des panneaux : .....	19
2.9.3.2.	Les données météorologiques :.....	21
2.9.4.	Etape 04 : Choix des modules photovoltaïques: puissance totale à installer (puissance crête), tension de fonctionnement technologie : .....	21
2.9.4.1.	La puissance totale à installer (puissance crête) des panneaux photovoltaïques :.....	22
2.9.4.2.	Tension de fonctionnement du champ photovoltaïque :.....	22
2.9.4.3.	Nombre de panneaux photovoltaïques à utiliser :.....	23
2.9.4.4.	Le nombre de panneaux connectés en série sera égale à : .....	23
2.9.4.5.	Le nombre de panneaux connectés en parallèle s'exprime par :23	
2.9.5.	Etape 05 : Dimensionnement du parc des batteries:.....	23
2.9.5.1.	Calcule la capacité ( <b>C</b> ) de la batterie:.....	24
2.9.5.2.	Nombre des batteries :.....	24
2.9.5.3.	Nombre de batteries en série :.....	24
2.9.5.4.	Nombre de batteries en parallèle :.....	24
2.9.6.	Etape 06 : Choix de l'onduleur et de régulateur:.....	24
2.9.6.1.	Le dimensionnement du régulateur :.....	24
2.9.6.2.	Dimensionnement du l'onduleur :.....	25
2.9.7.	Etape 07 : Le dimensionnement des câbles électriques : .....	25
2.9.7.1.	Des données complémentaires :.....	26
Conclusion :.....		26
Introduction : .....		28
3.1.	Présentation de logiciel :.....	28
3.2	L'audit électrique de la faculté : .....	29
3.3.	Le premier cas : Avant de remplacement : .....	34
3.3.1.	Dimensionnement du système photovoltaïque:.....	34
3.3.1.1.	Etape 01 : Présentation du site : .....	34

3.3.1.2.	Etape 02 : Estimation le besoin électrique journalière de la faculté :	35
3.3.1.3.	Etape 03 : Etape 03 : Estimation l'énergie solaire récupérable par l'emplacement et la situation géographique :	35
3.3.1.4.	Etape 04 : Choix des modules photovoltaïques : puissance totale à installer (puissance crête), tension de fonctionnement technologie :	36
3.3.1.5.	Etape 05 : Dimensionnement du parc des batteries:	37
3.3.1.6.	Etape 06 : Dimensionnement du régulateur :	37
3.3.1.7.	Etape 07 : Dimensionnement du l'onduleur :	38
3.3.1.8.	Etape 08: Dimensionnement des câbles de raccordement :	38
3.3.2.	Etude économique:	40
3.3.2.1.	Le coût de l'installation :	40
3.3.2.2.	Le coût de la consommation électrique :	41
3.3.2.3.	Le temps de revient :	42
3.4.	Deuxième cas : Après le remplacement :	43
3.4.1.	La consommation électrique : ..... <b>Erreur ! Signet non défini.</b> Après l'opération de remplacement des tube d'éclairage la consommation électrique se change, alors il faut recalculer, ... <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
3.4.2.	Dimensionnement du système photovoltaïque :	43
3.4.3.	Etude économique :	43
3.4.3.1.	Le coût de l'installation d'éclairage :	43
3.4.3.2.	Le coût de l'installation :	43
3.4.3.3.	Le coût de la consommation électrique : ..... <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
3.4.3.4.	Le temps de revient :	44
3.5	La comparaison et les solutions :	45
	Conclusion :	46
	La conclusion générale :	48

# Liste des figures

## Chapitre 2 : Etude théorique

<i>Figure 2. 1: les types des rayonnements solaires.</i> .....	12
<i>Figure 2. 2: Le principe de fonctionnement des cellules solaires.</i> .....	13
<i>Figure 2. 3: cellule au silicium monocristallin.</i> .....	14
<i>Figure 2. 4: cellule au silicium poly-cristallin.</i> .....	14
<i>Figure 2. 5: Système photovoltaïque Autonome.</i> .....	15
<i>Figure 2. 6: Système photovoltaïque raccordé au réseau.</i> .....	16
<i>Figure 2. 7: système photovoltaïque hybride.</i> .....	16
<i>Figure 2. 8: schéma d'un système photovoltaïque autonome.</i> .....	17
<i>Figure 2. 9: les étapes de dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome.</i> .....	18
<i>Figure 2. 10: Définition des angles pour un plan incliné.</i> .....	20

## Chapitre 3 : application de l'étude

<i>Figure 3. 1: le pourcentage de chacun consommateur électrique dans la faculté.</i> .....	33
<i>Figure 3. 2: les irradiances moyennes mensuelles reçues sur une surface horizontale pendant 9 ans (2000/2009).</i> .....	36
<i>Figure 3. 3: les coûts unitaire et globale de la consommation électrique du premier cas.</i> .....	40
<i>Figure 3. 4: les coûts des tranches de la consommation électrique du premier cas.</i> .....	41
<i>Figure 3. 5: la consommation électrique de chaque étage selon l'utilisation de deuxième cas.</i> <b>Erreur ! Signet non</b>	
<i>Figure 3. 6: les coûts unitaire et globale du système deuxième cas.</i> .....	44
<i>Figure 3. 7: les coûts des tranches de la consommation électrique au deuxième cas.</i> <b>Erreur ! Signet non défini.</b>	
<i>Figure 3. 8 : le coût de la consommation électrique au deuxième cas.</i> .....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>



# Liste des tableaux

## Chapitre 2 : Etude théorique

Tableau 2- 1: l'inclinaison des captures photovoltaïques en fonction de latitude.....	20
Tableau 2- 2: les tensions des champs en fonction de ses puissances crête.....	23

## Chapitre 3 : application de l'étude

Tableau 3- 1: les repartitions des pièces par étages.....	29
Tableau 3- 2: les consommateurs et la quantité d'électricité consommée par chaque étage.....	30
Tableau 3- 3: les appareillages utilisés dans la faculté.....	30
Tableau 3- 4: la consommation électrique de chaque étage selon l'utilisation.....	32
Tableau 3- 5: la puissance et la luminosité des tubes d'éclairage utilisé.....	34
Tableau 3- 6: Mesure relative en temps réels à Ouargla pendant la période (2000/2009).....	35
Tableau 3- 7: la durée de vie et quantité nécessaire de chaque composant du premier système PV. ..	40
Tableau 3- 8: les coûts du premier système.....	41
Tableau 3- 9: les coûts de la consommation électrique pour le premier cas.....	41
Tableau 3- 10: la consommation électrique pour le deuxième cas.....	<b>Erreur ! Signet non défini.</b>
Tableau 3- 11: le dimensionnement du deuxième système PV du deuxième cas.....	43
Tableau 3- 12: les coûts unitaires et globaux des nouveaux tubes d'éclairages.....	43
Tableau 3- 13: la quantité des composants du système PV nécessaire.....	43
Tableau 3- 14: le coût de la deuxième installation.....	44

# Nomenclature

Symboles	Désignation	Unités
$C_{bat}$	La capacité de la batterie	<b>Ah</b>
$C_{c.h}$	Capacité du champ de batterie	<b>Ah</b>
$D$	Décharge maximale admissible de la batterie	%
$E_e$	L'énergie électrique consommée par jours	<b>Wh/j</b>
$I_e$	Le courant d'entrée	<b>A</b>
$I_r$	L'irradiation solaire	<b>w/m<sup>2</sup></b>
$K$	Coefficient correcteur	
$L$	La longueur de câble	<b>m</b>
$N$	Nombre de jour d'autonomie	<b>Jours</b>
$N_b$	Nombre des batteries	
$N_{b.s}$	Nombre de batteries en série	
$N_{b.p}$	Nombre de batteries en parallèle	
$N_t$	Nombre total de panneaux photovoltaïques	
$P$	La puissance électrique	<b>W</b>
$P_{tot}$	La puissance totale	<b>W</b>
$R$	La résistance	<b><math>\Omega . m</math></b>
$t$	Le temps d'utilisation	<b>h/j</b>
$V_{c.h}$	Tension totale du champ	<b>V</b>
$V_{bat}$	Tension de la batterie	<b>V</b>
$V_{ins}$	La tension de l'installation	<b>V</b>

<b><math>S</math></b>	La section de câble	<b><math>m^2</math></b>
<b><math>P_{c.h}</math></b>	La puissance crêt	<b><math>W</math></b>
<b><math>N_s</math></b>	Nombre de panneaux connectés en série	
<b><math>N_p</math></b>	Nombre de panneaux connectés en parallèles	
<b><math>V_p</math></b>	La tension délivrée par un seul panneau photovoltaïque	<b><math>V</math></b>
<b><math>\Delta U</math></b>	Chute de tension maximale	%

Symboles	Désignation	Unités
<b><math>\beta</math></b>	Inclinaison par rapport l'horizontal	°
<b><math>\rho</math></b>	La résistivité	<b><math>\Omega</math></b>
<b><math>\theta_s</math></b>	L'angle d'incidence	°
<b><math>\varphi</math></b>	Latitude	°

# Abstract

Parallèlement au développement qui a eu lieu ces dernières années, le domaine de l'énergie connaît une forte demande dans le monde en général et en Algérie en particulier, car la consommation électrique a considérablement augmenté, ce qui affecte l'environnement, puisque l'Algérie dépend principalement de sources d'énergie non renouvelables pour produire de l'énergie. Notre étude sera liée à la Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Kasdi Merbah, Ouargla, dans laquelle nous réaliserons un audit électrique sur la faculté qui nous permettra de trouver des solutions et des propositions qui réduisent la consommation électrique, et pour profiter du fait que la faculté est située dans une zone qui nous permet d'exploiter l'une des sources d'énergie renouvelables représentées dans l'énergie solaire, nous proposerons un système photoélectrique permettant de répondre le besoin électrique de la faculté, sans oublier l'aspect coté économique du système et son impact sur la faculté.

## Les mots clés :

L'audit électrique, la consommation électrique, les énergies renouvelables, le système photovoltaïque, énergie électrique.

## الملخص

تزامنا مع التطور العلمي الحاصل في السنوات الأخيرة يشهد مجال الطاقة إقبالا كبيرا في العالم عامة وفي الجزائر خاصة، حيث أن الاستهلاك الكهربائي زاد بشك ملحوظ وهذا ما يؤثر على البيئة كون الجزائر تعتمد بشكل أساسي على مصادر الطاقة الغير متجددة لإنتاج الطاقة. ستكون دراستنا هذه متعلقة بكلية العلوم التطبيقية لجامعة قاصدي مرباح ورقلة، ففيها سنقوم بتدقيق كهربائي يسمح لنا بإيجاد حلول وتدابير تعمل على تقليل الاستهلاك الكهربائي، وللاستفادة من كون الكلية تقع في منطقة تسمح لنا من استغلال إحدى مصادر الطاقة المتجددة والمتمثلة في الطاقة الشمسية، سنقوم باقتراح نظام كهر وضوئي يسمح بتلبية حاجة الكلية من الطاقة، دون أن ننسى الجانب الاقتصادي للنظام وأثاره على الكلية.

## الكلمات المفتاحية:

التدقيق الكهربائي، الاستهلاك الكهربائي، الطاقات المتجددة، النظام الكهروضوئي، الطاقة الكهربائية.

# Introduction générale

### **Introduction générale :**

La demande d'énergie augmente très rapidement et en abondance ces derniers temps en raison de l'augmentation de la population, de l'augmentation de la production et de l'utilisation de millions d'appareils électriques et électroniques, de la construction de nombreuses usines et institutions, ainsi que de la crise économique et la croissance technologique dans le monde à laquelle nous assistons dans le monde au cours du siècle actuel, le XXI<sup>e</sup> siècle.

Les sources de production d'énergie proviennent de sources renouvelables telles que l'énergie solaire, l'énergie hydraulique, l'énergie éolienne etc., et de sources non renouvelables (combustibles fossiles), telles que le charbon et le pétrole brut.

Les sources d'énergie non renouvelables s'épuisent de temps en temps en raison d'une utilisation excessive pour produire de l'énergie et répondre à l'objectif humain de celle-ci, ce qui rend inévitable la tendance à l'utilisation de sources renouvelables car elles sont hautement disponibles et respectueuses de l'environnement sans émissions de gaz à effet de serre d'eux.

L'électricité est l'une des contributions les plus importantes des utilisations d'énergie dans notre vie pratique quotidienne et son utilisation correcte et sa bonne gestion sont nécessaires pour fournir de l'énergie et des ressources non renouvelables rares dans notre monde et ainsi nous obtenons également la réduction des émissions de gaz à effet de serre.

L'audit électrique est l'une des choses les plus importantes qui aident grandement à économiser l'énergie d'une utilisation excessive et irrationnelle, car il est possible en utilisant ce processus de donner de nombreuses solutions qui aident à cet égard, et parmi ces nombreuses solutions qui peuvent être atteintes, nous trouvons l'utilisation de sources d'énergie renouvelables.

La Faculté des Sciences Appliquées de l'Université de Kasdi Merbah et Ouargla fait partie des installations qui consomment le plus d'électricité, ce qui rend important de mener à bien le processus d'audit électrique et d'essayer de donner des solutions qui réduisent cette grande consommation.

Notre étude vise à faire un audit électrique sur la faculté qui nous permet de fournir des solutions qui contribuent à réduire cette grande consommation, ainsi qu'à proposer un système photovoltaïque qui répond au besoin d'électricité de la faculté.

Cette étude, dont nous allons discuter, se compose de quatre chapitres :

### ➤ **Chapitre 01 : Recherche bibliographique :**

Dans ce chapitre lequel nous présenterons de nombreux travaux similaires à ce que nous allons étudier, qui ont été réalisés par de nombreux chercheurs dans le domaine de l'audit électrique et de la détermination du dimensionnement approprié des systèmes photovoltaïque

### ➤ **Chapitre 02 : L'étude théorique :**

Dans ce chapitre, nous discuterons d'une étude théorique sur la façon de déterminer la taille appropriée du système PV pour répondre aux besoins quotidiens en énergie électrique du la faculté.

### ➤ **Chapitre 03 : Application à étudiée :**

Nous effectuerons un audit électrique sur la faculté, puis nous passons à l'application de ce qui a été réalisé en seconde chapitre, des étapes et des lois pour dimensionner deux systèmes photovoltaïques, l'une avant d'appliquer ce qui a été atteint dans l'audit électrique et l'autre après l'audit électrique, et nous traiterons de côté économique des deux systèmes qui nous allons voire la durée qui la faculté pouvez récupérer les cout des systèmes et le montant financier qui peut gagner de chacun des deux systèmes.

Chapitre 1 : La  
recherche  
bibliographique



## **Introduction :**

De nombreux chercheurs et étudiants ont mené des recherches concernant l'audit électrique d'installations publiques ou privées afin de réduire la consommation électrique et d'améliorer l'efficacité de leurs consommations, ainsi que de déterminer dimensionnement du système photovoltaïque en fonction du lieu à installer.

Dans ce chapitre, nous allons faire une consultation générale et presque complète des nombreux documents de recherche, qu'elles soient menées par des chercheurs dans leurs articles ou par les étudiants dans leurs mémoires dans le but d'obtenir des diplômes universitaires, concernant l'audit électrique et le dimensionnement des systèmes photovoltaïques pour des locaux spécifiques.

## **1.1. Audit électrique :**

Le 8 novembre 2012, Fu E. Tang[1], dans son article intitulé « **An Energy Consumption Study for a Malaysian University** », a étudié le problème de la grande consommation d'énergie électrique au niveau de l'université Malaisienne, Là où il a mené un audit électrique à l'Université Malaisienne, pour résoudre le problème de la grande consommation d'énergie, et après avoir effectué l'audit électrique il est arrivé aux résultats suivants :

- Après la période d'étude, classez les bâtiments du campus universitaire malaisien en termes de consommation d'électricité du plus au moins.
- Trouvé le pourcentage de consommation d'électricité des appareils sur le campus universitaire (les climatiseurs, les équipements électriques principales, autres équipements électriques, et l'éclairage).
- Le pourcentage de la population et les activités étudiantes sur le campus jouent un rôle majeur dans l'augmentation du taux de consommation d'électricité.
- Proposer des mesures pour aider à améliorer l'efficacité énergétique sur le campus universitaire.

A 6-8 novembre 2015, A. Kumar, S. Ranjan, M. Singh et al[2], dans vos articles intitulés «**Electrical Energy Audit in Residential House**», a étudié Le problème de la consommation électrique dans une maison à Chennai en Inde, Après l'inspection du chantier, le logiciel ETAP a été utilisé afin d'obtenir un audit électrique de la maison ainsi que d'obtenir des résultats appropriés avec un schéma unifilaire.

Selon la planification de la maison, des plans ont été obtenus qui représentent la consommation quotidienne d'électricité à travers les équipements électriques et d'éclairage, et sur la base de cette

étude, de nombreuses recommandations ont été formulées, notamment dans lesquelles nous pouvons investir et dans lesquelles nous ne pouvons pas investir :

- Arrêter les appareils électriques qui ne sont pas utilisés.
- Ajustez la température du réfrigérateur à une température appropriée.
- Les combinaisons d'éclairage doivent être nettoyées régulièrement car la poussière empêche 50% de la lumière sortie.
- Remplacement des tubes d'éclairages avec des tubes de LED qui permettent une grande énergie.

En 2015 Gousia Sultana, Harsha.H.U [3], dans un article sous-titre «**Electrical Energy Audit a Case Study**», ils ont effectué un audit d'électricien sur l'Institut de Nandi pour la technologie et les sciences administratives de Bangalore pour tenter de connaître l'énergie consommée quotidienne, hebdomadaire et mensuelle à base des données relèves des factures de 2012, pour déposer des édits l'énergie grâce à la proposant des mesures efficaces qui contribuent à améliorer l'efficacité énergétique et à fournir 20 60%

Cette étude a adopté la collecte de données, l'analyse des données, puis en donnant des recommandations appropriées.

Les recommandations suivantes ont été atteintes :

- Éviter d'utiliser la machine de photocopieur dans le mode somnolent lorsqu'il n'est pas utilisé.
- Remplacement de toutes les FTL par des lumières LED de similitudes égales.
- Remplacement de toutes les imprimantes laser par imprimantes à jet d'encre.
- Remplacement des moniteurs de CRT de PC avec des moniteurs LCD.
- Utilisation de capteurs de mouvement dans les couloirs et les toilettes.

En 2016, Beza Negash Getu et all[4], ont mené une étude dans un article sous-titre «**Electricity Audit and Reduction of Consumption: Campus Case Study**» pour faisant un audit électrique du campus universitaire américaine de Ras Al Khaimah, Ras Al Khaimah, EAU. A été réalisé en utilisant la méthode de collecte de données, et analysant afin d'atteindre les recommandations nécessaires.

Des données ont été collectées pour la consommation d'énergie des appareils électriques à l'université et pour les factures d'électricité pendant dix mois, ce qui a permis de comparer la consommation d'énergie de ces mois.

La consommation d'énergie du campus est classée en (éclairage, refroidissement et énergie consommée par d'autres appareils tels que les ordinateurs, les imprimantes, les équipements de laboratoire ...etc.).

- Éteignez les ordinateurs lorsque les gens ne les utilisent pas pendant de longues périodes au lieu de les laisser allumer.
- Installation d'un système de contrôleur électronique automatique d'intensité lumineuse qui évite le gaspillage inutile d'énergie électrique et fournit un éclairage basé sur la présence physique d'une personne et le niveau d'éclairage requis à l'endroit souhaité.
- Utilisation de détecteurs de mouvement dans les couloirs, les toilettes et autres endroits nécessaires.
- Ajuster le mode veille des ordinateurs du campus, en particulier les ordinateurs des laboratoires et des salles de classe.

### 1.2. Dimensionnement des systèmes photovoltaïques :

De nombreux étudiants ont soumis des propositions de dimensionnement de systèmes photovoltaïques dans les études qu'ils ont faites dans leurs mémoires pour obtenir leurs diplômes universitaires, et parmi ces travaux, nous nous les mentionnons les suivants :

En 2017, Hichem Dahmani et Mohamed Bouzaia[5], ont fait un étude sous-titre : « **étude et dimensionnement d'un système photovoltaïque dédié à un habitation** », Ils ont mené une étude sur une maison à un étage située dans l'État de Bejaia dans une zone isolée pour déterminer dimensionnement d'un système photovoltaïque approprié, et ils ont mené une étude technique et économique, qui comprenait la comparaison du coût du système photovoltaïque et de la période d'investissement avec le coûts d'électricité fournis par l'approvisionnement de SDE (la société de distribution d'électricité) de la région.

Cherifi Farida et Grim Naima[6], d'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou[6], ont mené une étude sous-titre « **Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome** », qui étudient les étapes de dimensionnement un système photovoltaïque, et appliquent ces étapes pour détermine les dimensionnements d'un kit photovoltaïque autonome qui alimentera une charge de puissance 320 Watts avec une autonomie de 12 heures, et ont étude l'effet du type du panneau solaire et la capacité de la batterie choisie sur les dimensionnements du système.

Et dans cette mémoire, Ammi Housseem et Bouchareb Amina [7], d'Université Larbi ben M'hidi. Oum El Bouaghi, ont mené une étude sous-titre « **Intégration du système solaire dans un projet architectural et son impact sur sa consommation énergétique** », Pour déterminer le système photovoltaïque qui permet de répondre aux besoins du musée Moudjahid d'Oum al-Bouaghi, en tenant compte du côté esthétique et fonctionnel du bâtiment.

En 2017, Belabed Mohamed Rafik[8], fait une étude sous-titre « **Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque** », dans le but de fournir une vision général de la méthodologie de calcul les dimensionnements des systèmes photovoltaïques, et pour ce faire il a réussi à obtenir stage de courte durée à compagnie d'électricité et d'énergie renouvelable sise à Ghardaïa.

Il a terminé cette étude en appliquant ce qui a été atteint sur une maison proposée qui contient de nombreux éléments consommant de l'électricité, et ceci afin de comprendre le sujet très bien.

### **Conclusion :**

Après avoir passé en revue de nombreux travaux que les chercheurs et les étudiants ont réalisés dans ce chapitre, nous pouvons dire que nous pouvons plonger dans le cœur de notre sujet.

Dans le chapitre suivant, nous aborderons une étude théorique concernant les systèmes photovoltaïques et comment déterminer leur dimensionnement en fonction du lieu à installer.

# Chapitre 2 :

## L'étude théorique

### **Introduction :**

L'énergie solaire est l'une des technologies les plus utilisées dans notre monde ces derniers temps. Grâce à elle et grâce au développement scientifique, l'architecture a eu la chance d'obtenir sa part de cette énergie en intégrant des panneaux photovoltaïques et des panneaux thermiques dans divers projets dans le but de produire de l'électricité, de chauffer de l'eau saine ou de chauffer des bâtiments. Et pour contribuer principalement à réduire les coûts de consommation d'énergie et à donner une touche cosmétique particulière aux installations.

A travers ce chapitre, nous aborderons les calculs liés du dimensionnement des systèmes PV aux bâtiments, qui dépendent généralement des caractéristiques techniques des sous-systèmes constituant l'installation photovoltaïque (générateur PV, batteries, régulateurs et transformateurs) sur d'une part, et la disponibilité d'une base de données fiable des dépôts météorologiques pour les sites d'implantation d'autre part.

### **2.1. L'énergie photovoltaïque :**

L'énergie photovoltaïque base sur l'effet photoélectrique. Les cellules photovoltaïques converties directement l'énergie solaire en énergie électrique en donnant un courant continue. Ce courant peut être utilisé, soit sous sa forme directe pour alimenter des appareils prévus à cet effet, ou bien sous sa forme indirecte donc alternatif par l'intermédiaire d'un onduleur. [5]

### **2.2. L'effet photovoltaïque :**

Lorsqu'un matériau semi-conducteur est exposé à la lumière du soleil, les atomes exposés au rayonnement sont "bombardés" par les photons. Sous l'action de ce bombardement, les électrons des couches électroniques supérieures (appelés électrons des couches de valence) ont tendance à être « arrachés » : [9]

Si l'électron revient à son état initial, l'agitation de l'électron se traduit par un échauffement du matériau. L'énergie cinétique du photon est alors transformée en énergie thermique. [9]

Par contre, dans les cellules photovoltaïques, une partie des électrons ne revient pas à son état initial. Les électrons "arrachés" créent une tension électrique continue faible. Une partie de l'énergie cinétique des photons est ainsi directement transformée en énergie électrique : c'est l'effet photovoltaïque. [9]

## Chapitre 2 : L'étude théorique

---

L'effet photovoltaïque constitue ainsi la conversion directe de l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique au moyen de cellules généralement à base de silicium. Pour obtenir une puissance suffisante, ces cellules sont reliées entre elles et constituent le module solaire. [9]

### 2.3. Irradiation et le rayonnement solaire :

#### 2.3.1. L'irradiation :

L'irradiation est une quantité instantanée décrivant le flux de rayonnement solaire incident sur une surface ( $\text{kW/m}^2$ ). [10]

#### 2.3.2. Les rayonnements solaires :

Le rayonnement solaire est généralement divisé en trois sections :

##### 2.3.2.1. Les rayonnements directs :

Le rayonnement direct est le rayonnement solaire incident sur un plan donné et provenant d'un angle solide centré sur le disque solaire. [11]

##### 2.3.2.2. Les rayonnements diffus :

Le rayonnement réfléchi ou l'albédo est le rapport de l'énergie solaire réfléchie par une surface sur l'énergie solaire incidente. Cet albédo peut être important lorsque le sol est particulièrement réfléchissant (eau, neige). Ainsi pour un corps noir parfait, l'albédo est nul. [11]

##### 2.3.2.3. Les rayonnements réfléchis (globales) :

Est la somme des rayonnements directs et les rayonnements diffus. [11]

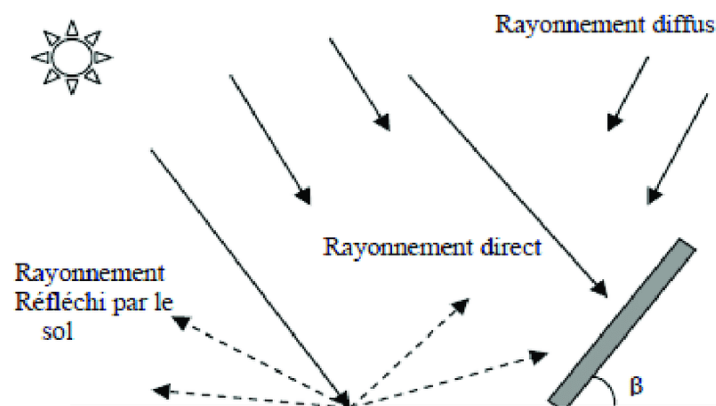


Figure 2. 1: les types des rayonnements solaires.

### 2.4. Les cellules photovoltaïques :

La cellule photovoltaïque est la plus petit constituant de l'installation photovoltaïque [5]. Elle est constituée de semi-conducteurs, principalement à base de silicium (Si), elle permet la conversion directe le rayonnement solaire en énergie électrique. [12]

### 2.5. Le principe de fonctionnement des cellules solaires :

Une cellule photovoltaïque est réalisée à partir de deux couches de silicium, une dopée P (dopée au bore (La couche inférieure)) chargée positivement, et l'autre dopée N (dopée au phosphore (La couche supérieure)) chargée négativement, créant ainsi une jonction PN avec une barrière de potentiel. Lorsque la cellule est exposée au rayonnement solaire, les photons d'énergie pénétrant dans la cellule solaire transmettent leur énergie aux atomes de la jonction. [13]

Si cette énergie est suffisamment élevée, elle peut faire passer les électrons de la bande de valence à la bande de conduction du matériau semi-conducteur et créer ainsi des paires « électron-trou ». Les électrons (charges négative) et les trous (charges positive), sont alors maintenus séparés par un champ électrique qui constitue une barrière de potentiel. Si une charge est placée aux bornes de la cellule, les électrons de la zone N rejoignent les trous de la zone P via la connexion extérieure, donnant ainsi naissance à une différence de potentiel et un courant électrique qui circule. [13]

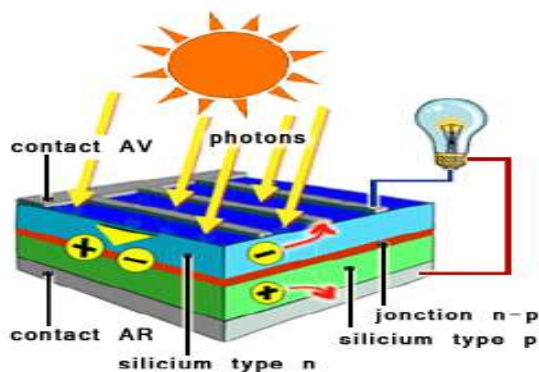


Figure 2. 2: Le principe de fonctionnement des cellules solaires.

### 2.6. Les types des cellules photovoltaïques : [14]

Il existe plusieurs types de cellules qui se différencient par les matériaux utilisés pour les construire. En dehors du prix, le choix d'un type de cellule n'a que peu de conséquences pour l'utilisateur, la principale différence sera la surface qui, à puissance égale, pourra varier du simple au double.



### 2.6.1. Les cellules au silicium monocristallin :

Lors de refroidissement lentement et d'une façon maîtrisée, le silicium se solidifie en ne formant qu'un seul cristal, d'où le nom monocristallin.

Les cellules au silicium monocristallin offrent le meilleur rendement parmi les panneaux solaires disponibles dans le commerce : entre **13 à 15%**. Il faudra donc moins de cellules pour atteindre la puissance désirée, mais comme le silicium monocristallin est aussi le plus cher, son seul avantage est finalement d'utiliser une surface réduite : il faut environ  $7\text{m}^2$  pour obtenir 1 kilowatt-crête ( $KW_c$ ).



**Figure 2. 3: cellule au silicium monocristallin.**

### 2.6.2. Les cellules au silicium polycristallin (ou multi cristallin) :

Les modules utilisant des cellules au silicium polycristallin ont en général un rendement compris entre **12 et 14%**. Il faut environ  $8\text{m}^2$  de cellules pour obtenir  $1KW_c$ . Ces cellules sont plus simples à fabriquer et moins chères que les cellules au silicium monocristallin.

Les cellules polycristallines sont reconnaissables aux formes irrégulières des cristaux qui apparaissent nettement à l'œil nu.



**Figure 2. 4: cellule au silicium polycristallin.**

### 2.6.3. Les cellules au silicium amorphe :

Les cellules au silicium amorphe sont des cellules à couche mince, c'est-à-dire qu'elles sont fabriquées en déposant une fine couche de silicium sur un support (ou "substrat"), par exemple du verre. L'épaisseur de silicium utilisée est beaucoup plus faible que pour les cellules mono ou polycristallines qui sont réalisées à partir de tranches de silicium.

## Chapitre 2 : L'étude théorique

---

Ce type de cellule est donc moins cher et plus facile à fabriquer. Sa faible épaisseur permet, par exemple, de les utiliser pour créer des panneaux solaires souples. Cependant ces cellules ont des rendements limités (de l'ordre de 5 à 7%, soit environ 15m<sup>2</sup> pour obtenir 1kWc) et sont donc réservées à des applications nécessitant peu de puissance.

Les cellules au silicium amorphes sont beaucoup utilisées pour l'alimentation de petits appareils solaires (montre, calculatrice...).

### 2.7. Les types des systèmes photovoltaïques : [15]

Il existe trois systèmes photovoltaïques sont :

#### 2.7.1. Système Autonome :

Un système photovoltaïque isolé alimente l'utilisateur en électricité sans être connecté au réseau électrique. C'est bien souvent le seul moyen de s'électrifier lorsque le courant du réseau n'est pas disponible : les maisons en site isolé, sur des îles, en montagne...

Ce type de système nécessite l'utilisation de batteries pour le stockage de l'électricité et d'un contrôleur de charge pour assurer la durabilité des batteries.

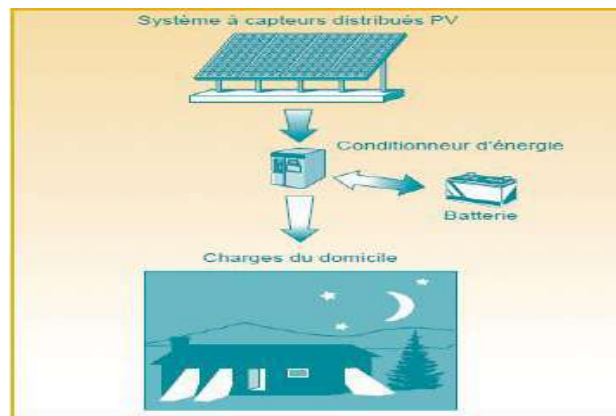


Figure 2. 5: Système photovoltaïque Autonome.

#### 2.7.2. Système raccordé au réseau :

Par système photovoltaïque connecté au réseau, on entend un système couplé directement au réseau électrique à l'aide d'un onduleur. Ce type de système offre beaucoup de facilité pour le producteur/consommateur puisque c'est le réseau qui est chargé de l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité.

## Chapitre 2 : L'étude théorique

---

Dans le cas de systèmes connectés au réseau, il est impératif de convertir le courant continu produit par le système photovoltaïque en un courant alternatif synchronisé avec le réseau. Pour effectuer cette conversion, on utilise un **onduleur**. Le rendement typique d'un onduleur est d'environ 95%. Il en existe de différentes puissances et les onduleurs sont conçus spécifiquement pour les applications photovoltaïques. L'onduleur possède également une fonction de découplage du réseau qui empêche d'injecter du courant sur le réseau lorsque celui-ci n'est pas en fonctionnement et une fonction de protection contre les surtensions.

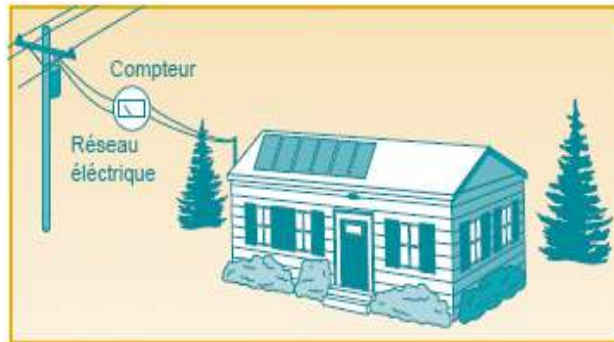


Figure 2. 6: Système photovoltaïque raccordé au réseau.

### 2.7.3. Systèmes hybride :

Comme leur nom indique, il s'agit de l'association de deux types d'énergies différentes au minimum, dont l'une d'elles est celles du photovoltaïque. Il comporte des batteries d'accumulateurs de stockage d'énergie. Cette autre source peut être un groupe électrogène ou bien une éolienne. Lorsqu'il s'agit des périodes nuageuses ou bien les accumulateurs sont faibles, c'est le groupe électrogène qui va s'occuper de la tâche. Si ces périodes sont venteuses, c'est l'éolienne qui prend la relève et charge ces accumulateurs. Un tel système peut convenir dans le cas d'une résidence ou d'un immeuble commercial non connecté au réseau, la plupart des systèmes.

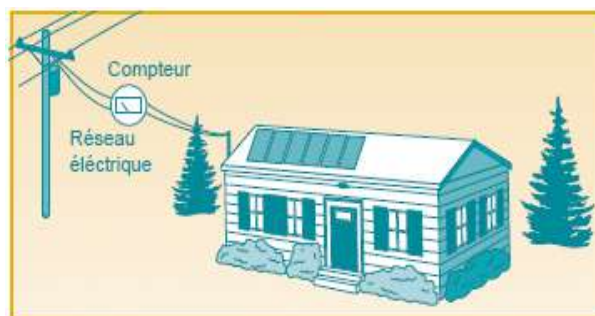


Figure 2. 7: système photovoltaïque hybride.

### 2.8. Le système photovoltaïque autonome :

Le système photovoltaïque autonome se compose des éléments suivants :

- ✚ Générateur photovoltaïque.
- ✚ Système de stockage.
- ✚ Régulateur de charge (contrôleur de charge).
- ✚ Onduleur.
- ✚ La charge (à courant alternatif, courant direct).
- ✚ Câblage.

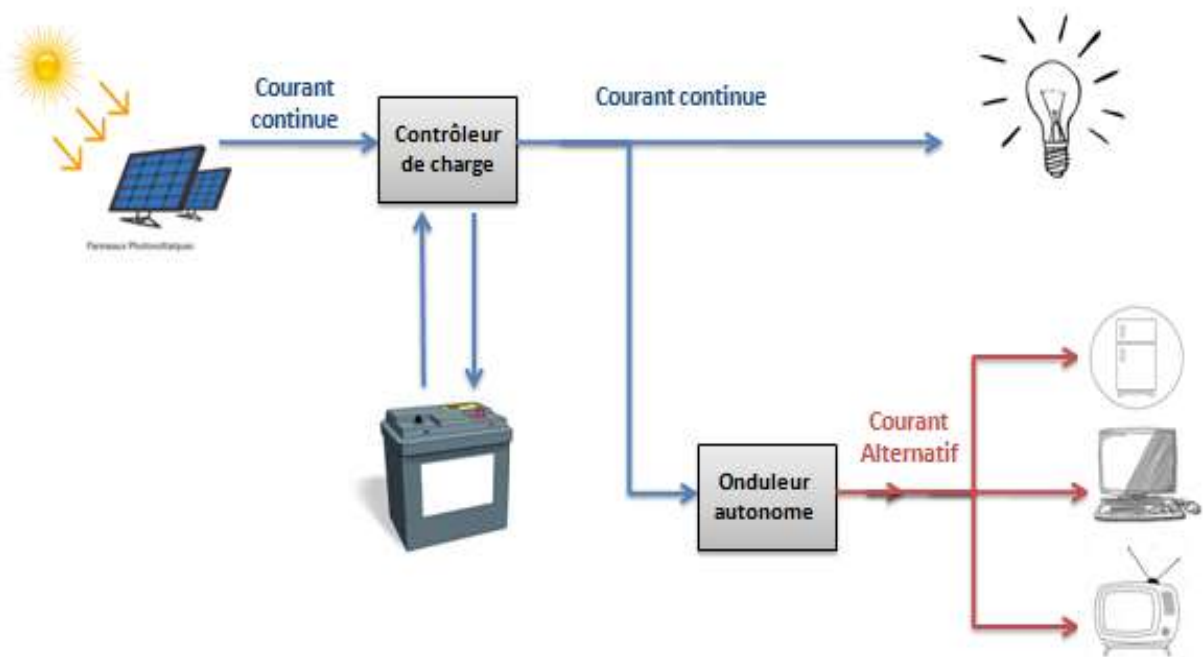


Figure 2. 8: schéma d'un système photovoltaïque autonome.

### 2.9. Le dimensionnement des systèmes photovoltaïques autonome :

Le dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome suit une démarche par étapes que l'on peut résumer dans le schéma de **la figure 2.9**.

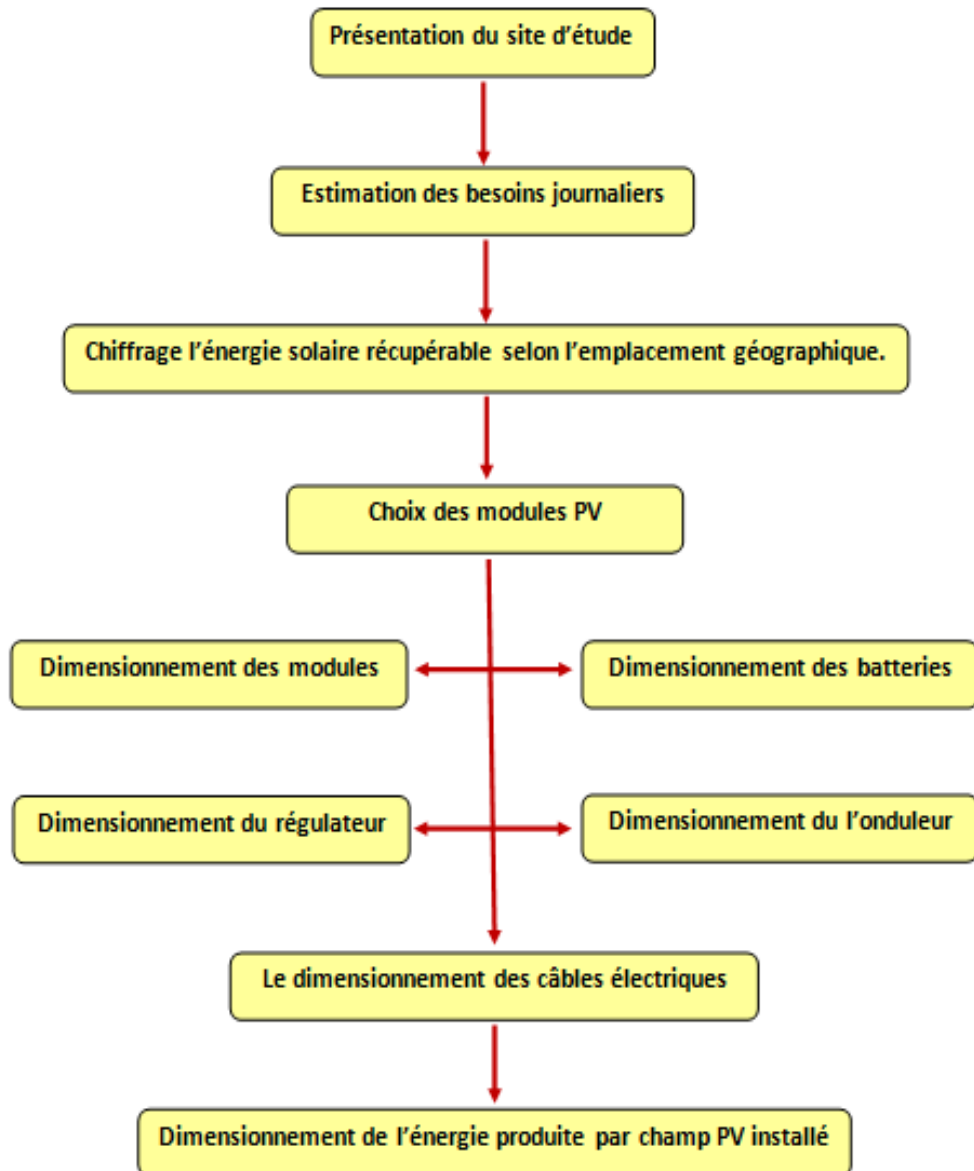


Figure 2. 9: les étapes de dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome.

### 2.9.1. Etape 01 : Présentation du site d'étude :

La présentation du site est l'une des étapes les plus importantes qui doivent être transmises par lui parce que chacune des régions de cette planète est caractérisée par ses normes aériennes. Parmi ces normes, nous trouvons l'énergie solaire récupérer selon la région, l'humidité, température moyenne ....

### 2.9.2. Etape 02 : Estimation des besoins journaliers :

Le besoin journalier ou l'énergie électrique consommée par jours est exprimé en **watt-heure par jours**, et on l'appelle aussi la consommation journalière.

## Chapitre 2 : L'étude théorique

---

Pour déterminer la valeur de l'énergie consommée par jours, nous avons besoin des données suivantes : [16]

- Les puissances des appareils.
- La durée d'utilisation.
- La tension.

La relation de l'énergie électrique consommée est donnée par le produit de la puissance par le temps de l'utilisation.

$$E_e = P \times t \quad (2.1)$$

$E_e$  : est l'énergie électrique consommée par jours en ( $Wh/j$ ).

$P$  : est la puissance électrique en heurs par jours en watt ( $W$ ).

$t$  : Le temps d'utilisation ( $h/j$ ).

Dans le cas des équipements ou des installations électrique la relation de l'énergie consommée par jours est donné par la somme de l'énergie consommé par jours de chaque appareil.

$$E_e = \sum_{i=0}^{i=n} P_i \times t_i \quad (2.2)$$

$P_i$  : est la puissance électrique d'un appareil «  $i$  » watt ( $W$ ).

$t_i$  : Durée d'utilisation de cet appareil «  $i$  » en heurs par jours ( $h/j$ ).

### 2.9.3. Etape 03 : chiffrage l'énergie solaire récupérable selon l'emplacement et la situation géographique.

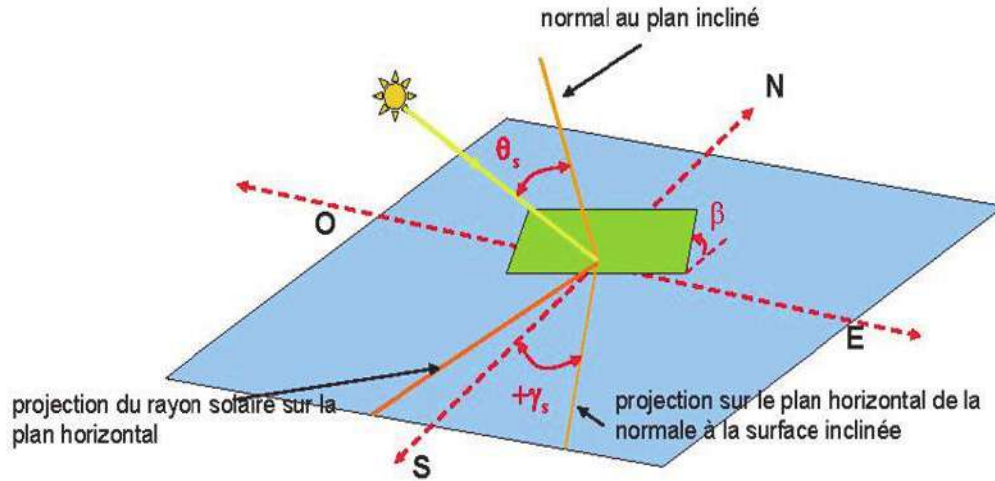
#### 2.9.3.1. Etude de l'inclinaison et orientation des panneaux :

La position des modules photovoltaïques par rapport au rayonnement solaire influe directement sur leur production énergétique. Il est important de bien placer les panneaux pour les utiliser au maximum de leurs possibilités. L'orientation est le point cardinal vers lequel est tournée la face active du panneau (sud, nord, sud-ouest). Quant à l'inclinaison, elle indique l'angle que fait le panneau avec le plan horizontal et se compte en degrés. [17]

## Chapitre 2 : L'étude théorique

Un plan incliné est caractérisé par son inclinaison  $\beta$  (par rapport à l'horizontale), et son orientation ou azimut  $\gamma_s$  par rapport au sud. [18]

$\theta_s$  : L'angle d'incidence.



**Figure 2. 10: Définition des angles pour un plan incliné.**

L'orientation idéale d'un panneau photovoltaïque obéit à une règle qui consiste à l'orienter vers l'équateur. Ce qui donne l'orientation vers :

- Le sud dans l'hémisphère nord.
- Le nord dans l'hémisphère sud.

Le Tableau (2. 1) donne les valeurs de l'inclinaison recommandée des capteurs photovoltaïques pour une utilisation annuelle constante en fonction de la latitude.

**Tableau 2- 1: l'inclinaison des captures photovoltaïques en fonction de latitude.**

Latitude $\varphi$ (°)	L'inclinaison $\beta$ (°)
$\varphi < 10^\circ$	<b><math>10^\circ</math></b>
$10^\circ < \varphi < 30^\circ$	$\varphi$
$30^\circ < \varphi < 40^\circ$	$\varphi + 10^\circ$
$\varphi > 40^\circ$	$\varphi + 15^\circ$

- Plus les rayonnements sont proches de la perpendiculaire au plan des panneaux ( $\cos\theta \approx 1$ ), plus la quantité d'énergie disponible est importante. [18]

- En moyenne, sur l'année, l'inclinaison optimale pour maximiser l'énergie annuelle produite est égale à la latitude du lieu. [18]
- Une inclinaison plus forte que la latitude peut augmenter l'énergie récupérée en hiver (la trajectoire du soleil étant basse dans le ciel), au détriment de celle récupérée en été. L'inverse est réalisé pour une inclinaison plus faible que la latitude. [18]

En ce qui concerne l'inclinaison, on tiendra compte de la période de l'année la moins ensoleillée pour optimiser la production de l'énergie. Les panneaux doivent donc récupérer l'énergie d'un soleil dont la hauteur est faible. [17]

### 2.9.3.2. Les données météorologiques :

La conception des systèmes photovoltaïques nécessite la connaissance du rayonnement solaire utile sur le site d'installation. Cette connaissance est un des paramètres essentiels de l'étude préalable dans le plan des panneaux solaires. [17]

Pour un besoin électrique donné, plus l'énergie solaire reçue est grande, moins on a des panneaux solaires à installer et inversement. En traversant l'atmosphère, le rayonnement solaire est absorbé et diffusé au sol. L'influence de l'atmosphère provoque la diffusion et l'absorption d'une partie du rayonnement incident [17].

La modification par l'atmosphère du rayonnement solaire obéit à des phénomènes assez complexes et surtout en grande partie aléatoires. Le flux lumineux reçu au niveau du sol à un instant donné dépend d'un grand nombre de paramètres (Gaz présents dans l'atmosphère, Nuages, Température ambiante, Vent, Humidité relative, des conditions météorologiques du moment, ...etc.).

Or tous ces paramètres dépendent du lieu géographique et de la saison. Est donc important de disposer de données fiables en recourant à des statistiques accumulées sur les années antérieures qui nous pouvons obtenir à partir des stations météorologiques élaborent des statistiques.

Les stations météorologiques élaborent des statistiques de rayonnement solaire intégré en  $KW.h/m^2/j$  à partir de toutes les données récoltées. Ce sont ces données qui servent la plupart de temps au dimensionnement d'un système photovoltaïque.

### 2.9.4. Etape 04 : Choix des modules photovoltaïques : puissance totale à installer (puissance crête), tension de fonctionnement technologie :

Cette étape consiste à calculer la quantité de module photovoltaïque que l'on devra posséder pour couvrir les besoins en électricité. [12]



### 2.9.4.1. La puissance totale à installer (puissance crête) des panneaux photovoltaïques :

La puissance crête des panneaux à installer dépend de l'irradiation du lieu d'installation. On la calcule en appliquant la formule suivante :

La puissance d'un panneau solaire s'exprime en watts-crête ( $W_c$ ). Cette Puissance crête d'un panneau solaire correspond à la puissance maximale de production électrique qu'il peut délivrer. Il s'agit d'une puissance idéale fournie dans des conditions optimales :

- Un ensoleillement (l'irradiation solaire) de **1000 w/m<sup>2</sup>** de lumière.
- Une température extérieure de **25°C**.
- Une bonne orientation des panneaux et aucun ombrage.

$$P_{c.h} = \frac{E_e}{K \cdot I_r} \quad (2.3)$$

$P_{c.h}$  : Puissance crête de champs photovoltaïques en Watt-crête ( $W_c$ ).

$E_e$  : est l'énergie électrique consommée ( $Wh/j$ ).

$I_r$  : est l'irradiation solaire journalière reçue par une surface unitaire (1 m<sup>2</sup>) du champ photovoltaïque, en prenant en compte l'orientation et l'inclinaison de celui-ci.

$K$  : Coefficient correcteur, ce coefficient tient compte : [13]

- De l'incertitude météorologique (de l'ordre de  $\pm 10\%$ ).
- De l'encrassement des modules dans le temps (de l'ordre de  $5\%$ ).
- De l'intégrale de la traversée du vitrage du module sous tous les angles (de l'ordre de  $5\%$ ).
- Du vieillissement des modules (de l'ordre de  $5\%$ ).
- De la dispersion des caractéristiques des modules lorsqu'ils sont montés en série (de l'ordre de  $5\%$ ).
- Du rendement faradique de la batterie (perte de l'ordre de  $10\%$ ).

La prise en compte de tous ces paramètres amène un coefficient correctif global (K) compris entre 0,65 et 0,75. Retenons pour l'instant la valeur de 0,70. [13]

### 2.9.4.2. Tension de fonctionnement du champ photovoltaïque :

On choisit la tension de fonctionnement en fonction de la puissance crête du champ photovoltaïque en watt : [12]

Tableau 2- 2: les tensions des champs en fonction de ses puissances crête.

Puissance crête ( $W_c$ )	Moins de 500	501 →2000	2001→10000	Plus de 10000
Tension de Champ (V)	12	24	48	96

**2.9.4.3. Nombre de panneaux photovoltaïques à utiliser :**

- **Panneaux solaire nécessaires à l'installation :**

A partir de la puissance crête des panneaux on peut déterminer le nombre de :

$$N_t = \frac{P_{c.h}}{\text{la puissance d'un panneau}} \quad (2.4)$$

$N_t$  : Nombre total de panneaux photovoltaïques.

**2.9.4.4. Le nombre de panneaux connectés en série sera égale à :**

$$N_s = \frac{V_{c.h}}{V_p} \quad (2.5)$$

$N_s$  : Nombre de panneaux connectés en série.

$V_{c.h}$  : Tension total du champ (V).

$V_p$  : La tension délivrée par un seul panneau photovoltaïque.

**2.9.4.5. Le nombre de panneaux connectés en parallèle s'exprime par :**

$$N_p = \frac{N_t}{N_s} \quad (2.6)$$

$N_p$  : Nombre de panneaux connectés en parallèles.

**2.9.5. Etape 05 : Dimensionnement du parc des batteries :**

Pour réaliser le dimensionnement des batteries, on procède de la façon suivante :

- On calcule l'énergie consommée ( $E_e$ ) par les différents récepteurs.
- On détermine le nombre de jours d'autonomie nécessaires.
- On détermine la profondeur de décharge acceptable pour le type de batterie utilisé.

### 2.9.5.1. Calcule la capacité (C) de la batterie :

$$C_{c.h} = \frac{E_e \times N}{D \times V_{bat}} \quad (2.7)$$

$C_{c.h}$  : Capacité du champ de batterie en **Ampère-heure (Ah)**.

$E_e$  : Énergie consommée par jour (**Wh/j**).

$N$  : Nombre de jour d'autonomie.

$D$  : Décharge maximale admissible (0,8 pour les batteries au plomb).

$V_{bat}$  : Tension de la batterie (**V**).

### 2.9.5.2. Nombre des batteries :

$$N_b = \frac{C_{c.h}}{C_{bat}} \quad (2.8)$$

$C_{bat}$  : La capacité de la batterie en **Ampère-heure (Ah)**.

### 2.9.5.3. Nombre de batteries en série :

$$N_{b.s} = \frac{V_{c.h}}{V_{bat}} \quad (2.9)$$

$U_{c.h}$  : Tension du champ en volte (**V**).

### 2.9.5.4. Nombre de batteries en parallèle :

$$N_{b.p} = \frac{N_b}{N_{b.s}} \quad (2.10)$$

La durée de vie en d'une batterie décroît rapidement lorsque la profondeur de décharge augmente. En général, on essaie de limiter la profondeur de décharge à 50%, c'est-à-dire que l'on utilisera que la moitié de la capacité de batteries.

## 2.9.6. Etape 06 : Choix de l'onduleur et de régulateur :

### 2.9.6.1. Le dimensionnement du régulateur :

Le dimensionnement du régulateur se fait d'après la tension, le courant d'entrée et de sortie.

- La tension nominale doit être celle du champ photovoltaïque.

- Le courant d'entrée est le courant de charge maximal que les modules sont susceptibles de fournir. Mais par mesure de sécurité il est préférable de prendre 1,5 fois le courant maximal.

$$I_e = 1.5 \times N_p \times I_{cc} \quad (2.11)$$

- Le courant de sortie du régulateur doit être supérieur à la valeur maximale de puissance (P) que peuvent consommer les appareils alimenter simultanément.

$$I_s = 1.5 \cdot \frac{P_{tot}}{V_{ins}} \quad (2.12)$$

### 2.9.6.2. Dimensionnement du l'onduleur :

L'onduleur permet de convertir le courant D.C (courant continu) en A.C (courant alternatif), pour le choix de l'onduleur (des sites isolés) on tient compte de deux paramètres :

Le dimensionnement d'un onduleur se base sur la somme des puissances maximales des équipements qui fonctionnent en alternatif, et se fait en fonction de :

- La Tension d'entrée : elle est égale à celle de la batterie ou du régulateur.
- La tension de sortie : en Algérie c'est du **220 V<sub>AC</sub> ,50Hz**.
- La puissance nominale : puissance nominale de l'onduleur (**VA**), définie d'après les besoins exprimés, elle tient compte du nombre d'équipement, et de leurs puissances.

### 2.9.7. Etape 07 : Le dimensionnement des câbles électriques :

Pour assurer le transport de l'énergie des modules jusqu'au régulateur de charge, on ne peut pas utiliser n'importe quel câble électrique. [12]

Les câbles solaires sont étudiés pour résister aux conditions liées à leur utilisation. Ils sont les seuls à pouvoir assurer une longue durée de vie (supérieure à 30 ans) tout en minimisant les pertes d'énergie.

La résistance d'un câble électrique ne dépend ni de la tension ni de l'intensité du courant qui le traverse, mais dépend de la résistivité ( $\rho$ ) du matériau utilisé (cuivre, argent, fer, ...), de la longueur du câble, de sa section, et de sa température.

Le cuivre est de loin le conducteur le plus utilisé, et sa résistivité oscille entre  **$1.6 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$**  à  **$0^\circ C$**  et  **$1.7 \times 10^{-8} \Omega \cdot m$**  à  **$25^\circ C$** . L'équation permettant de connaître la résistance est la suivante :

$$R = \frac{\rho \times L}{S} \quad (2.13)$$

$R$  : La résistance en ( $\Omega \cdot m$ ).

$\rho$  : La résistivité en ( $\Omega$ ).

$L$  : La longueur de câble en ( $m$ ).

$S$  : La section de câble en ( $m^2$ ).

### 2.9.7.1. Des données complémentaires :

- Chute de tension maximale entre panneaux et régulateurs ; régulateur et onduleur et entre onduleur et batterie :

$$\Delta U = 2\% \Rightarrow \Delta U = 0.02 \times U \quad (2.14)$$

$U$  : est la tension du champ.

- La section de câble détermine par la relation suivante :

$$S = \rho \cdot 2L \cdot \frac{I}{\Delta U} \quad (2.15)$$

$I$  : est la tension du courant des câble en ( $A$ ).

- Pour déterminer la tension du courant :

Nous avons la puissance d'un courant continue égale à :

$$P = U \cdot I \Rightarrow I = \frac{P}{U} \quad (2.16)$$

### Conclusion :

En plus des étapes de dimensionnement du système photovoltaïque susmentionnées, il y a une dernière étape, qui est le coût d'une installation PV autonome, dont nous parlerons dans le chapitre suivant, qui est liée à l'étude appliquée de ce qui a été discuté dans ce chapitre sur le Collège des sciences appliquées. Sciences, en plus de l'audit électrique. Comme nous aborderons cette étape sous le titre de l'étude économique du projet.

# Chapitre 03 :

## L'application de l'étude

### **Introduction :**

La grande consommation d'énergie par la faculté des sciences appliquées de l'université Kasdi Merbah Ouargla rend important la recherche de solutions qui aident à réduire cette consommation.

Notre étude, par le biais de ce chapitre, vise à effectuer un audit électrique sur la faculté et à appliquer ce qui a été réalisé dans le chapitre précédent pour proposer le système photovoltaïque qui permet de la production d'énergie qui répond aux besoins de la faculté.

Et parfois nous dépendons du programme **AutoCAD** qui nous permet d'accéder à l'installation électrique de l'université pour faire l'audit électrique.

Nous suggérerons que deux systèmes, l'une avant d'appliquer les résultats qui sont obtenus de l'audit électrique, et l'autre après application des résultats, pour nous permettre de faire une étude économique dans laquelle nous comparons les coûts et les rendements des deux systèmes.

### **3.1. Présentation de logiciel :**

**AutoCAD**, est un logiciel de dessin et **conception assistée par ordinateur (CAO)**, créé en 1982 par **Autodesk** et fonctionnant exclusivement sous Microsoft Windows et récemment sur Mac. **AutoCAD** est utilisé pour la conception de plans en 2D et 3D. Il est développé et commercialisé par **Autodesk Inc.** et a été l'un des premiers programmes de **CAO** qui pourraient être exécutés sur des ordinateurs personnels. [19]

**AutoCAD** est un logiciel de dessin assisté par ordinateur utilisé pour créer des plans en architecture, dessin industriel, construction des ponts ou les circuits d'ordinateur, entre autres. [19]

Bien que, à l'origine, il ait été développé pour les ingénieurs en mécanique, il est, aujourd'hui, utilisé par de nombreux corps de métiers. Il est actuellement le logiciel de **DAO** le plus répandu dans le monde. Pour tous emplois dessinateur AutoCAD, on sait que c'est un logiciel de dessin technique pluridisciplinaire:[19]

- ✓ Industrie.
- ✓ Cartographie, Arpentage et Topographie.
- ✓ Électronique, Électricité.
- ✓ Architecture, Design d'intérieur, Aménagement.
- ✓ Génie Civil.
- ✓ Mécanique.

- ✓ Aéronautique.

### 3.2. L'audit électrique de la faculté :

L'audit électrique peut être défini comme une méthodologie de processus qui aide à évaluer l'endroit où le bâtiment a utilisé l'énergie pour accéder à des mesures pour réduire la consommation excessive d'énergie.

L'audit électrique est un processus essentiel de gestion et d'organisation de l'énergie à l'aide de la méthode d'analyse d'énergie pour évaluer son utilisation et développer des méthodes limitant sa grande consommation excessive.

La faculté des sciences appliquées se compose d'un rez-de-chaussée et trois étages. Chaque étage contient plusieurs bureaux, laboratoires, salles d'étude, toilettes, magasins...etc. pouvant être résumé dans **le tableau (3-1)** :

**Tableau 3- 1: les repartitions des pièces par étages.**

	Amphis	Bureaux	Salles	Grand salles	WC	Labo	Magasins	Bibliothèques	Salle de prière
<b>RDC</b>	4	17	/	3	6	10	6	/	/
<b>1<sup>er</sup> étage</b>	/	12	14	/	2	13	0	/	2
<b>2<sup>ème</sup> étage</b>	/	23	18	0	2	10		/	/
<b>3<sup>ème</sup> étage</b>	/	12	0	3	2	/	/	1	/

Chaque étage a de nombreuses installations et des éléments qui consomment de l'électricité peuvent mentionner dans les tables suivantes :



**Tableau 3- 2: les consommateurs et la quantité d'électricité consommée par chaque étage.**

Eléments consommatrices	Tubes 18 W	Tubes 36 W	Tubes 100 W	Ordinateurs (80 W)	Imprimantes (100 W)	Photocopieuses (120 W)	Data show (90 W)	Réfrigérateurs (300 W)
<b>RDC</b>	560	494	45	5	5	0	4	0
<b>1<sup>er</sup> étage</b>	59	675	6	12	9	2	0	0
<b>2<sup>ème</sup> étage</b>	204	625	6	173	29	9	0	4
<b>3<sup>ème</sup> étage</b>	168	121	6	20	14	6	0	3
<b>Somme des éléments</b>	991	1915	63	210	57	17	4	7
<b>La puissance globale (W)</b>	17838	68940	6300	16800	6840	2040	360	2100

- **Les machines des travaux pratiques disponibles dans la faculté :**

Nous avons pu obtenir des machines de travail appliquées via la fiche technique de chaque machine.

Le tableau suivant représente la capacité de ces machines :

**Tableau 3- 3: les appareillages utilisés dans la faculté.**

L'appareil	Nombre	La puissance nominale	La puissance totale	La durée d'utilisation en (h/j)
<b>Lit flux et fluidisé</b>	1	300	300	1
<b>Réacteur chimique</b>	1	90	90	1
<b>Agitateur magnétique</b>	11	500	5500	1
<b>Etuve universelle</b>	3	1000	3000	1
<b>Bain marine</b>	2	750	1500	1

### Chapitre 3 : L'application de l'étude

<b>Chauffe ballon</b>	3	170	510	2
<b>Appareil de mesure de pression</b>	1	450	450	1
<b>Balance</b>	5	100	500	2
<b>Malaxeur 16-L0072</b>	2	370	740	2
<b>Malaxeur 16-B0075</b>	2	736	1472	2
<b>Machine de Los Angeles</b>	1	750	750	1
<b>Mélangeur de ciment</b>	2	4000	8000	2
<b>Machine de presse de Béton</b>	2	750	1500	1
<b>Broyeur</b>	2	15000	30000	1
<b>Tamiseuse</b>	2	400	800	1
<b>Table de choque</b>	1	300	300	1
<b>La machine de compression hydraulique</b>	1	770	770	1
<b>Machine hydraulique WP300</b>	1	750	750	1
<b>Un Scie</b>	1	2250	2250	1
<b>Agitateur tube à essai</b>	1	50	50	1
<b>Machine de Bernoulli</b>	2	370	740	1
<b>Appareil de la convection forcée</b>	1	200	200	1

### Chapitre 3 : L'application de l'étude

<b>Appareil de rayonnement</b>	1	750	750	1
<b>Pompe à chaleur</b>	1	2500	2500	1
<b>Tunnel de séchage</b>	1	4000	4000	1
<b>Balance</b>	3	100	300	1
<b>Bain marine</b>	2	750	1500	1
<b>Agitateur magnétique</b>	2	500	1000	1
<b>Machine synchrone</b>	3	200	600	1
<b>Machine synchrone</b>	4	250	100	1
<b>Bloc d'alimentation</b>	3	1000	3000	1
<b>Oscilloscope</b>	7	150	1050	1

Au **tableau (3-4)** nous définirons la consommation électrique de chaque utilisation électrique (l'éclairage, les appareils des laboratoires, et les autres utilisations) dans la faculté en ( $W \cdot h/J$ ) :

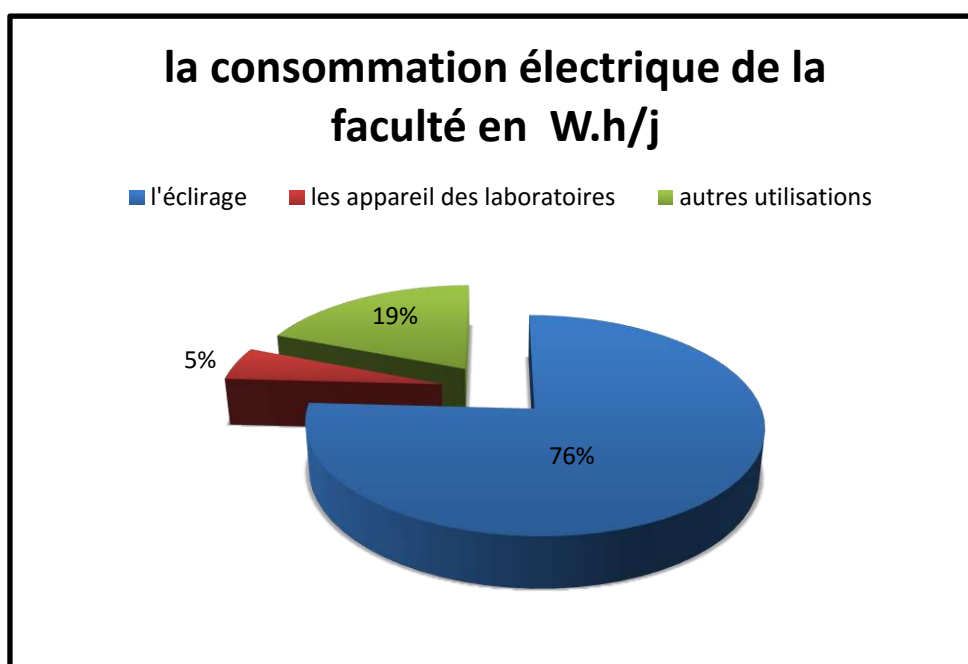
**Tableau 3- 4: la consommation électrique de chaque étage selon l'utilisation.**

<b>L'utilisation électrique</b>	<b>Éclairage</b>	<b>Les appareils des laboratoires</b>	<b>Autres utilisations</b>
<b>RDC</b>	315996	44304	12720
<b>1<sup>er</sup> étage</b>	245804	15650	16920
<b>2<sup>ème</sup> étage</b>	270998	/	160140
<b>3<sup>ème</sup> étage</b>	55236	/	32840

<b>La somme</b>	888034	59954	222620
-----------------	--------	-------	--------

Une facilité sera prévue concernant de le dénombrement tous les consommateurs d'électricité dans la faculté (salles de classe, les toilettes, les laboratoires...) et il est à noter que la durée d'utilisation de tous les appareils a été prise de manière d'une façon approximative pour calcule la consommation électrique de la faculté.

La consommation électrique a été calculée et a trouvé sa valeur estimée sur environ à **1170608 W.h/J**, et depuis le tableau précédent, nous avons pu dessiner le cercle relatif suivant :



**Figure 3. 1: le pourcentage de chacun consommateur électrique dans la faculté.**

À travers le circuit relatif, nous remarquons une différence dans les pourcentages de consommation électrique pour divers usages, où nous constatons que le pourcentage le plus bas est dû à la consommation par les équipements des laboratoires, suivi de la consommation par d'autres utilisations (les ordinateurs, les imprimantes, les réfrigérateurs...), et le pourcentage le plus élevé est dominé par le système d'éclairage, et c'est parce que la faculté dépend dans son éclairage principalement des tubes fluorescents **T8(18W,36W,100W)de Philips**, il est connu pour consomme de grandes d'énergie. C'est pourquoi nous recherchons une alternative à ces tubes, à condition qu'ils soient moins de consommation d'énergie et avec le même éclairage.

## Chapitre 3 : L'application de l'étude

Les lampes et tubes d'éclairage LED sont la dernière chose qui a été atteinte dans ce domaine, car elle permet de réduire le pourcentage de consommation d'électricité tout en garantissant la même luminosité.

D'après cela, nous pouvons utiliser des tubes d'éclairage LED dans le système d'éclairage de la faculté, à condition que la luminosité des tubes LED est compatible avec la luminosité des tubes fluorescents utilisés par le collège, vous devriez consommer moins de quantités d'électricité.

Le (tableau3-5) indique la luminosité des tubes fluorescents utilisés dans le système d'éclairage actuel de la faculté et les tubes d'éclairage LED qui sont presque compatibles avec leurs luminosités.

**Tableau 3- 5: la puissance et la luminosité des tubes d'éclairage utilisé.**

L'éclairage utilise			L'éclairage LED		
La puissance (W)	La luminosité (Lm)	Le rapport (W)/(Lm)	La puissance(W)	La luminosité (Lm)	Le rapport (W)/(Lm)
18	1350	0.013	16	2500	0.0064
36	3350	0.010	25	3700	0.0067
100	7000	0.014	90	7200	0.0125

Ci-dessous, nous allons faire un dimensionnement de deux systèmes photovoltaïques : l'une correspond à la consommation d'énergie avant de remplacer le système d'éclairage de la faculté, et l'autre après remplacé, puis nous allons apprécier le coût total pour chacun des deux systèmes tout au long de leur vie, et le temps peut récupérer les coûts, et après ça nous allons faire une comparaison entre les deux systèmes pour obtenir les résultats requis.

### 3.3. Le premier cas : Avant de remplacement :

#### 3.3.1. Dimensionnement du système photovoltaïque :

##### 3.3.1.1. Etape 01 : Présentation du site :

La Faculté des Sciences Appliquées de l'Université Kasdi Merbah de Ouargla est implantée dans le nouveau pôle universitaire (03), qui se situe à : Routier lourd en phase à la nouvelle aérogare, 30000 Ouargla, avec les données géographiques suivantes :

- Latitude = 31.910°

- Longitude =  $5.40^\circ$
- Altitude =  $141\text{ m}$ .

➤ **Quelques mesures relevées en temps réels au niveau de la Station de Mesure Radiométrique et Météorologique d'Ouargla :**

**Tableau 3- 6: Mesure moyen relative en temps réels à Ouargla pendant la période (2000/2009).**

La mesure	La valeur
Température de l'air [ $^\circ\text{C}$ ]	23.7
Ray globale horizontale [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]	250
Ray global incline [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]	313
Ray diffuses horizontal [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]	57
Pression d'air [ $h\text{p}_a$ ]	997
Humidité relative [%]	39
La vitesse de vent [ $\text{m}/\text{s}$ ]	3.8
La direction de vent [ $^\circ$ ]	294

### 3.3.1.2. Etape 02 : Estimation de besoin électrique journalière de la faculté :

Il a été calculé et sa valeur a été estimée à environ : **1170608 Wh/j**

### 3.3.1.3. Etape 03 : Etape 03 : Estimation l'énergie solaire récupérable par l'emplacement et la situation géographique :

#### 3.3.1.3.1. Inclinaison et orientation optimales des capteurs photovoltaïques :

Depuis que notre étude inclut la faculté des sciences Appliquées d'Université Kasdi Merbah Ouargla, située entre les latitudes  $30^\circ$  et  $40^\circ$  (latitude de la ville de Ouargla :  $31^\circ 56' 57''$  Nord), alors l'inclinaison des panneaux  $41^\circ$  orientée vers le sud.

#### 3.3.1.3.2. Les données météorologiques :

La figure (3.2) ci-dessus définit les irradiances moyennes reçues sur la surface horizontale et inclinées pendant la période 2000/2009, qui est obtenir par la station de la météorologique de Ouargla.

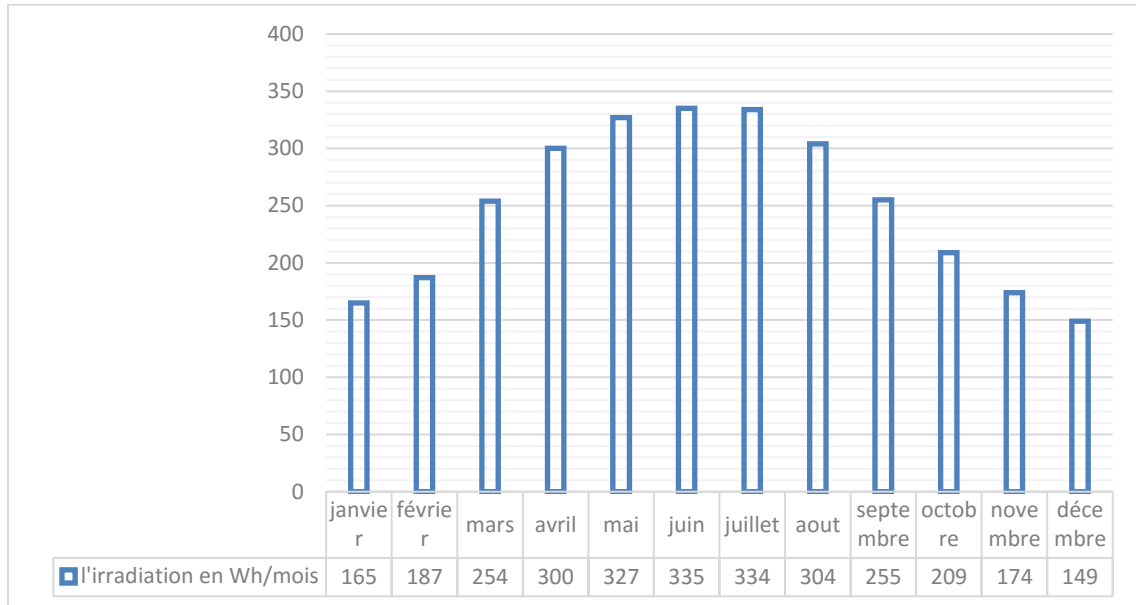


Figure 3. 2: les irradiances moyennes mensuelles reçues sur une surface horizontale pendant 9 ans (2000/2009).

**3.3.1.4. Etape 04 : Choix des modules photovoltaïques : puissance totale à installer (puissance crête), tension de fonctionnement technologie :**

- Description rapide du panneau utilisée :

Le module PV utilisée est **HF60M-320 d'E.CO.ME. S SOLAIRE**, fabrique en silicium polycristallin de propriétés suivantes :

$$P = 320W, I_{max} = 9.58A, V_{max} = 33.4V, I_{cc} = 10.14A, V_{co} = 41V$$

**3.3.1.4.1. La puissance totale à installer (puissance crête) des panneaux photovoltaïques :**

$$P_{c.h} = \frac{E_e}{K \cdot I_r} = \frac{1170608}{0.7 \times 250}$$

$$P_{c.h} = 6689.18 W_c$$

**3.3.1.4.2. Tension de fonctionnement du champ photovoltaïque :**

Nous avons la puissance crête entre  $2001 < P_{c.h} < 10000$  alors la tension de notre champ est **48 V**

**3.3.1.4.3. Nombre de panneaux photovoltaïques à utiliser :**

- Panneaux solaire nécessaires à l'installation :

$$N_t = \frac{P_{c.h}}{\text{la puissance d'un panneau}} = \frac{6689.18}{320}$$

$$N_t = 20.90 \approx 22 \text{ Panneaux}$$

- Le nombre de panneaux connectés en série :

$$N_s = \frac{V_{c.h}}{V_p} = \frac{48}{33.4}$$

$$N_s = 1.43 \approx 2 \text{ Panneaux en séries}$$

- Le nombre de panneaux connectés en parallèle :

$$N_p = \frac{N_t}{N_s} = \frac{22}{2}$$

$$N_p = 11 \text{ Panneaux en parallèles}$$

### 3.3.1.5. Etape 05 : Dimensionnement du parc des batteries :

- Description rapide sur la batterie utilisée :

Batteries de **48 V** et **600 Ah**.

#### 3.3.1.5.1. Calcul de la capacité (C) des batteries :

$$C_{c.h} = \frac{E_e \times N}{D \times V_{bat}} = \frac{1170608 \times 3}{0.8 \times 48}$$

$$C_{c.h} = 91453.75 \text{ Ah}$$

#### 3.3.1.5.2. Nombre de batteries :

$$N_b = \frac{C_{c.h}}{C} = \frac{91453.75}{600}$$

$$N_b = 152.42 \approx 154 \text{ Batteries}$$

#### 3.3.1.5.3. Nombre de batterie en série :

$$N_{b.s} = \frac{V_{c.h}}{V_{bat}} = \frac{48}{48}$$

$$N_{b.s} = 1 \text{ Batterie}$$

#### 3.3.1.5.4. Nombre de batterie en parallèle :

$$N_{b.p} = \frac{N_b}{N_{b.s}} = \frac{154}{1}$$

$$N_{b.b} = 154 \text{ Batteries en parallèles}$$

### 3.3.1.6. Etape 06 : Dimensionnement du régulateur :

- La tension nominale doit être celle du champ photovoltaïque, donc **48V**.



• Le courant d'entrée est le courant de charge maximal que les modules sont susceptibles de fournir. Mais par mesure de sécurité il est préférable de prendre 1,5 fois le courant maximal.

$$I_e = 1.5 \times N_p \times I_{cc} = 1.5 \times 11 \times 10.14$$

$$I_e = 167.31 A$$

• **Description rapide sur le régulateur :**

- ✓ Régulateur **STECA Power Tarom 4140**.
- ✓ Régulateur solaire 140 Ampères / 48V.

**3.3.1.7. Etape 07 : Dimensionnement du l'onduleur :**

- La Tension d'entrée : elle est égale à celle de la batterie ou du régulateur, alors égale à **48 V**.
- La tension de sortie : en Algérie c'est du **220 V<sub>AC</sub> , 50Hz**.

**3.3.1.8. Etape 08 : Dimensionnement des câbles de raccordement :**

• **Détermine les sections des câbles :**

$$\Delta U = 0.02 \times U$$

$$\Delta U = 0.02 \times 48 \Rightarrow \Delta U = 0.96 V$$

✓ **Entre les panneaux et le régulateur ( $S_1$ ):**

Nous avons :

$$S = \rho \cdot 2L \cdot \frac{I}{\Delta U}$$

Et on a :

$$P = U \cdot I \Rightarrow I_1 = \frac{P_1}{U}$$

$P_1$  : Est la puissance crête d'un panneau.

$$I_1 = \frac{320}{48} \Rightarrow I_1 = 6.66 A$$

Alors :

$$S_1 = 1.6 \times 10^{-8} \times 2 \times 15 \cdot \frac{6.66}{0.96}$$

$$S_1 = 3.33 \times 10^{-6} m^2 \Rightarrow S_1 = 3.33 mm^2$$

Pour plus de sécurité nous choisissons :  $S_1 = 4 mm^2$

✓ **Entre le régulateur et les batteries :**

Nous avons :

$$S = \rho \cdot 2L \cdot \frac{I}{\Delta U}$$

Et on a :

$$P = U \cdot I \Rightarrow I_2 = \frac{P_2}{U}$$

$P_2$  : Est la puissance du régulateur.

$$I_2 = \frac{8400}{48} \Rightarrow I_2 = 175 A$$

Alors :

$$S_2 = 1.6 \times 10^{-8} \times 2 \times 5 \cdot \frac{175}{0.96}$$

$$S_2 = 28.57 \times 10^{-6} m^2 \Rightarrow S_2 = 29.16 mm^2$$

Et pour plus de sécurité nous choisissons  $S_2 = 35 mm^2$

✓ **Entre les batteries et l'onduleur :**

La section de câblages entre la batterie et l'onduleur est de la même section de câblage qui est raccordé entre le régulateur et les batteries,  $S_2 = 35 mm^2$

Nous choisissons de même longueur,  $L = 5m$ .

**3.3.2. Etude économique :**

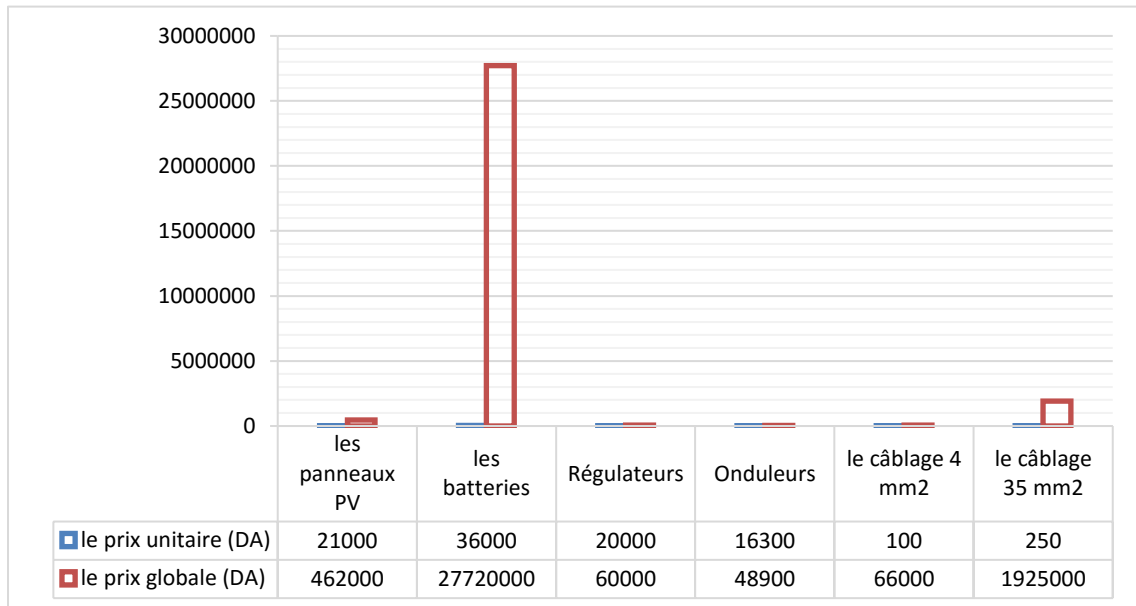
**3.3.2.1. Le coût de l'installation :**

La durée de vie du système photovoltaïque est d'environ de 25 ans, et pendant cette période, certains éléments doivent être remplacés car leur durée de vie est moindre. Dans le tableau suivant, nous verrons la durée de vie de chaque composant, et la quantité nécessaire pour compléter la durée de vie du système, pour connaître le coût total :

**Tableau 3- 7: la durée de vie et quantité nécessaire de chaque composant du premier système PV.**

	Les panneaux PV	Batteries	Régulateurs	Onduleurs	Câble de 4 mm <sup>2</sup>	Câble de 35 mm <sup>2</sup>
<b>La durée de vie (ans)</b>	25	5	10	10	30	30
<b>La quantité nécessaire</b>	22	770	3	3	660 m	7700 m

**Puis :**



**Figure 3. 3: les coûts unitaire et globale de la consommation électrique du premier cas.**

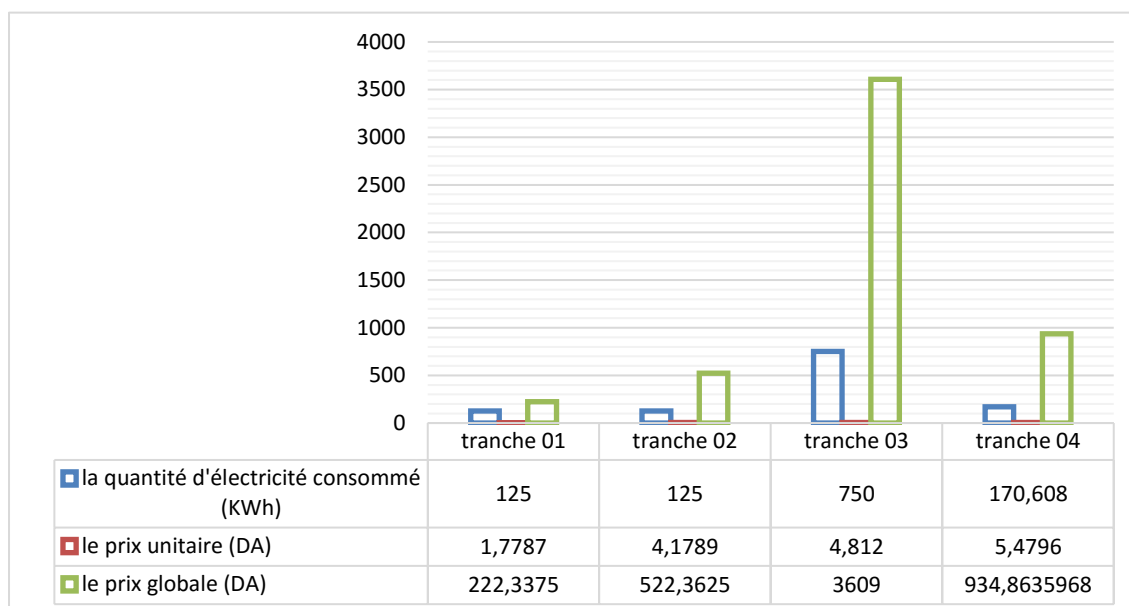
Alors :

**Tableau 3- 8: les coûts du premier système.**

Le coût de système PV totale	30281900.00 DA
Prix TTC (TVA 19%)	5753561.00 DA
Prix total TTC (TVA 19%)	36035461.00 DA

### 3.3.2.2. Le coût de la consommation électrique :

Pour déterminer le coût de la consommation électrique du collège, nous devons apporter une facture d'électricité pour connaître le prix de l'unité de chaque tranche.



**Figure 3. 4: les coûts des tranches de la consommation électrique du premier cas.**

Alors, on trouve les couts totale avec le TVA journalière et mensuelle et annuelle de la consommation de la faculté :

**Tableau 3- 9: les coûts de la consommation électrique pour le premiercas.**

Le coût d'électricité journalière	5288.5636 DA
Prix TTC (TVA 19%)	1004.827084 DA
Prix total TTC (TVA 19%) (le cout de la consommation journalière)	6293.390684 DA

## Chapitre 3 : L'application de l'étude

---

<b>Le coût d'électricité mensuelle</b>	188801.7205 DA
<b>Le coût d'électricité annuelle</b>	2265620.646 DA

Après avoir calculé le coût annuel, il est alors possible de calculer le coût de la consommation électrique pendant la durée de vie du système PV, qui est estimée à 25 ans.

$$2265620.646 \text{ DA} \times 25 = 56640516.16 \text{ DA}$$

### 3.3.2.3. Le temps de revient :

Pour trouver le temps de revient des coûts du système, nous devons d'abord connaître les coûts de la consommation électrique annuels, puis nous devons connaître la quantité de chaque composant du système nécessaire pour le faire fonctionner pendant sa durée de vie pour connaître le coût total du système.

Après ce que nous avons atteint, nous pouvons alors trouver le montant que la faculté peut bénéficier après avoir installé le système PV et la durée de la récupération des coûts de l'investissement.

- **Montant du bénéfice :**

Le coût de la consommation pendant la période de vie de système PV  
– le coût globale de système

$$56640516.16 \text{ DA} - 36035461.00 \text{ DA} = \mathbf{20616643.38 \text{ DA}}$$

- **Le temps de revient les coûts de l'installation PV :**

$$\frac{\text{Le coût de la consommation électrique pendant la période de vie de système PV}}{\text{le coût globale de système PV}}$$

$$= \frac{56640516.16 \text{ DA}}{36035461.00 \text{ DA}} \approx \mathbf{1.57}$$

Grâce aux résultats que vous obtenez, nous pouvons dire que le coût total du système PV peut être récupéré après environ 1.57 de la durée de vie du système, ce qui signifie qu'après environ **16 ans**, nous pouvons récupérer les coûts.

3.4. Deuxième cas : Après le remplacement :

3.4.1. Dimensionnement du système photovoltaïque :

Tableau 3- 10: le dimensionnement du deuxième système PV du deuxième cas.

	Les panneaux			Les batteries			Régulateurs		Onduleurs		Le câblage
	Totale	En série	En parallèle	Totale	En série	En parallèle	Tension nominale	$I_e$	La tension	La capacité	La section
Nombre	14	2	7	102	1	102	48	106.47	48V	600Ah	4 mm <sup>2</sup> Et 35 mm <sup>2</sup>

3.4.2. Etude économique :

3.4.2.1. Le coût de l'installation d'éclairage :

Tableau 3- 11: les coûts unitaires et globaux des nouveaux tubes d'éclairages.

Tube LED	Le nombre	Le prix unitaire	Le prix global
16	991	520.00 DA	515320.00 DA
25	1915	1100.00 DA	2106500.00 DA
90	63	1900.00 DA	119700.00 DA
<b>Le coût de système PV totale</b>		2741520.00 DA	
<b>Prix TTC (TVA 19%)</b>		5208888.00 DA	
<b>Prix total TTC (TVA 19%)</b>		32624088.00 DA	

3.4.2.2. Le coût de l'installation :

Tableau 3- 12: la quantité des composants du système PV nécessaire.

	Panneaux PV	Batteries	Régulateurs	Onduleurs	Câble 4 mm <sup>2</sup>	Câble 35 mm <sup>2</sup>
<b>La durée de vie (ans)</b>	25	5	10	10	30	30
<b>Quantité nécessaire</b>	14	102	3	3	420 m	1020 m

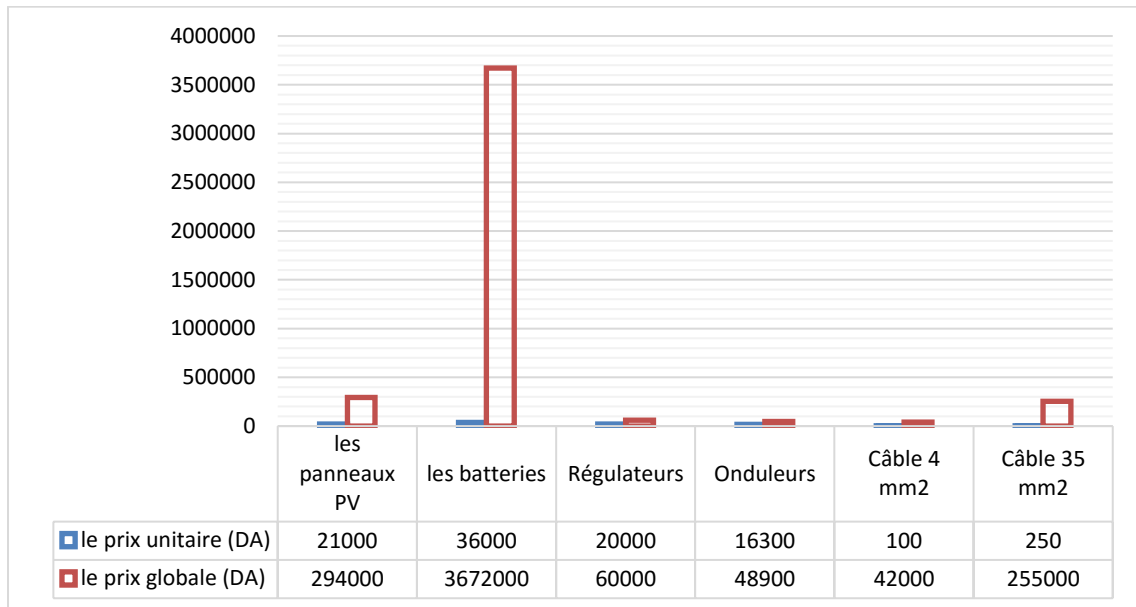


Figure 3. 5: les coûts unitaire et globale du système deuxième cas.

Alors :

Tableau 3- 13: le coût de la deuxième installation.

<b>Le coût de système PV totale</b>	<b>4371900.00 DA</b>
<b>Prix TTC (TVA 19%)</b>	<b>830661.00 DA</b>
<b>Prix total TTC (TVA 19%)</b>	<b>5202561.00 DA</b>

### 3.4.2.3. Le temps de revient :

- **Montant du bénéfice :**

Le coût de la consommation pendant la période de vie de système PV

– (le coût globale de système PV + le coût de l'installation d'éclairage)

$$56640516.16 \text{ DA} - (5202561.00 \text{ DA} + 32624088.00 \text{ DA})$$

$$56640516.16 \text{ DA} - 37826649.00 \text{ DA} = \mathbf{18813867.16 \text{ DA}}$$

- **Le temps de revient les coûts de l'installation PV :**

Le coût de la consommation électrique pendant la période de vie de système PV

(le coût globale de système PV + le coût de l'installation d'éclairage)

## Chapitre 3 : L'application de l'étude

$$= \frac{56640516.16 \text{ DA}}{(5202561.00 \text{ DA} + 32624088.00 \text{ DA})} \approx 1.49$$

Grâce aux résultats que vous obtenez, nous pouvons dire que le coût total du système PV peut être récupéré après environ 1.57 de la durée de vie du système, ce qui signifie qu'après presque **17 ans**, nous pouvons récupérer les coûts.

### 3.5. La comparaison et les solutions :

Grâce à l'étude précédente, nous pouvons obtenir le tableau suivant qui résume les résultats de l'étude :

	Système PV 1	Système PV 2
<b>La consommation électrique avant le système</b>	1170608 Wh/j	777921 Wh/j
<b>Les coûts des systèmes PV et les autres équipements</b>	36035461.00 DA	37826649.00 DA
<b>Le temps de revient les coûts</b>	16 ans	17 ans
<b>Le montant bénéfice</b>	20616643.38 DA	18813867.16 DA

Pour le premier système, nous pouvons dire que malgré que la période de revient des coûts du système et estimer presque de 16 ans, nous permet de gagner environ de **20616643.38 DA**, mais le fait de ne pas appliquer les propositions de l'audit électrique pour réduire le pourcentage de la consommation électrique nous fait rejeter l'utilisation de ce système.

Quant au deuxième système, malgré la faible consommation d'électricité par rapport le premier système (**777921 Wh/j**) après avoir remplacé les tubes d'éclairage fluorescent par des tubes LED. Cependant, le montant bénéfice après l'installation de ce système et du nouveau système d'éclairage est juste inférieur à la première et est estimé à **18813867.16 DA**, Les coûts peuvent être récupérés d'un an plus du premier système.

À la base de ce qui a été atteint pendant cette comparaison et ces résultats, nous pouvons dire que le deuxième système est le plus proche d'appliquée, car le rend possible la consommation en fonction des résultats du processus d'audit électrique, et permet bénéfice un montant d'argent, la faculté peut utiliser pour d'autre utilisation



### **Conclusion :**

Dans ce chapitre, nous avons réalisé un audit électrique sur la faculté, à travers lequel nous avons pu savoir que le système d'éclairage est le plus gros consommateur d'énergie au niveau de la faculté, et nous avons également pu à travers ce chapitre donner des suggestions qui nous permettent de réduire la consommation électrique de **1170806 Wh/j** à **777921 Wh/j**.

Nous avons également été en mesure de proposer un système photovoltaïque qui peut fournir le besoin total d'énergie et de retour avec un bénéfice économique qui permet un bénéfice d'environ **18813867.16 DA** des coûts d'électricité pendant la durée de vie du système.

Conclusion  
générale

### La conclusion générale :

L'audit électrique est l'un des processus les plus importants, à travers lequel plusieurs solutions peuvent être trouvées qui contribuent de manière significative et efficace à la conservation de l'énergie et à la réduction de sa consommation excessive, avec leur demande croissante et le développement auquel nous assistons dans ces dernières années.

Le système photovoltaïque autonome est l'un des solutions que nous pouvons utiliser pour effectuer une tâche spécifique qui se limite à couvrir les besoins énergétiques de sites isolés ou à forte consommation d'énergie, et dans notre cas, il a été appliqué à la faculté des sciences appliquées comme l'une des solutions permettant de réduire les consommations électriques importantes.

Le système photovoltaïque autonome se compose de plusieurs éléments principalement **les modules PV** qui représentent le champ de captage des rayons solaires, **les batteries** où nous stockons de l'énergie produite par les modules, **le régulateur de charge** qui protège la batterie contre la surcharge et la décharge, et qui règle ainsi la valeur de la tension nominale, **l'onduleur** qui assure la conversion du courant continu en courant alternatif dont les utilisateurs ont besoin, et **le câblage** qui relie les différents composants du système entre eux.

Afin de réussir à réduire la quantité d'énergie consommée par la faculté, qui a été calculée après la collecte des informations sur les appareils dans lesquels ils fonctionnent, et l'énergie journalière calculé estimé à **1170806 Wh/j**, nous avons effectué un audit électrique à la faculté, à travers lequel nous avons découvert que le système d'éclairage est le plus grand consommateur d'énergie, il convient de noter que **des tubes fluorescents** de l'entreprise « **Philips** ». Dans ce cas nous avons fait une proposition, la proposition consiste à changer les tubes d'éclairage des tubes fluorescents aux tubes LED parce qu'étant économique.

Pour contribuer à l'exploitation et au développement des énergies renouvelables, nous avons proposé deux systèmes d'énergie photovoltaïque, le premier dépend de la consommation d'électricité avant d'appliquer les propositions auxquelles nous sommes parvenus après le processus d'audit électrique, et le second dépend de ce qui a été atteint grâce à l'audit électrique traité. Ce qui suit :

- Malgré le fait que le premier système est applicable car il rapporte un profit abondant à la faculté, mais le fait de ne pas appliquer les propositions qui sont permettent de réduire le pourcentage de la consommation électrique nous fait la possibilité de l'utilisation de ce système est faible.

## Conclusion générale

---

- Quant au deuxième système, parce que nous avons appliqué les solutions que nous avons atteintes pendant le processus d'audit électrique et qu'elle a réalisé une réduction de la consommation électrique, ces choses le rendent optimal et le plus approprié à l'application.

Il convient de noter que si cette étude est adoptée et que le deuxième système est pris, le fait de changer tout le système d'éclairage en une seule fois peut être considéré comme une perte, et comme on veut éviter cette perte, on peut utiliser le deuxième système à condition de remplacer chaque tube défaillant par celui qui lui convient parmi les tubes de LED que nous avons évoqués précédemment.

Enfin, il convient de noter que si les heures d'étude et de travail à la nuit sera introduit dans le futur, ce système photovoltaïque peut fonctionner sans nécessiter de modifications.

# Références

## Références

---

- [1] F. E. Tang, "An Energy Consumption Study for a Malaysian University," vol. 6, no. 8, pp. 99–105, 2012.
- [2] A. Kumar, S. Ranjan, M. B. K. Singh, P. Kumari, and L. Ramesh, "Electrical Energy Audit in Residential House," *Procedia Technol.*, vol. 21, pp. 625–630, 2015, doi: 10.1016/j.protcy.2015.10.074.
- [3] G. Sultana and Harsha.H.U, "Electrical Energy Audit a Case Study," *Energies*, vol. 10, no. 6, pp. 1–6, 2017, doi: 10.3390/en10060807.
- [4] B. N. Getu and H. A. Attia, "Electricity audit and reduction of consumption: Campus case study," *Int. J. Appl. Eng. Res.*, vol. 11, no. 6, pp. 4423–4427, 2016.
- [5] H. DAHMANI and M. Bouzaia, "Etude et dimensionnement d'un système photovoltaïque dédié à une habitation.," 2017.
- [6] C. Farida and G. Naima, "Dimensionnement d'un système photovoltaïque autonome," *Univ. Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou*, 2018.
- [7] A. Housseem and B. Amina, "Intégration du système solaire dans un projet architectural et son impact sur sa consommation énergétique," 2015.
- [8] M. R. BELABED, "Etude et dimensionnement d'une installation photovoltaïque Proposé," 2017.
- [9] B. Belqassim *et al.*, "Etude et réalisation d'un circuit de commande avec MPPT d'un hacheur pour système photovoltaïque," *Univ. Abou Bekr Belkaid Tlemcen*, 2015.
- [10] M. OUADA, "ANALYSE , CONCEPTION ET OPTIMISATION DES SYSTEMES DE COMMANDE RELATIVE AUX ENERGIES RENOUVELABLES Option," *Univ. BADJI MOKHTAR-ANNABA Fac.*, 2016.
- [11] B. mahcen Youcef, M. M. Ali, and B. mahcen M. Islam, "Les chauffe eau solaires pour la production de l'eau chaude sanitaire," *Univ. kasdi merbah Ouargla*, 2020.
- [12] Y. Fatiha, "Etude technico-économique d'un système de pompage photovoltaïque appliquée à un site saharien (région d'Adrar)," *Univ. d'Adrar Ahmed Draya*, 2018.

## Références

---

- [13] I. TAHRAOUI and A. HALIL, "Dimensionnement et Etude d'une installation photovoltaïque pour une habitation domestique," *Univ. Abou Bekr Belkaid Tlemcen*, 2017.
- [14] "Types de cellules photovoltaïques | Planete-Solar." <http://www.planete-solar.fr/project/les-differents-types-de-cellules-photovoltaïques/> (accessed Apr. 12, 2022).
- [15] "Systèmes photovoltaïques." <https://www.ef4.be/fr/pv/composants-dun-systeme/systemes-photovoltaïques.html> (accessed Apr. 12, 2022).
- [16] "Dimensionnement d'un Système Solaire Photovoltaïque - ppt télécharger." <https://slideplayer.fr/slide/12013142/> (accessed May 30, 2022).
- [17] B. B. Aniss Yaker, "Mémoire de Fin d' Etudes Présenté par DIMENSIONNEMENT D' UNE CENTRALE PHOTOVOLTAÏQUE," 2015.
- [18] H. Belahouel and D. Amine, "Dimensionnement d'une installation Photovoltaïque d'un atelier de la maintenance dans l'entreprise de la Raffinerie D'ARZEW," *Univ. Abdelhamid Ibn Badis Most.*, 2021.
- [19] "Description du logiciel AutoCAD d'Autodesk inc." <https://www.emploisdessinateur.ca/description-du-logiciel-autocad-d-autodesk-inc/10i> (accessed Apr. 17, 2022).

Annexes













## Annexe

### 2<sup>eme</sup> étage :

Les salles	Lampas fluorescents 36W			Les ordinateurs 80W			Les imprimantes 100W			L'énergie consommée
	Nombre	Durée d'utile	P. globale	Nombre	La durée d'utile	P. globale	Nombre	Durée d'utile	P. globale	
201	9	11	3564	/	/	0	/	/	0	3564
202	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
203	11	11	4356	/	/	0	/	/	0	4356
204	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
205	30	11	11880	/	/	0	/	/	0	11880
206	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
207	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
208	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
209	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
210	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
211	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
212	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
213	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
214	30	11	11880	/	/	0	/	/	0	11880
215	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
216	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
217	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
218	12	11	4752	/	/	0	/	/	0	4752
مصلحة التعليم بالكلية	3	1	108	/	/	0	/	/	0	108
Labo info1	20	11	7920	16	10	12800	/	/	0	20720
Labo info2	24	11	9504	16	10	12800	/	/	0	22304

## Annexe

Labo info3	30	11	11880	25	10	20000	/	/	0	31880
Labo info4	30	11	11880	21	10	16800	/	/	0	28680
Labo info5	24	11	9504	16	10	12800	/	/	0	22304
Labo info6	24	11	9504	19	10	15200	/	/	0	24704
Labo info7	24	11	9504	16	10	12800	/	/	0	22304
Labo info8	24	11	9504	16	10	12800	/	/	0	22304
Labo info9	24	11	9504	/	/	0	/	/	0	9504
Labo inf10	24	11	9504	/	/	0	/	/	0	9504
مسؤولة المخابر الإعلام الآلي	3	7	756	1	7	560	1	1	100	1416

Les berceaux	Lampes 18W		Lampes 36W		Lampes 100W		Ordinateurs 80W		Imprimantes 100W		Photocopieuse 120W		Réfrigérateur 300W		E. consommé
	Nombres	La durée d'utile	Nombres	La durée d'utile	Nombres	La durée d'utile	Nombres	La durée d'utile	Nombres	La durée d'utile	Nombres	La durée d'utile	Nombres	La durée d'utile	
<b>Génie mécanique</b>															
مصلحة الدراسات	8	5	/	/	/	/	2	5	2	1	/	/	/	/	1720
أمانة رئيس قسم + رئيس القسم	20	5	/	/	/	/	2	5	2	1	2	1	1	24	10240
مسؤول الاختصاص والشعبة	/	/	8	5	/	/	3	5	3	1	1	1	/	/	3060
مساعد رئيس القسم المكلف بالدراسات في التدرج	12	5	/	/	/	/	1	5	1	1	/	/	/	/	1580
	8	5	/	/	/	/	1	5	2	1	/	/	/	/	1320

## Annexe

مساعد رئيس القسم المكلف بما بعد التدرج والبحث															
دورة مياه	/	/	/	/	3	11	/	/	/	/	/	/	/	/	3300
<b>Génie Civile</b>															
مصلحة الدراسات	8	5	/	/	/	/	1	5	1	1	/	/	/	/	1220
أمانة رئيس قسم + رئيس القسم	16	5	/	/	/	/	2	5	2	1	1	1	1	24	9760
مسؤول الاختصاص والشعبة	24	5	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2160
مساعد رئيس القسم المكلف بالدراسات في التدرج	8	5	/	/	/	/	1	5	1	1	1	1	/	/	1340
مساعد رئيس القسم المكلف بما بعد التدرج والبحث	8	5	/	/	/	/	1	5	1	1	/	/	/	/	1220
<b>Génie électrique</b>															
مصلحة الدراسات	8	5	/	/	/	/	1	5	1	1	/	/	/	/	1220
أمانة رئيس قسم + رئيس القسم	8	5	/	/	/	/	1	5	2	1	1	1	1	24	8640
مسؤول الاختصاص والشعبة	/	/	10	5	/	/	1	5	/	/	1	1	/	/	2320
مساعد رئيس القسم المكلف بالدراسات في التدرج	8	5	/	/	/	/	1	5	1	1	1	1	/	/	1340
مساعد رئيس القسم المكلف بما بعد التدرج والبحث	8	5	/	/	/	/	1	5	1	1	/	/	/	/	1220
مسؤول خلية العلوم والتكنولوجيا والعلاقات الخارجية	8	5	/	/	/	/	1	5	1	1	/	/	/	/	1220



## Annexe

<b>Génie procédé</b>															
مصلحة الدراسات	8	5	/	/	/	/	1	5	1	1	/	/	/	/	1220
أمانة رئيس قسم + رئيس القسم	20	5	/	/	/	/	2	5	2	1	1	1	1	24	10120
مسؤول الاختصاص والشعبة	8	5	/	/	/	/	1	5	1	1	/	/	/	/	1220
مساعد رئيس القسم المكلف بالدراسات في التدرج	8	5	/	/	/	/	1	5	1	1	/	/	/	/	1220
مساعد رئيس القسم المكلف بما بعد التدرج والبحث	8	5	/	/	/	/	2	5	2	1	/	/	/	/	1720
دورة مياه	/	/	/	/	3	11	/	/	/	/	/	/	/	/	3300

## Annexe

### 3<sup>émet</sup> étage:

	Nombres	Durée d'utile	E. consommé	Nombres	Durée d'utile	E. consommé	Nombres	Durée d'utile	E. consommé	Nombres	Durée d'utile	E. consommé	Nombres	Durée d'utile	E. consommé	Nombres	Durée d'utile	E. consommé	Nombres	Durée d'utile	E. consommé
مكتب الأمين العام	16	5	1440	/	/	0	/	/	0	1	5	400	1	1	100	1	1	120	1	24	7200
أمانة الأمين العام	12	5	1080	/	/	0	/	/	0	1	5	400	1	1	100	/	/	0	/	/	0
مصلحة التكوين فيما بعد التخرج	16	5	1440	/	/	0	/	/	0	2	5	800	2	1	200	/	/	0	/	/	0
مصلحة التعاون والعلاقات الخارجية	8	5	720	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0
رئيس خلية الجودة ومسؤول العلاقات الخارجية	8	5	720	/	/	0	/	/	0	1	5	400	1	1	100	/	/	0	/	/	0
مكتب العميد	32	5	2880	/	/	0	/	/	0	1	5	400	1	1	100	/	/	0	/	/	0
أمانة العميد	12	5	1080	/	/	0	/	/	0	1	5	400	1	1	100	1	1	120	1	24	7200
قاعة الاجتماعات	16	5	1440	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0
رئيس مصلحة التدريس	12	5	1080	/	/	0	/	/	0	2	5	800	2	1	200	1	1	120	1	24	7200

## Annexe

أمانة نائب العميد	/	/	0	5	5	900	/	/	0	1	5	400	1	1	100	/	/	0	/	/	0
مكتب نائب العميد	12	5	1080	/	/	0	/	/	0	1	5	400	1	1	100	1	1	120	/	/	0
رئيس المجلس العلمي	16	5	1440	/	/	0	/	/	0	1	5	400	1	1	100	1	1	120	/	/	0
مكتب نائب العميد المكلف بما بعد التدرج	8	5	720	/	/	0	/	/	0	1	5	400	1	1	100	1	1	120	/	/	0
دورة مياه	/	/	0	/	/	0	3	11	3300	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0
دورة مياه	/	/	0	/	/	0	3	11	3300	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0
المكتبة	/	/	0	16	7	4032	/	/	0	7	7	3920	1	1	100	/	/	0	/	/	0
قاعة المطالعة	/	/	0	40	7	10080	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0
قاعة اعارة المذكرات	/	/	0	20	7	5040	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0	/	/	0



Figure 2: la fiche technique du panneau photovoltaïque.



Figure 1: le panneau photovoltaïque E.co. SOLAIRE.

Annexe 03

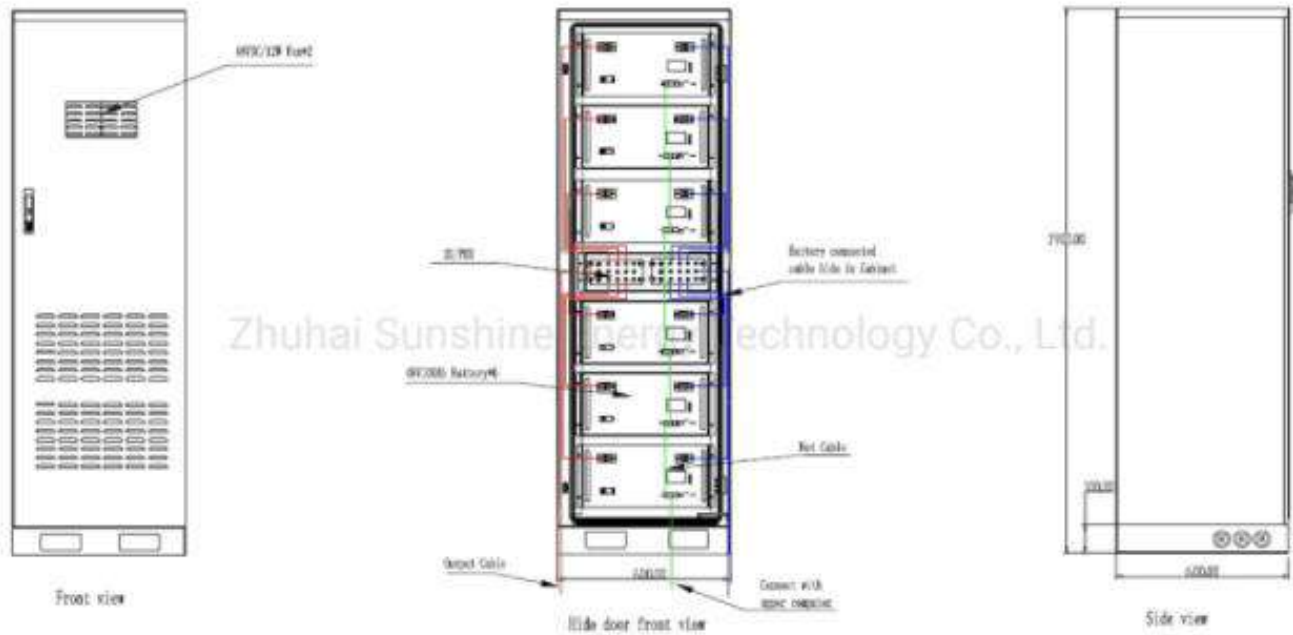


Figure 3: schéma de la batterie de co\_zhsunshineenergy 48V 600Ah.

N° de Modèle.	BS-48600P-C	Capacité nominale	600ah
Standard Tension	48V	Usage	UPS, Solar & Wind Storage System, Household Back-U
Électrolyte	Li-ion	Weight	370kg
Battery Protection	Within BMS	Protection Function	IP20 Protection Grade
Communication Interface	RS232/RS485	Material	Lithium Iron Phosphate Battery
Certificate	Ce/RoHS/Un38.3/MSDS/UL	Paquet de Transport	Woonden Case + Carton Boxes
Spécifications	0.6*0.6*1.9m	Marque Déposée	SH or Customized
Origine	Zhuhai, China	Code SH	8507802000
Capacité de Production	500000pieces/Year		

Figure 4: la fiche technique la batterie de co\_zhsunshineenergy 48V 600Ah.

# Annexe

## Annexe 04



Tension du système	48 V
Courant de court-circuit à l'entrée panneau	140 A
Courant de sortie max du consommateur	70 A
Consommation propre	14 mA
Tension finale de charge (floating)	54,8 V
Tension de charge rapide	57,6 V
Charge d'égalisation	58,8 V
Point de référence de ré-encenchement (SOC/LVR)	>50 % SOC / 50,4 V
Déconnexion basse tension (SOC/LVD)	<30 % SOC / 44,4 V
Température ambiante tolérée	-10 à +60 °C
Raccordement	50 mm <sup>2</sup> / 70 mm <sup>2</sup>
Classe de protection	IP65
Poids	10 kg
Dimensions	330 x 360 x 157 mm

Figure 5: Régulateur STECA Power Tarom 4140.

# Annexe

## Annexe 05



Figure 6: l'onduleur Steca Xtender XTH 48V, 5000W.

	XTH 3000-12	XTH 5000-24	XTH 6000-48	XTH 8000-48
Caractérisation des performances de fonctionnement				
Tension de système	12 V	24 V	48 V	48 V
Puissance continue	2 500 VA	4 500 VA	5 000 VA	7 000 VA
Puissance 30 min.	3 000 VA	5 000 VA	6 000 VA	8 000 VA
Puissance 5 sec.	7,5 kVA	12 kVA	15 kVA	21 kVA
Efficacité max.	93 %	94 %	96 %	96 %
Consommation standby / ON	1,4 W / 14 W	1,8 W / 18 W	2,2 W / 22 W	2,4 W / 30 W
Correction du facteur de puissance (PFC)	selon la norme EN 61000-3-2			
Niveau de bruit	< 40 dB / < 45 dB (sans / avec ventilation)			
Côté entrée				
Tension d'entrée	< 265 V AC (réglable : 150 V AC ... 265 V AC)			
Courant de charge réglable	0 A ... 160 A	0 A ... 140 A	0 A ... 100 A	0 A ... 120 A
Courant max. du système de transfert	50 A			
Fréquence d'entrée	45 Hz ... 65 Hz			
Côté batterie				
Tension de l'accumulateur	9,5 V ... 17 V	19 V ... 34 V	38 V ... 68 V	38 V ... 68 V
Côté sortie AC				
Tension du réseau	230 V AC +/-2 % / 190 V AC ... 245 V AC (pure courbe sinusoïdale)			
Fréquence du réseau	50 Hz, réglable : 45 Hz ... 65 Hz +/-0,05 % (pilote par quartz)			
Distorsion harmonique	< 2 %			
Reconnaissance de consommateur (standby)	2 W ... 25 W			
Conditions de fonctionnement				
Température ambiante	-20 °C ... +55 °C			
Installation et construction				
Puissance Smart-Boost 30 min.	3 000 VA	5 000 VA	6 000 VA	8 000 VA
Réglage du courant d'entrée	1 A ... 50 A			
Contact multifonction réglable	2 contacts indépendants 16 A / 250 V AC (dispositif de contact à permutation libres de potentiel)			
Degré de protection	IP 20			
Dimensions (X x Y x Z)	300 x 497 x 250 mm			
Poids	34 kg	40 kg	42 kg	46 kg
Ventilation	ventilateur à partir de 55 °C			
Possibilité de montage en parallèle	3 x 1 phase et triphasé			

Données techniques à 25 °C / 77 °F

Figure 7: La fiche technique Steca Xtender XTH.