

## INTRODUCTION

Les systèmes décrits dans ce chapitre concernant principalement les habitations et les locaux occupés de façon irrégulière, pour un usage professionnelle ou de loisirs.

Le principal souci des occupants de ces habitations ou locaux est alors de se procurer à moindres frais un système énergétique leur apportant un minimum de confort pendant les périodes d'occupation. Un investissement lourd ne se justifie pas, ni des frais importants.

Les habitations ou les locaux visés sont donc, principalement :

- Les résidences secondaires légers (cabanons, caravanes), et les résidences secondaires « en dur » généralement restaurées (bergeries...);
- Certains locaux à usage professionnel (bergerie, cabane d'alpage...);
- Certains locaux à vocation touristique (refuges de montagne, gîtes d'étape...);

Cependant, certains occupants de résidences permanents peuvent également être intéressés par des systèmes de ce type, principalement :

- Des habitats à faible revenus financiers, qui peuvent rarement « investir » dans un système énergétique onéreux. (c'est le cas, en particulier, des néo-ruraux, les nouveaux agriculteurs ou artisans en rupture de vie citadine);
- Des habitants très éloignés d'un réseau électrique, qui ne peuvent pas être aidés pour leur raccordement au réseau : ils désirent améliorer leur niveau de confort pour un investissement faible dans l'attente de modifications dans la politique d'électrification (création d'une nouvelle ligne à proximité qui modifie le cout du raccordement...);

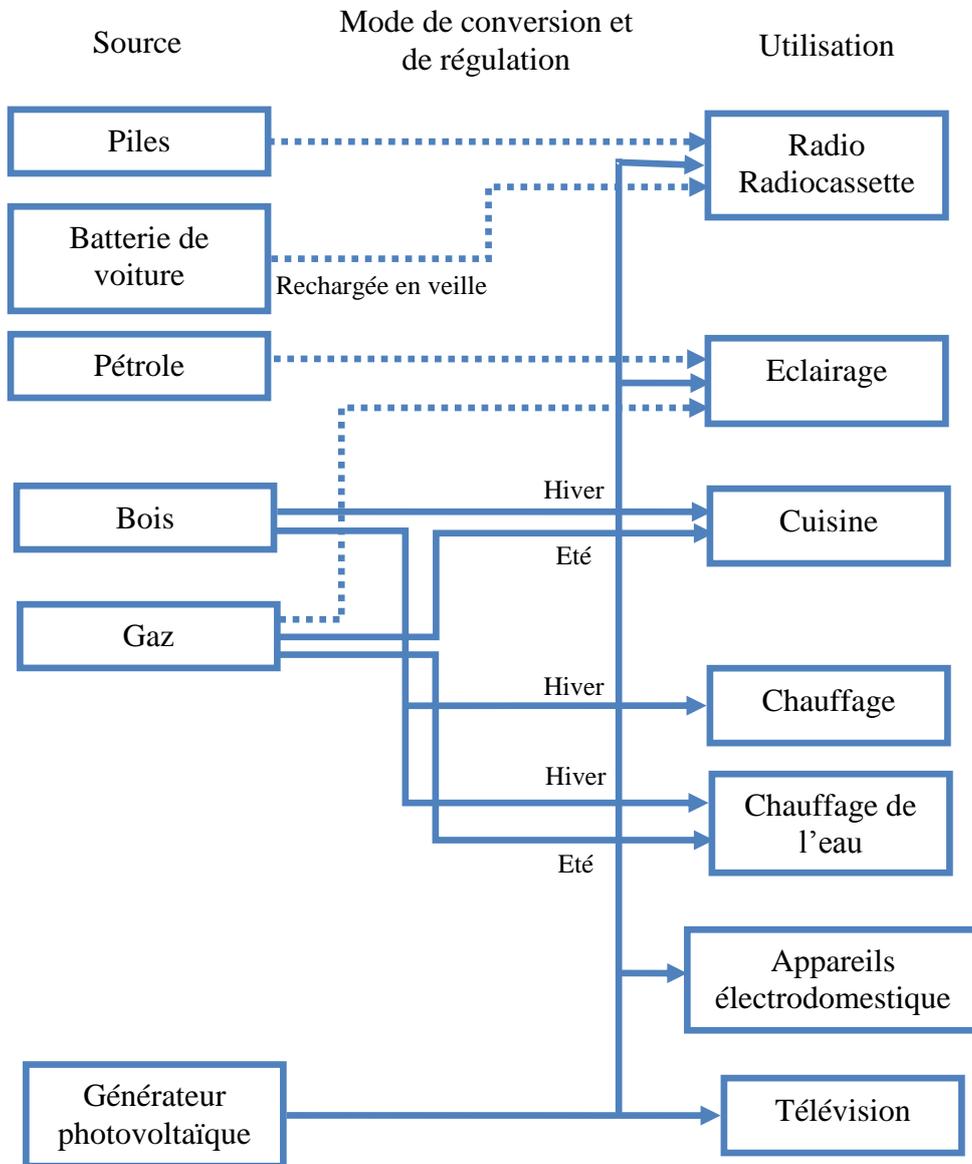
En somme, il s'agit de fournir à ces habitants un système électrique permettant de satisfaire les besoins essentiels pour un coût minimal.

Mais d'abord, quels sont les besoins considérés comme essentiels ?

## 2.1. Analyse des besoins en énergie et de leur satisfaction

### 2.1.1. La situation généralement rencontré

Cette situation est résumée dans la figure 2.1 qui décrit le système énergétique généralement utilisé dans les habitations concernés.



**Figure 2.1. Système énergétique d'une habitation peu fréquentée comprenant un équipement photovoltaïque [1]**

Les rectangles non reliés correspondent à des sources d'énergie non utilisées ou à des besoins non pris en compte. Les lignes en pointillés indiquent une utilisation assez rare de la source d'énergie considérée.

Il est frappant de constater que le choix de la source permettant de satisfaire tel ou tel besoin ne résulte jamais du choix unique d'une source d'énergie (faire du tout électrique par exemple). Les occupants étudient systématiquement le moyen le plus efficace et le plus rentable pour satisfaire chacun des besoins : par exemple, l'éclairage est effectué à partir du pétrole et du gaz, jamais à partir de des piles électriques (pour un même niveau d'éclairage, l'éclairage à piles est effectivement de 10 à 100 fois plus cher que l'éclairage au gaz).

### 2.1.2. Insertion d'un système photovoltaïque dans ce système énergétique

Le système énergétique est capable de :

- Satisfaire des besoins non pris en compte dans le schéma précédent : télévision et certains petits appareils domestiques (ventilateur, rasoir...) ;
- Remplacer certaines sources d'énergie. En priorité, il convient de limiter au maximum l'usage des piles (pour utilisation de secours exclusivement). Mais, la consommation du gaz et du pétrole peut également être notablement diminuée.

Le système énergétique est alors décrit par la figure 2.1.

## 2.2. Le système électrique préconisé

### 2.2.1. Principes

L'objectif principal du système est de satisfaire les besoins retenus au moindre coût. Le système devrait autant que possible respecter les deux conditions suivantes :

- Faire correspondre au mieux les besoins en énergie avec les apports solaires. Le système décrit répond donc particulièrement bien aux besoins :

- D'une résidence où les besoins sont sensiblement les mêmes tout au long de l'année, mais qui est en moyenne deux fois plus occupée l'été que l'hiver (résidence secondaire).
- D'une résidence permanente où les occupants modulent leurs besoins en fonction de la saison, en utilisant éventuellement des sources d'énergie d'appoint pendant les six ou les sept mois les moins ensoleillés.

- permettre une distribution simple de l'énergie électrique et l'utilisation d'appareils peu coûteux et présentant un bon rendement énergétique.

Cette condition conduit naturellement à choisir une distribution en courant continu. Celle-ci, vu la faible puissance crête du panneau photovoltaïque, doit s'effectuer au plus en 48 V, de préférence entre 12 V et 24 V. le choix dépend principalement des appareils existant et suppose donc une enquête préalable approfondie à ce sujet ; rappelons cependant :

- Qu'il est plus facile de trouver des appareils fonctionnant en 12 VCC qu'en 24 VCC ;
- Qu'une distribution en 24 VCC est préférable puisqu'à puissance égale le courant nécessaire pour alimenter un appareil fonctionnant en 24 VCC, et donc la section des câbles, seront deux fois moins importants.

### 2.2.2. Choix des appareils

- Eclairage : par luminaire à tube fluorescent à micro-convertisseur incorporé.
- Reproduction du son et de l'image : chaîne hi-fi type « voiture » ou chaîne compactes fonctionnant en BT CC ; téléviseur économe en énergie (45 à 80 W).

### 2.2.3. La batterie et le régulateur

La capacité de la batterie est de quelque KWh. Le choix se portera donc de préférence vers des accumulateurs au plomb-calcium. Leur capacité unitaires est limitée à 100 Ah environ. Une batterie de 3KWh par exemple pourra donc être réalisée à partir de trois accumulateurs 12 V-100Ah. [2]

Le régulateur sur lequel viennent se connecter la batterie, le panneau photovoltaïque et les appareils doit de préférence être acheté avec les modules photovoltaïques. Chaque fabricant propose une gamme de régulateurs dimensionnés selon la puissance crête du panneau.

Nous présentons dans la figure 2.2 les connexions et les commandes d'un des régulateurs disponibles sur le marché.

En face avant un bornier permet un câblage simple des circuits suivants :

- Batterie ;
- Panneau photovoltaïque ;
- Trois circuits de distribution ;

Des interrupteurs permettant l'alimentation de chacun des circuits de distribution.

Deux lampes de visualisation indiquent l'état de charge de la batterie (une lampe verte pour indiquer la charge complète de la batterie et une lampe rouge pour indiquer un trop faible niveau de charge) ;

Le disjoncteur permet d'isoler les trois circuits de distribution de la batterie. En fonctionnement normal, il s'ouvre automatiquement :

- Si la batterie est trop déchargée ;
- Si l'un des circuits de distribution est en court-circuit ;

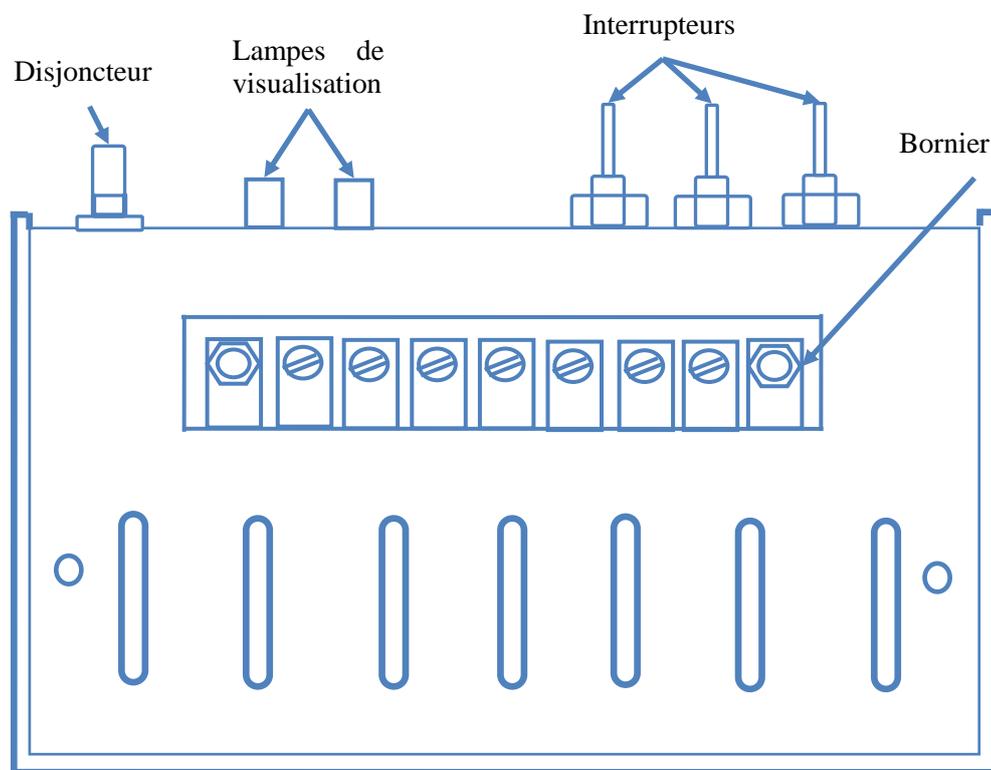


Figure 2.2. Un régulateur pour système de petite puissance [1]

### 2.3. Installation du système électrique

L'acheteur éventuel du système photovoltaïque, même s'il possède un bon niveau technique, est très rarement capable de poser clairement le problème qui cherche à résoudre, de dimensionner lui-même son système et de choisir les éléments du système qui lui conviennent.

C'est pourquoi le fabricant ou le distributeur demandent en général à l'acheteur potentiel de remplir un questionnaire sur le site. Mais le fabricant ou le distributeur à rarement le temps

de discuter de son problème propre avec l'acheteur potentiel. C'est pourquoi il est indispensable que l'acheteur ait une idée suffisamment précise des systèmes photovoltaïques et qu'il ait choisi lui-même les principales options de son système, afin de discuter efficacement avec l'entreprise qui va lui vendre le matériel.

### 2.3.1. Installation en kit

Même s'il a fait dimensionner son système par le fabricant ou le distributeur, (qui garantie normalement les éléments du système mais non le système lui-même et en particulier ces performances et par là sa faculté à satisfaire les besoins exprimés), l'acheteur peut, avec un niveau technique peu exigeant et un outillage simple, installer lui-même son système. Nous conseillons très vivement d'acquérir au minimum les modules et le régulateur au près du même fabricant. Les accumulateurs peuvent être achetés séparément.

En générale, pour les systèmes de petite puissance dont il est question dans ce chapitre, il est souvent plus avantageux d'acheter tout les éléments au près du même vendeur.

Certains distributeurs proposent même un véritable kit qui, outre les éléments précédents, comprend le support du module, les vices de fixation et le câble nécessaire pour le câblage panneau-régulateur et batterie-régulateur.

### 2.3.2. Installation par un professionnel

Une installation « clés en main » est évidemment possible. Dans ce cas, le fournisseur-installateur aura la responsabilité du fonctionnement du système. Il peut donc lui être demandé de définir lui-même puis d'installer tout le système, y compris les appareils à utiliser.

Le coût global de l'installation est donc à priori plus élevé que l'achat des seuls éléments du système. Mais, à l'inverse, l'installateur par ces conseils sur le choix des appareils et grâce à un dimensionnement précis de l'installation peut permettre de réaliser des précieuses économies grâce à une réduction de la puissance des éléments du système, tout particulièrement celle du panneau photovoltaïque.

## 2.4. Un cas pratique : étude d'un cabanon à Tlemcen

Prenons l'exemple d'un cabanon situé dans la frontière Algérie-Maroc (Marsat Ben M'hidi) à Tlemcen, dont les propriétaires n'y séjournent que pendant les vacances.

L'idée générale est de réaliser une installation modeste. D'une part pour ne pas engager d'investissements importants, et d'autre part, pour ne pas dénaturer le caractère rustique de la bâtisse.

## 2.4.1. Situation et besoins

### 2.4.1.1. Situation générale et occupation

Le cordon littoral de la wilaya de Tlemcen, qui s'étend sur une longueur de 70 km environ, présente de très beaux rivages de plages, dont la morphologie épouse le relief continental; les falaises abruptes bordent majestueusement les belles criques abritées par endroits. [3]

On découvre de larges baies jonchées de galets sur le rivage. La wilaya compte 25 plages à la beauté édénique totalisant une longueur de 16,4 km, dont 8 surveillées (autorisées à la baignade) couvrant une longueur totale de 13,14 km fréquentées par des millions d'estivants issus des différentes régions du pays et de l'étranger. [3]

Distante de 65 km de Maghnia et 130 km de Tlemcen, la station balnéaire de Marsat Ben M'hidi (ex-Port Say) se trouve à l'extrême-ouest de l'Algérie dans la daïra éponyme (5.000 habitants), constituant une zone frontalière avec le Maroc et jouxtant la plage de Saïdia. [3]

La face sud du cabanon en question jouit d'une bonne exposition au soleil. Il peut être occupé par une famille de 4 personnes.

Cette maison n'est habitée que ponctuellement, une semaine courant les vacances de l'hiver, et de 02 à 03 mois au cours des vacances de l'été.

- Charge du 15 novembre au 10 février (environ 87 jours)
- Décharge en 1 semaine (7 jours)
- Charge du 1er mai au 30 septembre (environ 123 jours)
- Décharge du 1er juin au 15 septembre (107 jours)

Il n'est pas utile de compter le nombre de jour exact pour chaque période. Avoir une durée de charge un peu plus petite que la réalité permet de s'adapter aux aléas du calendrier (d'une année sur l'autre les dates des vacances changent).

### 2.4.1.2. Consommation

L'installation photovoltaïque autonome permettra d'alimenter l'éclairage de la maison, la recharge des appareils portables (téléphone et ordinateur), un poste radio ainsi qu'un petit réfrigérateur. La documentation technique de ces appareils nous renseigne sur leur consommation:

Appareil	Consommation
Ampoule basse consommation	13 W
Téléphone portable	150 Wh par semaine
Ordinateur portable	300 W
Poste radio	50 W
Réfrigérateur	300 Wh par jour
Pompe à eau	6 A sous 12 VDC
Télévision	90 W

**Tableau 2.1. Estimation des consommations d'appareils disponible dans le cabanon**

A priori, l'installation pourra donc rester en 12VDC.

#### 2.4.1.2.1. Eclairage

On prévoit 8 points lumineux 13 W pour les différentes pièces de la maison. Mais comme les occupants sont 04, on considère qu'il ne peut pas y avoir plus de 4 lampes allumées en même temps. On peut cependant dire qu'elles sont utilisées en moyenne 6h chacune en hiver et 3h en été. La consommation globale en éclairage est alors calculée de la façon suivante :

##### **En Hiver**

4 ampoules x 13 W x 6 h = 312 Wh, soit : 26 Ah sous 12V.

##### **En été**

4 ampoules x 13 W x 3 h = 156 Wh, soit : 13 Ah sous 12V.

C'est une consommation moyenne qui pourra se répartir différemment sur telle ou telle lampe, peu importe, du moment que l'enveloppe en énergie est suffisante.

Les utilisateurs devront, néanmoins veiller à ne pas laisser la lumière allumée dans les pièces inoccupées.

#### **2.4.1.2.2. Fourniture en eau**

La source naturelle étant disponible, il suffit simplement d'utiliser une pompe pour mettre en pression l'eau courante. Pour un débit de 10l/min, la pompe consomme 6A sous 12 V. comme il y a 4 personne et que l'on compte 100 l pour chacun et par jour (pour le lavage, la cuisson...). Le besoin est de 400l/jour. Pour 40 min d'utilisation par jour, la pompe consomme:

$$6 \text{ A} \times 40/60 = 04 \text{ Ah toujours sous } 12\text{V}.$$

#### **2.4.1.2.3. Production de froid**

Un réfrigérateur en continu de 110 l, avec une bonne isolation thermique servira à conserver les aliments, mais uniquement lors des séjours. De plus, il est décidé de ne s'en servir que l'été, puisque l'hiver, il suffit de laisser les denrées dehors. Cette équipement a un compresseur 70 W et une consommation de 300 Wh/j soit 25 Ah/j (en été seulement).

#### **2.4.1.2.4. Télévision**

Pour éviter l'achat d'un téléviseur en continu, un modèle de commerce en 220VAC sera utilisé. Sa puissance est de 90 W et il est prévu de le brancher avec un petit onduleur spécifique à 90 % de rendement, qui sera allumé en même temps que la télé.

Pour un usage prévu de 4h/j, la consommation est:

$$90 \text{ W} \times 4 \text{ h} / 0.9 = 400 \text{ Wh, soit : } 33.33 \text{ Ah sous } 12\text{V}.$$

#### **2.4.1.2.5. Autres équipement électriques**

L'ordinateur est utilisé 4h par jour et le poste radio 6h. Les besoins en électricité par jour sont:

$$1 \text{ Ordinateur} \times 300 \text{ W} \times 4\text{h} = 1200\text{Wh, soit } 100\text{Ah}.$$

$$1 \text{ Poste radio} \times 50 \text{ W} \times 6 \text{ h} = 300 \text{ Wh, soit } 25\text{Ah}.$$

$$\text{Téléphone} = 150\text{Wh par semaine, ce qui est équivalent à } 21.5 \text{ Wh soit } 1.8 \text{ Ah sous } 12 \text{ V}.$$

### 2.4.1.2.6. Synthèse des consommations

Le tableau 2.2 récapitule les consommations, selon la saison :

Saison	Eclairage	Eau	Froid	Télévision	Ordinateur	Poste-radio	Téléphone portable	Total (Ah/j) sous 12 V	Total (Wh/j)
Eté	13 Ah/j	04 Ah/j	25 Ah/j	33.33 Ah/j	100 Ah/j	25 Ah/j	1.8 Ah/j	202.13 Ah/j	2425.5
Hiver	26 Ah/j	04 Ah/j	0	33.33 Ah/j	100 Ah/j	25 Ah/j	1.8 Ah/j	190.13 Ah/j	2281.15

**Tableau 2.2. Les consommations électriques du cabanon**

Le calcul effectué, nous a permis d'avoir 2425.5 Wh de consommation par jour en été, et 2281Wh/j en hiver. Une puissance crête assez élevée et qui peut être ne correspond pas à une installation de 12 V. (Nous vérifions cela par la suite).

Nous voulons ainsi savoir la consommation par semaine, nous effectuons donc le calcul suivant pour l'hiver et l'été :

**En été :**

**TOTAL** = 202.13Ah x 7 j  $\approx$  1415 Ah par semaine.

**En hiver :**

**TOTAL** = 190.13 Ah x 7j  $\approx$  1331Ah par semaine.

Nous nous intéressons surtout à la consommation d'hiver. On conclut que pendant une semaine de camping à la plage en hiver, on consomme seulement 1331 Ah.

## 2.4.2. Choix d'équipements

Nous sommes dans le cadre d'une application domestique, soumise à des variations possibles, les utilisateurs devront donc être vigilants quant à l'usage de leur énergie.

On s'adresse à un installateur local habitué à ce type d'installation. Son expérience nous permet de donner des conseils efficaces et d'évaluer assez rapidement les solutions techniques.

Les composants photovoltaïques qui sont à la pointe de ce type d'installations sont relativement « standards ». Ils sont disponibles à un bon rapport qualité/prix. Il s'agit notamment de :

- Modules photovoltaïques

Sharp propose une gamme de type de modules photovoltaïques dont on a choisi celui qui possède 100 Wc de puissance : c'est le module de type : NA-F100 (P5). [4]

Caractéristiques mécaniques		Valeurs limites		
Cellule	Cellule tandem composée de silicium amorphe ( $\alpha$ -Si) et de silicium microcristallin ( $\mu$ c-Si)	Humidité (relative) de stockage	jusqu'à 90	%
Type de connexion	2 sous-modules montés en parallèle	Température de fonctionnement (cellules)	- 40 à +90	°C
Dimensions	1 165 × 970 × 46 mm (1,13 m <sup>2</sup> )	Température de stockage	- 40 à +90	°C
Poids	18 kg	Tension maximale du système	1 000	V CC
Type de sortie	Câble avec connecteur	Résistance mécanique maximale	2 400	N/m <sup>2</sup>
Diodes bypass	1	Courant inverse	4	A

Caractéristiques électriques							
		Valeurs initiales			Valeurs nominales		
		NA-F100 (P5)	NA-F095 (P5)	NA-F090 (P5)	NA-F100 (P5)	NA-F095 (P5)	NA-F090 (P5)
Puissance maximale	$P_{max}$	117,6 W <sub>C</sub>	111,8 W <sub>C</sub>	105,9 W <sub>C</sub>	100 W <sub>C</sub>	95 W <sub>C</sub>	90 W <sub>C</sub>
Tension à vide	$V_{OC}$	65,9	64,9	63,9	64,9	63,9	62,6 V
Courant de court-circuit	$I_{SC}$	2,50	2,42	2,39	2,42	2,35	2,29 A
Tension au point de puissance maximale	$V_{mpp}$	52,6	51,9	50,4	47,8	47,5	47,2 V
Courant au point de puissance maximale	$I_{mpp}$	2,24	2,16	2,1	2,10	2,0	1,91 A
Rendement du module	$\eta_m$				8,8	8,4	8,0 %
NOCT					44	44	44 °C
Coefficient de température – tension à vide	$\alpha V_{OC}$	- 0,30	- 0,30	- 0,30	- 0,30	- 0,30	- 0,30 % / °C
Coefficient de température – courant de court-circuit	$\alpha I_{SC}$	+0,070	+0,070	+0,070	+0,070	+0,070	+0,070 % / °C

**Tableau 2.3. Caractéristiques techniques des différents types des modules Sharp [4]**

Les caractéristiques électriques mesurées selon les conditions de test standardisées (STC) : rayonnement de 1 000 W/m., masse atmosphérique de 1,5, température des cellules de 25 °C. Les caractéristiques de puissance sont données avec une tolérance de fabrication de  $\pm 5$  %. Conditions NOCT : rayonnement de 800 W/m., température ambiante de 20 °C, vitesse du vent de 1 m/sec. [4]



**Figure 2.3. Module solaire Sharp «NA-F100 (P5)» [4]**

- Batterie solaires

La Batterie sélectionnée est de type GEL solaire VICTRON 200-220Ah, destinée au stockage de l'énergie solaire et éolienne. [5]



**Figure 2.4. Batterie GEL solaire  
« VICTRON » 200-220 Ah [5]**

La batterie possède les caractéristiques suivantes :

- Technologie : plaques planes GEL
- Tension nominale : 12V
- Capacité : 200 Ah en C10 et 220 Ah en C20
- Bomes : Cuivre, M8
- Tension de fin décharge: 10,8 V pour une batterie 12 V
- Dimensions en mm (L x l x H) : 522 x 238 x 240
- Poids : 66 Kg
- Très longue durée de vie (10 à 15 ans dans de bonnes conditions)
- Sans entretien pendant toute la durée de vie
- Batterie 100% étanche, idéale pour être transportée
- Garantie 24 mois
- Fabricant Hollandais [5]

### 2.4.3. Dimensionnement du module photovoltaïque

La deuxième étape du dimensionnement d'une installation photovoltaïque autonome est le dimensionnement de son parc de modules photovoltaïques.

Nous connaissons maintenant la quantité d'électricité nécessaire, et le temps dont nous disposons pour la produire. L'étape suivante consiste à calculer la quantité de modules photovoltaïques que l'on devra posséder pour couvrir ces besoins. Il faut pour cela connaître l'ensoleillement de la région où se trouve l'installation, et adapter ces données à sa situation.

### 2.4.3.1. Ensoleillement

L'ensoleillement varie selon la région et l'époque de l'année. Vous devez localiser votre installation sur les cartes suivantes afin de savoir quelle quantité d'électricité vos modules peuvent produire. Une fois localisée, il suffit de relever le coefficient d'ensoleillement correspondant. Si votre installation est susceptible de servir autant en hiver qu'en été, vous devez utiliser la carte du mois de Décembre, car c'est la période de l'année à laquelle vous aurez le moins de soleil et d'électricité.

De nombreux auteurs se sont intéressés à l'étude théorique et expérimentale du rayonnement solaire. Nous pouvons citer ; C. Zidani *et al.* [6] qui ont présenté une simulation de la position apparente du soleil à chaque instant de la journée et de l'année. Ce travail est enrichi par un calcul d'estimation des énergies instantanées, journalières et annuelles sur un capteur d'orientation quelconque placé sur le site de Tlemcen.

Pour un ciel moyen, au site de Tlemcen et pour un capteur incliné de  $34.56^\circ$  (latitude du lieu considéré), l'énergie journalière estimée selon le travail ci-dessus, pour les solstices d'été (S.E) et d'hiver (S.H), ainsi que pour les deux équinoxes de printemps (E.P) et d'automne (E.A) [6] :

	$E_{js}$ (Wh/m <sup>2</sup> )	$E_{jd}$ (Wh/m <sup>2</sup> )	$E_{jg}$ (Wh/m <sup>2</sup> )
S.H	4188.6	723.09	4911.7
E.A – E.P	6138.4	1090.6	7229.0
S.E	6159.7	1309.6	7469.3

**Tableau 2.3. Estimation de l'énergie journalière directe  $E_{js}$ , diffuse  $E_{jd}$  et globale  $E_{jg}$  [6]**

### 2.4.3.2. Calcul de la puissance crête requise par l'installation

Les modules vont produire de l'électricité qui sera stockée dans les batteries pendant toute la durée de la charge. Mais ils vont également en produire durant la décharge.

Vous venez de calculer la quantité d'énergie que les modules doivent produire chaque jour. Pour connaître la puissance crête à installer, il ne reste plus qu'à diviser ce nouveau résultat par le coefficient d'ensoleillement.

**En été :**

$$P_c = E_{\text{électrique}} \times 1000 / E_{\text{solaire}} = 2425.5 \times 1000 / 7469.3 = 324.72 \text{ Wc.}$$

**En hiver :**

$$P_c = E_{\text{électrique}} \times 1000 / E_{\text{solaire}} = 2281.5 \times 1000 / 4911.7 = 464.50 \text{ Wc.}$$

La puissance crête à installer n'est plus la même dans les deux saisons, puisqu'il s'agit des consommations différentes et d'intensités de rayonnement solaire reçue sur notre capteur différente aussi. (C'est évident que l'ensoleillement d'hivers doit être inférieur à celui d'été).

**2.4.3.3. Calcul du nombre de panneau**

Dans les deux cas (utilisation continue et périodique), les calculs peuvent être affinés en tenant compte de l'inclinaison et de l'orientation des modules, ainsi que des pertes engendrées par la chaleur et le matériel.

**En été :**

$$N_p = P_c (\text{générateur}) / P_c (\text{panneau}) \times C_p = 324.72 \text{ Wc} / 100 \times 0.9 = 4 \text{ panneaux}$$

**En hiver :**

$$N_p = P_c (\text{générateur}) / P_c (\text{panneau}) \times C_p = 464.50 \text{ Wc} / 100 \times 0.9 = 5 \text{ panneaux}$$

La différence de charge entre les deux saisons nous a conduits à l'obtention (par calcul) 04 panneaux solaires en été. Tandis qu'en hiver, on a besoin de 05 panneaux solaire pour satisfaire la charge demandée.

**2.4.4. Dimensionnement de la batterie**

Pour dimensionner les batteries de stockage, il ne reste plus qu'à se poser trois questions : quelle est la quantité d'énergie à stocker, quelle doit être l'autonomie de mon installation, et quelle est la profondeur de décharge maximum que je veux imposer à mes batteries ?

**2.4.3.1. Energie stockée**

On peut se dispenser de calculs en choisissant directement :

$$\text{Energie stockée} = \text{énergie consommée} = \text{énergie produite} ;$$

La quantité d'électricité dans une batterie (la capacité) s'exprime en Ampère-heure (Ah). Vous devez donc convertir vos Wh en Ah, sachant que  $1\text{Ah} = 1\text{Wh} / \text{la tension du système}$  (12, 24 ou 48V).

#### 2.4.3.2. Autonomie

L'autonomie d'une installation est le nombre de jours pendant lesquels les batteries initialement chargées peuvent assurer les besoins en électricité sans que les modules ne fonctionnent. Autrement dit, les batteries emmagasinent de l'énergie lorsque les modules sont éclairés. Lorsqu'ils ne produisent plus (nuit, panne, mauvais temps ...), les batteries peuvent continuer de restituer cette électricité pendant quelques jours. Il faut donc se demander combien de temps on souhaite avoir de l'électricité en cas de problèmes. En général, on peut partir sur une base de quatre jours d'autonomie. Bien entendu, cela dépend fortement de l'usage que l'on a de son installation et des conditions météorologiques. Cependant, même lorsque le soleil est caché, les modules continuent de produire de l'électricité grâce au peu de lumière qu'ils reçoivent. Avec quatre jours d'autonomie en réserve, on peut donc affronter deux semaines de mauvais temps.

Mais comme nous ne rencontrons pas ce problème d'autonomie solaire dans notre ville, et surtout parce qu'on est entrain de dimensionner un cabanon généralement occupé en été, un jour d'autonomie suffit largement.

#### 2.4.3.3. Profondeur de décharge

Pour déterminer la profondeur de décharge que l'on veut imposer à sa batterie, il faut arbitrer entre deux facteurs :

Tout d'abord, plus on permet aux batteries de se décharger profondément, plus on réduit le nombre de batteries nécessaires. En effet, une batterie que l'on décharge à 100% fournit autant d'énergie que deux batteries identiques que l'on décharge à 50%. On économise donc sur le coût initial de l'installation.

Cependant, la durée de vie d'une batterie est directement proportionnelle à sa profondeur de décharge. Ainsi, une batterie que l'on décharge à 100% vivra deux fois moins longtemps qu'une batterie que l'on décharge à 50%.

Le juste milieu que l'on choisit généralement d'appliquer se situe donc entre 60 et 80% de décharge, ce qui permet de réduire le nombre de batteries tout en leur assurant une bonne espérance de vie.

#### 2.4.3.4. Calcul de la capacité de stockage

Puisque la valeur de la puissance crête à installer est comprise entre 500 W<sub>c</sub> et 2 KW<sub>c</sub> (voir tableau 1.1 chapitre1), on compte pour une tension du système de 24 V.

**En été :**

$$C = E_{\text{électrique}} \times N_{\text{ja}}/24 \times P_d = 2425.5 \times 1/24 \times 0.8 = 126.33 \text{ Ah/j}$$

**En hiver :**

$$C = E_{\text{électrique}} \times N_{\text{ja}}/24 \times P_d = 2281.15 \times 1/24 \times 0.8 = 118.80 \text{ Ah/j}$$

La capacité de stockage est proportionnelle à la consommation électrique, plus la consommation augmente, plus la capacité de stockage augmente. La profondeur de décharge, ainsi que la tension de recommandation du système sont des coefficients constants.

#### 2.4.3.5. Calcul du nombre de la batterie

**En été :**

$$N_b = C(\text{champ de stockage})/C(\text{capacité d'une batterie}) = 126.33/220 \approx 1 \text{ batterie}$$

**En hiver :**

$$N_b = C(\text{champ de stockage})/C(\text{capacité d'une batterie}) = 118.80/220 \approx 1 \text{ batterie}$$

Notre cabanon n'a besoin qu'une seule batterie pour stocker l'énergie électrique fournie par les panneaux solaire. Nous disposons même d'un excédent d'énergie, autrement dit une batterie suffit largement pour notre consommation dans les deux saisons.

#### 2.4.5. Mise en place du système

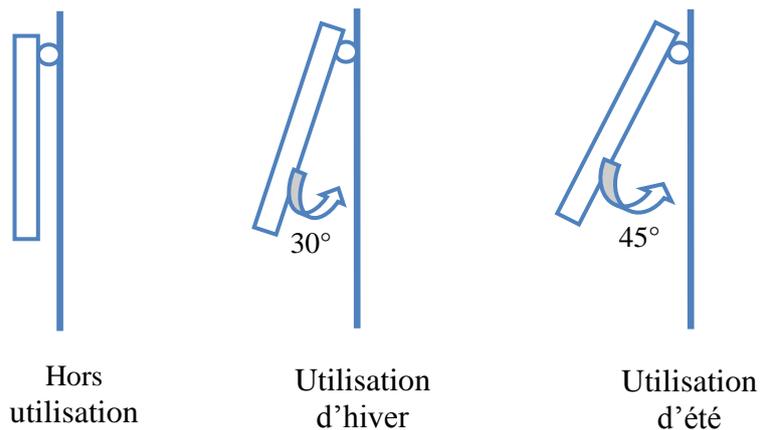
Pour l'installation proprement dite, il faudra quelques composants complémentaires, quelle que soit l'option choisie :

- Un châssis mural inclinable pour les modules ;
- Un bac pour la batterie ;

- Une boîte de raccordement pour monter les modules en parallèle, avec des diodes anti-retour, des câbles, des interrupteurs, des parasurtenseurs et quelques fusibles et coupe-circuits. [7]

### 2.4.6. Implantation physique

Le châssis inclinable pour les panneaux est une solution intéressante qui permet de s'adapter à la saison et récupérer plus de rayonnement solaire. En hiver cela donnera les valeurs calculées puisque l'on a déjà optimisé le flux (inclinaison de  $34.56^\circ$  par rapport à l'horizontal) ; par contre en été, on peut gagner de l'énergie à condition de ne pas se trouver juste sous un toit, attention aux ombres portées. Il ne faut pas le mettre trop bas non plus : il est recommandé de le placer le plus haut possible pour rendre le vol difficile.



**Figure 2.3. Châssis support de modules dans différentes positions [7]**

Autre avantage de ce châssis : quand le cabanon est inoccupé, on peut plier le support vers le mur afin de protéger les modules de la pluie, ils n'en dureront que plus de longtemps.

La batterie sera située idéalement dans une cave ou carrément au milieu du cabanon, c'est-à-dire c'est possible dans un emplacement où l'amplitude en température est la plus faible.

Le régulateur sera fixé sur un mur à hauteur des yeux pour les contrôles. Il doit être situé au plus près de la batterie pour que la mesure de tension soit faible.

L'onduleur ne servant qu'à la télévision, il sera de petite taille et pourra être placé près de celle-ci (rappelons qu'on l'allume juste avant le téléviseur).

### 2.4.7. Câblage électrique

Le schéma électrique global de l'installation est donné à la figure 2.4.

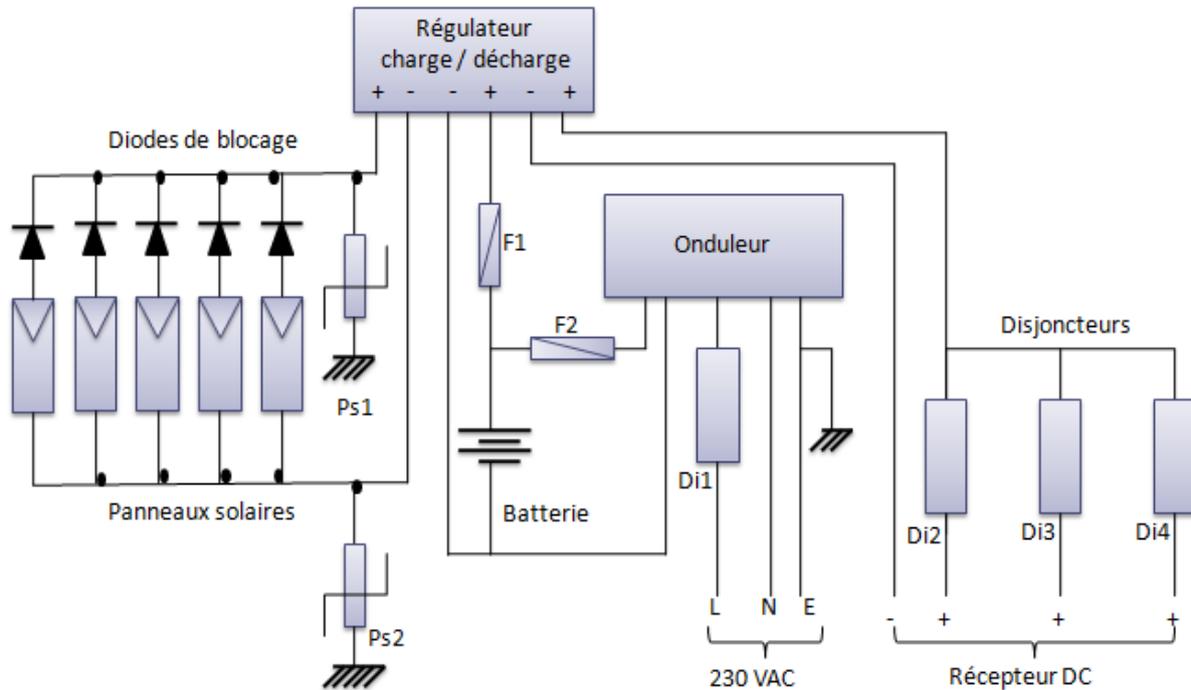


Figure 2.4. Câblage électrique du cabanon

- Panneau solaire

Les trois panneaux ont leur pôle négatif commun ; une diode de blocage (si possible Schottky 30 V/5 A) est montée dans la boîte de raccordement dans laquelle on les met en parallèle.

Les deux éléments de parasurtension Ps1 et Ps2 doivent être connectés à une liaison équipotentielle avec un seul point à la terre. Un troisième élément de parasurtension peut être monté entre les bornes négatives et positives des panneaux. Ici la partie distribution DC n'est pas reliée à la terre mais reste flottante.

- Régulateur

Le régulateur contrôle la charge par les panneaux et en décharge coupe les récepteurs DC si la batterie descend en basse tension. C'est un régulateur série, c'est pourquoi on ajoute des diodes de blocage avec chaque panneau.

Il faut contrôler que la diode de blocage n'est pas déjà intégrée au régulateur dans les spécifications du fabricant, auquel cas on ne doit pas en ajouter de supplémentaire.

- Batterie

La batterie, entourée d'isolant du genre bonisol est montée dans un bac plastique (PVC avec couvercle). Le bonisol sert de cale de batterie dans le bac et d'isolant thermique. Le couvercle de bac protège les bornes et empêche leur accès. Les bacs sont reperçés en atelier avec de gros trous à gauche et à droite sur les côtés pour faciliter le câblage ; ces trous laissent également s'échapper les gaz éventuels.

Le fusible F1 protège la liaison aux panneaux et aux récepteurs DC contre les courts-circuits accidentels ; on choisira environ 1.5 fois le courant maximal possible (celui calculé pour la sortie du régulateur).

Le fusible F2 protège la liaison à l'onduleur si celui-ci n'est pas déjà intégré à l'appareil.

- Onduleur

Celui-ci est équipé de son propre régulateur l'arrêtant lorsque la tension baisse trop. C'est pourquoi il est câblé directement à la batterie et ne passe pas par la sortie délestage du régulateur.

Le disjoncteur Di1 permet de découpler la sortie ; il peut être remplacé par un interrupteur ou omis si l'onduleur a son propre interrupteur et sa propre protection. Dans le cas où le 220 VAC est utilisé pour alimenter également les lampes, on montera plusieurs disjoncteurs en parallèle si on désire découpler les étages ou certaines parties de l'habitation.

Le reste du câblage en AC doit respecter les normes locales de distribution de l'électricité.

## CONCLUSION

Le dimensionnement de l'installation photovoltaïque est la recherche de l'équilibre entre la satisfaction de la demande énergétique exprimée et la puissance à installer tant de point de vue des modules que les batteries.

A partir des asservissements présentés par les fournisseurs des composants photovoltaïques, nous avons sélectionné les composants adaptés à notre dimensionnement. D'autres configurations d'installations seraient possibles avec d'autres modules, batteries, régulateurs et onduleurs.

## REFERENCES BIBLIODRAPHIQUES

[1] : FOGELMAN & Régis MONTLOIN, « Installations Photovoltaïques dans l'habitat isolé » livre édité par : EDISUD, 1983.

[2] :[http://www.areborenergie.fr/encyclopedie/index.php/Cat%C3%A9gorie:Installation\\_photovolta%C3%AFque\\_autonome](http://www.areborenergie.fr/encyclopedie/index.php/Cat%C3%A9gorie:Installation_photovolta%C3%AFque_autonome)

[3]: [www.algerie-monde.com](http://www.algerie-monde.com)

[4]: [www.SolarAccess.fr](http://www.SolarAccess.fr)

[5]:[www.eco-sapiens.com](http://www.eco-sapiens.com)

[6] : Simulation de la Position Apparente du soleil et Estimation des Energies solaires Incidentes sur un Capteur plan pour la ville de Tlemcen en Algérie, Rev. Energ.Ren.Vol.6(2003) 6976 par C.Zidani, F. Benyarou et B. Benyoucef.

[7] : Anne LABOURET et Michel VILLOZ, « Energie Solaire Photovoltaïque », livre édité par : DUNOD), 2006.