

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

MINISTER DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

**UNIVERSITE DE BLIDA 1**

FACULTE DE TECHNOLOGIE

**DEPARTEMENT DES ENERGIES RENOUVELABLES**



**Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master**

**OPTION : CONVERSION PHOTOVOLTAIQUE**

**Thème :**

---

---

**ETUDE TECHNICO-ECONOMIQUE  
POUR DIFFERENTS SCENARIOS  
D UTILISATION DES BATTERIES SOLAIRES**

---

---

**Présenté par :**

Mamri Ilham Fatiha

Harkas Soundous

**Soutenu devant le jury composé de :**

<b>T. Domaz</b>	<b>USDB 1</b>	<b>Président</b>
<b>Abdelhadi</b>	<b>USDB 1</b>	<b>Examineur</b>
<b>A. Ben Ahmed</b>	<b>USDB 1</b>	<b>Promoteur</b>
<b>M. Bouzaki</b>	<b>USDB 1</b>	<b>Co Promoteur</b>

Année universitaire :2022/2023

# Remerciements

*Nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné la force et le courage afin d'accomplir ce modeste travail*

- ❖ *Nos remerciements vont à Notre promoteur D<sub>r</sub>BENHMED Abdelmoumen et notre co promoteur D<sub>r</sub>BOUZAKI Mohammed moustafapour nous avoir orientées et données de précieux conseils. Nous les prions de bien vouloir*
- *Nous remercions chaleureusement les membres du jury pour leur regard critique et plus que pertinent sur l'ensemble de notre travail.*
- *Nous tenons à remercier notre porteur de spécialité M<sub>r</sub> DOUMAZ Toufik pour tous les conseils judicieux et leurs critiques constructives et surtout leurs gentillesse.*
- *Nos sincères remerciements vont à notre chef de département BOUZAKI M. Moustafa d'avoir facilité notre cursus en restant à notre écoute*

*A toute la promotion de 2022/2023*

# **DEDICASES**

***Avant tous, nous remercions ALLAH le tout puissant de nous avoir donné le courage et la patience pour réaliser Ce travail malgré toutes les difficultés rencontrées.***

*Je dédie ce modeste travail :*

*A mes très chers parents et ma deuxième maman FATIHA et mon deuxième papa ABDERZAK, aussi a mon oncle ABDELKADER et sa femme , que dieu les garde et les Protège pour leurs soutien moral et financier et Pour leurs encouragements et les sacrifices qu'ils ont endurés.*

*Et à ma grande mère AOUNIA qu'ALLAH la fasse miséricorde et la place dans ses paradis*

*A mon grand frère SIFE DINE mon pilier, ma source d'inspiration et mon confident.*

*Et a mon petit frère ABDEL KADER et mes petites sœur MAROUA et MARIEM et a ma*

*copine HAJER*

*A mon binôme avec qui j'ai partagé ce travail ,et toute sa famille A tous mes amis et camarades de promotion . Ainsi qu'a tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour l'élaboration de ce travail.*

***MAMR I Ilham Fatiha***

*Je dédie ce travail :*

*À Maman, ta tendresse et ton amour ont été mes sources d'énergie et de réconfort. Tu as toujours été là pour m'encourager, me soutenir et me donner le courage nécessaire pour affronter les défis. Ta générosité sans bornes, tant sur le plan moral que financier, a rendu possible la réalisation de mes aspirations. Je te suis profondément reconnaissante pour tout ce que tu as fait et continues de faire pour moi.*

*À Papa, mon guide et mon modèle de persévérance. Ta sagesse, ta force et ta foi inébranlable ont été une source d'inspiration constante pour moi. Tu m'as toujours encouragé à suivre mes rêves et tu as toujours cru en moi, même dans les moments de doute. Je suis infiniment reconnaissante pour ton soutien inconditionnel et ta présence bienveillante.*

*Mes chers parents, votre amour indéfectible et votre confiance en moi ont été des piliers solides dans la réalisation de ce mémoire.*

*À mes frères, ma petite sœur Assil, et à ma copine Siham tu as été ma source de bonheur, de soutien et de motivation tout au long de cette période. Tes encouragements, ta compréhension ont été des éléments essentiels de ma réussite.*

*À Salam, mon meilleur ami et mon compagnon de route pendant cette étape importante de ma vie*

*À mon binôme Ilham avec qui j'ai partagé ce travail, et toute sa famille*

*À tous mes amis et camarades de promotion*

**HARKAS Soundous**

## ملخص:

هذا العمل يقدم دراسة شاملة حول البطاريات الشمسية ودورها الحاسم في أنظمة الطاقة الشمسية. يعتبر استخدام البطاريات أمرًا ضروريًا لتخزين الطاقة الشمسية وضمان توفير مستمر للكهرباء. كان الهدف الرئيسي لهذه الدراسة مقارنة تكاليف التثبيت لأنواع مختلفة من البطاريات في سيناريوهات استخدام متنوعة.

استخدمت منهجية تحليل تكاليف التثبيت لبطاريات الليثيوم، وبطاريات الرصاص الحمضية في ثلاثة أنظمة شمسية متميزة. تم تقييم تكاليف التثبيت مع مراعاة نوع البطارية المستخدمة وعدد التدخلات المطلوبة على مدى 25 عامًا.

**الكلمات المفتاحية:** البطاريات ، الليثيوم ، حمض الرصاص ، التكلفة ، حساب الأبعاد ، النظام المستقل

## Résumé

Cet travail présente une étude approfondie sur les batteries solaires et leur rôle crucial dans les systèmes photovoltaïques. L'utilisation de batteries est essentielle pour stocker l'énergie solaire et assurer un approvisionnement continu en électricité. L'objectif principal de cette étude était de comparer les coûts d'installation de différents types de batteries dans différents scénarios d'utilisation.

La méthodologie utilisée consistait à analyser le coût d'installation des batteries au lithium, des batteries au plomb-acide dans trois systèmes solaires distincts. Les coûts d'installation ont été évalués en tenant compte du type de batterie utilisé et du nombre d'interventions nécessaires sur une période de 25 ans.

**Mots clé :** batteries, lithium ,plomb acide, le coût , dimensionnement ,système autonome

**Abstract :**

This work presents a comprehensive study on solar batteries and their crucial role in photovoltaic systems. The use of batteries is essential for storing solar energy and ensuring a continuous electricity supply. The main objective of this study was to compare the installation costs of different types of batteries in various usage scenarios.

The methodology employed involved analyzing the installation costs of lithium-ion batteries, lead-acid batteries, batteries in three distinct solar systems. The installation costs were evaluated taking into account the type of battery used and the number of interventions required over a period of 25 years.

**Keywords:** batteries, lithium, lead acid, cost, sizing, autonomous system

.

# SOMMAIRE

Liste des figures.

Liste des tableaux

Liste des abréviations

**Introduction général** ..... 1

## Chapitre I : Généralités sur le système photovoltaïque

I.1.Introduction.....	3
I.2 Systèmes photovoltaïques .....	3
I.3 Les systèmes connectés au réseau .....	4
I.4 Les systèmes hybrides .....	4
I.5 Les systèmes autonomes .....	6
I.6 Composante de système PV .....	7
I.6.1 Générateur .....	7
I.6.2 Onduleur.....	8
I.6.3 Régulateur .....	9
I.6.4 La charge .....	10
➤ Les lampes.....	10
➤ Réfrigération.....	10
➤ Ventilation.....	10
➤ Le pompage de l'eau.....	10
➤ Ordinateurs .....	11
➤ L'imprimante.....	11
I.6.5 Câblage .....	11
I.6.6 Batteries solaires .....	12
I.8 Avantage et inconvénients du système PV .....	15
I.9 Conclusion .....	15

## **Chapitre II : les caractéristiques et les performances des batteries solaires**

II.1. Introduction .....	16
II.2. Les paramètres des batteries incluent .....	16
II.3. Fonctionnement de la batterie .....	17
II.4. Caractéristiques d'une batterie solaire .....	17
II.4.1. Tension (en volt V) .....	17
II.4.2. Capacité (en ampères heures Ah).....	17
II.4.3. Autodécharge.....	18
II.4.4. Profondeur de décharge .....	19
II.4.5. Durée de vie.....	20
II.4.6. Courant de court-circuit .....	20
II.4.7. Caractéristiques souhaitées d'une batterie solaire .....	20
II.5. Effet de température .....	20
II.6. Les différents types de batteries solaires .....	21
II.6.1 Les batteries au plomb .....	21
II.6.1.1 La batterie " plomb ouvert " .....	22
II.6.1.2 La batterie AGM .....	23
II.6.1.3 La batterie Gel .....	23
II.6.2. La batterie lithium .....	24
II.7. Comparaison entre les Batteries Solaires étudiées .....	25
II.8. Installation et entretien des batteries solaires (Plomb Ouvert) .....	27
II.9. Indications de sécurité .....	27
II.10. Conclusion .....	28



## Chapitre III : Etude technico-économique des batteries solaires

III.1.Introduction.....	29
III.2 les différents équipements utilisés dans le dimensionnement du 1 <sup>er</sup> cas.....	29
III.2.1. Calcule de puissance .....	30
III.2.2.Calcule de puissance d'onduleur .....	31
III.2.3.Calcule la puissance du champ .....	31
III.2.4.Calcule le nombre de panneaux .....	32
III.2.5.Calcule la nombre de batterie .....	32
III.2.6.Calcule le nombre de la batterie après 25 ans .....	32
III.2.7Calcule le nombre d'intervention .....	33
III.2.8 Le cout d'installation du 1 <sup>er</sup> cas .....	33
III.2.8.1Le coût global de l'installation avant 25ans .....	33
III.2.8.2 Le coût globale de l'installation après 25ans .....	35
III.3.les différents équipements utilisés dans le dimensionnement du 2 <sup>eme</sup> cas.....	35
III.3.1. Le coût global de l'installation avant 25ans .....	36
III.3.2.Le coût globale de l'installation après 25ans .....	37
III.4.les différents équipements utilisés dans le dimensionnement du 3 <sup>eme</sup> cas.....	38
III.4.1. Le coût global de l'installation avant 25ans .....	39
III.4.2.Le coût globale de l'installation après 25ans .....	40
III.5 conclusion .....	41
<b>Conclusion général .....</b>	<b>43</b>

## Liste des figures

### Chapitre I

Figure I.1 Système photovoltaïque .....	3
Figure I.2 Système photovoltaïque plus détaillé. ....	3
Figure I.3 Schéma simplifié système photovoltaïque connecté au réseau .....	4
Figure I.4 Configuration du système hybride à bus continu. ....	5
Figure I.5 Structure d'un système autonome .....	6
Figure I.6 Les différents composants d'un système photovoltaïque autonome .....	7
Figure I.7 la cellule au champ photovoltaïque .....	7
Figure I.8 Exemple d'un panneau solaire. ....	8
Figure I.9 Symbole d'onduleur.....	9
Figure I.10 Régulateur autonome .....	10
Figure I.11 Exemple de câblage .....	11
Figure I.12 : Batterie AGM.....	12
Figure I.13 Batterie GEL .....	12
Figure I.14 Batterie super-cyclebone.....	13
Figure I.15 batterie Plomb carbone .....	13
Figure I.16 Batterie OPzV.....	13
Figure I.17 Batterie Lithium LifePO4 off-grid type.....	14
Figure I.18 Batterie Lithium LFP type Enphase A.....	14
Figure I.19 Batteries Lithium SuperPack .....	14

## Chapitre II

Figure II.1. Profondeur de décharge .....	19
Figure II.2. utilisation des batteries solaires en fonction de la température.....	21
Figure II.3 Batteries plomb ouvert :.....	22
Figure II.4 Batterie solaire AGM.....	23
Figure II.5 Batterie solaire Gel. ....	23
Figure II.6 Batterie solaire lithium de LG.....	24

# Liste des tableaux

## Chapitre I

Tableau I.1 : Des avantage et inconvénient ..... 15

## Chapitre II

Tableau II.1 :l'effet de la température sur la capacité du stockage ..... 18

Tableau II. 2 nombres de cycle pour la décharge de 40%. ..... 19

Tableau II.3. Comparatif des batteries solaires ..... 26

## Chapitre III

Tableau III.1.Equipements de dimensionnement du 1<sup>er</sup>cas..... 30

Tableau III.2.Les caractéristiques des batteries..... 30

Tableau III. 3 Le cou t d'installation sans batterie de 1<sup>er</sup> cas ..... 34

Tableau III.4. Comparaison entre le cout d'installation avec les différents types des  
batteries du 1<sup>er</sup> cas avant 25 ans..... 34

Tableau III.5. Comparaison entre le cout d'installation avec les différents types des  
batteries du 1er cas après 25 ans ..... 35

Tableau III.6 .Equipements de dimensionnement du 2<sup>em</sup> cas..... 36

Tableau III.7 Le cout d'installation sans batterie de 2<sup>em</sup> cas ..... 36

Tableau III.8. Comparaison entre le cout d'installation avec les différents types des  
batteries du 2 eme cas avant 25 ans..... 37

Tableau III.9. Comparaison entre le cout d'installation avec les différents types des  
batteries après 25 ans ..... 38

Tableau III.10.Equipements de dimensionnement du 3<sup>em</sup> cas..... 39

Tableau III. 11. Le cout d'installation sans batterie de 3<sup>em</sup> cas ..... 39

Tableau III.12 :Comparaison entre le cout d'installation avec les différents type des  
batteries ..... 40

Tableau III.13 Comparaison entre le cout d'installation avec les différents types des batteries après 25 ans .....41

## Liste D'abréviation

W : watt

WH : watt heure

$P_{elm}$  : La puissance de chaque élément

N : le nombre des éléments.

$p_{tot}$  : Puissance totale

$E_j$  : L'énergie journalière

$E_{j,tot}$  : L'énergie journalière totale

$P_{ond}$  : la puissance d'onduleur

$p_{tot}$  : La puissance totale de l'installation

$P_{champ}$  : La puissance du champ

$E_{j,tot}$  : L'énergie journalière totale

$I_r$  : L'irradiation

$N_{pann}$  : Nombre de panneaux

$p_{pann}$  : la puissance d'un panneau

**$N_B$**  : Nombre de batterie

**DOD** : profondeur de décharge

**C** : la capacité du batterie

**$V_B$** : voltage de la batterie

**$N_{B.neveau}$**  : Nombre de batterie après 25 ans (nouveau)

**MPPT** : Maximum power point tracking

**VCO** : Tension de court circuit

**ICC** : courant de court circuit

**DC** : courant continu(CC)

**AC** : courant alternatif (CA)

# Introduction général

Dans le contexte de la transition énergétique et de la nécessité de réduire notre dépendance aux combustibles fossiles, l'énergie solaire se présente comme une solution prometteuse pour répondre à nos besoins en électricité. Les systèmes solaires photovoltaïques permettent de convertir l'énergie solaire en électricité propre et renouvelable.

L'utilisation croissante de l'énergie solaire photovoltaïque a suscité un intérêt considérable pour l'intégration des batteries solaires dans les systèmes de stockage d'énergie. Cependant, il existe un besoin urgent d'évaluer l'efficacité économique de ces batteries dans différents scénarios d'utilisation. La problématique de cette étude réside donc dans la comparaison des coûts initiaux et des coûts sur une période de 25 ans pour différents types de batteries solaires dans trois cas d'installation de systèmes photovoltaïques.

L'objectif principal de cette étude est de fournir une analyse technico-économique approfondie afin d'évaluer la viabilité économique des batteries solaires dans les systèmes photovoltaïques. Plus spécifiquement, l'objectif est de comparer les coûts initiaux d'installation et les coûts sur une période de 25 ans pour les différents types de batteries solaires dans les trois cas d'installation étudiés.

Le mémoire est structuré en trois chapitres qui couvrent différents aspects de notre étude. Le chapitre I examine les systèmes photovoltaïques dans leur ensemble, en passant par les systèmes autonomes et en arrivant à l'importance du stockage et des batteries solaires. Nous explorerons les principes fondamentaux des systèmes photovoltaïques, en mettant l'accent sur leur fonctionnement, leurs composants et leurs applications.

Le chapitre II se concentre spécifiquement sur les batteries solaires. Nous examinerons en détail les différents types de batteries disponibles sur le marché, tels que les batteries au plomb-acide, au lithium, au nickel et à flux redox vanadium. Nous discuterons de leurs caractéristiques, de leurs avantages et inconvénients respectifs, ainsi que de leurs performances en matière de stockage d'énergie solaire.

## **Introduction générale**

Le chapitre III comprendra une étude de dimensionnement pour trois cas d'installation de systèmes photovoltaïques, à la fois avec et sans l'utilisation de batteries solaires. Nous effectuerons une analyse comparative des coûts initiaux et des coûts sur une période de 25 ans pour chacun des cas d'installation, en tenant compte des quatre types de batteries solaires étudiées.



*Chapitre I : Généralité sur le  
système photovoltaïque autonome*

## I.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous aborderons les systèmes photovoltaïques et leurs différents types, en mettant particulièrement l'accent sur les systèmes photovoltaïques autonomes. Nous examinerons les composants de ces systèmes pour comprendre leur fonctionnement. Enfin, nous introduirons les batteries solaires, qui seront étudiées plus en détail dans le prochain chapitre.

## I.2 Systèmes photovoltaïques

Un système (photovoltaïque) PV est un ensemble d'éléments (constituants) de production d'électricité, en utilisant une source solaire. Ces constituants sont essentiellement le champ PV, le conditionnement de puissance, le système de stockage (dans un certain cas), et la charge (voir figure I.1). Le conditionnement de puissance peut comprendre : un régulateur seul, un régulateur avec un Convertisseur (DC /DC ou/et DC/ AC) ou un convertisseur seul. Un exemple d'un système plus détaillée montré sur la fig. I.2 [1].

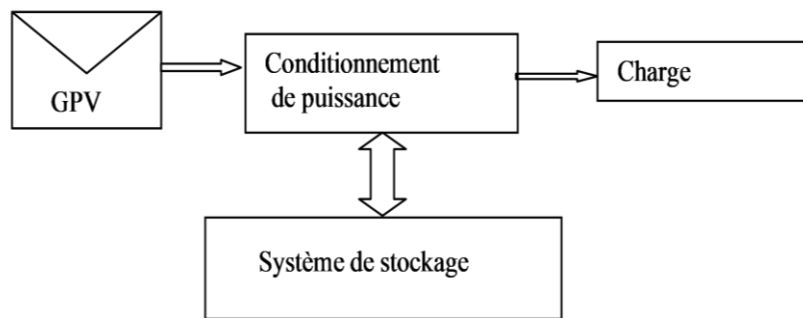


Figure I.1 Système photovoltaïque

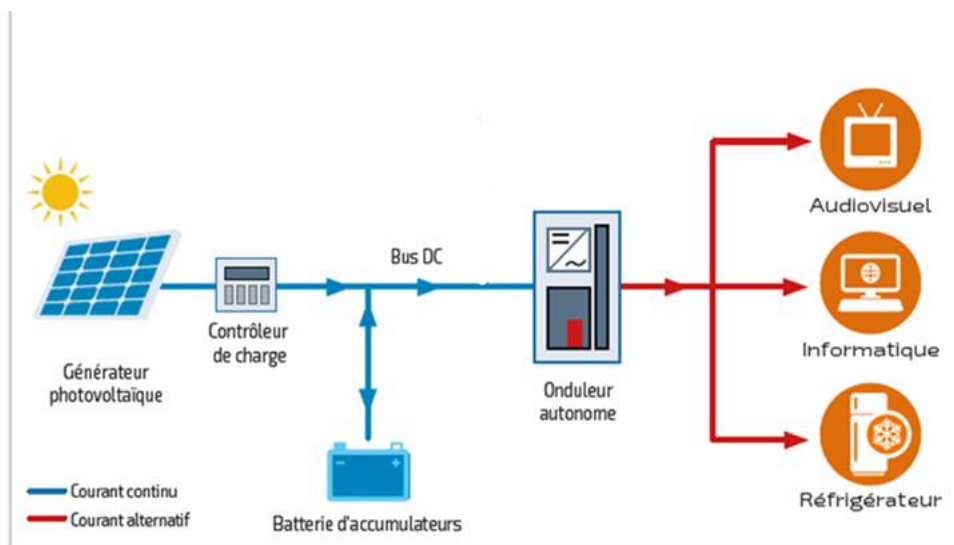


Figure I.2 Système photovoltaïque plus détaillé [1].

On rencontre généralement deux types de systèmes photovoltaïques, les systèmes autonomes et les systèmes connectés à un réseau.

### I.3 Les systèmes connectés au réseau :

Les systèmes de production d'énergie photovoltaïque connectés à un réseau (figure I.3) sont une résultante de la tendance à la décentralisation du réseau électrique. L'énergie est produite plus près des lieux de consommation. Les systèmes connectés à un réseau réduisent la nécessité d'augmenter la capacité des lignes de transmission et de distribution. Il produit sa propre électricité et achemine son excédent d'énergie vers le réseau, auprès duquel il s'approvisionne au besoin, ces transferts éliminent le besoin d'acheter et d'entretenir une batterie. Il est toujours possible d'utiliser ceux systèmes pour servir d'alimentation d'appoint lorsque survient une panne de réseau.[2]

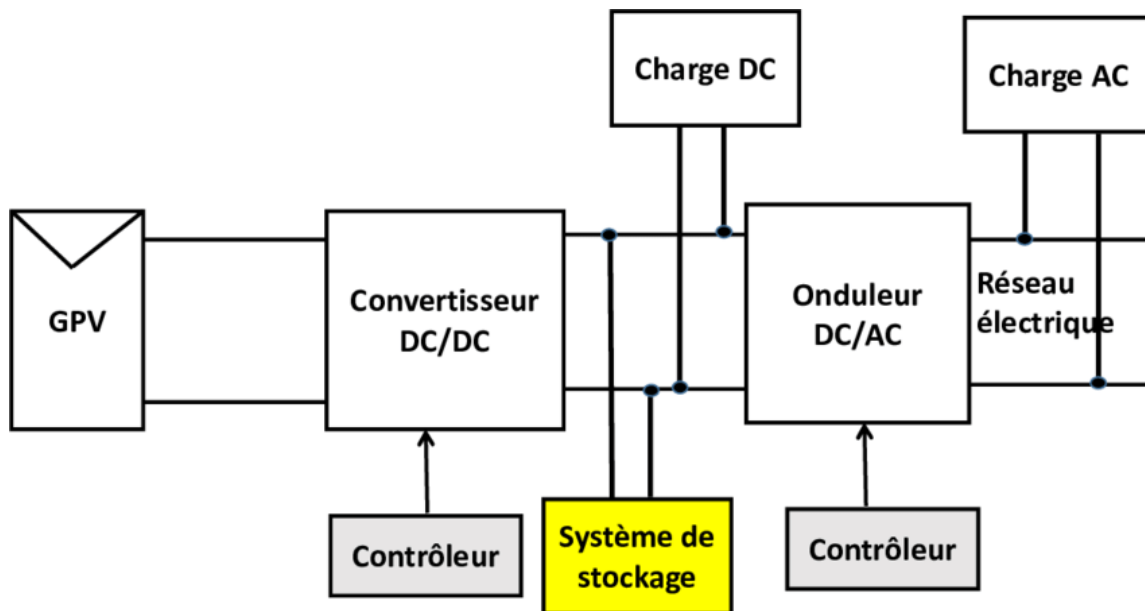


Figure I.3 Schéma simplifié système photovoltaïque connecte au réseau [3].

### I.4 Les systèmes hybrides :

Les systèmes d'énergie hybride associent au moins deux sources d'énergie renouvelable aussi une ou plusieurs sources d'énergie classiques. Les sources d'énergie renouvelable, comme le photovoltaïque et l'éolienne ne délivrent pas une puissance constante, mais vu leurs complémentarités, leur association permet d'obtenir une production électrique continue. Les systèmes d'énergie hybrides sont généralement autonomes par rapport aux grands réseaux interconnectés et sont souvent utilisés dans les régions isolées.

Les différentes sources dans un système hybride peuvent être connectées en deux configurations, architecture à bus continu et architecture à bus alternatif [4].

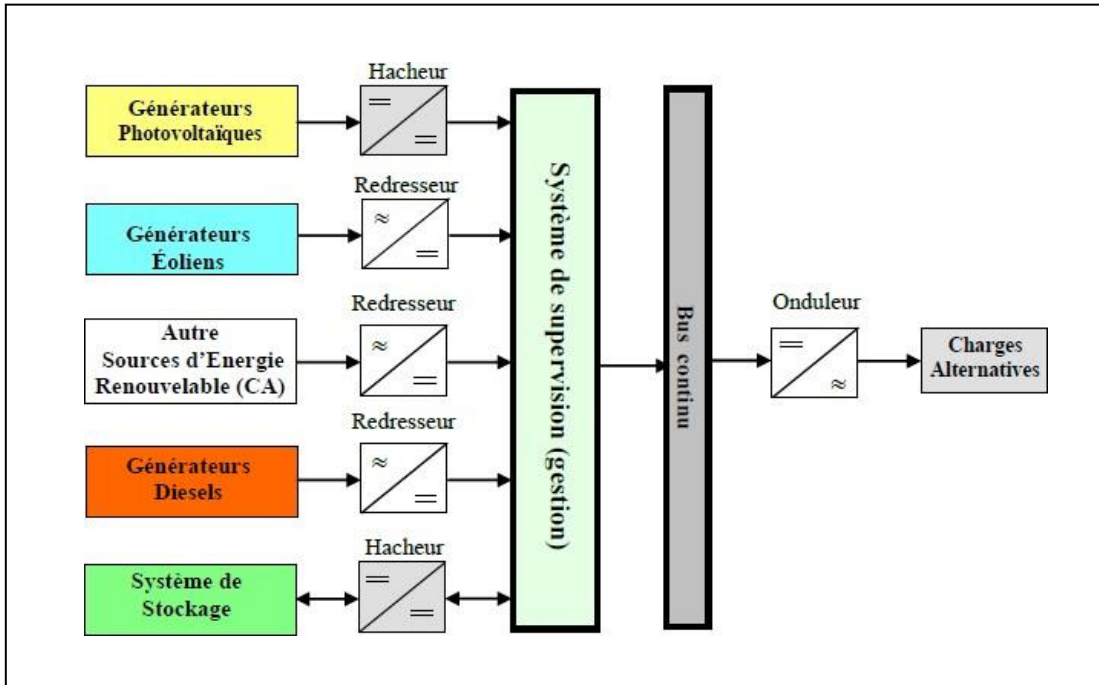


Figure I.4 Configuration du système hybride à bus continu [5].

Dans la première configuration, la puissance fournie par chaque source est centralisée sur un bus continu. Ainsi, les systèmes de conversion d'énergie à courant alternatif (CA) fournissent d'abord leur puissance à un redresseur pour être convertie ensuite en courant continu (CC). Les générateurs sont connectés en série avec l'onduleur pour

alimenter les charges alternatives. L'onduleur doit alimenter les charges alternatives à partir du bus continu et doit suivre la consigne fixée pour l'amplitude et la fréquence. La fonction spécifique du système de supervision est la commande de mise en marche et arrêt des générateurs et du système de stockage. L'avantage de cette topologie est la simplicité de commande. Dans la seconde configuration tous les composants du système hybride sont reliés à la charge alternative [6].

## I.5 Les systèmes autonomes :

Ces systèmes photovoltaïques sont installés pour assurer un fonctionnement autonome sans recours à d'autres sources d'énergie. Généralement, ces systèmes sont utilisés dans les régions isolées et éloignées du réseau.

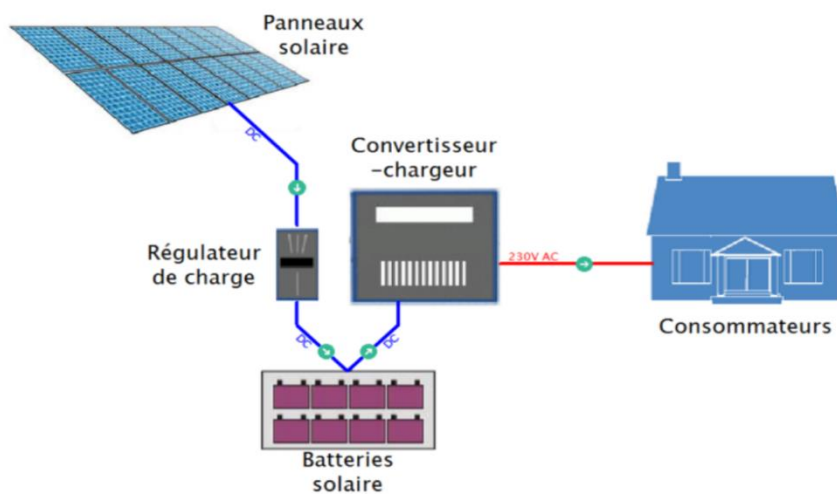
Notre chapitre traite le système photovoltaïque autonome, de leur composants (module, batteries, régulateurs de charge, onduleurs) le câblage et leurs avantages et inconvénients de système PV.

Les systèmes autonomes ou « stand-alone » ne sont pas raccordés au réseau électrique public. L'énergie solaire est stockée provisoirement dans des batteries. En cas de besoin l'électricité peut être utilisée directement avec des appareils électriques en courant continu. Ou transformée en courant alternatif par un onduleur puis injectée dans une installation à courant alternatif (couplage AC). [7].

En Algérie, les installations en site isolés ont surtout utilisées pour les chalets démontage ou les maisons difficilement accessibles. Les systèmes en site isolé permettent également d'alimenter l'électricité les maisons situées dans régions éloignées de tout réseau.

Dans les pays émergents, ces installations sont souvent le seul moyen d'alimenter en électricité des villages isolés. La demande est immense: dans le monde, il existe encore environ deux milliards des personnes sans électricité et loin de tout réseau électrique public.

Comme on le remarque sur la figure (I. 5) qui représente l'exemple d'un système PV autonome, un système de stockage est associé au générateur PV pour assurer l'alimentation à chaque instant et pendant plusieurs jours malgré l'intermittence de la production [8].



**Figure I.5** Structure d'un système autonome.

## I.6 Composante de système PV autonome :

Un system PV est un ensemble complet d'équipement permettant de transformer la lumière du soleil en électricité et l'utiliser pour alimenter des équipements tels que des lampes, des petits appareils...

En général les installations photovoltaïques comprennent cinq éléments essentiels et qui sont : générateur, onduleur, régulateur, charge, câblage, batterie. [9].

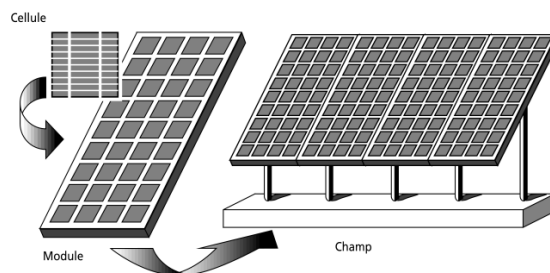
(Voir la Figure (I.6))



**Figure I.6** Les différents composants d'un système photovoltaïque autonome.

### I.6.1 Générateur :

C'est le champ photovoltaïque



**Figure I.7** la cellule au champ photovoltaïque [10].

Le panneau photovoltaïque se compose de modules photovoltaïques interconnectés en série et/ou en parallèle afin de produire la puissance requise. Ces modules sont montés sur une armature métallique qui permet de supporter le champ solaire avec une orientation et un angle d'inclinaison spécifiques [11]

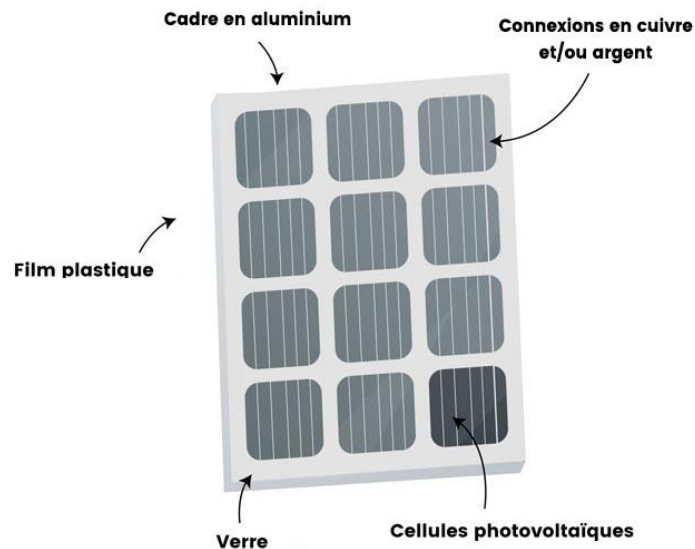


Figure I.8 Exemple d'un panneau solaire.

La quantité d'électricité dans l'ensemble des composants des systèmes PV dépend de :

- La taille du panneau.
- L'ensoleillement du lieu d'utilisation.  
La saison d'utilisation

### I.6.2 Onduleur :

Un onduleur est un appareil électrique permettant de transformer la tension / courant continue issue des modules photovoltaïques ou des batteries en tension/courant alternatif. Il est dit autonome s'il assure de lui-même sa fréquence et sa forme d'onde [11].



**Figure I.9** Onduleur [12]

Les principales caractéristiques des onduleurs sont

- Puissance nominale.
- Puissance de pointe surcharge.
- Consommation à vide
- Tension d'entrée et de sortie.
- Rendement et la durée de vie.

### **I.6.3 Régulateur :**

Le régulateur est l'élément central d'un système photovoltaïque autonome. Il se place entre les panneaux et les batteries. Son objectif est de protéger la batterie contre les surcharges et les décharges profondes pour lui assurer une meilleure durée de vie, pour que l'application autonome le soit pendant longtemps.[11]





Figure I.10 Régulateur autonome

### I.6.4 Lacharge :

La charge et l'équipement électrique alimenté par le système, nécessite un onduleur. [11]

#### Exemples de charge :

##### ➤ *Les lampes :*

Représentent les principaux récepteurs des systèmes autonomes. Le type plus utilisé c'est la lampe fluorescente qui présente un des rendements les plus élevés. Les autres sources de lumière comme les lampes à incandescence et à halogène seront réservées aux courtes durées d'utilisation.

##### ➤ *Réfrigération :*

Les réfrigérateurs pour installations autonomes utilisent des compresseurs fonctionnant avec un moteur DC et une armoire à isolation renforcée.

##### ➤ *Ventilation :*

Pour la ventilation de petits espaces, il existe une large gamme de ventilateur DC utilisés en électronique. Certains sont même déjà montés avec des cellules solaires dans une bouchede ventilation pour caravane ou bateau.

##### ➤ *Le pompage de l'eau :*

Le pompage de l'eau est une des priorités du solaire dans les régions isolées du sud.

Pour les utilisations au nord, les besoins les plus courants sont la mise en pression de l'eau d'une habitation.

➤ **Ordinateurs :**

La plupart des ordinateurs portable doivent être rechargés à des tensions de 15 à 20V, ce qui demande un convertisseur DC/DC adapté.

➤ **L'imprimante :**

Les modèles qui consomment le moins d'énergie sont des modèles à jet d'encre (12 W à 150W), les modèles à impact consomment en général plus de 100W et les types à la seringue de 300 à 1500W

### I.6.5 Câblage

Toute installation solaire photovoltaïque comporte des câbles permettant le passage de l'électricité du panneau à la batterie, puis aux charges. Généralement, les câbles recommandés sont en cuivre souple, le cuivre présentant le meilleur rapport prix /conductivité et la caractéristique multibrin permet d'assurer des connexions de qualité optimale et de minimiser les pertes d'énergie par chute de tension.[11]



**Figure I.11** Exemple de câblage [13]

### I.6.6 Batteries solaires :

Comparativement aux autres types de systèmes photovoltaïques, le système autonome nécessite un stockage d'énergie plus important en raison de son indépendance vis-à-vis du réseau électrique principal. Les batteries solaires deviennent ainsi un élément central de notre étude, car elles constituent le moyen principal de stockage et de fourniture d'électricité stable dans ces systèmes.

Les batteries solaires sont utilisées pour stocker l'énergie produite par les panneaux solaires pendant les périodes d'ensoleillement et la mettre à disposition lorsque le soleil n'est pas présent. Ce stockage permet de répondre à la demande énergétique pendant les périodes sans ensoleillement, garantissant ainsi une alimentation électrique continue.

On distingue les types suivants :

#### Batterie AGM



Figure I.12 : Batterie AGM

#### Batterie GEL



Figure I.13 : Batterie GEL

Batteries Super Cycle



**Figure I.14 : Batterie super-cycle**

Batteries Plomb Carbone



**Figure I.15 : Batterie Plomb carbone**

Batterie OPzV



**Figure I.16 : Batterie OPzV**

Batterie Lithium LifePO4 off-grid type [15]



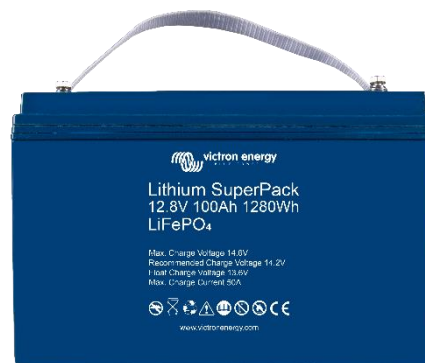
**Figure I.17 :** Batterie Lithium LifePO4 off-grid type

Batterie Lithium LFP type Enphase AC



**Figure I.18 :** Batterie Lithium LFP type Enphase AC

Batteries Lithium SuperPack



**Figure I.19 :** Batteries Lithium SuperPack [14]

## I.7 Avantage et inconvénients du système PV [16]

**Tableau I.1** : Des avantages et inconvénient

<b>Avantages</b>	<b>Inconvénients</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>-Technologie sûre et sans risque.</li><li>-Énergie propre, non-polluante.</li><li>-Pas de combustion</li><li>-Des systèmes fiables et stables.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>-Le rendement des cellules PV reste assez faible.</li><li>-Le coût d'investissement est relativement élevé.</li><li>-Il n'ya aucune production d'électricité le soir et la nuit</li></ul>

## I.8 Conclusion

En conclusion de ce chapitre nous avons abordé spécifiquement le système photovoltaïque autonome, qui fonctionne d'une manière indépendante, en utilisant l'énergie solaire comme source principale.

Nous avons discuté des composants essentiels de ce système, notamment les panneaux solaires, les régulateurs de charge, les batteries solaires et les onduleurs.

Enfin, nous avons souligné l'importance du stockage de l'énergie solaire et l'utilisation des batteries solaires dans les systèmes photovoltaïques autonomes. Les batteries solaires permettent de stocker l'énergie excédentaire produite par les panneaux solaires pendant les périodes d'ensoleillement et de la rendre disponible lorsque le soleil n'est pas présent. Elles jouent un rôle crucial dans la fourniture d'une alimentation électrique continue et fiable.



***Chapitre II :***  
***Les caractéristiques et***  
***Les performances des***  
***batteries solaires***



## II.1 Introduction

L'énergie solaire est devenue l'une des sources d'énergie les plus courantes pour l'alimentation des appareils électroniques portables et des équipements de stockage d'énergie. Les batteries solaires jouent un rôle crucial dans l'efficacité et la durabilité de ces systèmes, car leur capacité et leur performance sont influencées par de nombreux paramètres, tels que la température, le courant de charge et de décharge, la profondeur de décharge, la tension, entre autres.

Dans ce chapitre, nous allons examiner de manière détaillée ces différents paramètres et leur impact sur les performances et la durée de vie des différents types des batteries solaires, ainsi que les méthodes pour les mesurer et les contrôler.

## II.2 Les paramètres des batteries incluent

- La tension nominale : c'est la tension de fonctionnement standard de la batterie.
- La capacité : c'est la quantité d'énergie stockée dans la batterie, généralement mesurée en ampères-heures (Ah) ou milliampères-heures (mAh).
- La puissance : c'est la quantité d'énergie que la batterie peut délivrer à un moment donné, généralement mesurée en watts (W) ou milliwatts (mW).
- La résistance interne : c'est la résistance de la batterie à la circulation du courant électrique, généralement mesurée en ohms ( $\Omega$ ).
- Le cycle de vie : c'est le nombre de cycles de charge et de décharge complets que la batterie peut supporter avant que sa capacité ne diminue de manière significative.
- La température de fonctionnement : c'est la plage de températures dans laquelle la batterie peut fonctionner de manière optimale.
- La vitesse de décharge
- La densité d'énergie : c'est la quantité d'énergie que la batterie peut stocker par unité de poids ou de volume, généralement mesurée en Wh/kg ou Wh/L.
- La durée de stockage : c'est la durée pendant laquelle la batterie peut être stockée sans être utilisée tout en conservant une capacité de charge raisonnable.

## II.3 Fonctionnement de la batterie

La batterie répète de façon cyclique un processus d'accumulation d'énergie (charge) et fourniture d'énergie (décharge) en fonction de la présence ou de l'absence du soleil. Dans ce fonctionnement normal de la batterie on peut trouver deux pôles :

**Surcharge :** La batterie atteint sa pleine capacité de charge. Si elle continue à recevoir de l'énergie, l'eau de la dissolution commence à se décomposer, en produisant de l'oxygène et de l'hydrogène (processus de gazéification).

**Sur-décharge :** Il existe aussi une limite pour le processus de décharge, après lequel la batterie se détériore notamment. C'est le régulateur qui doit prévenir l'entrée d'énergie au-dessus de la surcharge permise et aussi la consommation de plus d'énergie que cette prévue par la sur décharge [7].

## II.4 Caractéristiques d'une batterie solaire

### II.4.1 Tension (en volt V)

Lorsqu'un accumulateur est pleinement chargé sa tension est supérieure d'environ 20 % à sa tension de travail. Pour charger un accumulateur, une tension supérieure à la tension du système est nécessaire. Cette tension est appelée tension de charge. La tension de charge d'un accumulateur de 12 volts est égale à 14,4 V.[5]

### II.4.2 Capacité (en ampères heures Ah) :

Une capacité C<sub>100</sub> égale à 100 Ah fournit à 25 °C pendant 100 h au moins un courant de 1 A jusqu'au seuil d'arrêt de 1,75 V par élément pour les batteries au plomb soit 10,5 V.

Si on multiplie la tension par la capacité, on obtient la quantité d'électricité emmagasinée en kWh. Exemple : Une batterie de 12 V – 100 Ah, chargée à bloc, contient théoriquement  $12 \times 100 = 1\,200$  Wh, soit 1,2 kWh. On ne peut utiliser qu'une partie de cette énergie car la décharge ne doit pas dépasser un pourcentage bien défini de la capacité (10 – 30 %).

Sinon on risque une sulfatation des plaques et donc une dégradation rapide de la performance de la batterie. La capacité nominale augmente avec la température (par exemple

0,7%/°C) dans la plage de température autorisée. Elle baisse avec le vieillissement et avec le nombre de cycles.

### II.1 :Effet de la température sur la capacité de stockage

Température	0	10	15	20	25	Au-delà de 30°C
Capacité	80%	92%	95%	100%	103%	C% diminue

Pour augmenter la capacité, on peut brancher plusieurs batteries en parallèle

Mais attention, dans une installation photovoltaïque ou éolienne, cette capacité n'est qu'une base de travail, car il est hors de question de décharger une batterie à 100% : cela la détruirait.

Enfin il ne faut pas confondre capacité d'une batterie qui est exprimée en Ah et la consommation d'un appareil électrique que vous souhaitez brancher sur cette batterie et qui s'exprime en Watts heure [6].

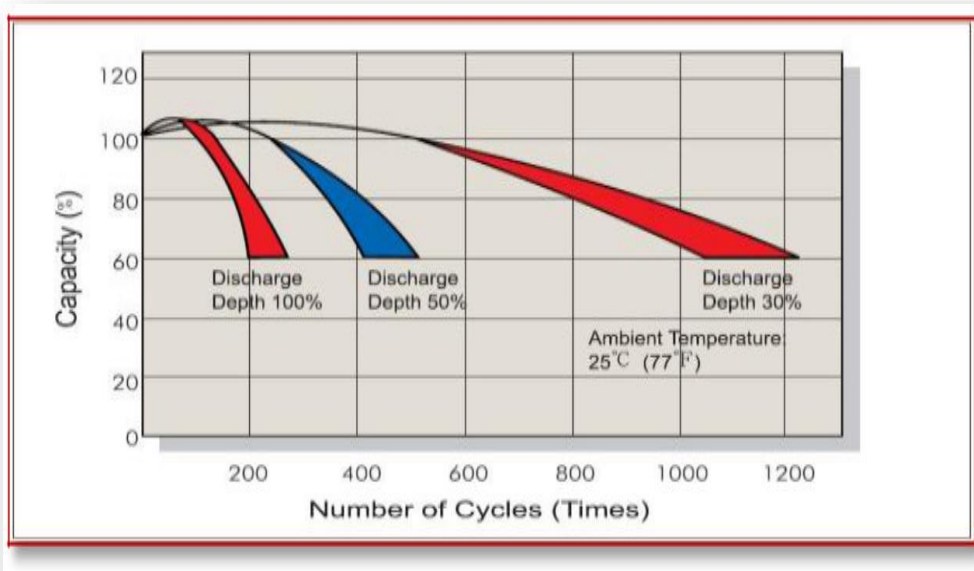
#### II.4.3 Autodécharge Tableau

Même sans décharge, les accumulateurs perdent de l'énergie. Ce processus, appelé "autodécharge", doit être égal pour les accumulateurs solaires à environ 3% par mois. L'autodécharge augmente avec l'âge et avec la température. Une diode anti-retour évite que la batterie ne se décharge dans le module pendant la nuit.

#### II.4.4 Profondeur de décharge

C'est le pourcentage d'énergie maximum que l'on peut retirer d'une batterie. Elle ne doit pas être déchargée au-delà de cette valeur, afin de prolonger sa durée de vie.

La vitesse de la décharge est également importante : Le courant de décharge ne doit pas dépasser le dixième de la capacité. Pour une capacité de 100 Ah, c'est un courant de 10 A, donc une consommation de  $12 \times 10 = 120$  W. Si on « tire » des courants plus forts, la capacité réelle est inférieure.



**Figure II.1.** Profondeur de décharge.

#### II.4.5 Durée de vie

La durée de vie d'une batterie solaire s'évalue en nombre de cycles de charge/décharge qu'elle est capable de supporter. On dit "estimer" car il s'agit d'une donnée basée sur un niveau de décharge et sur des conditions atmosphériques données. La durée de vie d'une batterie solaire dépend d'abord de la technologie utilisée : plomb ouvert, AGM, GEL.

Ensuite les batteries solaires vieillissent en raison des charges et décharges : le nombre de cycles dépend principalement de la profondeur habituelle de décharge [8].

Pour vous donner un ordre d'idée, pour la décharge de 40%, on peut estimer les durées de vie suivantes pour les différents types de batteries à décharge lente.

**Tableau II. 2** nombres de cycle pour la décharge de 40%.

	Plomb ouvert	AGM	GEL	Ion-lithium
Décharge de 40 %	400 à 500 cycles[8]	600à700 cycles	800 a 900 cycles [8]	Environ 5000 cycles [12]

## II.4.6 Courant de court-circuit

D'après la norme NF C 15-100, le courant de court-circuit d'une batterie est :  $I_{cc} = 10 \times C_n$   
Ce qui donne pour une batterie 100Ah :  $I_{cc} = 10 \times 100 = 1000 \text{ A}$

## II.4.7 Caractéristiques souhaitées d'une batterie solaire

- Durée de vie très longue (plusieurs années)
- Résistant à des cycles de vie nombreux et irréguliers
- Rendement élevé
- Autodécharge très faible
- Pas de maintenance nécessaire [9]

## II.5 Effet de température

La température joue un rôle essentiel dans les performances, la durée de vie, la charge et la régulation de la tension des batteries. À des températures élevées, l'activité chimique à l'intérieur de la batterie est considérablement plus intense qu'à des températures basses. Par conséquent, une batterie a une capacité réduite lorsque la température ambiante est trop basse, par exemple lorsqu'elle est exposée à des conditions hivernales en extérieur.

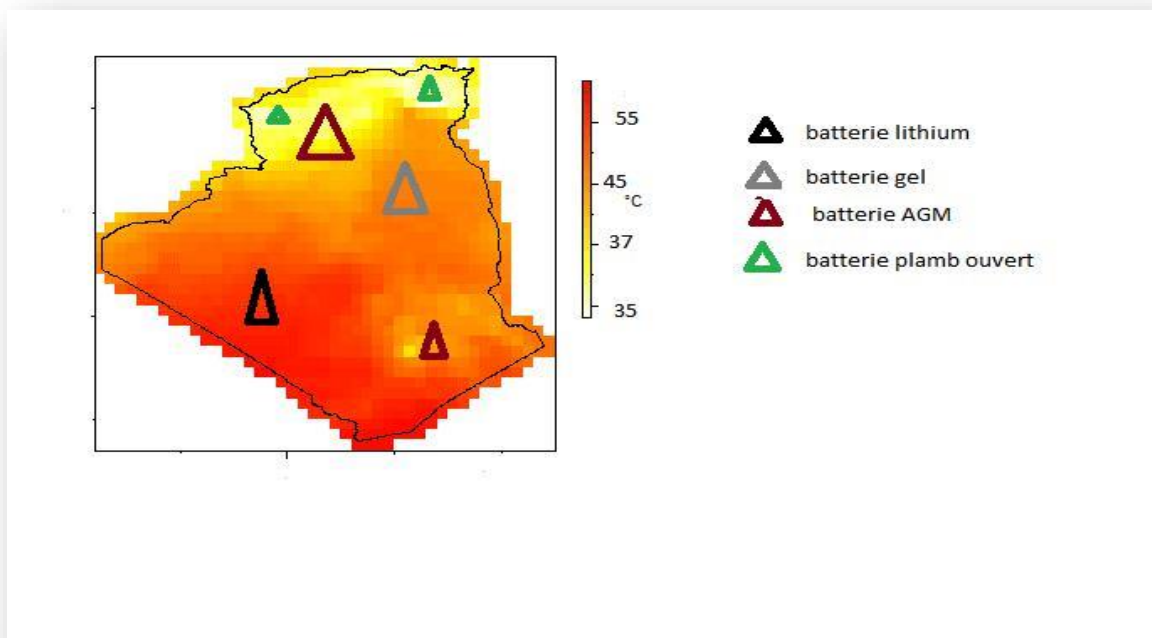
Pour la plupart des batteries, la plage de température recommandée se situe entre 18 et 32 degrés Celsius [10].

Des températures plus élevées réduiraient considérablement la durée de

vie cyclique de la batterie. Ainsi, nous pouvons conclure que les performances de la batterie sont compromises par le froid, tandis que sa durée de vie est réduite par des températures plus élevées.

L'équation d'Arrhenius démontre que la vitesse d'une réaction chimique augmente de manière exponentielle avec l'augmentation de la température.

Cela implique qu'une augmentation de température de 10 °C / 50 °F entraîne approximativement un doublement de la vitesse de réaction. Par conséquent, une heure à 35 °C / 95 °F équivaut à deux heures à 25 °C. Afin d'assurer la durabilité des batteries lorsqu'elles ne sont pas utilisées, il est recommandé de les conserver dans un endroit frais, idéalement en dessous de 20 °C / 68 °F. [11]



**Figure II.2** : utilisation des batteries solaires en fonction de la température.

## II.6 Les différents types de batteries solaires

### II.6.1 Les batteries au plomb

Il existe plusieurs types de batteries au plomb : la batterie “ plomb ouvert “, la batterie AGM et la batterie gel, chacun de ces modèles présentant des caractéristiques différentes.

### II.6.1.1 batterie ” plomb ouvert “

\*



**Figure II.3.** Batteries plomb ouvert

Jusqu’à tout récemment, la batterie plomb ouvert était la seule technologie de batterie pratique pour stocker l’électricité solaire. Ce type de batterie fonctionne notamment avec une solution d’acide sulfurique liquide. Il s’agit du même type de batterie de voiture, mais les versions de stockage solaire sont beaucoup plus volumineuses.

On l’entrepose plutôt dans des endroits frais ou climatisés, car la chaleur réduit considérablement sa durée de vie. Il faut aussi que le lieu soit aéré, car en se chargeant la batterie plomb ouvert libère de l’hydrogène. Evitez également de l’installer en plein air, au risque de la voir geler à cause du froid.

Sa réputation de technologie éprouvée et son prix accessible en font une batterie toujours utilisée, bien qu’il existe de nos jours d’autres modèles plus élaborés. On l’utilise surtout sur des résidences secondaires où elle est sollicitée de manière irrégulière, de façon à mieux préserver sa durée de vie. La batterie plomb ouvert a donc pour elle d’afficher un coût initial bas, mais le compromis se présente sous forme de maintenance – chaque mois, vous devez vérifier le niveau d’eau, en ajoutant de l’eau distillée pour la maintenir à niveau.

### II.6.1.2 Batterie AGM :



**Figure II.4.** Batterie solaire AGM.

Elle se présente sous la forme d'une batterie au plomb scellée. Son principal avantage est le fait qu'elle ne nécessite pas d'entretien. Elle présente en plus l'intérêt d'être étanche et de ne pas dégager d'hydrogène ni de chaleur durant les cycles de charge ou de décharge. Plus adaptée aux utilisations quotidiennes, elle peut faire l'objet d'une utilisation régulière, sans que ses performances en soient affectées.

Comme toutes les batteries au plomb, la batterie AGM est particulièrement sensible à l'élévation de la température. Elle est également plus chère que sa version au plomb ouvert et présente une faible durée de vie en cyclage en plus de présenter une profondeur de décharge de 80 % en général.

### II.6.1.3 Batterie Gel



**Figure II. 5** Batterie solaire Gel.



La technologie de la batterie gel a tendance à supplanter les autres modèles à base de plomb de par ses caractéristiques plus performantes. Sur le marché du solaire, elle est considérée comme l'évolution haut de gamme des batteries au plomb.

Les batteries gel, à l'instar des batteries AGM, sont étanches et ne nécessitent pas d'entretien sous forme d'ajout d'eau distillée. Elles supportent également mieux les décharges profondes. À 50 % de décharge, elles peuvent durer plus de 1000 cycles. En termes de durée de vie, cela représente entre 6 et 10 ans pour une application solaire.

Notez néanmoins que la batterie gel supporte mal une vitesse élevée de charge et de décharge. Il lui faut donc une application en décharge lente pour optimiser son nombre de cyclages. De plus, elle présente un prix élevé : environ le double de la batterie plomb ouvert. Il faudra également la conserver dans un lieu frais ou climatisé.

## II.6.2 Batterie lithium



**Figure II.6** Batterie solaire lithium de LG.

Les batteries lithium sont devenues extrêmement populaires sur le marché, et ce n'est pas un hasard. Elles sont largement utilisées dans nos véhicules et smartphones, ce qui témoigne de leur omniprésence dans notre quotidien. Ces batteries représentent l'innovation d'aujourd'hui et de demain, comme en témoigne la nouvelle batterie lithium Powerwall de Tesla.

Comparées aux batteries au plomb, les batteries au lithium sont plus légères et plus compactes. De plus, elles peuvent être déchargées plus profondément. Elles sont particulièrement appréciées pour leur durée de vie étendue, pouvant atteindre jusqu'à 6 000 cycles à un taux de décharge de 80%.

Du point de vue de l'impact environnemental, les batteries lithium se distinguent également favorablement par rapport aux batteries au plomb, avec un taux de recyclage proche de 70 %.

Cependant, leur principal inconvénient, du moins pour le moment, réside dans leur coût nettement plus élevé par rapport aux batteries au plomb pour une capacité de stockage identique. Cela en fait donc un investissement encore peu rentable aujourd'hui [13].

## **II.7 Comparaison entre les Batteries Solaires étudiées**

Dans Le tableau suivant, on va présenter les avantages, inconvénients et les différents paramètres afin de faire une comparaison entre les batteries solaires existantes dans le marché et facilite le choix.

**Tableau II.3.** Comparatif des batteries solaires

	Cycle de vie	Durée de vie (par année)	Avantages	Inconvénients
<b>Batterie AGM</b>	1 500 cycles à 30%	2 - 5 ans	- très forte intensité au démarrage - pas d'entretien	- résiste peu aux forte température et aux décharges profondes
<b>Batterie GEL</b>	1 800 cycles à 30%	3 - 6 ans	- simple et facile à poser - pas d'entretien	- résiste peu aux fortes températures et aux décharges profondes
<b>Batterie Plomb ouvert</b>	1 800 cycles à 30%	3 - 6 ans	-Pas cher : entre 80 et 250 € pour 1 kWc  -Technologie fiable, robuste été prouvée [22]  -Très bonne résistance aux températures extrêmes [23].	-Nécessite entretien régulier -Faible durée de Vie (400- 500 cycles), on la conseille des utilisations irrégulières -Profondeur de décharge entre 60 et 80 %
<b>Batterie Lithium</b>	2 500 cycles à 80%	+ 10 ans	- facile à connecter - BMS intégré - résistance aux décharges profondes	- coûteux - courant de charge et de décharge limité

## II.8 Installation et entretien des batteries solaires (Plomb Ouvert)

Installer la batterie dans un endroit sec, de préférence à l'abri du gel, de la chaleur et du soleil. Toujours poser cette batterie "debout", elle ne doit pas être penchée.

Nous vous recommandons d'effectuer une vérification de vos batteries solaires tous les 6 mois environ. Pour cela nous vous recommandons les opérations suivantes :

- Vérifier le niveau d'électrolyte et remettre à niveau l'électrolyte (30 à 35 mm en dessous de la surface supérieure du couvercle) en rajoutant de l'eau distillée. Ne jamais rajouter d'acide ni dépasser le niveau maximum indiqué.
- Administrer une charge d'égalisation à intensité constante 1/20ème de la capacité pendant 1 heure ou plus si nécessaire. (Tous les éléments doivent "bouillir"). Un chargeur régulé de bonne qualité serait idéal.
- Mesurer la densité de l'électrolyte de chaque élément. Si la densité (Ramenée à 25°C) est supérieure ou égale à 1.260 pour tous les éléments, la batterie est prête à être remise en service. [14]

## II.9 Indications de sécurité

La batterie d'accumulateurs est le composant le plus dangereux de l'installation. Il est impératif de respecter les consignes de sécurité. Elle constitue le composant le plus risqué de l'installation. Il est essentiel de suivre rigoureusement les mesures de sécurité recommandées.

### NE JAMAIS INTERVENIR SUR LE SYSTÈME LORSQU'IL EST EN CHARG

- ✓ Ne jamais approcher de la batterie avec une flamme ou une cigarette allumée.
- ✓ Faire attention à ne jamais mettre en court-circuit les bornes de la batterie ou les câbles y étant raccordés, Les risques sont des brûlures, des projections de métal en fusion, l'électrocution, Les causes possibles sont les outils non isolés, les bijoux sur les mains ou autour du coup, un liquide conducteur ou encore un mauvais branchement. En cas de doute, consultez la documentation ou contactez-nous.

- ✓ Si le système s'arrête suite à une décharge trop importante des batteries, ne pas continuer à consommer sur celles-ci, le risque est de les endommager irrémédiablement.
- ✓ Le local où est installée la batterie doit être ventilé correctement (Norme NFC15712-2).
- ✓ Pour les batteries à électrolyte liquide (acide), l'utilisation de protections individuelles (gants, lunettes, etc....) est indispensable. [15]

## II.10 Conclusion

On conclusion, Les caractéristiques des batteries solaires sont essentielles pour assurer une performance optimale du système. La capacité de stockage est l'une des caractéristiques clés, déterminant la quantité d'énergie pouvant être stockée. Une capacité plus élevée permet une plus grande autonomie du système et une utilisation prolongée de l'électricité.

Les batteries solaires sont des composants indispensables des systèmes d'énergie renouvelable. Leur capacité de stockage, leur tension nominale, leur efficacité de charge et de décharge, leur durée de vie et leur sécurité sont des caractéristiques essentielles à prendre en compte lors du choix d'une batterie solaire adaptée à un système donné. Une sélection judicieuse permettra d'optimiser l'utilisation de l'énergie solaire, en fournissant une source d'énergie fiable et durable



***Chapitre III :***  
***Etude Technico-économique des***  
***batteries solaires.***

### **III.1 Introduction**

Le dimensionnement des batteries solaires consiste à déterminer la capacité de stockage nécessaire pour répondre à la demande énergétique et le coût en fonction de plusieurs facteurs tels que la consommation électrique, la taille du système photovoltaïque, le profil de charge et la durée de stockage requise.

Dans ce chapitre, nous nous concentrerons sur l'importance du dimensionnement précis des batteries solaires pour assurer une utilisation optimale de l'énergie solaire et déterminer la meilleure batterie d'après le coût. On utilise 04 différentes batteries solaires : GEL, AGM, Plomb-acide, Lithium.

Nous explorerons les différents éléments à prendre en compte lors du dimensionnement des batteries, y compris les caractéristiques techniques des batteries, les besoins énergétiques spécifiques et les contraintes budgétaires.

Nous aborderons également la méthode de dimensionnement utilisés dans cette mémoire, la méthode de calcul par l'utilisation de logiciel Excel.

Enfin, nous discuterons les résultats actuelle et après 25 ans , par la suite on fait une comparaison entre les deux résultats et choisir la meilleur batterie pour la bonne installation avec moins de coût.

### **III.2 les différents équipements utilisés dans le dimensionnement du 1<sup>er</sup> cas**

Dans le premier cas on va étudier une maison qui contient les équipements suivants :

- Lampes
- TV
- Réfrigérateur



**Tableau III.1. Equipements de dimensionnement du 1<sup>er</sup> cas .**

Equipements	Puissance	Nombre	Temps d'utilisation (h)	P×N (W)	Energie(Wh)
Lampes	12	6	6	72	432
TV	400	1	6	400	2400
Réfrigérateur	50	1	24	50	1200
Divers	200	1	2	200	400
				<b>722</b>	<b>4432</b>

**Les caractéristiques techniques des batteries :**

ce tableau présent les types des batteries et leur caractéristiques qu'on vas utilisé dans notre étude .

**Tableau III.2.Les caractéristiques des batteries**

	GEL	AGM	Plomb	Lithium
<b>Capacité (Ah)</b>	150	150	900	150
<b>Voltage (V)</b>	12	12	2	12
<b>DOD</b>	0.6	0.6	0.8	0.9
<b>NB Cycle</b>	2500	1200	500	6000

**III.2.1 Calcule de puissance**

Avant tout il faut calculer la puissance de chaque élément par la relation ou dessus :

$$P = P_{\text{élm}} * N$$

D'où :  $P_{\text{élm}}$  : la puissance de chaque élément.

$N$  : le nombre des éléments.

Après on calcule la puissance totale de l'installation :

$$P_{tot} = \Sigma P$$

.Calcule de l'énergie journalière :  $E_j$ [Wh]

L'énergie journalière c'est la quantité totale d'énergie solaire reçue par une installation sur une période de 24 heures. Elle a calculé par la relation suivante :

$$E_j = P_{\acute{e}lm} * t$$

**t**: Le temps d'utilisation.

Calcule de l'énergie journalière totale :  $E_{j.tot}$ [Wh]

$$E_{j.tot} = \Sigma E_j$$

### III.2.2 Calcule de puissance d'onduleur

On calcule la puissance d'onduleur par la relation suivante

$$P_{ond} = P_{tot} * 1.25 / 0.95$$

$P_{ond}$  : la puissance d'onduleur

$P_{tot}$  : la puissance totale de l'installation

### III.2.3 Calcule la puissance du champ

Pour calculer la puissance du champ photovoltaïque, la première condition nécessaire à satisfaire, c'est que l'énergie électrique journalière produite par le champ photovoltaïque doit être au minimum égale à l'énergie journalière consommée par les équipements électriques.

Pour calculer la puissance du générateur photovoltaïque on utilise la formule suivante:

$$P_{\text{champ}} = E_{j.\text{tot}} * N_A / I_r$$

- $P_{\text{champ}}$  : la puissance du champ
- $E_{j.\text{tot}}$  : L'énergie journalière totale
- $I_r$  : l'irradiation

### III.2.4 Calcule le nombre de panneaux

$$N_{\text{pann}} = P_{\text{champ}} / p_{\text{pann}} * 0.8$$

$N_{\text{pann}}$  : nombre de panneaux

$p_{\text{pann}}$  : la puissance d'un panneau

0.8 : le coefficient de correction

### III.2.5 Calcule le nombre de batteries

Pour stocker le sur plus d'énergie produit par vos panneaux solaires, l'une des solutions les plus connues actuellement est la batterie. Cet élément s'intègre dans notre installation photovoltaïque et nous permet de profiter de notre électricité verte plus tard, en soirée ou lorsque le ciel est plus couvert par exemple .

Et pour calculer le nombre de batterie dans notre installation on utilise cette relation :

$$N_B = E_{j.\text{tot}} * N_A / (\text{DOD} * C * V_b)$$

$N_B$  : nombre de batterie

**DOD** : profondeur de décharge

**C** : la capacité de la batterie

$V_B$ : voltage du batterie

### III.2.6 Calcule le nombre de batteries après 25 ans

Dans notre simulation on a étudié 4 batteries : AGM GEL Plomb Lithium, chaque une de ces batteries y a un certain nombre decycle .

Nous sommesintéressés de connaitre après 25 ans le nombre de changement de ces batteries

Pour cela on fait les calcules suivante :

### III.2.7 Calcule le nombre d'intervention

$$N_{intr} = 25 / (N_{cycles} / 365)$$

$N_{intr}$  : Nombre d'intervention

$N_{cycles}$  : Le nombre de cycle du batterie

$$N_{B.nouveau} = N_B * N_{intr}$$

$N_{B.nouveau}$  : Nombre de batterie après 25 ans (nouveau)

### III.2.8 Le cout d'installation du 1<sup>er</sup> cas :

#### III.2.8.1 Le coût globale de l'installation avant 25ans

Le tableau suivant (Tableau III. 3) représente le cout de l'installation de la première étude sans batteries

**Tableau III. 3 Le cout d'installation sans batterie de 1<sup>er</sup> cas**

Equipements	Nombre	Le cout	Totale
Panneau	6	28000 DA	168000 DA
Onduleur	1	45000 DA	45000DA
Régulateur	1	15000DA	15000DA
Structure	6	5000DA	30000DA
Armoire et accessoires	1	50000 DA	50000DA
			308000DA

Dans ce tableau (Tableau III.4) on a classé les types des batteries selon leurs coûts après avoir calculé les frais de chaque installation en ordre croissant, observant que les batteries AGM ont le prix le plus accessible et les batteries au lithium sont les plus chers

**Tableau III.4 Comparaison entre le cout d'installation avec les différents types des batteries du 1<sup>er</sup> cas avant 25 ans**

	SPV sans batteries	Nombre de batterie	P.U	Montant	Classement
<b>GEL</b>	<b>308 000 DA</b>	<b>8</b>	<b>38 000 DA</b>	<b>612 000 DA</b>	<b>++</b>
<b>AGM</b>	<b>308 000DA</b>	<b>8</b>	<b>31 000 DA</b>	<b>556 000 DA</b>	<b>+</b>
<b>Plomb</b>	<b>308 000DA</b>	<b>6</b>	<b>60 000 DA</b>	<b>668 000 DA</b>	<b>+++</b>
<b>Lithium</b>	<b>308 000DA</b>	<b>5</b>	<b>120 000 DA</b>	<b>908 000 DA</b>	<b>++++</b>

### III.2.8.2 Le coût globale de l'installation après 25ans

On fixe le coût de système PV sans batteries

Dans ce tableau (Tableau III.5) on a classé les types des batteries selon leurs coûts après avoir calculé les frais de chaque installation en ordre croissant prendre en compte le nombre d'interventions (surveillances, maintenances...) de chaque batteries pendant les prochains 25 ans, observant que les batteries lithium ont le prix le plus accessible et les batteries au Plomb sont les plus chers.

**Tableau III.5 Comparaison entre le cout d'installation avec les différents types des batteries du 1<sup>er</sup> cas après 25 ans**

	SPV sans batteries	Nombres de batterie	P.U	Montans	Classement
<b>GEL</b>	30800DA	29.95704	38000DA	144637DA	++
<b>AGM</b>	308000DA	<b>62.41094</b>	31000DA	<b>2242725DA</b>	+++
<b>Plomb</b>	308000DA	<b>112.3389</b>	60000DA	<b>7048333DA</b>	++++
<b>Lithium</b>	308000DA	<b>8.321399</b>	120000DA	<b>1 306 568DA</b>	+

### III.3 les différents équipements utilisés dans le dimensionnement du 2<sup>em</sup> cas

Dans le tableau suivant (Tableau III.6) on va étudier le cas précédent ajoutant un équipement de plus (équipement de cuisine).

**Tableau III.6**

**Equipements de dimensionnement du 2<sup>em</sup> cas.**

Equipements	Puissance (W)	Nombre	Temps d'utilisation (h)	P×N(W)	Energie(wh)
Lampes	12	6	6	72	432
TV	400	1	6	400	2400
Réfrigérateur	50	1	24	50	1200
Divers	200	1	2	200	400
Equipement de cuisine	3000	1	2	3000	6000
				3722	10432

Dans ce tableau (Tableau III.7) on a fait un devis pour l'installation du 2<sup>em</sup> cas

**Tableau III.7 Le cout d'installation sans batterie de 2<sup>em</sup> cas**

Equipements	nombre	Le cout	Totale
Panneau	14	28000DA	392000DA
Onduleur	1	45000DA	45000DA
Régulateur	1	15000DA	15000DA
Structure	14	5000DA	70000DA
Armoire et accessoires	1	50000DA	50000 DA
			572000 DA

### III.3.1 Le coût globale de l'installation avant 25ans

Dans ce tableau (Tableau III.8) on a classé les types des batteries selon leurs coûts après avoir calculé les frais de chaque installation en ordre croissant, observant que

les batteries AGM ont le prix le plus accessible et les batteries au lithium sont les plus chers.

**Remarque :** on remarque que les résultats du classement du deux cas (1<sup>er</sup> et 2<sup>eme</sup>) sont identiques.

**Tableau III.8. Comparaison entre le coût d'installation avec les différents types des batteries du 2<sup>ème</sup> cas avant 25 ans**

	SPV sans batteries	Nombre de batteries	P.u	Montant	Classement
<b>GEL</b>	572000DA	19	38000DA	1 294 000DA	+
<b>AGM</b>	572000DA	19	31000DA	1 161 001DA	++
<b>Plomb</b>	572000DA	14	60000DA	2 134 000DA	+++
<b>Lithium</b>	572000DA	13	120000DA	2 854 000DA	++++

### III.3.2 Le coût globale de l'installation après 25ans

On fixe le coût de système PV sans batteries et dans le tableau suivant (Tableau III.9) on a classé les types des batteries selon leurs coûts après avoir calculé les frais de chaque installation en ordre croissant, prendre en compte le nombre d'interventions (surveillances, maintenances...) de chaque batteries pendant les prochains 25 ans, observant que les batteries lithium ont le prix le plus accessible et les batteries au Plomb sont les plus chers

**Remarque :** on remarque que les résultats du classement du deux cas (1<sup>er</sup> et 2<sup>eme</sup>) sont identiques.



**Tableau III.9. Comparaison entre le cout d'installation avec les différents type des batteries après 25 ans**

	<b>SPV sans batterie</b>	<b>Nombre de batteries</b>	<b>P.U</b>	<b>Montant</b>	<b>Classement</b>
<b>GEL</b>	572000DA	70.51259	<b>38000DA</b>	3251478.52DA	++
<b>AGM</b>	572000DA	146.9012	<b>31000DA</b>	5125938.27DA	+++
<b>Plomb</b>	572000DA	264.4222	<b>60000 DA</b>	16437333.3DA	++++
<b>Lithium</b>	572000DA	19.58683	<b>120000DA</b>	2922419.75DA	+

### III.4 les différents équipements utilisés dans le dimensionnement du 3<sup>em</sup> cas

- Dans ce tableau (Tableau III.10) on a dimensionné une nouvelle installation qui présente une chambre froide .

Une chambre froide est une grande installation industrielle utilisée pour l'entreposage de denrées périssables afin de les conserver à basse température. Elle rend possible le refroidissement d'un corps par l'extraction d'une partie de sa chaleur. Les chambres froides sont très utiles aux grandes et moyennes surfaces (à la restauration, aux entrepôts, aux laboratoires, à l'industrie de la pétrochimie, de l'agroalimentaire, etc.). Elles sont utilisées pour conserver les produits alimentaires dans un bon état de qualité en vue d'une consommation ultérieure [17].

**Tableau III.10 : Equipements de dimensionnement du 3<sup>em</sup> cas .**

Equipement	Puissance(w)	nombre	Temps d'utilisation (h)	P×N(w)	Energie (wh)
Chambre froide	15000	1	24	15000	360000
				15000	360000

- Le tableau III.11 représente : un devis pour l'installation du 3<sup>em</sup> cas (Une chambre froide)

**Tableau III. 11. Le cout d'installation sans batterie de 3<sup>em</sup> cas**

Equipements	nombre	Le cout	Totale
Panneau	500	28000DA	14000000DA
Onduleur	1	45000DA	45000DA
Régulateur	1	15000DA	15000DA
Structure	500	5000DA	2500000DA
Armoire et accessoires	1	50000DA	50000 DA
			16610000 DA

#### **III.4.1 Le coût global de l'installation après 25 ans**

Dans ce tableau (Tableau III.12) on a classé les types des batteries selon leurs coûts après avoir calculé les frais de chaque installation en ordre croissant, observant que

les batteries AGM ont le prix le plus accessible et les batteries au lithium sont les plus chers.

Remarque : dans les 3 cas précédents on a obtenu les mêmes résultats du classement d'installation avant 25 ans ou le batterie AGM est le moins cher contrairement au celui de Lithium.

**Tableau III.12 Comparaison entre le cout d'installation avec les différents types des batteries**

	SPV sans batteries	Nombres des batteries	P.U	Montant	Classement
GEL	16610000DA	667	38000DA	41956000DA	++
AGM	16610000DA	667	31000DA	37287000DA	+
Plomb	16610000DA	500	60000DA	46610000DA	+++
Lithium	16610000DA	444	120000DA	69890000DA	++++

### **III.4.2Le coût globale de l'installation après 25ans**

On fixe le coût de système PV sans batteries

Dans ce tableau (Tableau III.13) on a classé les types des batteries selon leurs coûts après avoir calculé les frais de chaque installation en ordre croissant prendre en compte le nombre d'interventions(surveillances, maintenances...) de chaque batteries pendant les prochains 25 ans , observant que les batteries lithium ont le prix le plus accessible et les batteries au Plomb sont les plus chers.

Remarque : dans les 3 cas précédents on a obtenu les mêmes résultats du classement d'installation après 25 ans où le prix de la batterie Lithium est le plus abordable tant que celui de batterie en Plomb est le plus couteux

**Tableau III.13 Comparaison entre le cout d'installation avec les différents types des batteries après 25 ans**

	SPV sans batteries	Nombres des batteries	P.U	Montant	Classement
GEL	16610000DA	2433.333	38000DA	109076667DA	++
AGM	16610000DA	5069.444	31000DA	173762778DA	+++
Plomb	16610000DA	9125	60000DA	564110000DA	++++
Lithium	16610000DA	675.9259	120000DA	97721111.1DA	+

### III.5 Conclusion

En conclusion de ce chapitre, l'étude technico-économique réalisée pour évaluer les coûts d'installation des quatre types de batteries solaires dans trois systèmes solaires distincts met en évidence plusieurs points importants. Tout d'abord, il est clair que le coût d'installation varie en fonction du type de batterie utilisée. De plus, le nombre d'interventions nécessaires au cours d'une période de 25 ans a également un impact significatif sur les coûts.

Les résultats de l'étude montrent que sur une période de 25 ans, les batteries au lithium se sont avérées être les moins chères parmi les autres types de batteries étudiés. Cette conclusion souligne l'importance de prendre en compte à la fois le coût

initial d'installation et les coûts potentiels des interventions futures lors du choix d'un type de batterie solaire.

## **C**onclusion générale

En conclusion, cette étude technico-économique visait à évaluer les coûts d'installation associés à l'utilisation de différentes batteries solaires dans trois systèmes solaires distincts. Les résultats obtenus indiquent que le coût d'installation dépend à la fois du type de batterie utilisé et du nombre d'interventions nécessaires sur une période de 25 ans.

Plus précisément, parmi les quatre types de batteries étudiés, les batteries au lithium se sont avérées les moins coûteuses sur une période de 25 ans. Cette conclusion souligne l'importance de choisir judicieusement le type de batterie pour optimiser les coûts d'installation à long terme.

Cependant, il convient de souligner que d'autres facteurs peuvent également influencer la décision finale concernant le choix de la batterie solaire. Des considérations telles que la durée de vie de la batterie, les performances, la sécurité et l'impact environnemental doivent être prises en compte.

En résumé, cette étude met en évidence l'importance d'une analyse technico-économique approfondie lors de la sélection des batteries solaires. Les résultats obtenus indiquent que les batteries au lithium offrent une option plus économique sur une période de 25 ans. Cependant, il est crucial de prendre en compte d'autres facteurs pertinents pour une prise de décision informée et globale.

## REFERENCES

- [1]<https://www.ssf-asso.org/systemes-pv-autonomes/>
- [2] IBERRAKEN Fairouz M r. .MEDJOU DJ Rabah MAOUCHE Cherif Analyse des Modes de Défaillance des Systèmes Photovoltaïques installés dans le sud Algérien Mémoire de Master univ Bejaia 2012
- [3]C. Cabal, Optimisation énergétique de l'étage d'adaptation électronique dédié à la conversion photovoltaïque, thèse de Doctorat de l'université de Toulouse III – Paul Sabatier, 2008
- [4]Fellah Boumediene, « Système hybride photovoltaïque-éolien, de production d'électricité.Application aux sites de Tlemcen et de Bouzaréah» Thèse de Magister, Université Abou BakrBelkaiddeTlemcen,Décembre2012.
- [5][https://unmundosalvadorsoler.org/\\_Files/foro/Manuel%20Pratique%20de%20petits%20syste%C3%80mes%20photovolta%C3%88ques.pdf](https://unmundosalvadorsoler.org/_Files/foro/Manuel%20Pratique%20de%20petits%20syste%C3%80mes%20photovolta%C3%88ques.pdf)
- [6][http://pedagogie.ac-limoges.fr/physiquechimie/IMG/pdf/BATTERIE\\_SOLAIRE.pdf](http://pedagogie.ac-limoges.fr/physiquechimie/IMG/pdf/BATTERIE_SOLAIRE.pdf)
- [7] S.Bensmail, «Contribution à La Modélisation Et à l'Optimisation Des Systèmes Photovoltaïques», Mémoire de Magister de l'Université de Béjaia, Algérie, 2012.
- [8]:[//siitechnologie.acrouen.fr/Microtechniques/STI2D/Projet\\_Lumea/Champ\\_Energie/AT4\\_Batterie/Ressource-Batteriesolaire.pdf](http://siitechnologie.acrouen.fr/Microtechniques/STI2D/Projet_Lumea/Champ_Energie/AT4_Batterie/Ressource-Batteriesolaire.pdf)
- [9] S. Ould-Amrouche, « Contribution à l'Etude du Conditionnement de Puissance dans les Systèmes Photovoltaïques », Thèse de Doctorat en Electrotechnique de l'université de Bejaia, Algérie, 2012.
- [10]<https://www.civicsolar.com/article/battery-life-and-performance-factors>
- [11]<https://cam-do.com/blogs/camdo-blog/how-does-solar-panel-and-lithium-ion-batteryperformance-change-with-temperature-why-is-always-on-mode-important>
- [12]<https://info-solaire.fr/blog/installations-photovoltaiques-autonomes/comparaison-du-nombre-decycles-entre-batteries-plomb-et-lithium.html>
- [13]<https://www.directindustry.fr/fabricant-industriel/fil-electrique-haute-tension-200162.html>
- [14]<https://www.ecolodis-solaire.com/conseils/batterie-solaire-batterie-solaire-conseils-d-utilisationet-consignes-de>
- [15] <https://www.victronenergy.fr/>

[16] F. Benyarou « Conception assistée par ordinateur des systèmes photovoltaïques modélisation, dimensionnement et simulation », Thèse de Doctorat d'état. Université de Tlemcen Juillet 2004.

[17] : Othman Jaber. Chambre froide. Autre. 2013. ffdumas-01222212f



ANEX A :

H10							fx =2	
	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Equipement	Puissance	Nombre	Temps d'utilisation (h)	PxN (W)	Energie		
2	Lampes	12	6	6	72	432		
3	TV	400	1	6	400	2400		
4	Réfrigérateur	50	1	24	50	1200		
5	Divers	200	1	2	200	400		
6					722	4432		
7								
8								
9								
10	Onduleur :						Naut	2
11	Pond (W)	950					Ir	6
12	Panneau:						DOD	0,6
13	Pchamp pv	1477,33333		Nbr de panneau	6,155556		C	150
14				approximation:	6,0000		V	12
15	Batterie :						Nc	2500
16	<b>GEL</b>							
17	NB	8,21		approximation	8,00			
18								
19	Pour 25 ans:							
20	Nombre dintervention:		3,65					
21								
22	Nbr des batteries utilisee pendant 25 a			29,95703704				
23								
24	<b>AGM</b>						DOD	0,6
25	NB	8,20740741		approximation:	8		C	150

ANEX B :

Nbr des batteries utilisee pendant 25 a			29,95703704					
<b>AGM</b>							DOD	0,6
NB	8,20740741		approximation:	8			C	150
							V	12
Pour 25 ans:							Nc	1200
Nombre dintervention:	7,604167							
Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:				62,41049				
<b>PbO</b>								
NB	6,15555556		approximation:	6			DOD	0,8
							C	900
Pour 25 ans:							V	2
Nombre dintervention:	18,25						Nc	500
Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:				112,3389				
<b>Lithium</b>								
NB	5,47160494		approximation:	5			DOD	0,9
							C	150
Pour 25 ans:							V	12
Nombre dintervention	1,520833						Nc	6000
Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:				8,321399				



**ANEX D :**

A32		f <sub>c</sub> Plomb							
A	B	C	D	E	F	G	H	I	
Equipements	Puissance	Nombre	Temps d'utilisati	P×N (W)	Energie				
Lampes	12	6	6	72	432				
TV	400	1	6	400	2400				
Réfrigérateur	50	1	24	50	1200				
Divers	200	1	2	200	400				
equipment de cuisin	3000	1	2	3000	6000				
				3722	10432				
Onduleur :						Naut	2		
Pond (W)	4897,368					lr	6		
Panneau:						DOD	0,6		
Pchamp pv	3477,333		Nbr de panneau	14,48889		C	150		
			approximation:	14		V	12		
Batterie :						Nc	2500		
GEL									
NB	19,31852		approximation:	19					
Pour 25 ans:									
Nombre dintervention:		3,65							
Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans			70,51259259						
AGM						DOD	0,6		
NB	19,31852		approximation:	19		C	150		

**ANEX E :**

25	NB	19,31852		approximation:	19	C	150		
26						V	12		
27	Pour 25 ans:					Nc	1200		
28	Nombre dintervention:	7,604167							
29									
30	Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:				146,9012				
31									
32	Plomb								
33	NB	14,48889		approximation:	14	DOD	0,8		
34						C	900		
35	Pour 25 ans:					V	2		
36	Nombre dintervention:	18,25				Nc	500		
37									
38	Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:				264,4222				
39									
40	Lithium								
41	NB	12,87901		approximation:	13	DOD	0,9		
42						C	150		
43	Pour 25 ans:					V	12		
44	Nombre dintervention	1,520833				Nc	6000		
45	Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:				19,58683				
46									
47	Equipements		Nombre	Le cout	Totale				
48	Panneau		14	28000	392000				
49	Onduleur		1	45000	45000				



## ANEX H :

A32      fx      Plomb

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
	Equipements	Puissance	Nombre	Temps d'utilisation (h)	PxN (W)	Energie			
	Lampes	12	0	6	0	0			
	TV	400	0	6	0	0			
	Réfrigérateur	50	0	24	0	0			
	Divers	200	0	2	0	0			
	chambre froide	15000	1	24	15000	360000			
					15000	360000			
	Onduleur :						Naut	2	
	Pond (W)	19736,842					Ir	6	
	Panneau:						DOD	0,6	
	Pchamp pv	120000		Nbr de panneau	500		C	150	
				approximation:	500		V	12	
	Batterie :						Nc	2500	
	GEL								
	NB	666,66667		approximation:	667				
	Pour 25 ans:								
	Nombre dintervention:		3,65						
	Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:			2433,333333					
	AGM						DOD	0,6	
	NB	666,66667		approximation:	667		C	150	
							V	12	
	Pour 25 ans:						Nc	1200	
	Nombre dintervention:		7,6041667						
	Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:				5069,444				

## ANEX I :

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
28	Nombre dintervention:		7,6041667							
29										
30	Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:				5069,444					
31										
32	Plomb									
33	NB	500		approximation:	500		DOD	0,8		
34							C	900		
35	Pour 25 ans:						V	2		
36	Nombre dintervention:		18,25				Nc	500		
37										
38	Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:				9125					
39										
40	Lithium									
41	NB	444,44444		approximation:	444		DOD	0,9		
42							C	150		
43	Pour 25 ans:						V	12		
44	Nombre dintervention		1,5208333				Nc	6000		
45	Nbr des batteries utilisee pendant 25 ans:				675,9259					
46										
47	Equipements		Nombre	Le cout	Totale					
48	Panneau		500	28000	14000000					
49	Onduleur		1	45000	45000					
50	Regulateur		1	15000	15000					
51	Structure		500	5000	2500000					
52	Armoire et accessoires		1	50000	50000					
53					16610000					
54										
55	Installation avec batterie GEL								aires 25 ans:	

**ANEX J :**

A32		Plomb											
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
Installation avec batterie GEL					Installation avec batterie GEL					Installation avec batterie GEL			
					apres 25 ans:								
					Installation avec batterie GEL								
		Nombre	le cout	Totale							Nombre	le cout	Totale
Systeme PV sans batteries		1	16610000	16610000							1	1,7E+07	16610000
Batterie GEL		667	38000	25346000							2433,33	38000	92466666,7
				41956000									109076667
Installation avec batterie AGM					Installation avec batterie AGM					Installation avec batterie AGM			
		Nombre	Le cout	Totale							Nombre	le cout	Totale
Systeme PV sans batteries		1	16610000	16610000							1	1,7E+07	16610000
Batterie AGM		667	31000	20677000							5069,44	31000	157152778
				37287000									173762778
Installation avec batterie Plomb					Installation avec batterie Plomb					Installation avec batterie Plomb			
		Nombre	Le cout	Totale							Nombre	le cout	Totale
Systeme PV sans Batteries		1	16610000	16610000							1	1,7E+07	16610000
Batterie PbO		500	60000	30000000							9125	60000	547500000
				46610000									564110000
Installation avec batterie Lithium					Installation avec batterie Lithium					Installation avec batterie Lithium			
		Nombre	Le cout	Totale							Nombre	le cout	Totale
Systeme PV sans batteries		1	16610000	16610000							1	1,7E+07	16610000
Batterie Lithium		444	120000	53280000							675,926	120000	81111111,1
				69890000									97721111,1