



UFR SCIENCE ETV TECHNOLOGIES

Département de Physique

MEMOIRE DE FIN DE STAGE EN ENERGIE RENOUEVELABLE ET  
EFFICACITE ENERGETIQUE

**Maintenance Curative et Etude d'Efficacité**  
**Energétique des charges d'un chantier**  
**photovoltaïque chez un particulier**

Présenté par :

**FALLOU SY**

Maitre de stage :

**Dr Mamadou Seck Gueye**

Directeur de mémoire :

**Prof. Diouma Kobor**

Soutenu le **04/ 02 / 2020** devant le jury composé de :

Nom Prénom	Grade	Qualité	Etablissement
<b>LAT GRAND NDIAYE</b>	Maître de conference	President du jury	UASZ
<b>Moustapha THIAME</b>	Maître assistant	Rapporteur	UASZ
<b>Modou TINE</b>	Assistant	Examineur	UASZ
<b>Mamadou Seck Gueye</b>	Ingénieur	Maitre de stage	ENERGECO
<b>Diouma Kobor</b>	Professeur Titulaire	Directeur de memoire	UASZ

Année académique 2018-2019

FALLOU SY

i

## **DEDICACES**

Je rends grâce à Dieu le Tout Puissant de m'avoir donné la force d'effectuer ce travail.

Je dédie ce travail à :

Ma mère Awa Diakhaté qui n'a ménagé aucun effort pour la réussite de mes études et de me donner la force de pouvoir atteindre mon objectif

Mme Aminata Fall Sy pour son soutien, ses conseils et son attachement

Mon Frère mon tuteur Massamba Sy

Pour votre soutien à la réussite de mes études.

Je vous en suis reconnaissante, je ne cesserais de faire de mon mieux de me battre pour vous témoigner de l'utilité de tous vos efforts,

Je dédie également ce travail à :

Tous mes amis, Tous mes professeurs de l'école primaire à l'université

Toutes les personnes qui me sont chères, Je vous dédie ce travail. Recevez-le comme témoignage de ma sincère reconnaissance et de ma profonde affection.

## **Remerciement**

Je tiens à remercier M. Libasse Niang directeur de l'entreprise ENERGECO AFRIQUE et tous les membres de la société. Plus particulièrement, je tiens à remercier M. Mamadou Seck Gueye mon encadreur qui a accepté de m'accueillir et de me guider tout au long de mon stage. Ma reconnaissance va aux différents membres de la société qui m'ont conseillés et aidés sur des problèmes techniques et scientifiques. Je remercie Prof. Diouma Kobor mon superviseur scientifique, qui m'a beaucoup aidé sur la finalisation de ce document.

Je remercie aussi l'ensemble des membres du jury :

M. LAT GRAND NIAYE Maître de conférence Président du jury

M. MOUSTAPHA THIAME Maître-assistant le Rapporteur

M. MODOU TINE Assistant l'Examineur

M. MAMADOU SECK GUEYE Ingénieur Maître de stage

M. DIOUMA KOBOR Professeur Titulaire Directeur de mémoire

Sans oublier :

M. ABDOUL KHADRE DIALLO DOCTEUR en Physique

M. DIENG de l'UFR Science et Technologie

Ma sœur Mame Diarra Sy étudiante en département Informatique pour son aide a finalisé mon travail et son engagement

Mme Binta Diallo BA étudiante en département Chimie

## Glossaire

**Photovoltaïque** : Est le terme relatif à la transformation de la lumière en électricité. Dans la suite du texte l'abréviation « PV » est utilisée pour « photovoltaïque ».

**Cellule PV** : Dispositif PV fondamental pouvant générer de l'électricité lorsqu'il est soumis à un rayonnement solaire.

**Module PV** : Le plus petit ensemble de cellules solaires interconnectées complètement protégées de l'environnement.

**Chaîne PV** : Circuit dans lequel les modules PV sont connectés en série afin de former des ensembles de façon à générer la tension de sortie spécifiée. Dans le langage courant, les chaînes sont plus communément appelées « string ».

**Groupe PV** : Ensemble de chaînes constituant l'unité de production d'énergie électrique en courant continu.

**Boîte de jonction** : Boîte dans laquelle tous les groupes PV sont reliés électriquement et où peuvent être placés d'éventuels dispositifs de protection.

**Onduleur** : Dispositif transformant la tension et le courant continus en tension et en courant alternatifs.

**Partie courant continu** : C'est la partie d'une installation PV située entre les modules PV et les bornes de courant continu de l'onduleur.

**Partie courant alternatif** : C'est la partie de l'installation PV située en aval des bornes de courant alternatif de l'onduleur.

**Irradiance** : Puissance instantanée du rayonnement solaire en  $W.m^{-2}$

**Irradiation** : C'est l'énergie du rayonnement solaire. Elle correspond à la quantité d'énergie reçue pendant une durée définie exprimée en  $kWh.m^{-2}$ .

**GT** : Groupes de Travail

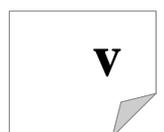
## Résumé

Le domaine du photovoltaïque est en pleine évolution. Dans ce cadre, les installateurs doivent effectuer une veille normative afin que les chantiers soient conformes aux prescriptions de la norme. Pour cela, différentes études sont menées afin d'allier la performance des systèmes et le respect du guide photovoltaïque.

Ainsi, dans le cadre de mon stage, mon travail a consisté à concevoir des chantiers photovoltaïques. Ce travail a demandé une étude préalable des normes existantes ainsi que des produits présents sur le marché du photovoltaïque. Soumis à des réglementations importantes, les installations doivent ensuite attester de leur conformité lors d'un contrôle par le Centre de Teste de Système Solaire (CT2S), situé à liberté 6 Extension du côté de l'ambassade de France, Villa N°28 Dakar SENEGAL. Une anticipation des règles de sécurité futures peut également s'avérer avantageuse (à la fois sur le plan technique et économique). C'est pourquoi, il est primordial pour les bureaux d'étude de prévoir les éventuelles évolutions normatives.

Le monitoring (surveillance) des installations est également un aspect clé en vue d'une surveillance en continue des centrales PV. La détection d'un problème, le contrôle des rendements et la comparaison journalière de la production d'une installation permettent une bonne gestion des centrales mises en place avec le monitoring. J'ai dû ainsi mettre en place les éléments nécessaires au suivi.

**Mots-clés** : photovoltaïque, conception, dimensionnement, protection, normes, monitoring



# Sommaire

DEDICACES .....	ii
Remerciement.....	iii
Glossaire.....	iv
Résumé .....	v
Sommaire .....	vi
Introduction Général .....	8
Chapitre I : Présentation de l'entreprise .....	9
I.1 Organigramme.....	9
I.2 Politique de qualité de l'entreprise .....	10
I.3 Domaines d'activités .....	11
I.4 Vision de l'entreprise .....	11
I.5 Energie renouvelable et maîtrise de l'énergie .....	11
I.6 Consommateurs urbains et Consommateurs ruraux.....	11
I.7 Clients.....	12
Conclusion.....	12
Chapitre II : PREPARATION DES CHANTIERS .....	13
II.1 Organisation de l'équipe .....	13
II.2 Les objectifs de la préparation.....	13
II.2.1 Plannings détaillés .....	13
II.2.2 Interfaces- travaux.....	13
II.2.3 Charte d'opération .....	14
II.2.4 Les points clés de la charte d'opération.....	14
II.3 Raccordement sur le Power Pack .....	16
II.3.1 Démontage et remontage des batteries .....	16
II.3.2 Mise en service .....	16
Conclusion.....	16
Chapitre III : Déroulement du stage .....	17

III.1	Diagnostic du système.....	17
III.1.1	Outillage requis.....	17
III.2	Devis des matériels.....	17
III.3	Planning du chantier.....	18
III.4	Les composants du système .....	19
III.5	Maintenance curative d'un Système solaire photovoltaïque.....	19
III.6	Les différentes étapes du chantier .....	23
III.7	Apport efficacité énergétique .....	26
III.7.1	Consigne de contrôle du fonctionnement du Power Pack.....	28
III.7.2	Contrôle de l'état de charge des batteries.....	28
III.7.3	Maintenance et périodicité .....	28
III.7.4	Consigne de maintenance .....	28
III.7.5	Régulation et câblage .....	29
III.7.6	Batteries.....	29
III.8	Défauts de fonctionnement.....	29
	Conclusion.....	30
	Conclusion Général .....	31

## **Introduction Général**

Parmi les solutions de productions décentralisées d'électricité, l'option solaire a atteint actuellement un état de maturité qui justifie pleinement son utilisation pour répondre au besoin en électricité surtout dans des systèmes isolés selon des configurations techniquement et économiquement viables. Cette option déjà mise en œuvre dans plusieurs pays Africains surtout ceux du Nord et en préparation pour d'autre forme, est une alternative complémentaire en électricité conventionnelle.

Le système solaire a usage individuelle ou communautaire par exemple des écoles, des industriels etc., ou tout simplement productif pour le cas des pompes solaires peuvent apporter aujourd'hui une réponse adoptée et souvent peu couteuse à tout un ensemble de besoin prioritaire dans tout milieu. Par contre la diffusion durable de ces équipements à grande échelle pose cependant des problèmes qui ne peuvent être ignorés surtout dans le domaine d'installation, d'entretien et de maintenance.

Ces problèmes ont été, à l'origine, fortement sous-estimés, ce qui a occasionné d'importantes difficultés techniques et psychiques vis-à-vis des usagés.

C'est dans ce sillage, qu'on fait appel à nous, pour corriger un dysfonctionnement d'un système photovoltaïque chez un particulier par le biais des enseignements et d'accompagnements d'une société basée à Dakar nommé ENERGECO\_AFRIQUE.

L'activité principale de cette entreprise repose sur l'électricité conventionnelle et le photovoltaïque.

De l'étude à l'installation en passant par les démarches administratives, ENERGECO propose une solution pour la production d'énergie électrique et un suivi. Mon travail est directement lié à une maintenance curative et au suivi d'une installation photovoltaïque.

Autrement dit de faire l'étude et l'élaboration des cahiers de charges « électricité » type en vue de la conception de chantiers photovoltaïques. Ce qui pose différents problèmes techniques. Il faut aussi vérifier le schéma de l'installation à savoir le raccordement des panneaux jusqu'à la charge. Et on compare par la suite la puissance et l'énergie journalière des charges par rapport à ceux débutés par les panneaux, de vérifier le serrage des vices. Le rapport de stage sera scindé en trois grands chapitres

- Chapitre 1 : Présentation de La société ENERGECO AFRIQUE
- Chapitre 2 : Etude et la réalisation du dysfonctionnement du système
- Chapitre 3 : Maintenances curatives du système

## Chapitre I : Présentation de l'entreprise

Créée en 1982, la principale mission d'Energéco AFRIQUE est de fournir à ses clients commerciaux et industriels des services de construction et de rénovation ainsi que des solutions techniques intégrées en matière d'installations électriques et de courant faible. Dotée d'une solide expérience, Energéco AFRIQUE vise à être reconnue comme une PME innovante qui propose des solutions flexibles à une clientèle hautement fidélisée par des relations professionnelles soignées et la satisfaction de ses besoins. De par la croissance de ses activités, Energéco AFRIQUE veut faire partie d'un groupe d'entreprises multidisciplinaires composé d'entités complémentaires qui proposeront des solutions globales et qui seront actives dans les domaines de l'énergie, de la construction, des services de télécommunication. L'entreprise est présentée par sa politique de qualité, sa vision et ses domaines d'activités.



Figure 1 : Photo de la société ENENRGECO AFRIQUE

### I.1 Organigramme

Comme toute entreprise Energéco AFRIQUE présente un personnel qualifié et bien organisé suivant l'organigramme la figure 2.

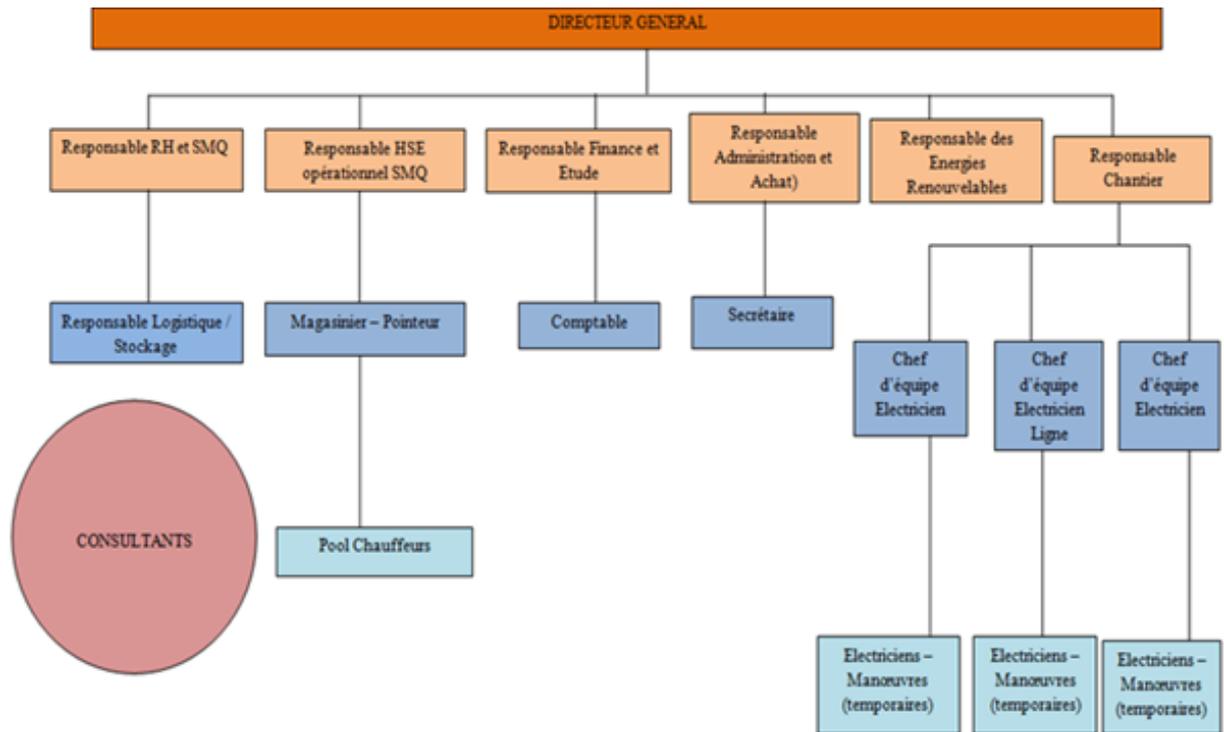


Figure 2 : Organigramme de la société ENERGECO AFRIQUE

## I.2 Politique de qualité de l'entreprise

La raison d'être d'ENERGECO AFRIQUE est de continuellement assurer et améliorer la satisfaction de ses clients commerciaux et industriels des services d'électrification publique et rurale. C'est dans ce cadre qu'ENERGECO AFRIQUE a mis en place un Système de Management de la Qualité (SMQ) conformément à la Norme Internationale ISO 9001 version 2008. Ainsi la Direction Générale et l'ensemble des collaborateurs d'ENERGECO AFRIQUE s'engagent à satisfaire totalement et durablement ses clients par :

- La qualité du service,
- La réalisation d'ouvrages conforme aux exigences et à des prix compétitifs,
- Le respect des délais convenus,
- Le respect des exigences légales, réglementaires et contractuelles.

Pour atteindre ses objectifs la Direction s'engage à :

Améliorer la logistique de travail,

Responsabiliser et Impliquer ses collaborateurs internes,

Consolider la relation Gagnant/Gagnant avec ses Sous-traitants,

Renforcer et développer les compétences de ses Ressources Humaines par la formation,

Améliorer en permanence l'ensemble des processus.

Energeco AFRIQUE mettra en place donc toutes les actions nécessaires pour satisfaire ses clients.

### **I.3 Domaines d'activités**

Toutes les activités de l'entreprise sont centralisées dans les secteurs qui suivent :

- Electricité et électrification rurales,
- Construction et aménagement urbain,
- Hydraulique,
- Energie renouvelable et maîtrise de l'énergie,
- Transformation et Conservation des produits agricoles et halieutiques.

### **I.4 Vision de l'entreprise**

Energeco AFRIQUE désire de devenir un groupe d'entreprises autonomes œuvrant dans les secteurs suivants :

- Electricité et électrification rurale,
- Services énergétiques,
- Eau et assainissement,
- Construction BTP,
- Transformation et conservation des produits agroalimentaires, carnés et halieutiques.

Chaque entreprise devra établir une mission et une vision permettant une croissance rentable. Ainsi l'entreprise veut intéresser ses activités à d'autres partenaires, et maximiser sur les opportunités d'alliances stratégiques.

En résumé, la vision du Groupe consistera à devenir à moyen terme un noyau d'entreprises reconnues pour son expertise et sa connaissance du milieu, devenant ainsi un rouage incontournable des secteurs ci-dessus.

### **I.5 Energie renouvelable et maîtrise de l'énergie**

Son objectif est de rendre la facture d'énergie plus supportable par la promotion et l'utilisation des énergies renouvelables en fournissant les équipements, fonctionnant avec l'énergie solaire et/ou hybride, avec l'énergie éolienne.

### **I.6 Consommateurs urbains et Consommateurs ruraux**

En milieu rural comme urbain, Energeco propose des kits solaires pour : les mosquées ou les églises et les foyers. Elle propose également des lampadaires solaires pour l'éclairage public et d'autres réalisations de l'entreprise dans ce secteur.

## **I.7 Clients**

Energeco, dans le cadre de ses activités, a des clients aussi divers par leur domaine d'activités que variés par leur statut. Ainsi, elle travaille avec les entreprises nationales, internationales de même que les organismes non gouvernementaux et les états.

### **Conclusion**

Bien vrai qu'étant une PME l'entreprise dispose d'une bonne organisation du personnel et de la politique de qualité. Mais aussi elle est polyvalente du moment où elle s'active dans différents domaines : l'électrification, les énergies renouvelables, et des équipements de transformation de produits agricoles. Elle a jugé nécessaire de mieux valoriser l'exploitation des énergies renouvelables plus particulièrement l'énergie solaire et celle éolienne.

# Chapitre II : PREPARATION DES CHANTIERS

## II.1 Organisation de l'équipe

L'organisation qui découle du concept de l'entreprise consiste à mettre en œuvre, à l'initiative du maître d'ouvrage, une forte coordination des diverses fonctions (du montage financier à la livraison de l'ouvrage). Chaque fonction étant de la compétence d'un ou de plusieurs acteurs différents, un souci particulier sera porté, sous la responsabilité d'un groupe de pilotage à la qualité de la communication entre les acteurs et à la validation des résultats de chaque phase du processus de construction.

Un travail par petits groupes techniques est proposé par souci d'efficacité. Cependant, au sein de chaque groupe technique, la part sera faite entre ce qui peut être traité par chacun ou l'un sur le terrain de la maintenance et le groupe qui reste sur tout ce qui est matériel, déplacement, procédure administrative etc. Ces deux groupes techniciens (GT), nommés GT1, GT2 GT1, seront constitués de la façon suivante :

Groupe de travail 1 : Sur structures du système et de refaire le câblage des panneaux ainsi que les batteries si une fois on désire changer le branchement qui a été fait si nécessaire.

Groupe de travail 2 : Faire le devis de tous les matériels à changer ainsi que l'outillage nécessaire. De gérer les fournisseurs qui seront à la portée de nous satisfaire en matériel à tous instant du chantier.

## II.2 Les objectifs de la préparation

- Visualiser le schéma de l'installation et le cahier de charge,
- Identifier les documents administratifs à remplir,
- Relire les pièces écrites,
- Vérifier les plans et les prestations,
- Valider le détail des dossiers marchés sur la base d'une mise à jour des dossiers de consultation des entreprises.

### II.2.1 Plannings détaillés

Établir, sur la base du délai contractuel et du planning du maître d'œuvre, un planning de travaux duquel découle le planning d'études et de présentations des échantillons.

### II.2.2 Interfaces- travaux

- Passer en revue les interfaces -travaux à partir des listes types,
- Planifier le travail,

- Étudier et résoudre le dysfonctionnement du système,
- Reporter les solutions sur des fiches ou sur les plans,
- Établir et valider une liste des points de contrôle du système.

### **II.2.3 Charte d’opération**

Il est nécessaire de discuter des principes de l’entreprise et de choisir des points clés pour améliorer le processus de maintenance au cours de la réalisation : la qualité du produit, la qualité des relations, l’efficacité des entreprises et de l’ingénierie. La charte définit en particulier des modalités de contrôle et d’autocontrôle, ainsi que le mode de traitement des anomalies.

### **II.2.4 Les points clés de la charte d’opération**

#### **II.2.4.1 Visite et réunion de chantier**

La visite reste nécessaire avant ou après la réunion, de prévoir un ordre du jour, un planning de la réunion de chantier et l’afficher sur un tableau papier. Il ne faut pas convoquer tout le monde systématiquement. Il faut prévoir une réunion par quinzaine pendant les deux mois du chantier, puis une réunion par semaine. Il faut aussi demander la présence des ingénieurs chaque quinzaine au début des travaux et engager les responsables directs des travaux (chefs de chantier et chefs d’équipe) à participer aux réunions. Les chefs d’équipe doivent pratiquer des interviews informelles des exécutants et d’établir un compte rendu agréable et facile à lire.

#### **II.2.4.2 Suivi et respect du planning**

L’équipe doit prévoir une méthode précise de suivi global du planning à la semaine ou à la quinzaine voire une fiche de suivi détaillée dans des locaux témoins.

#### **II.2.4.3 Autocontrôle et réception de supports**

On utilise des fiches relatives à l’autocontrôle, aux contrôles et aux réceptions afin d’encourager les responsables du chantier à assurer leur autocontrôle (en particulier les corps d’état de finitions). Ils profitent des visites du chantier pour contrôler la qualité des travaux dans les locaux témoins et discuter concrètement de la meilleure façon d’y parvenir.

#### **II.2.4.4 Nettoyage et évacuation des déchets**

On prévoit l’emplacement des bennes à déchets et à la réparation des frais afférents. Chaque équipe assure son nettoyage courant et balaye. Chaque entreprise doit disposer (autant que possible) d’espace de travail relativement vaste pour assurer son installation et son nettoyage.

#### **II.2.4.5 Conditions de sous-traitance**

Il faudra aussi limiter la sous-traitance de main d’œuvre ou de travaux. Engager des entreprises titulaires de travaux à maîtriser la sous-traitance en contrôlant son planning et sa qualité.

#### **II.2.4.6 Paiement des entreprises**

L'entreprise établit un organigramme de circulation nécessaire au paiement. Il indique le délai de paiement discuté et approuvé entre les maîtres des ouvrages et des entreprises. Il précise aussi les délais et les conditions de retenue et garantie.

#### **II.2.4.7 Consigne de sécurité**

Avant toute intervention sur les panneaux solaires :

- Il faut couper le disjoncteur <PV>,
- Couvrir les panneaux avec une bâche, une couverture, un drap,
- Utiliser des outils isolés,
- Ne jamais intervenir sur le système lorsqu'il est en charge,
- Les batteries au GEL produisent très peu d'émanations de gaz et ne nécessitent pas de mise à niveau de l'électrolyte (acide).

Cependant certaines précautions restent à prendre :

- 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 sont les outils non isolés, les bijoux sur mes mains ou au tour du coup, un liquide conducteur ou encore un mauvais branchement. En cas de doute, consulter la documentation ou contacter nous :

Si système s'arrête suite à une décharge trop importante des batteries, ne pas continuer à consommer sur celle-ci, le risque est de les endommager irrémédiablement,

Le Power Pack (Bloc d'alimentation) est prévu pour être placé en intérieur ou au sec,

De plus le sol devra être relativement plat et suffisamment robuste pour supporter le poids du Power Pack avec ces batteries.

Il convient de retirer les batteries pour déplacer manuellement le Power Pack afin d'éviter les risques de blessure physique et pour ne pas endommager la structure. Toute chantier photovoltaïque, il y'a des mesures de risque à éviter autrement dit de prendre des précautions pour éviter toute accident de travail.

La terre doit être connectée à la structure et ramenée à l'emplacement du Power Pack prévue à cet effet pour que l'ensemble des liaisons équipotentielle soit interconnectées.

Les connecteurs sont prêts-montés sur câbles car ils nécessitent une pince spécifique pour le serrage. Il ne faut donc en aucun cas les démonter ou les couper. de plus le câble fournis ne doit pas être raccourcis en utilisant autre que les connecteurs adaptés

### **II.3 Raccordement sur le Power Pack**

Le Power Pack est équipé à de deux connecteurs solaires identiques à ceux des panneaux solaires. Les (+) sont identifiable par leur fiches plastique male de couleur rouge ou noir alors les (-) ont des fiches plastique femelle.

Il n'est donc pas possible d'inverser les polarités. Malgré ça, il est conseillé de toujours vérifier la polarité et la présence de tension à l'aide d'un testeur (multimètre) avant chaque branchement. La borne pour le branchement de la terre se trouve en face arrière, plusieurs cosses avec des câbles vert/jaune sont déjà présent dessus.

#### **II.3.1 Démontage et remontage des batteries**

Vous pouvez avoir besoin de démonter les batteries pour alléger le Power Pack avant un déplacement ou tout simplement pour les remplacer. Attention ! Avant tout intervention sur les batteries, basculer le sectionneur sur OFF. Pour se faire il vous suffit de démonter la face avant maintenue avec sept vices à l'aide d'un gros tour vice plat pour accéder au parc batteries. Avant de le débrancher avec une clé de 13 veuillez mémoriser le câblage d'origine. Si toute fois vous savez plus comment faire, vous trouverez le schéma de câblage ci-dessous.

#### **II.3.2 Mise en service**

Une fois ces étapes terminées, vous pouvez mettre en service votre PowerPack.

Pour ça, vous n'avez qu'à basculer le sectionneur sur « ON » et relever les disjoncteurs en commençant toujours par celui de la batterie. Le Power Pack est opérationnel.

### **Conclusion**

La préparation de chantier de champ photovoltaïque nécessite toute une organisation pour un bon déroulement du chantier et sa réussite. En plus elle permet de pouvoir atteindre notre objectif autrement dit de corriger correctement le dysfonctionnement du système. Ceci est réalisable grâce un plan de travail, un planning bien détaillé et des mesures de sécurités.

## **Chapitre III : Déroulement du stage**

### **III.1 Diagnostique du système**

Ce système photovoltaïque a été installé depuis plusieurs années, et fonctionnait normalement. Aujourd'hui le constat est que beaucoup de problèmes de dysfonctionnements sont enregistrés. Pour remédier à cela, certaines questions ont été posées à savoir :

Quelles sont les composants du système ?

Quelle est la cause de ces problèmes ?

Quelles sont les solutions à apporter ?

Suite à l'organisation de l'équipe, pour assurer le bon fonctionnement du chantier, il y a certains détails à ne pas négliger autrement dit avant tout déplacement certains outils sont à vérifier dans notre caisse à outils, le devis des matériels à changer ainsi que le planning du chantier.

#### **III.1.1 Outillage requis**

Avant de partir, il faudra vérifier la caisse à outils si tous sont présent dans la caisse :

- Deux clés de 13 isolées
- Un tournevis plat (gros)
- Un tournevis pointu
- Clé de 10
- Pince universelle
- Pince à dénuder
- Pince à sertir
- Parseur
- Testeur
- Pince ampérométrique
- Suivit d'un équipement complet

### **III.2 Devis des matériels**

Un devis personnalisé des matériels à changer est ensuite proposé au client en adéquation avec les résultats de l'étude. Cette étude est entièrement réalisée par l'équipe commerciale de l'entreprise.

Tableau 1 : Devis des matériels à changer lors de la maintenance du chantier (feuille Excel)

materiel	nombre	pu (Fr)	pt (Fr)
cable neutre 25mm par metre	3	2500	7500
cable phase 25mm par metre	3	2500	7500
cable neutre16mm par metre	25	600	15000
cable phase16mm par metre	25	600	15000
Modulaire AC 32A	1	3000	3000
Modulaire DC 125A	1	10000	10000
Modulaire AC 50A	1	8000	8000
onduleur	1	800000	800000
regulateur	1	150000	150000
cosse	10	300	3000
paquet d'atache	2	3000	6000
scoche noir	8	500	4000
boite de cheville	2	1500	3000
batterie	8	215000	1720000
goulotte par metre	5	2500	12500
bornier	2	1000	2000
domino	2	1000	2000
TOTAL			2768500

### III.3 Planning du chantier

Pour ce chantier, le planning à respecter du début à la fin des travaux a été illustre sous plusieurs étapes dans le tableau suivant :

Tableau 2 : tableau de planning lors de notre chantier (feuille Excel)

erentes et	SEMAINE1							SEMAINE2							SEMAINE3							SEMAINE4											
	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7	J1	J2	J3	J4	J5	J6	J7					
etap1	■																																
etap2				■	■																												
etap3				■																													
etap4																																	
etap5																																	
etap6																																	
etap7																																	

### III.4 Les composants du système

A présent, la procédure d'installation et de raccordement réalisée chez les particuliers pour des installations standard est de plus de 20 kWc à étudier. Les étapes de dimensionnement et les explications techniques, qui relèvent directement du bureau d'étude, seront décrites dans ce qui suit. Les modules sont installés sous forme de parking de quatre (4) véhicules, orientés au plein sud avec inclinaison de 15° pour un bon rendement. Le raccordement électrique des panneaux vers l'onduleur, ensuite les batteries de stockage et enfin le réseau sénélec comme source de secours. Un autre a été réalisé dont le but est d'augmenter la tension du système pour protéger l'onduleur nouvellement dépanné autrement dit de passer de 64V à 145V pour respecter la plage de tension indiquée sur l'onduleur WKS. De maintenir le raccordement qu'on avait au départ avec l'arriver PV qui était de 64 V pour le nouvel onduleur accompagné d'un régulateur. Les différentes étapes sont explicitées dans la figure ci-dessous.

### III.5 Maintenance curative d'un Système solaire photovoltaïque

Cette partie détaille les activités de la société dans le cas standard des installations chez les particuliers. Ce type de chantier représente environ 20 % de l'activité de l'entreprise, le reste étant consacré aux chantiers de plus grande envergure. Toutefois, notons que dans le cas de cette étude, la maintenance curative revient à apporter une solution au non fonctionnement du système, à laquelle s'ajoute une comparaison suite à une étude des puissances et de l'énergie journalière des charges par rapport au système. Pour qu'on puisse savoir là où se trouve cette défiance et de faire une étude plus poussée réalisée par moi-même. Le système est composé de 40 panneau dont 32 poly et 8 mono (figure4), 16 batterie AGM de marque vitron (figure5) et d'un onduleur hybride à régulateur intégré (figure6). L'onduleur hybride de marque WKS multifonctionnel, combine les fonctions de l'onduleur, de chargeur solaire MPPT et de chargeur de batterie pour offrir un soutien d'alimentation sans coupure avec la taille de portable. Son écran LCD complet permet grâce aux boutons de configurer facilement ses paramètres tels que le courant de charge, la propriété de source chargeur, la tension d'entrée acceptable. Le rendement d'un onduleur s'exprime par la formule suivante :

$$\eta = \frac{P_{AC}}{P_{DC}} = \frac{U_{eff,AC} \times I_{eff,AC} \times \cos \varphi}{U_{DC} \times I_{DC}}$$

$P_{AC}$  : Puissance de sortie

$P_{DC}$  : Puissance d'entrée

$I_{eff,AC}$  : Tension /courant efficace alternative

$\cos \varphi$  : facteur de puissance

$U_{DC} / I_{DC}$  : Tension /courant délivré (e) par le groupe PV

Le rendement varie avec la tension d'entrée côté DC et de la puissance de sortie côté AC. La figure ci-dessous permet d'illustrer ces variations en fonction de la tension d'entrée délivrée par les panneaux. Le schéma d'installation est explicité dans la figure7.

Tableau 3 : Ensemble des panneau du système



Tableau 4 : Ensemble des batteries du système



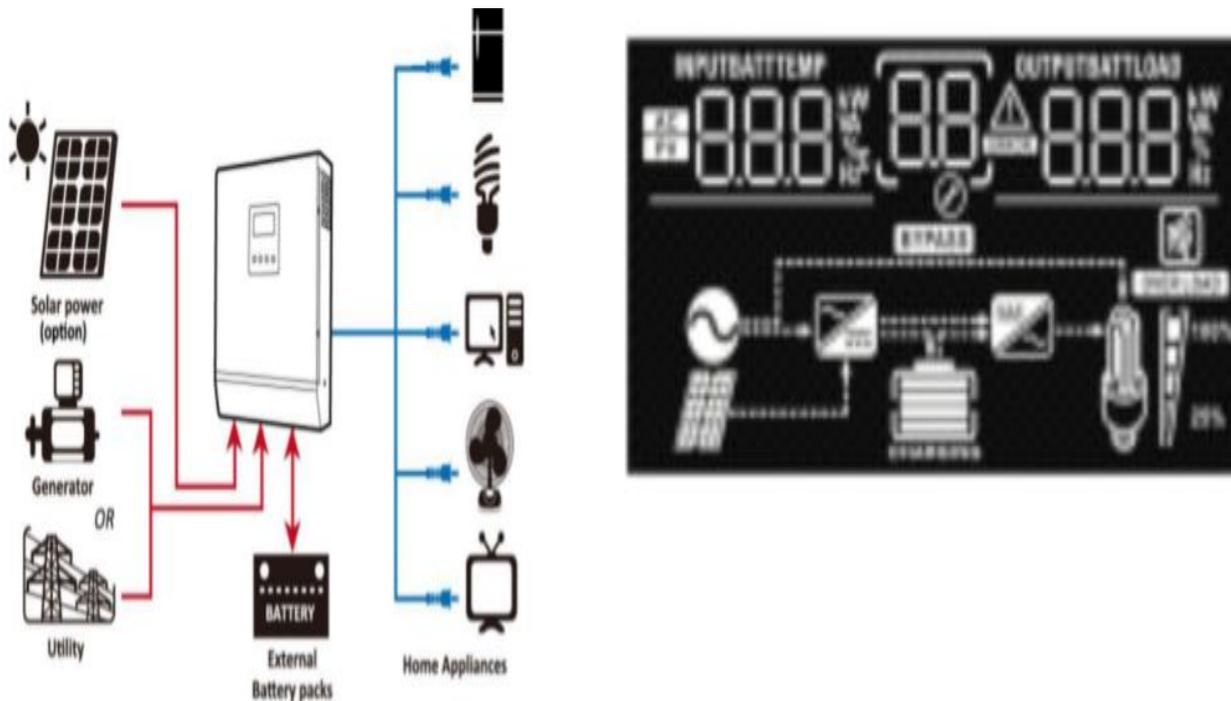


Figure 4 : Onduleur hybride WKS à régulateur intégré

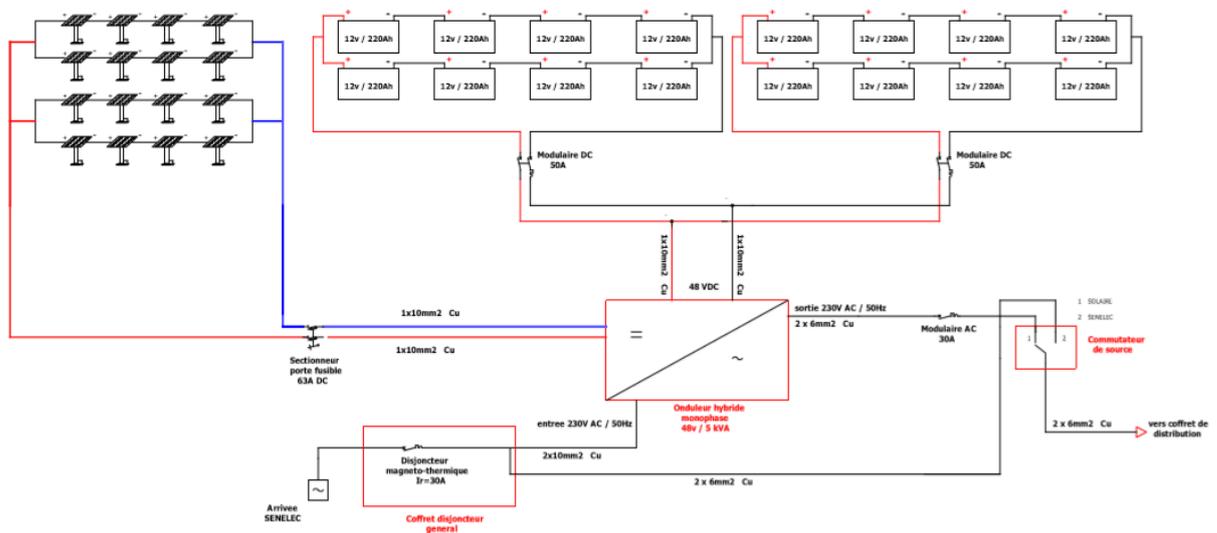


Figure 5 : Schéma de l'installation du système photovoltaïque

Les différentes étapes de l'étude sont possibles grâce à la formule suivant :

$$P_C = \frac{E_j}{K \times E_i} \quad (1) \quad ; \quad N_{PV} = \frac{P_C}{P_{PV}} \quad (2)$$

$$(2) \rightarrow P_C = N_{PV} \times P_{PV} \quad (3)$$

$$(1) \text{ et } (3) \rightarrow P_C = \frac{E_J}{K \times E_i} = N_{PV} \times P_{PV}$$

$$E_J = (N_{PV} \times P_{PV})(K \times E_i)$$

$E_J$ : Énergie journalière du système (w /h)

$N_{PV}$ : Nombre de panneau du système

$P_{PV}$ : Puissance d'un panneau

$E_i$ : Énergie d'ionisation  $E_i = 5.55kw$

$K$ : Coefficient de simultanéeité  $k=0.6$

On s'est basé sur la formule précédant pour illustrer la puissance crête, le bilan de puissance des panneaux et de la charge et enfin de calculer l'énergie journalière des charges et celle des panneaux, de faire la comparaison des résultats des panneaux par rapport au charge. Ces résultats sont mis dans les tableaux ci-dessous :

Tableau 5 : Tableau de puissance et d'Énergie journalière du premier système (feuille Excel)

Panneau	nombre	Puissance PV	Puissance crete	Énergie journalière
Canadian1	16	235	3760	12520,8

Tableau 6 : Tableau de puissance et d'Énergie journalière du second système (feuille Excel)

Panneau	nombre	Puissance PV	Puissance cre	Énergie journalière
Canadian2	4	235	940	3130,2
Bosch	8	230	1840	6127,2
TOTAL	12	465	2780	9257,4

Figure 7 : Tableau de puissance et d'Énergie journalière de l'ensemble du système (feuille Excel)

Panneau	nombre	Puissance PV	Puissance crete	Énergie journalière
Canadian1	16	235	3760	12520,8
Canadian2	4	235	940	3130,2
Bosch	8	230	1840	6127,2
TOTAL	28	700	6540	21778,2

Et on pourra y rajouter l'énergie journalier des charges pour pouvoir le comparer avec ceux que débute les panneaux dans le tableau suivant et d'illustré la consommation journalière des charges dans un courbe de bilan de puissance :

Tableau 8 : Tableau de puissance et d'Energie journalière de l'ensemble des charges du bâtiment (feuille Excel)

local	Puissance total des charge(W)	Energie Journalière
Batiment1	6600	16821
Batiment2	4977,6	44566,8
Batiment	11577,6	61387,8

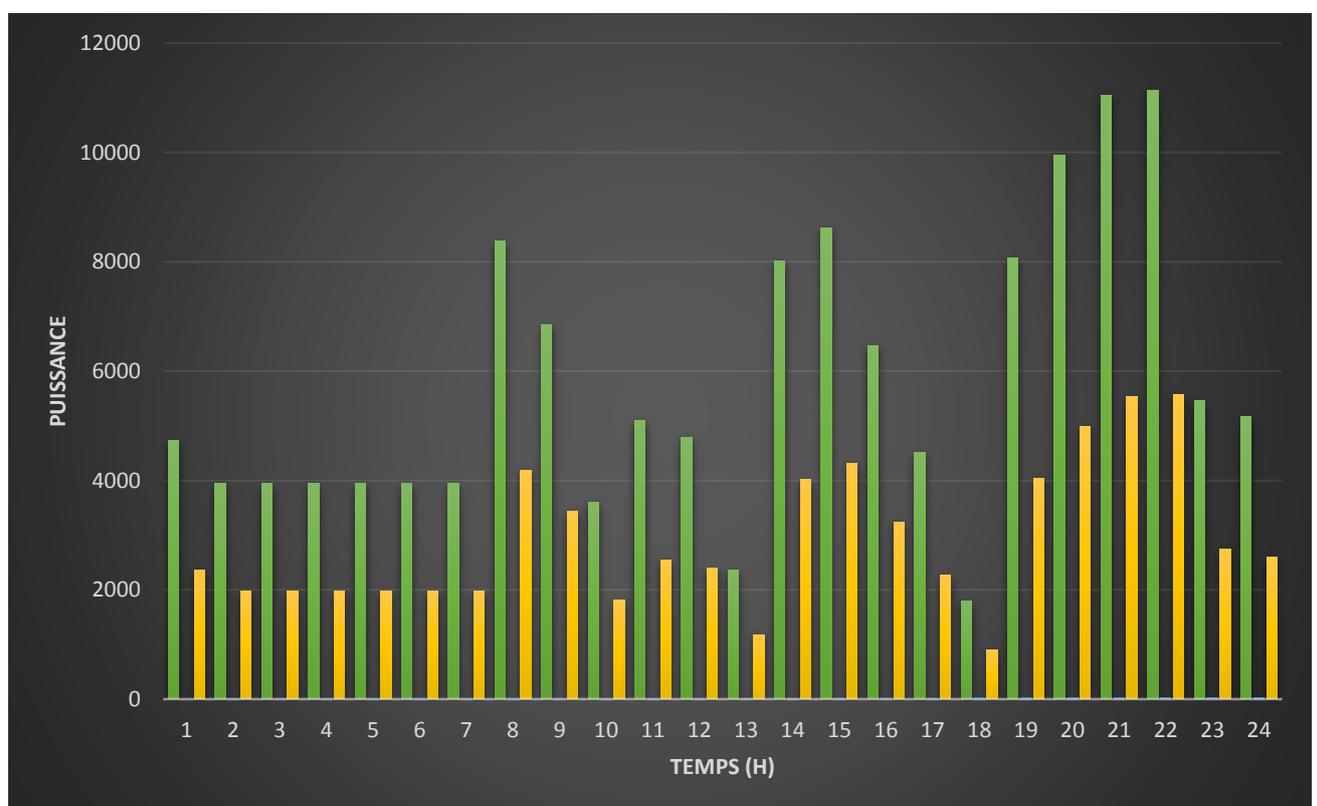


Figure 6 : Bilan de puissance de la consommation du particulier (feuille Excel)

### III.6 Les différentes étapes du chantier

Le but est d'intervenir à un problème survenu lors d'une installation photovoltaïque chez ce particulier, de le corriger et trouver une solution à cela. Cependant plusieurs jours d'études ont été fait pour afin achever la mission qui nous est due.

#### Etape 1 :

Appelé à intervenir suite à un non fonctionnement d'un système photovoltaïque. Après plusieurs questionnaires, passons à l'étude proprement dit. IL faut sans doute savoir que chez le particulier on y a trouvé une installation de 40 panneaux solaires dont 32 panneaux poly

cristallins et 8 panneaux monocristallins, 16 batteries vitrons et une source de secours du réseau sénélec. Tout cela est raccordé à un onduleur de marque WKS de 5KVA\_48V. Avec les 16 panneaux raccordés, l'onduleur n'a pas pu supporter le branchement qui lui est infligé. Est-ce que ce qui est dû à la non fonctionnement du système pour un premier constat. Car d'après le client le premier onduleur de 3,5 KVA qui était là, avait subi un sur chauffe, pareille pour le second 5KVA. Le fournisseur de l'onduleur hybride a conclu que ce là est dû tout simplement à la non protection des arrivées PV, du réseau sénélec et batteries qui était à l'origine. D'après lui si on respectait la procédure le branchement comme indiqué sur le catalogue de l'onduleur ne participera pas à la défiance de système. On termine la journée avec les informations nécessaires pour le suivit.

### **Etape 2 :**

C'est la vérification des différents branchements effectués au paravent, et aussi de tester la tension des batteries voire les panneaux sans oublier le coffret du réseau pour voir les différents départs liés à chaque différentiel des charges. Il y a aussi le branchement de l'inverseur à vérifier. Pour commencer il faudra s'intéresser à la protection de l'onduleur car puisse que ce dernier vient d'être réparer, trouver des modulaire DC pour le courant d'arriver des panneaux et un modulaire AC pour le réseau. Les batteries par contre ont été déjà protégées. L'objectif de ce jour est de chercher des disjoncteurs AC comme DC, de vérifier l'installation du système et de diminuer une ligne des batteries pour ne pas dépasser le calibrage de l'ampérage de l'onduleur. Le choix revient à tester ligne par ligne un à un. Le constat revient à dire qu'à la première ligne la tension des batteries presque égalent et tourne au tour de 11,8-12,6V alors pour l'autre ligne sa tour entre 11,6-10,9V raccordé avec une autre batterie qui sa tension tourne au environ 8 V. Ce qui pose problème pour le système aussi bien sur le cycle de vie des batteries raccordé sur la même ligne que sur le bon fonctionnement du système. Ces lignes de batterie étaient protégées avec un disjoncteur calibre de 50 A.

### **Etape3 :**

Le client a acheté un autre onduleur de 6KVA-48V pour renforcer le système. Une fois sur place on a testé la tension de toute les panneaux mais il s'avère que les 16 panneaux du système ont une tension de 24 V sauf une qui est de 12 V. Le montage est de 4 en séries ,4 en parallèles et on se retrouve avec un système de 96 V pour les PV et 48 pour les batteries. Donc l'objectif de cette journée est de changer le système proprement dit en suivant le choix de l'installation c'est à dire un système de 48 V. Tout teste des PV révèle que sur 32 poly appart une qui est de 12 V tous les autres sont de 24 V. Avec 8 de marque Bosch à P=230Wc et 23 Canadian Solar P=235Wc et une qui on n'a pas d'information.

#### Etape 4 :

Le changement du système pour les panneaux est inévitable. On passe à un nouveau raccordement du système pour passer à un système de tension égale à 96 V a un nouveau système de tension égale à 48 V. Pour ceux ? Il faudra raccorder deux à deux et le choix va vers 16 Canadian Solar de P=235Wc. Le raccordement est fait de 2 séries de 8 lignes illustré sur le schéma ci-dessous :

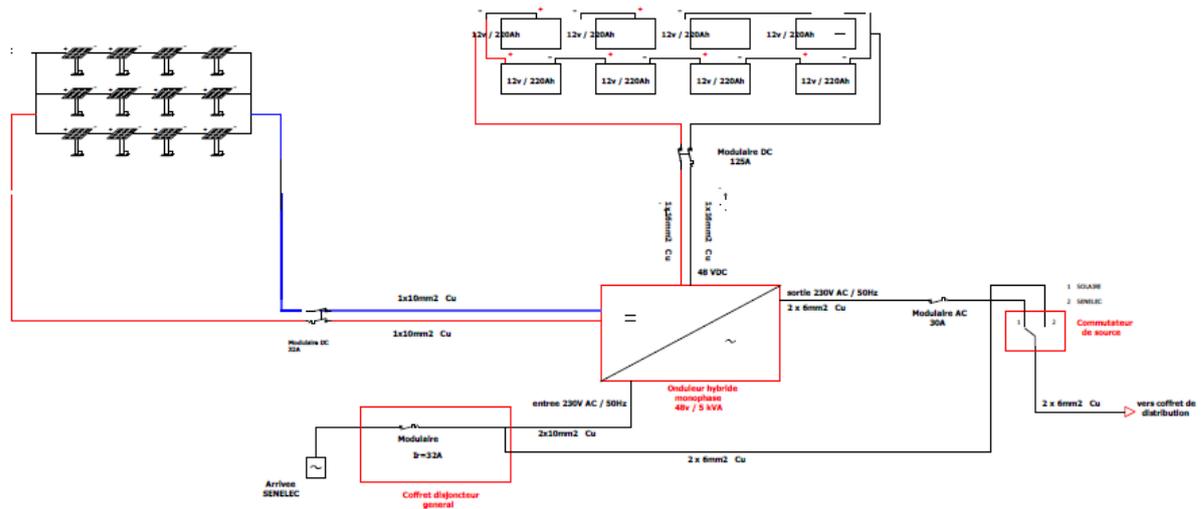


Figure 7 : Schéma de l'installation pour l'onduleur hybride WKS

#### Etape 5 :

Le testeur révèle que pour le nouveau raccordement, la tension d'arrivée des PV est de 65v au lieu de 145 V qu'on avait auparavant. Raccorder ensuite au régulateur, de régulateur 48V-10 A aux 8 nouvelles batteries et des batteries au nouvel onduleur. Puisque ce dernier n'a pas la même fonctionnalité que l'onduleur hybride, il faut aussi rappeler que ce système nouveau est totalement autonome. Cependant, puisque le système sera divisé en deux, une autre branche sera nécessaire pour l'onduleur hybride. Le même branchement sera repris, mais cette fois-ci avec 12 PV dont 8 Bosch et 4 Canadian Solar puisque qu'il n'en reste que des mono et 4 Canadian en mauvais état. Pareillement on aura 65 V à la sortie PV pour ce branchement. Et en fin de journée on procède à l'allumage du premier connecté à un inverseur. Pour voir le temps de décharge des batteries et le comportement du système face aux charges.

#### Etape 6 :

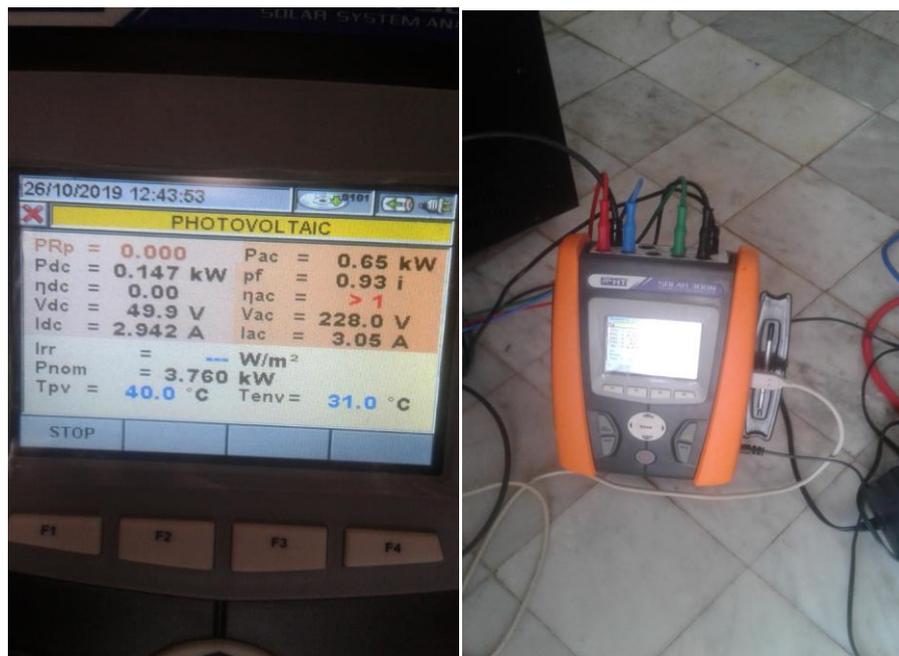
On a mis des protections que ça soit DC comme AC pour les raccordements des PV, les batteries et le réseau à l'onduleur WKS calibré de 32 A pour le réseau et 50 A pour les PV et les batteries.

Pour le nouvel onduleur, il est mis en marche avec un régulateur simple et les 8 nouvelles batteries. Malheureusement pour le WKS on va maintenir les 8 anciennes batteries pour son fonctionnement. Un essai de 30 min du comportement du nouvel onduleur est fait pour le premier système mais ce test se fait pour toutes les charges. Le contrat qui a été fait, est que l'onduleur débutait normalement avec toutes les charges mais lorsqu'un split s'est allumé il se met à siffler, avec affichage d'une décharge très rapide des batteries.

### Etape 7 :

C'est le jour où CT2S une entreprise de contrôle de qualité avec ses techniciens ont contrôlé le fonctionnement du système, de vérifier le branchement de PV-régulateur-batterie-et onduleur. Avec leur appareil analyseur de réseaux qu'ils ont branché au niveau des arrivées PV et sortie onduleur pour vérifier la puissance, la tension et l'intensité des PV. L'affichage de l'analyseur de réseau est mentionné sur le tableau 9, de même avec leur caméra thermique dont son rôle était de vérifier la qualité des panneaux. Et ils ont sorti leur rapport, disant que plusieurs panneaux ne débitaient pas normalement.

Tableau 9 : Affichage de l'appareil analyseur de réseau



### III.7 Apport efficacité énergétique

Pour un bon fonctionnement durable du système, il y'a quelques règles à respecter c'est dire :

- Il faut les consommateurs à faible consommation, frigo A+++, éclairage LED qui équivaut à une ampoule de 80 W,
- Passer le maximum d'appareil au gaz ou au bois,

- Eliminer les consommations de confort qui ne sont pas indispensables sauf si une autre source d'énergie vient en appoint comme un groupe électrogène,
- Surveiller son système de manière régulière surtout au début permet de le prendre en main et d'apprendre à maîtriser ces consommations pour ne jamais tomber en rupture d'énergie.

Une étude plus détaillée en efficacité énergétique est faite pour définir les profils de charge, à savoir ce qu'il faut pour que système marche et dure plus longtemps. Tout cela est explicité sur le tableau et le courbe suivant :

Tableau 10 : Cout d'énergie en puissance et en énergie journalière après efficacité (feuille Excel)

local	Puissance total des charge	Energie Journalière
Batiment 1	619,2	4351,2
	701,4	5662,8
Batiment 2	2071,8	10464
	2326,2	19464
<b>Batiment</b>	<b>5718,6</b>	<b>39942</b>

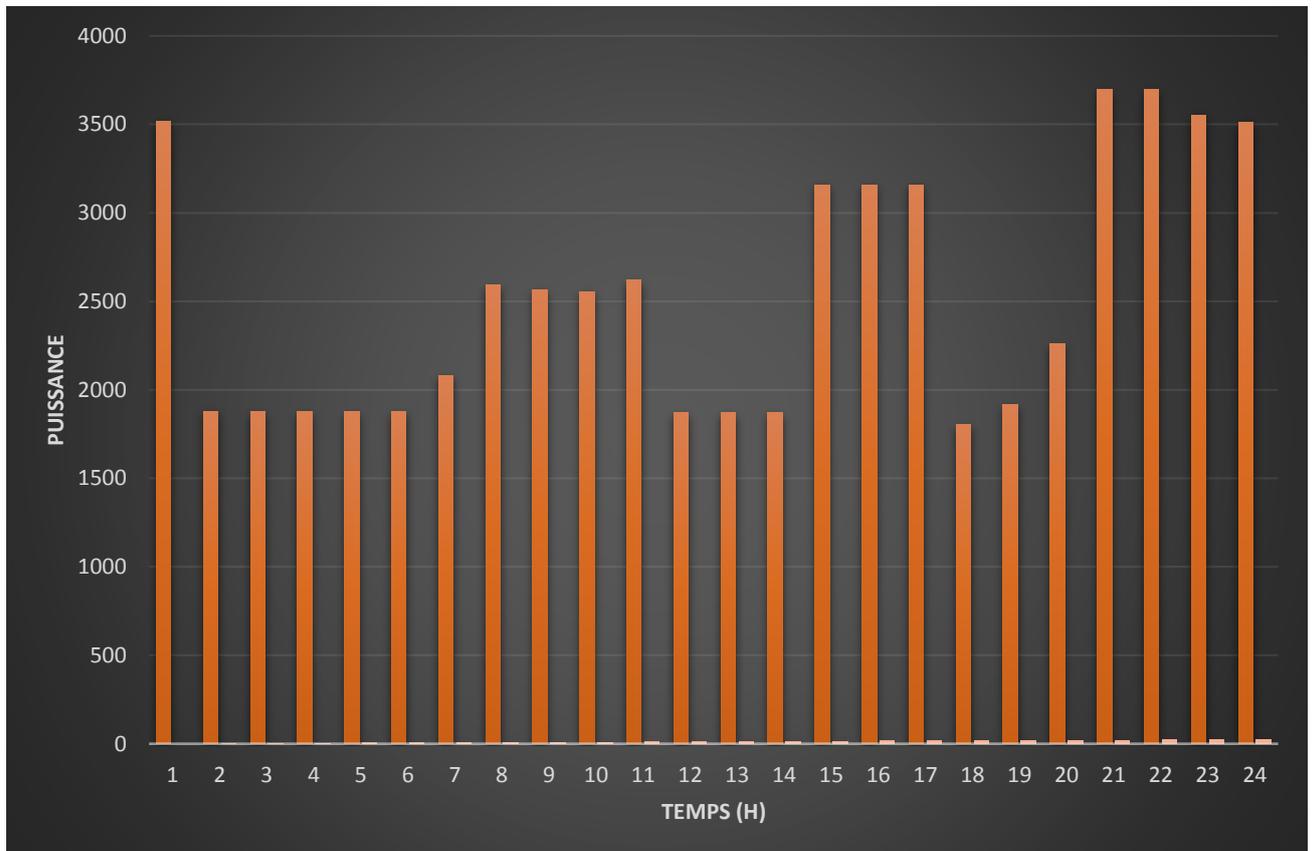


Figure 8 : Bilan de puissance de la consommation du particulier après efficacité énergétique

### **III.7.1 Consigne de contrôle du fonctionnement du Power Pack**

Lorsque le PowerPack est alimenté, le régulateur et l'indicateur de charge sont allumés.

Si le Power Pack ne s'allume pas, alors contrôlez :

- Que le sectionneur est bien sur la position verte « ON »,
- Que les disjoncteurs sont relevés,
- Que les batteries ont bien été rebranchées correctement.

### **III.7.2 Contrôle de l'état de charge des batteries**

Le régulateur donne une information grossière à l'état de charge grâce des LED de couleurs fixe ou clignotantes (voir notice du régulateur). L'indicateur de charge donne des informations bien plus précises à l'état de charge des batteries en tenant en compte toutes les sources d'énergies entrantes ou sortantes. On pourra relever la tension des batteries, le courant entrant (panneaux solaires et chargeur) sortant (consommation DC ou AC), un pourcentage estimatif de la charge, le temps estimatif restant d'autonomie à consommation constant. Si les conditions de fonctionnement normal sont réunies le régulateur est en vert et l'indicateur de charge est fixe. En cas de défaillance des batteries, le régulateur passe au rouge et l'indicateur de charge clignote et émet un signal sonore (en fonction du programme souhaité). Une pression sur l'un des boutons de l'indicateur arrête l'alarme.

### **III.7.3 Maintenance et périodicité**

Afin de prévenir toute défaut sur un système photovoltaïque, il est recommandé d'inspecter l'ensemble des composants de deux fois par an de préférence en printemps et en automne, à savoir :

- Panneaux solaires et structure,
- Régulation et câblage,
- Batteries.

### **III.7.4 Consigne de maintenance**

#### **III.7.4.1 Panneaux solaires**

Les opérations d'entretien des panneaux solaires sont minimales. Il faut s'assurer un bon état du système et du serrage des fixations des panneaux. Aucune contrainte de déformation ne devra être appliquée à ceux-ci. La face avant des panneaux devra être nettoyée périodiquement. Si la face avant est sale ou poussiéreuse il faut :

- Laver avec une éponge à l'eau claire et sécher avec un chiffon doux,
- Ne pas utiliser de produits détergents ou abrasifs.

Si la végétation fait de l'ombre sur les panneaux solaires :

- Elaguer et défricher correctement les abords afin que les panneaux solaires reçoivent d'ensoleillement maximal tout au long de la journée quel que soit la saison.

### **III.7.5 Régulation et câblage**

La partie de régulation ne nécessite pas de maintenance particulière. Toutefois, les diverses connexions pourront être vérifiées (serrage efficace, absence corrosion). Il faut également vérifier l'aspect général des différentes appareilles et des câbles ainsi que leur point d'attache.

### **III.7.6 Batteries**

Attention ! Avant toute intervention sur les batteries, sectionner le système. Les batteries sélectionnées dans le Power Pack sont à électrolytes gélifier (GEL), elle ne nécessite pas d'entretien particulier. Il faut cependant s'assurer :

- Que leur emplacement soit propre et dégagé,
- Qu'il y'a objets externe à l'intérieur de leur logement et que celui-ci soit bien fermé (Face avant vissée),
- Que les corrections sont correctes (serrage et oxydation),
- En cas d'oxydation, recouvrir les bornes de graisses neutres.

### **III.8 Défaits de fonctionnement**

En cas de défaillance du système, il faut éliminer la cause liée à l'état de décharge de la batterie (décharge profonde). Pour ça, isolé les batteries en basculant le sectionneur sur OFF et mesurer la tension aux bornes des batteries.

Si la tension est inférieure à  $< 12V$  pour une batterie ou  $< 24$  pour deux batteries branchées en série alors le système est en sécurité. Il faut recharger les batteries au moins à 80% avant de les solliciter à nouveau :

- Si la tension est inférieure à  $< 9 V$  pour nue batterie ou  $< 18$  pour deux batteries branchées en série alors elles sont en décharge profonde,
- Il faut tenter de les charger à 100% et si elles y parviennent elles peuvent encore être utilisées,
- Si le chargeur ne parvient pas à les charger ou que la tension rechute aussitôt alors les batteries sont hors services,
- Pour tous les autres défauts vous pouvez vous rapporter aux notices et fiches techniques des appareils.

## **Conclusion**

La comparaison des énergies journalières entre les charges et celles des panneaux solaires révèlent que, même si on raccorde tous les panneaux du système le particulier ne pas autonome. Cela s'explique par une très grande puissance de consommation des charges par rapport à ceux que débitent les panneaux. Cependant suites à plusieurs étapes de fonctionnement dans le chantier, on a pu résoudre le dysfonctionnement. Mais nous sommes convaincu qu'il sera autonome sauf si on fait appel à étude d'efficacité énergétique du système

## Conclusion Général

Le travail effectué durant ce stage avait pour objectif la conception et le dimensionnement des chantiers photovoltaïques de puissance supérieure à 3kWc. Les différents objectifs fixés au début ont été atteints. Les différentes tâches confiées avaient trait à la gestion des chantiers dans leur globalité depuis les démarches administratives jusqu'à la mise en service. Un travail préalable de prise en main des normes liées à l'électricité au photovoltaïque fut indispensable. Ces travaux devaient être mis en œuvre tout en garantissant la qualité, la sécurité et la réalisation dans les délais impartis des chantiers. En outre, il a fallu définir les dossiers techniques des installations à remettre au client et au CONSUEL attestant de leur conformité.

De plus, des missions annexes ont été réalisées mais toutes n'ont pas été menées. Le monitoring des chantiers a été fait dans sa totalité. En particulier, l'installation des éléments nécessaires au suivi de l'installation sur un chantier de maintenance et sur des chantiers déjà mis en service. Un second projet lié au suivi de la partie H.T d'un chantier de 370kWc a été entamé avec l'aide d'un bureau d'études extérieur. Ce dernier n'a pu être terminé faute de retard dans les démarches administratives.

Des améliorations ont pu être apportées sur les installations afin d'optimiser la performance des systèmes par l'ajout de diode série notamment.

Les problèmes rencontrés durant ce travail sont divers. Au niveau matériel, il a fallu gérer les problèmes liés à l'approvisionnement et prévoir l'impact sur la composition des coffrets de protection. Enfin, l'aspect recherche de ce stage m'a demandé un travail personnel particulier car je n'avais pas d'expériences similaires.

Les perspectives du travail effectué sont nombreuses. En effet, la norme PV en constante évolution et de plus en plus exigeante et les points de contrôle exigés lors des visites de conformité contraignent les installateurs à une vigilance pointue. Enfin, les installations dans le photovoltaïque sont encore amenées à évoluer avec les nouvelles technologies des cellules promises dans les années à venir.