



**AUDIT ENERGETIQUE D'UNE BASE BUREAU ET GUEST HOUSE DE  
L'ACF DANS LA ZONE D'ADRE A L'EST DU TCHAD : PROPOSITION  
A MIXITE DIESEL-SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU :  
MASTER 2 EN GESTION DES INFRASTRUCTURES ET SERVICES**

**OPTION : ENERGIE RENOUVELABLES MASTER SPECIALISE EN SOLAIRE  
PHOTOVOLTAÏQUE**

Présenté et soutenu publiquement le 10 décembre 2025 par

**KEMADJI Elysée NGUENA**

**Travaux dirigés par : P<sup>r</sup> ABOUBAKAR Gomma**

Jury d'évaluation du stage :

Président : P<sup>r</sup> ABOUBAKAR Gomma

Membres et correcteurs : D<sup>r</sup> BOLY Singho

D<sup>r</sup> FANGA Giscard

**Promotion [2023/2024]**

## CITATIONS

L'énergie solaire représente aujourd'hui une **solution durable et prometteuse** face aux défis énergétiques et environnementaux de notre époque. Avec la prise de conscience croissante des enjeux climatiques, les panneaux solaires s'imposent comme une alternative écologique incontournable pour produire de l'électricité. Un **slogan percutant sur les panneaux solaires** peut avoir un impact considérable sur la sensibilisation du public et encourager l'adoption de cette technologie propre et renouvelable.

Les slogans dédiés aux panneaux solaires sont des outils de communication essentiels qui condensent les avantages de cette technologie en messages accessibles et attractifs. Ces phrases d'accroche, utilisées par les installateurs, les fabricants ou les organismes de promotion des énergies renouvelables, visent à convaincre particuliers et entreprises des bénéfices multiples de l'énergie solaire. Voici une sélection des slogans **par Nicolas Duchesne Juin 23, 2025** :

1. « Captez le soleil, libérez votre énergie »
2. « Panneaux solaires : l'investissement qui rayonne »
3. « Votre toit mérite mieux qu'une simple couverture »
4. « L'énergie solaire : le pouvoir entre vos mains »
5. « Transformez la lumière du jour en économies »
6. « Électricité solaire : l'énergie qui ne s'épuise jamais »
7. « Le soleil vous envoie une facture d'énergie à zéro »
8. « Produisez l'énergie que vous consommez »
9. « Panneaux solaires : l'autonomie énergétique à portée de toit »

France – « Le soleil brille pour tous, profitons-en ! »

Ce slogan français met en avant l'universalité et l'accessibilité de la ressource solaire. Sa force réside dans sa capacité à présenter l'énergie solaire comme un bien commun à portée de tous, démocratisant ainsi une technologie parfois perçue comme élitiste. L'utilisation de l'impératif collectif « profitons-en » crée un sentiment d'opportunité collectivement, en phase avec les valeurs républicaines françaises d'égalité et de partage.

États-Unis – « The sun is free, why not use it? »

Ce slogan américain illustre parfaitement l'approche pragmatique et économique qui caractérise le marché solaire outre-Atlantique. En mettant l'accent sur la gratuité de la ressource solaire (contrairement aux énergies fossiles qui doivent être achetées), il fait appel au bon sens économique et à l'esprit d'opportunisme du public américain. La formulation sous forme de question rhétorique défie intellectuellement le consommateur, l'invitant à justifier pourquoi il n'utiliserait pas une ressource gratuite.

## Remerciements/ Dédicaces

Le succès d'un travail résulte de l'effort de plusieurs, et pour cela, je tiens à être reconnaissant au Créateur de la science ; Omniscient qui a permis que, dans nos limites nous parvenions à connaître les choses cachées qui sont utiles pour l'existence de l'homme. Gloire soit à lui pour des siècles et des siècles !!!

Je ne vais pas m'arrêter là, je tiens à remercier l'administration de cette formation sans oublier **P<sup>r</sup> ABOUBAKAR GOMNA** pour la qualité de son encadrement exceptionnel, pour sa patience, et surtout ses judicieux conseils, pour avoir assuré la direction de ce mémoire de master. Je lui exprime particulièrement toute ma reconnaissance pour m'avoir fait bénéficier de ses compétences scientifiques. Cette reconnaissance va également à l'endroit de **Mme Evelyne MBAYE** la coordinatrice nos pour toutes les précieuses informations que vous nous avez données.

Je tiens à remercier vivement tous les enseignants qui m'ont aidé à l'accumulation des connaissances nécessaires durant ce cursus de formation professionnelle.

Je tiens aussi à remercier ACF Mission Tchad, et particulièrement l'équipe logistique, et en particulier M. DJIMADOUM Boris de la base d'Adré. Je remercie également M. Fabrice Louvel pour son soutien et son aide dans la concrétisation de ce travail pendant de nombreuses années avec une attention renouvelée. Puisse Dieu, tout puissant, te combler de santé, de bonheur et te procurer une longue vie.

Finalement, je tiens à remercier sincèrement les membres du jury estimé qui ont accepté de juger ce travail.

MERCI

Tout d'abord ce travail ne serait pas aussi riche et n'aurait pas pu avoir le jour sans l'aide de nombreuses personnes.

Je tiens à dédier ce modeste travail à :

À Mon cher **Fabrice Louvel**, cœur blanc, tu as toujours été une source de tendance et d'encouragement. Je voudrais te remercier pour ton amour, ta considération, ta disponibilité et ta conviction ;

À mes chers enfants, **Leslie NGUENA, Lorentz NGUENA, Chris-Gamaliel NGUENA** et **RATZON Hael NGUENA**, vous êtes une source de motivation, vous êtes une force et une stabilité émotionnelle pour moi, je vous aime bien !!!!

À tous les enseignants et collègues que nous avons eus à collaborer durant toute la formation.

## Résumé

Le taux d'accès à l'électricité au Tchad est l'un des plus bas au monde, atteignant environ 10% en 2023, avec de fortes disparités entre la capitale et les zones rurales. Face à cette situation, l'ONG ACF dispose des générateurs comme ses propres sources de production afin de mener ses activités d'aide humanitaire. Malgré cette disposition, la pénurie de carburant est l'un de défis de fourniture continue de l'électricité à la base.

Ce rapport de projet de fin d'études effectué au sein de cette organisation fait l'objectif de l'étude de l'optimisation de la fourniture continue d'énergie électrique de l'une de ses bases à ADRE à l'est du Tchad.

Primo, ce travail consiste en un diagnostic de l'existant c'est-à-dire un état des lieux et une analyse et commentaire des données de consommation et du profil des charges de la base.

Secundo, au vu de résultat des données obtenues ce travail va se focaliser sur une étude des faisabilités d'un système associant la source disponible de la base (1 groupes de 33KVA et 1 de 15kW) à un champ solaire de 15kWc ou 23,4 KWc selon la visibilité financière de l'organisation. Cette étude permet ainsi de proposer un système stable de production d'électricité à la base et contribuer à l'amélioration de la consommation de fuel ainsi la réduction de ses émissions des Gaz à Effet de Serre.

Cette étude ne constitue non seulement l'optimisation de production d'électricité en continue décrite, par ailleurs elle est bénéfique pour l'organisation dans le temps. Face à toutes les contraintes de la zone, l'audit énergétique de cette base convient alors en vue de son fonctionnement optimal.

Bref, ce projet détermine un optimum économique en fonction du régime de marche et de la production optimale de la base. Il s'agit de proposition stratégique d'amélioration la performance énergétique.

### Mots Clés :

- 1 – Bilan énergétique
- 2 – Diagnostic énergétique
- 3 – Système Solaire
- 4 – Efficacité
- 5 – Electricité

## **ABSTRACT**

The electricity access rate in Chad is one the lowest in the world, reaching approximately 10% in 2023, with significant disparities between the capital and rural areas. Faced with this situation, the NGO ACF uses generators as its own production sources to carry out its humanitarian aid activities. Despite this provision, fuel shortages are one of the challenges in ensuring a continuous electricity supply to the base.

This end-of-study project report, carried out within this organization, aims to study the optimization of the continuous supply of electrical energy to one of its bases in ADRE in eastern Chad.

First, this work consists of a diagnosis of the existing situation, in other words, inventory and analysis and commentary of the consumption data and the load profile of the base.

Secondly, in view of the results of the data obtained, this work will focus on a study of the feasibility of a system combining the available source of the base (1 group of 33KVA and 1 of 15kW) with a solar field of 15kWc or 23.4 KWc depending on the financial visibility of the organization. This study thus makes it possible to propose a stable system of electricity production at the base and contribute to the improvement of fuel consumption and the reduction of its greenhouse gas emissions.

It not only optimizes the continuous electricity production described but also benefits the organization over time. Given all the constraints of the area, an energy audit of this base is therefore appropriate for its optimal operation.

In short, this project determines an economic optimum based on the base's operating regime and optimal production. This is a strategic proposal for improving energy performance.

### **Key words:**

---

**1 - Energy Assessment**

**2 – Energy Diagnostic**

**3 – Solar System**

**4 – Efficiency**

**5 – Electricity**

## liste des abréviations

**2iE** : Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement

**ACF** : Action contre la Faim

**ONG** : Organisation Non-Gouvernementale

**EAH** : Eau-Assainissement-Hygiène

**NutSanté** : Nutrition et Santé

**SAME** : Sécurité Alimentaire et Moyen d'Existence

**NFI** : Non-Food Items (Articles Non Alimentaires).

**KS** : Coefficient de Simultanéité

**KU** : Coefficient d'Utilisation

**DC** : Courant Continu

**CA** : Courant Alternatif

**VRM** : Victron Remote Monitoring (Supervision à distance Victron).

**PV** : Photovoltaïque

**STC** : Condition Température Standard

**ROI** : Return On Investment (Retour sur Investissement)

**DoD** : Depth Of Discharge (Profondeur de Décharge)

**VA** : Volte Ampère

**KVA** : Kilo Volte Ampère

**KW** : Kilo Watt

**KWh** : Kilo Watt heure

**KVAh** : kilo Volte Ampère heure

## Sommaire

|                                                   |     |
|---------------------------------------------------|-----|
| CITATION.....                                     | II  |
| REMERCIEMENTS/DÉDICACES.....                      | III |
| RÉSUMÉ.....                                       | IV  |
| ABSTRACT.....                                     | V   |
| LISTE DES ABBREVIATIONS.....                      | VI  |
| SOMMAIRE.....                                     | 1,2 |
| LISTE DES TABLEAUX.....                           | 3   |
| LISTE DES FIGURES.....                            | 3   |
| INTRODUCTION GÉNÉRALE.....                        | 4   |
| CHAPITRE I. HYPOTHESE ET OBJECTIF DE TRAVAIL..... | 5   |
| I. STRUCTURE ACTION CONTRE LA FAIM.....           | 5,6 |
| II. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ETUDE.....     | 6   |
| II. 1 Contexte d'Etude.....                       | 6   |
| II. 2 Justification.....                          | 6   |
| 1. Sur le plan scientifique.....                  | 6   |
| 2. Sur le plan économique.....                    | 7   |
| II. 3 Problématique.....                          | 7   |
| II. 4 Question d'étude .....                      | 7   |
| II. 5 Objectif Général.....                       | 7   |
| a. Objectif principal.....                        | 8   |
| b. Objectif spécifique .....                      | 8   |
| II. 6 Hypothèse Générale.....                     | 8   |
| II. 7 Hypothèse Spécifique .....                  | 8   |
| CHAPITRE II. BILAN DES CHARGES .....              | 9   |
| I. INTRODUCTION .....                             | 9   |
| II. Etat des lieux.....                           | 9   |
| 1. Description de la base .....                   | 9   |
| 2. Bilan de puissance.....                        | 10  |
| 3. Consommation fonctionnelle de la base.....     | 13  |

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| a. Consommation fuel générateurs .....                       | 13 |
| b. Consommation fonctionnelle des appareils .....            | 14 |
| CHAPITRE III. ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES .....        | 16 |
| I. INTRODUCTION.....                                         | 16 |
| II. ECONOMIE RELATIVE .....                                  | 16 |
| III. PROGRAMME D'AMELIORATION.....                           | 17 |
| A. SCENARIO 1 : Système solaire photovoltaïque simple.....   | 17 |
| 1. Principe de fonctionnement du système.....                | 18 |
| B. SCENARIO 2 : Système solaire photovoltaïque sécurisé..... | 18 |
| 1. Principe de fonctionnement du système.....                | 18 |
| C. DIMENSIONNEMENT DU SYSTEMES.....                          | 20 |
| SCENARIO 1.....                                              | 20 |
| a. Calcul de nombre de plaques solaires nécessaires.....     | 21 |
| b. Choix de l'onduleur PV .....                              | 21 |
| c. La valeur STC du champ solaire.....                       | 22 |
| d. Proposition financière.....                               | 25 |
| SCENARIO 2.....                                              | 27 |
| a. Calcul de nombre de plaques solaires nécessaires.....     | 28 |
| b. Choix de l'onduleur/chargeur.....                         | 28 |
| c. Choix de contrôleur de charge solaire.....                | 29 |
| d. Valeur STC du champs solaire.....                         | 30 |
| e. Capacité de stockage batterie.....                        | 31 |
| f. proposition financière.....                               | 33 |
| IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....                       | 36 |
| 1. CONCLUSION.....                                           | 36 |
| 2. RECOMMANDATIONS .....                                     | 36 |
| V. BIBLIOGRAPHIE.....                                        | 37 |
| VI. SITES INTERNET.....                                      | 37 |



## LISTE DES TABLEAUX

1. Bilan des charges
2. Consommation annuelle fuel générateurs base
3. Consommation estimative fonctionnelle de la base
4. Données de l'irradiation et température site base ACF ADRE
5. Données de consommation énergétique de la base
6. Données plaque solaire
7. Données convertisseur PV
8. Valeur STC champ solaire
9. Proposition financière scénario 1
10. Paramètres financiers du site
11. Données de panneau solaire
12. Données de l'onduleur Victron Quattro
13. Données Smart Solar RS450/100-M
14. Données convertisseur PV
15. Paramètre des configurations
16. Paramètre de configuration Batteries
17. Proposition financière scénario 2
18. Paramètres financiers du site

## LISTE DES FIGURES

1. Vue aérienne base ACF ADRE
2. Façade entrée bureau
3. Diagramme consommation énergétique bâtiment
4. Diagramme de consommation énergie de la base
5. Système solaire photovoltaïque à injection dit simple
6. Système solaire photovoltaïque à injection totale avec stockage
7. Schéma synoptique scénario 1
8. Gestion des sources d'énergie du site
9. Estimation de consommation annuelle de carburant

10. Estimation du retour sur investissement
11. Vue aérienne disposition de champ solaire
12. Schéma synoptique scénario 2
13. Gestion de source d'énergie du site
14. Estimation de consommation annuelle de fuel
15. Estimation du retour sur investissement

## Introduction Générale

Le Tchad demeure l'un des pays les moins approvisionnés en électricité, alors qu'il possède un grand potentiel en ressources énergétiques. L'énergie électrique demeure une denrée rare et constitue l'un des défis majeurs au développement du pays. L'accès à l'électricité est un enjeu vital dont le taux d'accès (% de la population) était de 11,7 % en 2022, selon la collection d'indicateurs de développement de la Banque mondiale, compilée à partir de sources officiellement reconnues. Elle n'est fournie que dans quelques villes avec de récurrents et intempestifs délestages dans les zones desservies.

Cette étude s'inscrit dans un contexte marqué par une crise énergétique caractérisée par un accès limité, une pénurie de carburant, des coûts parmi les plus élevés en Afrique et des délestages intempestifs dans les zones desservies. L'approvisionnement en énergie demeure l'un des principaux défis auxquels l'ONG ACF se trouve confronter depuis son existence au Tchad. Cette situation impacte négativement le fonctionnement de l'organisation au niveau des bases et constitue un frein aux activités sur le terrain.

Dans ce rapport nous sommes intéressés à l'étude théorique d'approvisionnement continu d'énergie électrique des bases de l'ONG ACF. Elle a pour objectif final la proposition d'un système hybride diésel-solaire photovoltaïque d'approvisionnement d'énergie électrique continue de la base d'Adré. Pour ce faire, le présent travail a été structuré selon trois chapitres ;

- ❖ Le premier chapitre est l'hypothèse et l'objectif de travail,
- ❖ Le premier chapitre consacré à l'Audit énergétique de la base a pour objectif de recenser tous les équipements consommateurs d'énergie et de faire un bilan de consommation énergétique,
- ❖ Le deuxième chapitre porte sur l'Économie d'énergie, l'utilisation efficace d'énergie pour satisfaire le besoin
- ❖ Et le troisième et dernier chapitre donnera suite à une proposition de stratégies par un Gain financier. Ce mémoire est finalisé par une conclusion générale.

## Chapitre I : HYPOTHÈSES ET OBJECTIFS DE TRAVAIL

Cette section décrit l'organisation de l'étude, les méthodes et les ressources utilisées. Elle couvre le cadre théorique, les principes de base et la démarche méthodologique.

### I. LA STRUCTURE : ACTION CONTRE LA FAIM

Créée en 1979, elle est une organisation non gouvernementale de solidarité internationale (ONG) de lutte contre la faim dans le monde. Les conflits, les dérèglements climatiques, la pauvreté, les inégalités d'accès à l'eau, aux soins, sont autant de causes de la malnutrition. Sa mission est de sauver des vies en éliminant la faim par la prévention, la détection et le traitement de la sous-nutrition, en particulier pendant et après les situations d'urgence liées aux conflits et aux catastrophes naturelles.

Elle est engagée au Tchad depuis 1981, à N'Djamena et dans les provinces de Logone Oriental, du Lac, du Bahr El gazal, du Kanem notamment au travers de projets en nutrition, santé, santé mentale et soutien psychosocial, eau, hygiène, assainissement, sécurité alimentaire et moyens d'existence, gestion de risques et catastrophe, la recherche et le plaidoyer. Au total 771 259 personnes ont bénéficié de ces programmes à travers le pays en 2023 [☞ référentiel presse](#).

Depuis le déclenchement de la guerre au Soudan le 15 avril 2023, le Tchad a accueilli plus de 400 000 réfugiés soudanais. Action contre la Faim a ouvert deux bases opérationnelles dans le Sila, à Goz-Beida et dans le Ouaddaï, à Adré.

Dans le secteur NutSanté, l'organisation met en œuvre une combinaison d'approches d'urgence, de soutien et de renforcement du système de santé. Des projets sont développés pour les populations urbaines et rurales, ainsi que pour les personnes déplacées, par le biais d'interventions curatives et préventives à grande échelle.

En termes de sécurité alimentaire et de moyens d'existence, Action contre la Faim aide les personnes les plus vulnérables par le biais de programmes alimentaires SAME, d'un soutien au pastoralisme dans ses zones d'intervention et d'une aide aux moyens d'existence et au développement agricole, par exemple, via le maraîchage et l'agriculture pluviale (après la saison des pluies). Ces programmes ont aidé les communautés pastorales et agricoles à faire face à la période creuse tout en renforçant leur résilience aux chocs. Face au changement climatique, l'organisation expérimente des approches innovantes telle que le système d'irrigation goutte à goutte pour améliorer la production maraîchère et une meilleure gestion de l'eau

Dans les structures de santé soutenues et au niveau communautaire, Action contre la Faim continue d'inclure systématiquement des interventions EAH à ses activités de lutte contre la sous-nutrition, en fournissant de l'eau potable et des services d'assainissement et d'hygiène aux populations déplacées par la crise

sécuritaire dans les régions du Lac et du Sud, dans le nord du Kanem, Action contre la Faim a également mis en place un projet de développement d'infrastructures EAH.

## II. CONTEXTE ET JUSTIFICATION DE L'ÉTUDE

Depuis le début des violents conflits au Soudan, plus d'un million de personnes ont fui vers les pays voisins. Parmi celles-ci, on compte environ 378 000 réfugiés soudanais ainsi que près de 48 000 Tchadiens rapatriés dans l'est du Tchad. La ville d'ADRE accueille elle seule plus de 207 000 réfugiés, soit presque le quadruple de sa population habituelle. Cet afflux de réfugiés crée une pénurie et une flambée de prix dans cette ville qui est déjà une des plus pauvres du pays.

Action contre la Faim est une ONG qui se bat contre la faim dans le monde. Elle s'engage dans cette région pour répondre aux besoins en matière de santé, de nutrition, de santé mentale, d'eau, d'hygiène et d'assainissement des réfugiés ainsi que de la population locale. Cela s'inscrit dans sa politique visant à « sauver des vies » en combattant la famine par la prévention, la détection et le traitement de la malnutrition, notamment après un conflit, une guerre ou une catastrophe naturelle.

### Contexte d'étude

Adré en plus d'être une des plus pauvres villes du pays, elle est isolée des autres villes importantes par les voies de communication dont l'approvisionnement en produit de première nécessité reste un défi.

Cette étude s'inscrit dans un contexte de crise énergétique caractérisé par une pénurie de carburant. L'approvisionnement en énergie de la base est un des plus grands défis que rencontre ACF dans cette région. Malgré les mesures mises en place, ce défi persiste et entrave les activités opérationnelles de l'organisation, entravant ainsi sa capacité à fournir une aide humanitaire.

Dans ce contexte difficile, la tendance est cependant d'améliorer le système de production énergétique de la base.

### 1.1. Justification

L'objectif de cette étude que nous nous proposons de mener revêt des intérêts qui sont, entre autres, scientifiques, économiques et techniques.

## 1. Sur le plan scientifique

Il est de tradition que les étudiants en fin du cycle de Master doivent nécessairement rédiger un mémoire de fin du cycle leur permettant d'avoir leur parchemin. Ce rapport d'étude, présenté et soutenu devant un jury, sera ensuite amendé, validé et archivé dans un centre de documentation accessible au public. Ce document servira de balise à toute personne ou à l'ACF souhaitant améliorer l'efficacité énergétique de son installation. Ce rapport pourrait servir de guide sur la question de l'accès limité à l'électricité dans les régions touchées par la crise énergétique.

## 2. Sur le plan économique

L'installation solaire offre de nombreux avantages économiques, notamment une réduction significative des coûts énergétiques grâce à la production d'électricité propre et la possibilité de réaliser une économie pendant de longues années. Elle permet d'utiliser une énergie non polluante et abondante et de contribuer à la transition énergétique.

L'énergie solaire produit une électricité moins chère, ce qui accroît le pouvoir d'achat et stimule l'économie. L'indépendance énergétique et l'offre illimitée libèrent les particuliers et les entreprises des conséquences de la flambée des prix de l'énergie ou des pénuries soudaines. Les installations qui permettent l'autoconsommation (installations de vente en surplus) sont éligibles à une prime à l'investissement.

### 1.2. Problématique

L'électricité est un service de première nécessité. Lorsqu'elle fait défaut, il faut entreprendre des démarches pour y remédier. Le recours exclusif au générateur n'assure pas la continuité de l'approvisionnement électrique, qui peut être interrompue à tout moment, faute d'entretien, de carburant ou encore en raison de la hausse des prix. L'est du Tchad, où la ville d'Adré se trouve, connaît depuis plus d'une décennie, une croissance urbaine et démographique sans précédent suite aux conflits soudanais. Cette situation expose les organisations privées et humanitaires à un manque ou à une insuffisance d'accès aux services urbains de base, notamment l'énergie électrique, l'eau potable, aux services de santé, aux systèmes d'assainissement décents, et aux structures éducatives, etc. Cette zone et, en particulier, la ville d'Adré font par ailleurs régulièrement l'objet de pénuries et de flambées des prix du carburant pendant la saison des pluies, ce qui entraîne des conséquences dramatiques sur le plan humain et économique et qui ralentit les activités d'aide humanitaire.

### 1.3. Questions d'étude

L'étude s'intéresse à une question cruciale : comment l'ONG ACF peut-elle assurer un approvisionnement en électricité continu et fiable à sa base, même en cas de difficultés d'approvisionnement ou d'augmentation du prix du fuel dans la région ?

Pour répondre à cette question, nous devons d'abord examiner les aspects suivants :

- ❖ Quel est le besoin en énergie de la base ?
- ❖ Quelle est la source d'énergie disponible et abondante dans la zone ?
- ❖ Quel système pourrait être mis en place pour améliorer la production et le coût de l'électricité ?

## **I.4. L'Objectifs l'étude**

### **a. Objectif principal**

L'objet principal de l'étude est la proposition d'un système de production électrique continu et efficient à l'organisation afin de répondre aux besoins des personnes nécessiteuses dans cette crise.

### **b. Objectifs spécifiques**

Les objectifs spécifiques de cette étude sont :

- a) Faire l'état des lieux de tous équipements électriques de la base pour un bilan de charges,
- b) Analyser les postes consommateurs et le gaspillage d'énergie pour une efficacité énergétique,
- c) Proposer des solutions d'amélioration du système et faire des recommandations.

## **I.5. Hypothèse générale**

La flambée des prix et les tracasseries d'approvisionnement en fuel dans la zone affecteraient la continuité de la fourniture d'énergie électrique à la base ainsi que les activités et la sécurité des personnels expatriés de l'organisation. Cette ville fait par ailleurs régulièrement l'objet de flux de réfugiés soudanais et déplacés tchadiens ainsi que son isolement des autres villes du pays pendant la saison de pluie avec conséquences dramatiques sur tous les plans.

### **I.6. Hypothèses spécifiques**

Afin de mieux comprendre ce travail, les hypothèses suivantes ont été formulées :

- a) Besoin énergétique de la base,
- b) Données annuelles de consommation fuel,
- c) Les faisabilités d'optimisation de consommation.



## CHAPITRE II : BILAN DES CHARGES

### I. Introduction

Pour atteindre l'efficacité énergétique de son installation, on procède à un audit énergétique afin de connaître le besoin réel et identifier les postes de gaspillage. L'audit énergétique consiste à recenser tous les équipements électriques consommateurs d'énergie de la base, ainsi qu'à dresser un bilan de leur consommation. Il identifie les postes, les appareils, les processus de gaspillage d'énergie et chiffre les économies d'énergie possibles dans le but de proposer des mesures pour améliorer le système de production en place et réaliser des économies.

Pour notre cas, l'audit est effectué non seulement pour diminuer la consommation de la base, mais également afin de mettre en place un système de production énergétique fiable, stable et continu, compte tenu des difficultés d'approvisionnement en carburant ainsi que de la main-d'œuvre qualifiée pouvant intervenir en cas de défaillance du générateur. Le système proposé doit être le plus adapté à l'activité à réaliser en termes d'efficacité, de confort, de respect de l'environnement et de la politique énergétique. Il doit aussi viser à réduire les pertes et gaspillages de l'appareil ou du processus.

### II. Etat des lieux

#### 1. Description de la base

La base à auditer se situe à l'est de la ville près du lycée Adré sur l'axe de camp de Miché. Elle est constituée de trois bâtiments et les annexes. Les bâtiments sont composés du bureau principal, du logement et d'une pharmacie. Des vues plus générales sont reportées sur la figure 01.



**Figure 01 : Vue aérienne de la base**



Le bâtiment de base, qui compte six pièces, est destiné au travail. La base de vie comprend quatre chambres et la pharmacie, elle compte trois pièces, dont une cuisine, un stock et une pharmacie. Les annexes sont le local du générateur, la guérite, le stock NFI et les toilettes.



**Figure 02 : façade entrée Bureau**

## **2. Bilan de puissance**

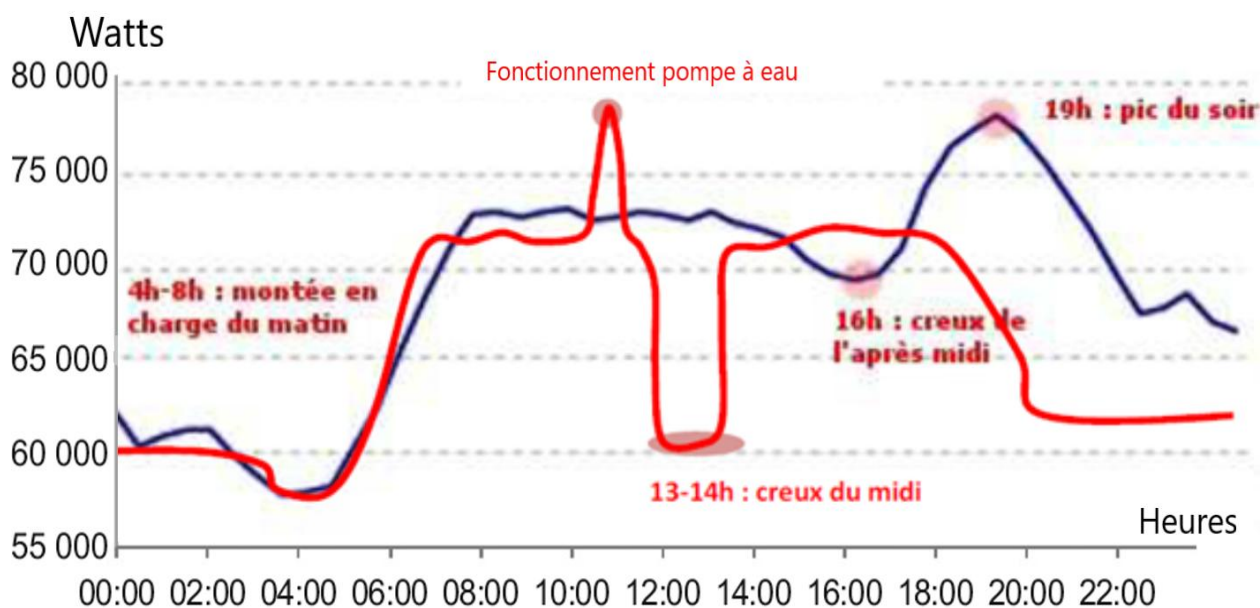
Un bilan de puissance électrique est un document qui liste l'ensemble des équipements électriques d'un bâtiment et indique la puissance totale de chaque équipement. Le but étant d'avoir une vision globale sur les besoins électriques du bâtiment et déterminer la puissance nécessaire pour garantir le bon fonctionnement de ses installations.

Ce bilan est indispensable pour notre étude, et pour un résultat qui servira de calcul pour estimer la consommation d'énergie garantissant le bon fonctionnement du système. Cependant, il est évident que tous les équipements ne sont jamais

allumés en même temps ; il convient d'ajouter un ou plusieurs coefficients de probabilité au calcul. Pour notre étude, nous utilisons les deux coefficients **Ks** et **Ku** :

- ❖ Le coefficient de simultanéité ou de foisonnement **Ks** ; il détermine les conditions d'utilisation de l'installation s'appliquant à un ensemble de récepteurs ou circuits. Il tient compte du fait que les appareils ne fonctionnent pas tous simultanément et à pleine puissance. Il permet de déterminer une puissance plus réaliste pour le dimensionnement de l'installation, en tenant compte de la diversité des charges. Pour notre étude, nous personnalisons le coefficient de simultanéité **Ks** comme suit :
  - ☞ 1 à 2 équipements,  $K_s = 1$
  - ☞ 3 à 4 équipements,  $K_s = 0,9$
  - ☞ 5 à 6 équipements  $K_s = 0,8$
  - ☞ 7 à 9 équipements  $K_s = 0,7$
  - ☞ 10 ou + équipements  $K_s = 0,6$
- ❖ Le coefficient d'utilisation **Ku** ; ce coefficient d'utilisation ou facteur d'utilisation **Ku** détermine le taux d'utilisation d'un récepteur selon le temps. Plus précisément, il permet de prendre en compte le fait qu'un appareil électrique ne fonctionne pas toujours à sa pleine puissance et qu'il peut être éteint ou utilisé avec une puissance réduite pendant certaines périodes. Le coefficient d'utilisation d'un équipement est attaché à l'équipement, et représente le pourcentage de son temps de fonctionnement lorsqu'il est allumé. Il est utilisé pour calculer la puissance utile d'un appareil ou une installation. Les valeurs utilisées :
  - ☞ Lampe, bouilloire, cuisson, micro-onde et informatique fixe  $K_u = 1$
  - ☞ Climatiseur, fer à repasser et chauffe-eau  $K_u = 0,5$
  - ☞ Frigo, congélateur et fontaine à eau (chaud/froid)  $K_u = 0,3$
  - ☞ Ordinateur portable (Laptop)  $K_u = 0,2$
  - ☞ Imprimante, scanner  $K_u = 0,05$

**Figure 03 : Exemple diagramme de consommation énergie d'un bâtiment**



En bleu : Illustration du fonctionnement d'un bâtiment servant de bureau pendant la journée et de maison d'hôtes la nuit. Dans ce cas, pour un générateur auxiliaire capable de démarrer à tout moment, il faudra estimer la consommation maximale, c'est-à-dire celle de la pointe, qui se produit à 19 h.

En rouge : Un bâtiment qui sert uniquement de bureau. L'éclairage de nuit constitue une très petite puissance qu'on alimentera via un autre moyen que le groupe électrogène utilisé en journée.

**Tableau N°1 : Bilan de puissance**

| Equipement                                  | Qté | Pu (W) | Cos Phi | Smax (VA)      | Ku   | Ks  | Smax Fois. (VA) |
|---------------------------------------------|-----|--------|---------|----------------|------|-----|-----------------|
| Réglette extérieure 120cm                   | 37  | 36     | 0,6     | 799,2          | 1    | 0,6 | 479,52          |
| Réglette intérieure 120cm Bureau            | 18  | 36     | 0,6     | 388,8          | 1    | 0,6 | 233,28          |
| Réglette intérieure 120cm Base vie          | 8   | 36     | 0,6     | 172,8          | 1    | 0,6 | 103,68          |
| Ampoule LED Bureau                          | 10  | 14     | 0,5     | 70             | 1    | 0,6 | 42              |
| Ampoule LED Base vie                        | 8   | 14     | 0,5     | 56             | 1    | 0,6 | 33,6            |
| Ventilateur sur pied Bureau                 | 10  | 60     | 0,8     | 480            | 1    | 0,6 | 288             |
| Ventilateur sur pied Base vie               | 5   | 60     | 0,8     | 240            | 1    | 0,6 | 144             |
| Laptop                                      | 27  | 65     | 0,8     | 1404           | 0,2  | 0,6 | 168,48          |
| Ecran PC 22"                                | 13  | 24     | 0,8     | 249,6          | 1    | 0,6 | 149,76          |
| Photocopieur                                | 1   | 900    | 0,8     | 720            | 0,1  | 1   | 72              |
| Kit Informatique (router+switch+modm)       | 1   | 210    | 0,8     | 168            | 1    | 1   | 168             |
| Imprimante                                  | 2   | 450    | 0,8     | 720            | 0,06 | 1   | 43,2            |
| Scanner                                     | 1   | 500    | 0,8     | 400            | 0,06 | 1   | 24              |
| Fontaine à eau (chaud et/ou froid) Bureau   | 3   | 630    | 0,8     | 1512           | 0,35 | 0,9 | 476,28          |
| Fontaine à eau (chaud et/ou froid) Base vie | 1   | 630    | 0,8     | 504            | 0,35 | 0,9 | 158,76          |
| Bouilloire                                  | 2   | 1500   | 1       | 3000           | 1    | 1   | 3000            |
| Pompe immergée 4"                           | 1   | 736    | 0,8     | 588,8          | 1    | 1   | 588,8           |
| Climatiseur 12000BTU Bureau                 | 8   | 1275   | 0,8     | 8160           | 0,5  | 0,6 | 2448            |
| Climatiseur 18000BTU                        | 2   | 1837   | 0,8     | 2939,2         | 0,5  | 1   | 1469,6          |
| Climatiseur 12000BTU Base vie               | 5   | 1275   | 0,8     | 5100           | 0,5  | 0,6 | 1530            |
| Frigo alimentaire 300L                      | 2   | 178    | 0,8     | 284,8          | 0,3  | 1   | 85,44           |
| Congélateur 200L                            | 1   | 150    | 0,8     | 120            | 0,35 | 1   | 42              |
| Lave-linge                                  | 1   | 1965   | 0,8     | 1572           | 1    | 1   | 1572            |
| Fer à repasser                              | 1   | 1900   | 1       | 1900           | 1    | 1   | 1900            |
| Radio HF/VHF                                | 1   | 50     | 0,8     | 40             | 1    | 1   | 40              |
| Vidéo projecteur                            | 2   | 1450   | 0,8     | 2320           | 1    | 1   | 2320            |
| Ecran téléviseur 43"                        | 1   | 70     | 0,8     | 56             | 1    | 1   | 56              |
| Box canal plus                              | 1   | 24     | 0,8     | 19,2           | 1    | 1   | 19,2            |
| Micro-onde                                  | 1   | 1900   | 1       | 1900           | 1    | 1   | 1900            |
| Cafetière                                   | 1   | 2100   | 0,8     | 1680           | 1    | 1   | 1680            |
| Moulinex                                    | 1   | 730    | 0,8     | 584            | 1    | 1   | 584             |
| <b>TOTAL (KVA)</b>                          |     |        |         | <b>38,1484</b> |      |     | <b>21,8196</b>  |

Dans le tableau ci-dessus, la puissance totale cumulée de la base est de **35KVA** et celle foisonnée de **20,86KVA**. La puissance foisonnée n'est que le produit de la puissance théorique totale des équipements par les coefficients Ku et Ks. Il reflète le fait que les appareils ne sont pas tous utilisés en même temps et à pleine puissance.

### 3. La consommation fonctionnelle de la base

Cette consommation fonctionnelle d'énergie électrique se réfère à la quantité maximum d'électricité utilisée par la base. C'est la quantité d'énergie électrique réellement utilisée par la base pour son fonctionnement, hors pertes.

Cette estimation repose sur la consommation de fuel constatée des générateurs, le bilan de puissance des équipements électriques de la base et du temps de fonctionnement réel (journalier, mensuel, annuel, etc.).

#### a) Consommation annuelle fuel générateurs

La base dispose deux générateurs fonctionnant de manière alternative. Celui de 33KVA en journée couvrant tous les besoins et le 15KVA en backup et la nuit

**Tableau N°2 : Consommation fuel générateur**

| Consommation annuelle générateur Fév. 2024 - Janv. 2025 |         |      |       |      |      |         |      |      |      |      |      |       | Total Conso |       | Coût   |
|---------------------------------------------------------|---------|------|-------|------|------|---------|------|------|------|------|------|-------|-------------|-------|--------|
| Géné/Mois                                               | Février | Mars | Avril | Mai  | Juin | Juillet | Août | Stp  | Oct. | Nov. | Déc  | Janv. | l/an        | l/j   | 1,7€/l |
| Géné 33 KVA                                             | 930     | 1020 | 1230  | 960  | 890  | 810     | 780  | 840  | 830  | 840  | 1060 | 800   | 10990       | 30,11 | 18683  |
| Géné 15 KVA                                             | 420     | 380  | 390   | 460  | 520  | 580     | 620  | 560  | 570  | 580  | 540  | 380   | 6000        | 16,44 | 10200  |
| Total l/mois                                            | 1350    | 1400 | 1620  | 1420 | 1410 | 1390    | 1400 | 1400 | 1400 | 1420 | 1600 | 1180  | 16990       | 46,55 | 28883  |

La base consomme en moyenne 16 990l de fuel par an soit 46,55l/j pour une valeur de 28 883 € soit 18 986 000 XAF. Le pic de consommation se fait à partir du période de canicule entre le mois de mars à mai, et en période de fraîcheur, de décembre à janvier pour raison de confort thermique.

Ces données ci-haut permettent d'identifier les postes et les appareils qui sont entre autres les climatiseurs, les fontaines à eau, machine à laver, la pompe immergée, etc. ainsi que les processus de gaspillage d'énergie et chiffrer les économies d'énergie possibles dans le but de proposer des mesures pour réaliser ces économies.

#### b) La consommation fonctionnelle des appareils :

La consommation habituelle des appareils est la somme des énergies consommées par chaque appareil. C'est le produit d'une puissance de l'appareil par le nombre des heures de fonctionnement par jour. En général, l'on se réfère aux factures d'électricité de réseau publique ou de compteur électrique tel que le DIRIS pour déterminer la consommation ou le besoin réel d'énergie de. Pour notre cas,

nous exploitons le temps de fonctionnement des équipements en journée et la nuit pour quantifier le besoin réel de la base.

**Tableau N°03 : Consommation estimative fonctionnelle de la base**

| Equipement                                  | Qté | Pu (W) | Cos Phi | Smax (VA) | Ku   | Ks  | Smax Fois. (VA) | Temps d'utilisation (h) |      | Energie/J (Vah) | Energie/N (Vah) |
|---------------------------------------------|-----|--------|---------|-----------|------|-----|-----------------|-------------------------|------|-----------------|-----------------|
|                                             |     |        |         |           |      |     |                 | Jour                    | Nuit |                 |                 |
| Réglette extérieure 120cm                   | 37  | 36     | 0,6     | 799,2     | 1    | 0,6 | 479,52          | 0                       | 18   | 0               | 8631,36         |
| Réglette intérieure 120cm Bureau            | 18  | 36     | 0,6     | 388,8     | 1    | 0,6 | 233,28          | 8                       | 2    | 1866,24         | 466,56          |
| Réglette intérieure 120cm Base vie          | 8   | 36     | 0,6     | 172,8     | 1    | 0,6 | 103,68          | 2                       | 8    | 207,36          | 829,44          |
| Ampoule LED Bureau                          | 10  | 14     | 0,5     | 70        | 1    | 0,6 | 42              | 8                       | 2    | 336             | 84              |
| Ampoule LED Base vie                        | 8   | 14     | 0,5     | 56        | 1    | 0,6 | 33,6            | 2                       | 2    | 67,2            | 67,2            |
| Ventilateur sur pied Bureau                 | 10  | 60     | 0,8     | 480       | 1    | 0,6 | 288             | 7                       | 2    | 2016            | 576             |
| Ventilateur sur pied Base vie               | 5   | 60     | 0,8     | 240       | 1    | 0,6 | 144             | 2                       | 10   | 288             | 1440            |
| Laptop                                      | 27  | 65     | 0,8     | 1404      | 0,2  | 0,6 | 168,48          | 8                       | 1    | 1347,84         | 168,48          |
| Ecran PC 22"                                | 13  | 24     | 0,8     | 249,6     | 1    | 0,6 | 149,76          | 8                       | 2    | 1198,08         | 299,52          |
| Photocopieur                                | 1   | 900    | 0,8     | 720       | 0,1  | 1   | 72              | 2                       | 0,5  | 144             | 36              |
| Kit Informatique (router+switch+modm)       | 1   | 210    | 0,8     | 168       | 1    | 1   | 168             | 8                       | 16   | 1344            | 2688            |
| Imprimante                                  | 2   | 450    | 0,8     | 720       | 0,06 | 1   | 43,2            | 2                       | 0,5  | 86,4            | 21,6            |
| Scanner                                     | 1   | 500    | 0,8     | 400       | 0,06 | 1   | 24              | 2                       | 0,5  | 48              | 12              |
| Fontaine à eau (chaud et/ou froid) Bureau   | 3   | 630    | 0,8     | 1512      | 0,35 | 0,9 | 476,28          | 8                       | 0    | 3810,24         | 0               |
| Fontaine à eau (chaud et/ou froid) Base vie | 1   | 630    | 0,8     | 504       | 0,35 | 0,9 | 158,76          | 8                       | 16   | 1270,08         | 2540,16         |
| Bouilloire                                  | 2   | 1500   | 1       | 3000      | 1    | 1   | 3000            | 0,5                     | 0,5  | 1500            | 1500            |
| Pompe immergée 4"                           | 1   | 736    | 0,8     | 588,8     | 1    | 1   | 588,8           | 4                       | 0    | 2355,2          | 0               |
| Climatiseur 12000BTU Bureau                 | 8   | 1275   | 0,8     | 8160      | 0,5  | 0,6 | 2448            | 7                       | 1    | 17136           | 2448            |
| Climatiseur 18000BTU                        | 2   | 1837   | 0,8     | 2939,2    | 0,5  | 1   | 1469,6          | 8                       | 16   | 11756,8         | 23513,6         |
| Climatiseur 12000BTU Base vie               | 5   | 1275   | 0,8     | 5100      | 0,5  | 0,6 | 1530            | 2                       | 10   | 3060            | 15300           |
| Frigidaire alimentaire 300L                 | 2   | 178    | 0,8     | 284,8     | 0,3  | 1   | 85,44           | 8                       | 16   | 683,52          | 1367,04         |
| Congélateur 200L                            | 1   | 150    | 0,8     | 120       | 0,35 | 1   | 42              | 8                       | 16   | 336             | 672             |
| Lave-linge                                  | 1   | 1965   | 0,8     | 1572      | 1    | 1   | 1572            | 6                       | 0    | 9432            | 0               |
| Fer à repasser                              | 1   | 1900   | 1       | 1900      | 1    | 1   | 1900            | 2                       | 0    | 3800            | 0               |
| Radio HF/VHF                                | 1   | 50     | 0,8     | 40        | 1    | 1   | 40              | 0                       | 0    | 0               | 0               |
| Vidéo projecteur                            | 2   | 1450   | 0,8     | 2320      | 1    | 1   | 2320            | 2                       | 0,5  | 4640            | 1160            |
| Ecran téléviseur 43"                        | 1   | 70     | 0,8     | 56        | 1    | 1   | 56              | 4                       | 6    | 224             | 336             |
| Box canal plus                              | 1   | 24     | 0,8     | 19,2      | 1    | 1   | 19,2            | 4                       | 6    | 76,8            | 115,2           |
| Micro-onde                                  | 1   | 1900   | 1       | 1900      | 1    | 1   | 1900            | 0,5                     | 0,5  | 950             | 950             |
| Cafetière                                   | 1   | 2100   | 0,8     | 1680      | 1    | 1   | 1680            | 0,5                     | 0,5  | 840             | 840             |
| Moulinex                                    | 1   | 730    | 0,8     | 584       | 1    | 1   | 584             | 1                       | 0,5  | 584             | 292             |
|                                             |     |        |         |           |      |     |                 | <b>TOTAL (KVAh)</b>     |      | <b>70,81976</b> | <b>66,06216</b> |



Les besoins réels de fonctionnement de la base s'établissent comme suit : en journée le besoin est 70,92 KVAh et la nuit de 66 KVAh soit au total 136,88 KVAh. Sur la base de ces besoins, nous déterminerons un système solaire pour une amélioration de consommation de fuel et proposer le type d'installation à mixité solaire-Diesel afin de garantir la continuité de fourniture électrique de la base.

## CHAPITRE III : ANALYSE ET TRAITEMENT DES DONNEES

### I. Introduction

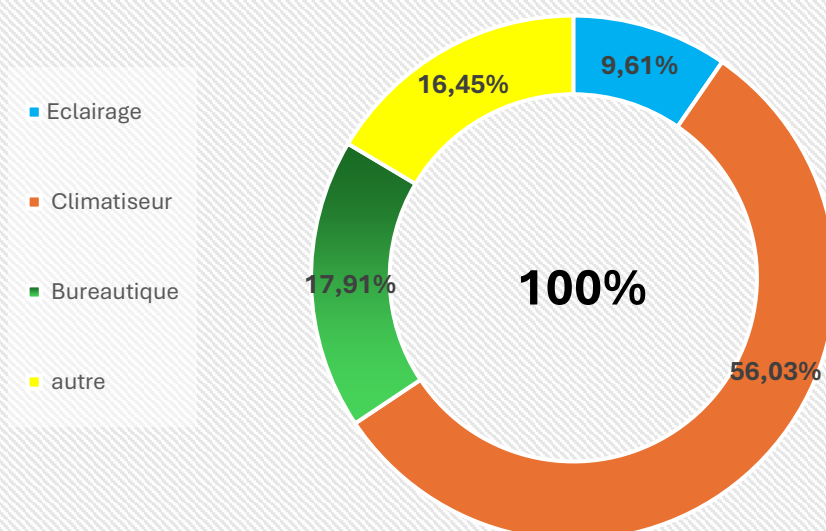
Ce chapitre décrit un ensemble de techniques d'analyse et de traitement des données de consommation énergétique pour un système solaire. La démarche consiste à mesurer et analyser la quantité d'énergie solaire à utiliser et à produire, ainsi que la manière dont cette énergie est consommée. Ces données peuvent être utilisées pour optimiser la production et la consommation d'énergie, améliorer l'efficacité du système et identifier les sources d'inefficacité. Les mesures d'amélioration rentables sont ensuite sélectionnées pour l'atteinte de l'objectif.

L'idée est de trouver des moyens réalistes d'optimiser la consommation et la production, qui nécessitent généralement un investissement minimal et peuvent être facilement mis en place avec une bonne organisation. Le présent chapitre décrit cette démarche.

### II. Economie réalisable

L'objectif est d'optimiser l'utilisation de l'énergie générée, de rendre son exploitation plus efficace afin de diminuer la consommation et d'éviter le gaspillage tout en maximisant l'efficacité des appareils. Il s'agit aussi de réduire le coût du carburant et les émissions de gaz à effet de serre. Dans notre situation, les principales sources d'économie d'énergie sont la climatisation, qui arrive en tête, suivie par le matériel bureautique, les appareils électroménagers et éclairage, tous indiqués en pourcentage sur le diagramme ci-dessous (figure 04).

Figure 04: Diagramme consommation énergie de la base



Compte tenu de ces exigences, il serait complexe de réaliser des économies sur la consommation actuelle sans compromettre les activités. Il serait préférable

d'envisager un programme d'optimisation énergétique à mettre en place en fonction des ressources financières disponibles et de sa faisabilité.

### III. Programme d'amélioration

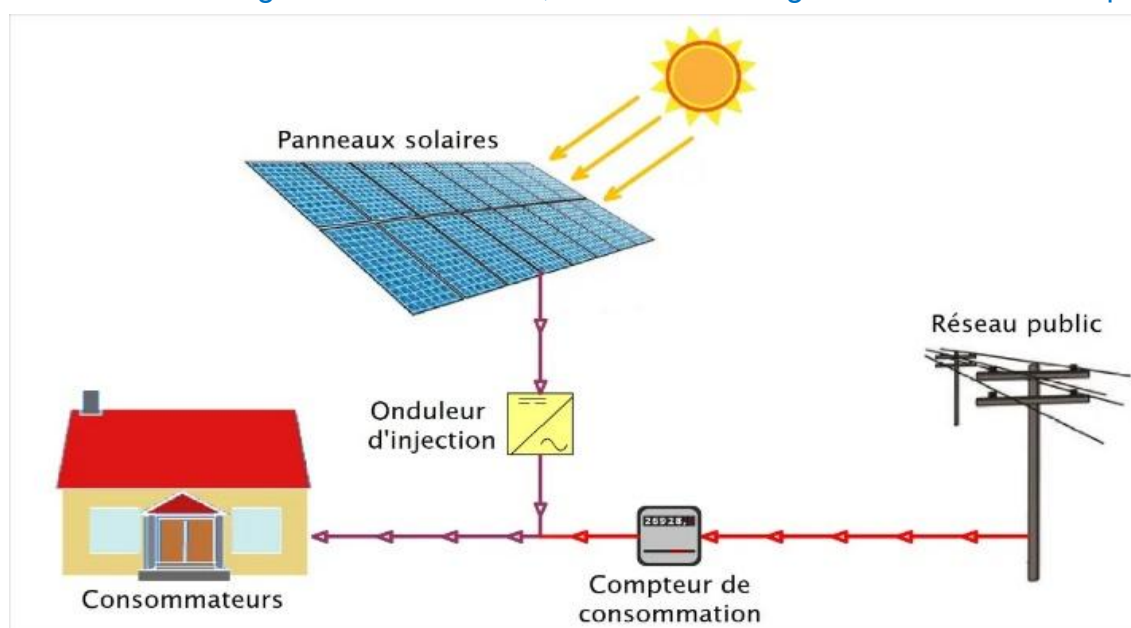
Des scénarios d'économie d'énergie seront élaborés sur la base des programmes d'amélioration cohérents et adaptés aux conditions climatiques et caractéristique de chacun de bâtiments, pour permettre à l'organisation d'orienter son intervention dans les meilleures conditions de cout et délai. Ces scénarios sont présentés sous la forme de propositions réalistes, correspondant au besoin réel de la base à un niveau de performance énergétique après les installations. Ces propositions seront complétées le cas échéant d'autres préconisations des travaux d'amélioration énergétique issues d'analyse des spécificités des bâtiments. Trois scénarios seront envisagés :

- ❖ 1<sup>er</sup> scénario type d'installation solaire photovoltaïque simple : injection au réseau existant sans stockage.
- ❖ 2<sup>e</sup> scénario type d'installation solaire photovoltaïque sécurisé : installation autonome intégrant un système de stockage d'énergie.

#### A. Scénario 1 : Système solaire photovoltaïque simple

Cette forme d'installation, qualifiée de simple, diffuse intégralement ou partiellement le courant généré sur le réseau en fonction de la consommation en temps. Dans notre premier scénario, nous procéderons à une injection complète pour satisfaire une portion de nos besoins, ce qui diminuera la consommation de carburant des générateurs.

Le dispositif d'injection a pour fonction de convertir l'énergie solaire collectée par des panneaux photovoltaïques en électricité exploitable, puis de réintroduire cette énergie dans le réseau électrique en place, diminuant par conséquent l'utilisation de carburant par les générateurs. Le processus commence par la conversion de l'énergie solaire en courant continu, suivie de sa transformation en courant alternatif grâce à un onduleur, avant d'être intégrée au réseau électrique.



**Figure 05 : Système solaire photovoltaïque simple**



## 1- Principe de fonctionnement du système

L'installation photovoltaïque prévue pour un raccordement réseau se compose des éléments suivants :

- Un champ de panneaux,
- Une structure pour le recevoir, (sauf dans le cas de tuiles solaires sur un toit),
- Un onduleur,
- Des boîtiers de protection en amont et en aval de l'onduleur.

L'onduleur représente une petite installation de production d'énergie. Avant d'injecter sa production, il s'assure que le réseau possède certaines caractéristiques en matière de tension et de fréquence. Il synchronise son courant avec celui du réseau (la tension du courant alternatif fluctue selon une courbe sinusoïdale, et l'onduleur ajuste la forme de son courant pour correspondre à celle-ci), et il élève la tension de production jusqu'à ce que l'intégralité de sa production soit injectée dans le réseau. Il faut préciser que lors de l'injection réseau standard, si le courant du réseau est interrompu, l'onduleur ne génère pas d'électricité. Nous examinerons plus bas les options alternatives.

## B. Scénario 2 : Système solaire photovoltaïque sécurisée

Un système solaire autonome, équipé d'un onduleur photovoltaïque, d'un onduleur de charge et d'un système de stockage d'énergie, permet de tirer le meilleur parti de l'énergie solaire produite localement et de la stocker pour une utilisation ultérieure, réduisant ainsi la dépendance au réseau électrique.

Ce dispositif autonome, également connu sous le nom de système photovoltaïque hors réseau, constitue une option prometteuse pour générer de l'électricité de manière autonome et durable, en particulier dans les régions où le réseau électrique est inexistant ou peu fiable. Toutefois, il est crucial de considérer les coûts et les limites associés à ce type d'installation.

### 1- Principe de fonctionnement du système

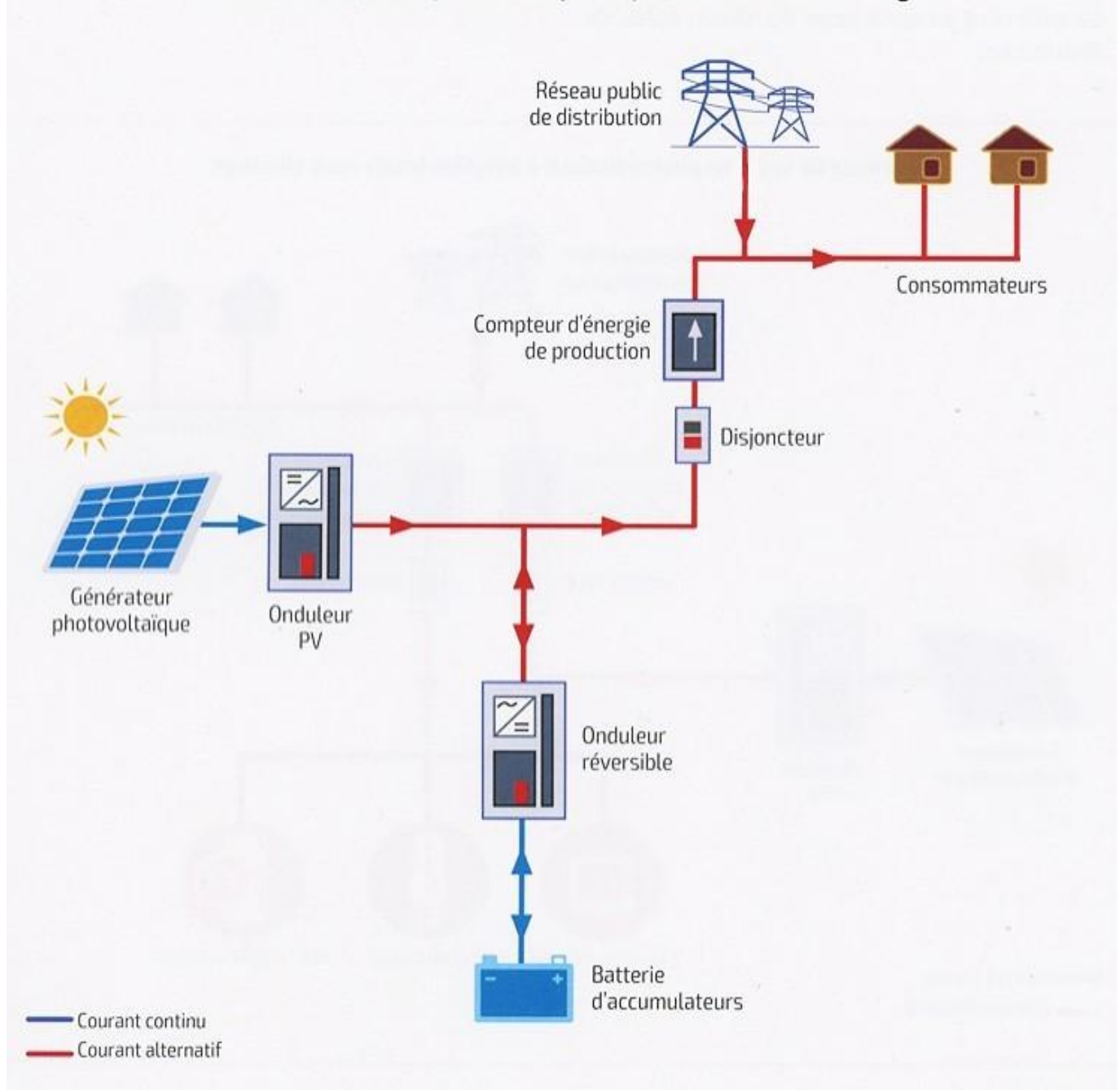
Cette installation solaire autonome comprend généralement les éléments suivants :

- **Panneaux solaires photovoltaïques** ; captent l'énergie solaire et la transforment en courant continu
- **Onduleur solaire (DC/AC)**, transforme le courant continu produit par les panneaux solaires en courant alternatif, utilisable par les appareils électriques
- **Onduleur chargeur bidirectionnel (DC/AC & AC/DC)**, répondre aux besoins de charge et de conversion des sites isolés qui souhaitent devenir autonomes en énergie
- **Batteries**, stockent l'excédent d'électricité produit par les panneaux solaires pour une utilisation ultérieure, notamment la nuit ou par temps nuageux

- **Régulateur de charge**, gère la charge et la décharge des batteries, les protégeant contre les surcharges et les décharges excessives.
- **Éventuellement, un groupe électrogène**, peut servir de source d'énergie de secours en cas de besoin important ou de production solaire insuffisante.

Son fonctionnement se rapproche du premier scénario. Son atout principal réside dans le fait qu'il permette de produire de l'électricité hors réseau. Il s'inscrit dans une démarche de transition énergétique vers une électricité verte et en autoconsommation. S'il reste encore du surplus une fois les batteries chargées dans ce cas, le système arrête de produire quand les batteries sont pleines.

Exemple de système photovoltaïque à injection totale avec stockage



**Figure 06 : système solaire photovoltaïque à injection totale avec stockage**

## C. Dimensionnement du système

**Tableau N°04 : Données d'irradiation et température d'Adré (PVGIS)**

|       | Jan  | Feb  | Mar  | Avr. | Mai  | Juin | Juil | Aout | Sep  | oct. | Nov. | Déc. |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| PSH   | 6,28 | 6,93 | 6,95 | 7,64 | 6,97 | 6,41 | 6,52 | 6,04 | 6,26 | 6,63 | 6,11 | 6,13 |
| Temp. | 23,1 | 23,6 | 28,1 | 30,8 | 31,6 | 27,7 | 27,3 | 25,6 | 27,3 | 29,4 | 27,8 | 22,7 |

L'irradiation maximale est de 7,64 KWh/m<sup>2</sup>/j et le mois le moins est 6,04 KWh/m<sup>2</sup>/j août.

**Tableau N°5 : Données de consommation énergétique fonctionnelle de la base**

|              | Jour       | Nuit        |
|--------------|------------|-------------|
| Consommation | 70,82 KVAh | 65,73 KVAh  |
| Total        |            | 136,55 KVAh |

La consommation maximale en matinée (7h à 18h) est de **70,82 KVAh** et pour une journée entière est de 136,55KVAh. Cette consommation estimative aux heures de fonctionnement des appareils.

### Scénario 1 :

La puissance crête des panneaux (Pc) pour pouvoir produire l'énergie journalière sera le rapport de produit de besoin journalier de la base par les pertes par l'irradiation journalière du mois le plus bas.

$$P_c (W_c) = B_j (KVAh/j) * P (\%) / h_i (KWh/m^2/j)$$

**Pc** ☞ puissance crête à installer

**Bj** ☞ besoin journalier d'énergie

**P** ☞ perte minimum appliqué 30% ; il tient compte d'un coefficient de vieillissement dans le temps et d'un effet de masque.

**Hi** ☞ irradiance du mois le moins ensoleillé qui est août 6,04KWh/m<sup>2</sup>

$$P_c (W_c) = (70820 * 1,3) / 6,04$$

$$P_c = 15\,243\, W_c$$

## a) Calcul de nombre des plaques solaires nécessaires

Pour ce faire, il faut déjà avoir identifier le panneau solaire disponible sur le marché local que l'on va utiliser. Pour notre cas nous allons utiliser un panneau solaire 585W ayant les caractéristiques suivantes :

- Panneau solaire utilisé : JKM-585N-72HL4 Tiger Neo N-Type
- Poids : 29kg
- Dimensions : 2278×1134×35mm

| <b>Tableau N°6 : Données du panneau solaire</b> |                           |                            |                            |                           |                 |                 |                 |             |
|-------------------------------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------------|
| <b>P<sub>pk</sub> (W)</b>                       | <b>V<sub>OC</sub> (V)</b> | <b>V<sub>MPP</sub> (V)</b> | <b>I<sub>MPP</sub> (A)</b> | <b>I<sub>SC</sub> (A)</b> | <b>a (A/°C)</b> | <b>b (V/°C)</b> | <b>G (W/°C)</b> | <b>NOCT</b> |
| 585                                             | 51,16                     | 42,52                      | 13,76                      | 14,55                     | 0,046           | - 0,25          | - 0,30          | 45          |

Nombre de panneaux nécessaire

$$N_p : P_c / P_{pk}$$

$$NP = 15243 / 585$$

$$NP = 26 \text{ plaques solaires de } 585W_c$$

- Espace nécessaire pour l'installation

$$S = 26 * ((2,278 + 0,017) * (1,134 + 0,017))$$

$$S = 68,68 \text{ m}^2$$

- Poids total plaque solaire

$$P_t = 29 * 28 \text{ Kg}$$

$$P_t = 812 \text{ Kg}$$

Avec les supports d'installation des plaques solaires, nous estimerons à 1 000 kg

## b) Choix de l'onduleur PV : FRONIUS 20.0-3-M

Pour choisir un onduleur, il est important de prendre en compte plusieurs facteurs : la puissance de l'installation, le type d'installation (monophasé ou triphasé), le rendement, et les besoins spécifiques (hybride, stockage d'énergie).

Pour notre cas (scénario 1), l'onduleur Fronius 20.0-3 M Symo est idéal car souvent choisi pour les installations triphasées. Ils fonctionnent en convertissant l'énergie solaire continue (CC) en énergie électrique alternative (CA) utilisable pour les besoins. Ces onduleurs triphasés, sans transformateur, sont adaptés à une large gamme d'installations, du résidentiel au commercial. Ils sont conçus pour optimiser la production d'énergie et réduire les factures d'électricité.

Ils utilisent une électronique de puissance pour convertir ce courant CC en courant alternatif (CA) au format de tension et de fréquence standard pour votre réseau ; et des systèmes de suivi de point de puissance maximum (MPPT) pour

maximiser la production d'énergie des panneaux solaires dans des conditions de luminosité et de température variables. Certains modèles Symo disposent de fonctionnalités permettant de gérer l'injection d'énergie sur le réseau, notamment la limitation de l'injection zéro.

**Tableau N°7 : Données convertisseur PV**

| $V_{DC\ max}$ | $V_{DC\ min}$ | $I_{DC\ max}$ | $P_{FV\ max}$ | $P_{AC\ nomax}$ | Rend_eur | Rend_max |
|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------|----------|----------|
| 1 000         | 200           | 51,1          | 30 000        | 20 000          | 97,4%    | 98%      |

En Considérant les espaces pour la maintenance et pour l'aération des panneaux ainsi que le poids total des panneaux sur la structure, il sera installé sur une emprise au sol.

### c) La valeur STC du champ solaire

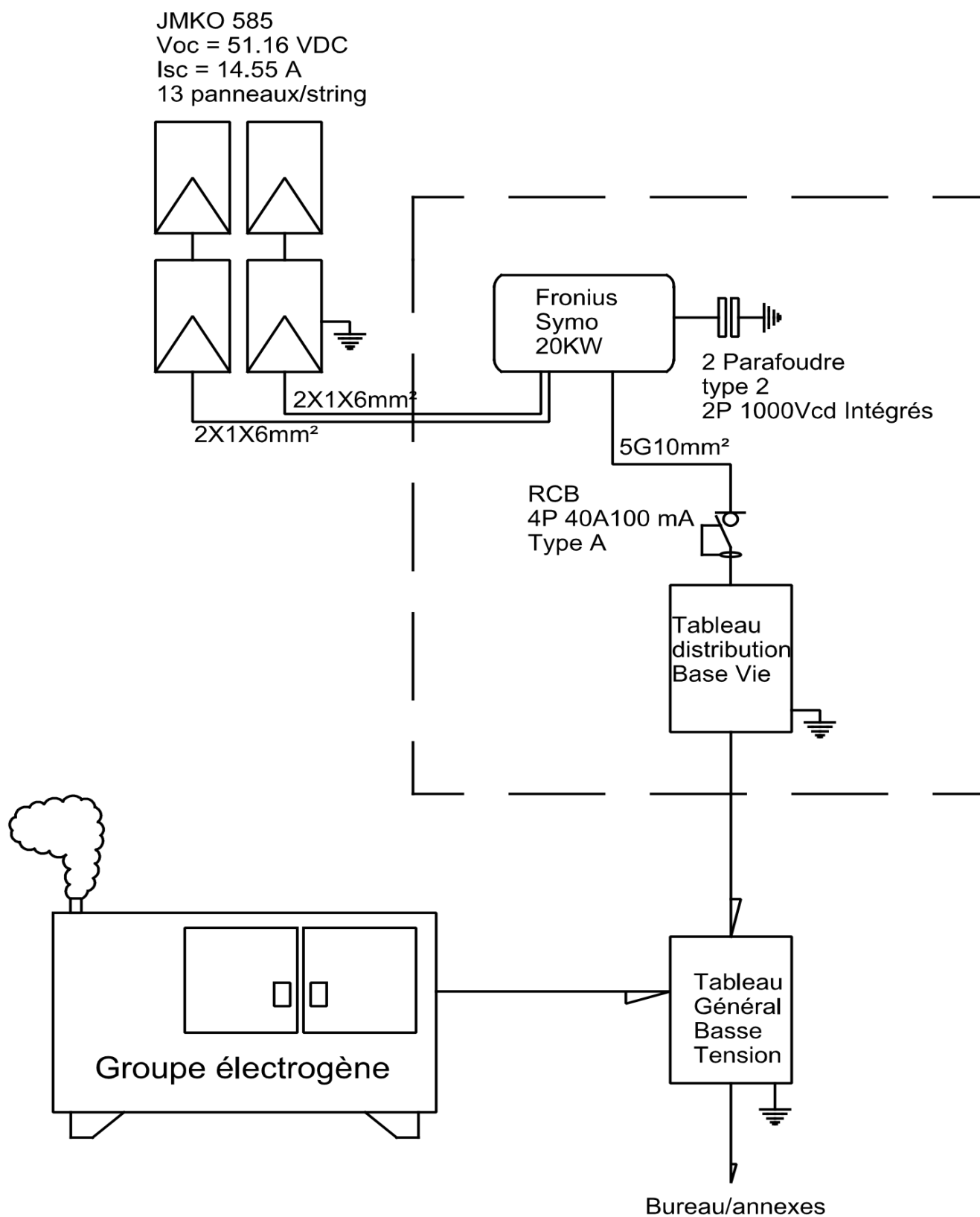
Considérant les caractéristiques techniques du Fronius 20.0-3-M, il est choisi d'installer les configurations suivantes :

**Tableau N° 08 : Tableau des paramètres de configurations**

|         | $N_{MS}$ | $N_{SP}$ | $V_{OC}$ | $V_{MPP}$ | $I_{MPP}$ | $P_{PK}$ | $N_{mod}$ |
|---------|----------|----------|----------|-----------|-----------|----------|-----------|
| Conf. 1 | 13       | 2        | 665,08   | 578,16    | 27,52     | 15 210   | 26        |

Soit 26 panneaux solaire de 585W pour une puissance totale de 15 210 Wc

**Figure 07 : Synoptique Scénario 1**



## Estimation de production énergétique journalière et mensuelle du système

Estimation calculer sur le site [www.pvgis.com](http://www.pvgis.com)

### Résumé

#### Entrées fournies:

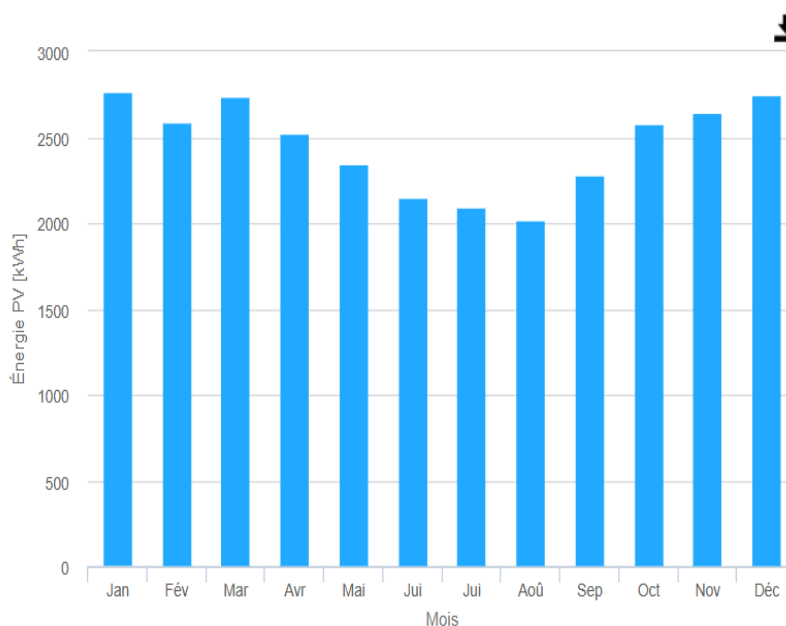
|                        |                     |
|------------------------|---------------------|
| Emplacement [Lat/Lon]: | 13.467,22.198       |
| Horizon:               | Calculé             |
| Base de données:       | PVGIS-SARAH3        |
| Technologie PV:        | Silicium cristallin |
| PV installée [kWp]:    | 15.243              |
| Pertes du système [%]: | 10                  |

#### Résultats de la simulation:

|                                          |          |
|------------------------------------------|----------|
| Angle d'inclinaison [°]:                 | 18 (opt) |
| Angle d'azimut [°]:                      | -3 (opt) |
| Production annuelle PV [kWh]:            | 29472.67 |
| Irradiation annuelle [kWh/m²]:           | 2513.93  |
| Variabilité interannuelle [kWh]:         | 412.59   |
| Changements de la production à cause de: |          |
| Angle d'incidence [%]:                   | -2.51    |
| Effets spectraux [%]:                    | 0.03     |
| Température et irradiance faible [%]:    | -12.36   |
| Pertes totales [%]:                      | -23.09   |

| Mois      | E-J   | E-M     |
|-----------|-------|---------|
| Janvier   | 89,21 | 2765,55 |
| Février   | 92,38 | 2586,56 |
| Mars      | 88,29 | 2736,98 |
| Avril     | 84,12 | 2523,61 |
| Mai       | 75,58 | 2343,09 |
| Juin      | 71,81 | 2154,18 |
| Juillet   | 67,50 | 2092,55 |
| Août      | 65,08 | 2017,43 |
| Septembre | 75,90 | 2276,98 |
| Octobre   | 83,19 | 2579,02 |
| Novembre  | 88,20 | 2646,11 |
| Décembre  | 88,73 | 2750,6  |

Production énergétique mensuelle du système PV fixe

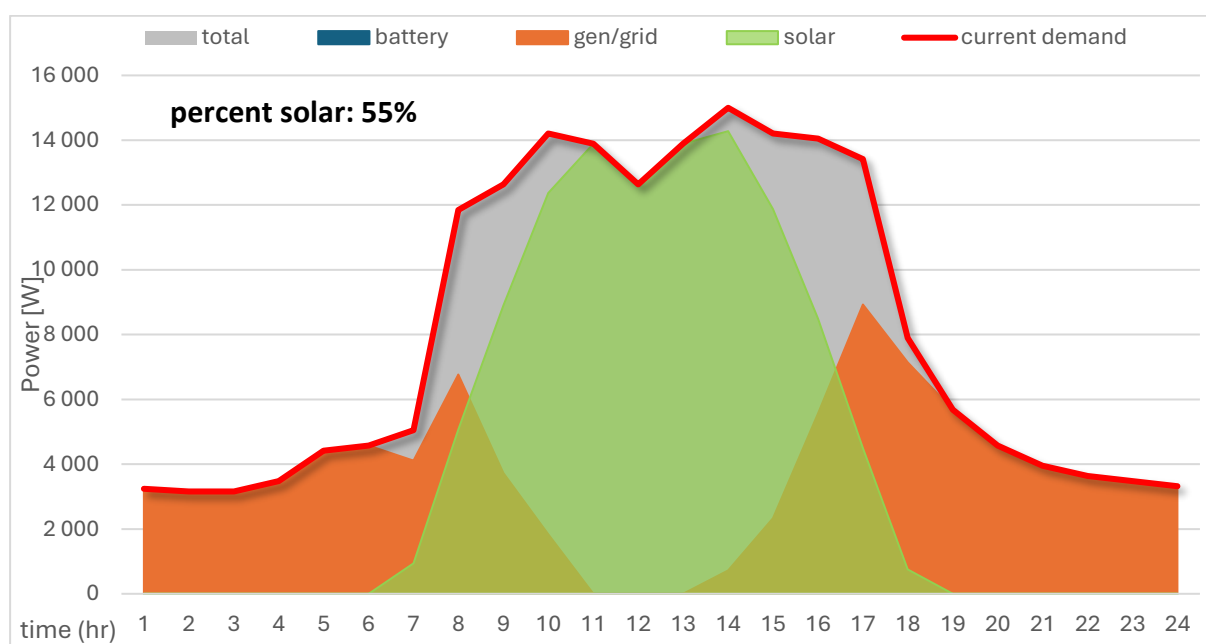




**Tableau N°9 : Proposition financière Scénario 1**

| N° | Désignation                                                  | Qté | PU (euro) | Total            |
|----|--------------------------------------------------------------|-----|-----------|------------------|
| 1  | ONDULEUR PV (Fronius Symo 20.0-3-M) 20kVA 380/230V           | 1   | 3 076,38  | 3 076,38         |
| 2  | PANNEAU SOLAIRE, 520-590Wp, Voc 48-52V, Isc 13-15A           | 26  | 87,16     | 2 266,16         |
| 3  | CONTROLEUR hybride solaire (Elum HFS)                        | 1   | 7 270,67  | 7 270,67         |
| 4  | Sous-total                                                   |     |           | <b>12 613,21</b> |
| 5  | <b>Protection DC</b>                                         |     |           |                  |
| 6  | ENS. PARAFOUDRE PV type 2, 2P 1000Vdc avec 2 cartouches      | 2   | 150,34    | 300,68           |
| 7  | (Parafoudre PV type 2, 2P) CARTOUCHE, 1000Vdc                | 2   | 85,17     | 170,34           |
| 8  | Sous-total                                                   |     |           | <b>471,02</b>    |
| 9  | <b>Coffret AC</b>                                            |     |           |                  |
| 10 | DISJONCTEUR MT courbe C, 10A pdc10kA, 4P mod                 | 1   | 82,53     | 82,53            |
| 11 | Motorisé breaker 80A                                         | 1   | 500       | 500              |
| 12 | INTERRUPTEUR DIFF. Type A, 100mA 40A, 4P                     | 1   | 161,33    | 161,33           |
| 13 | DISJONCTEUR MT courbe C, 63A pdc10kA,                        | 1   | 161,58    | 161,58           |
| 14 | COFFRET ELEC. Saillie, 2x12 mod., 274x384x138mm, IP65        | 1   | 142,7     | 142,7            |
| 15 | Sous-total                                                   |     |           | <b>1 048,14</b>  |
| 16 | <b>CABLE</b>                                                 |     |           |                  |
| 17 | CABLE SOLAIRE souple, 1x6mm², noir, le mètre                 | 100 | 1,9       | 190              |
| 18 | CABLE SOLAIRE souple, 1x6mm², rouge, le mètre                | 100 | 1,6       | 160              |
| 19 | PIQUET DE TERRE, cuivré, 2x1m, piquets + connections         | 1   | 78,68     | 78,68            |
| 20 | FIL DE CABLAGE souple, étamé, 6mm², vert/jaune, le mètre     | 50  | 1,54      | 77               |
| 21 | (Panneau solaire) CONNECTEUR MC4, 4/6mm² femelle, 2 parties  | 20  | 1,12      | 22,4             |
| 22 | (Panneau solaire) CONNECTEUR MC4, 4/6mm² male, 2 parties     | 20  | 1,08      | 21,6             |
| 23 | (Connecteur MC4) PINCE à sertir, 4/6mm² contact male/femelle | 1   | 99,41     | 99,41            |
| 24 | CABLE souple, caoutchouc, 5G10mm², bobine                    | 30  | 127,64    | 3829,2           |
| 25 | (Connecteur MC4) CLE à fourches, jeu de 2                    | 1   | 11,73     | 11,73            |
| 26 | Sous-total                                                   |     |           | <b>4 490,02</b>  |
| 27 | <b>SUPPORT PANNEAUX SOLAIRES</b>                             |     |           |                  |
| 28 | (Renusol MS+) ETRIER LATERAL panneau solaire                 | 256 | 2,29      | 586,24           |
| 29 | (Renusol MS+) MISE A LA TERRE panneau solaire                | 132 | 0,26      | 34,32            |
| 30 | (Renusol MS+) ETRIER CENTRAL panneau solaire                 | 132 | 2,29      | 302,28           |
| 31 | (Renusol MS+H) SUPPORT panneau solaire                       | 396 | 13,53     | 5357,88          |
| 32 |                                                              |     |           | <b>6280,72</b>   |
| 33 | <b>ACCESSOIRES</b>                                           |     |           |                  |
| 34 | LIGNE DE VIE antichute, câble inoxydable, 50m, pour toiture  | 3   | 1489,17   | 4467,51          |
| 35 | ECHELLE à crinoline, 3m, pour accès toiture                  | 2   | 1191,01   | 2382,02          |
| 36 | Sous-total                                                   |     |           | <b>6849,53</b>   |
| 37 | TOTAL général matériel                                       |     |           | <b>31 752,64</b> |
| 38 | Expédition par bateau                                        | 1   | 0         | 0                |
| 39 | Main d'œuvre installation                                    | 1   | 10000     | 10000            |
| 40 | Imprévus                                                     | 1   | 1000      | 1000             |
| 41 | <b>TOTAL GENERAL COMMANDE</b>                                |     |           | <b>42 752,64</b> |

**Figure 08 : Gestion des sources d'énergie du site**

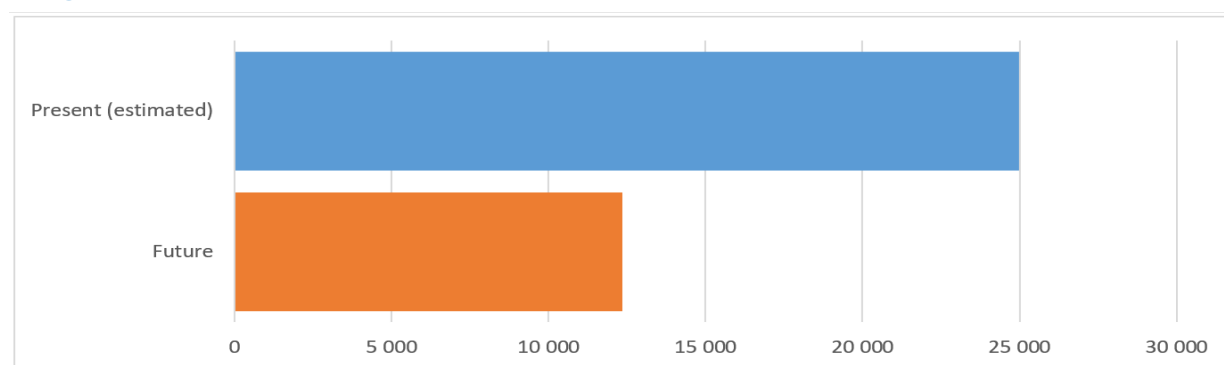


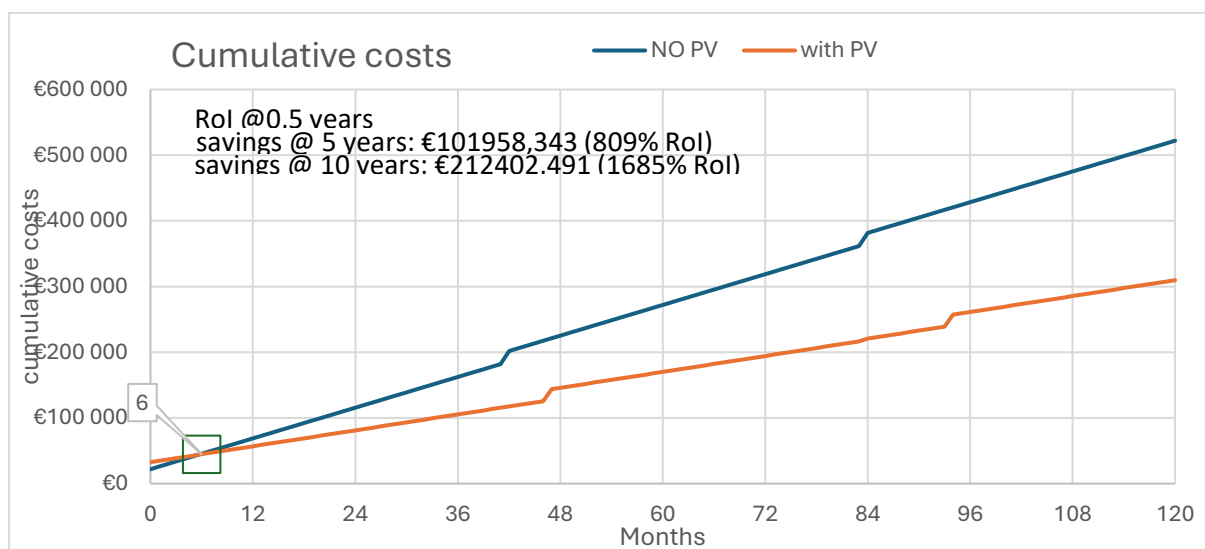
Selon les estimations la production énergétique de l'installation, va couvrir **55%** du besoin énergétique du site.

**Tableau N°10 : Paramètres financiers du site**

|                                            |                  |
|--------------------------------------------|------------------|
| Estimation énergétique journalière du site | 195,4 kWh        |
| Puissance champs solaire installé          | 15 kWc           |
| Cout estimatif de l'installation           | <b>45 000 €</b>  |
| Production moyenne journalière du site     | <b>107,6 kWh</b> |
| Cout du carburant                          | 1,8 €            |
| Coût du kWh d'électricité                  | 0,25€            |
| Nombre de générateur du site               | 2                |

**Figure 09 : Estimation des consommations annuelles de carburant**



**Figure 10 : Estimation du retour sur investissement**

Selon les simulations le retour sur investissement est estimé à 6 mois

## Scénario 2

Ce scénario vise la production et le stockage d'énergie pour toute la base. Sur ce, il est crucial de déterminer la puissance crête nécessaire pour le besoin en journée et le stockage pour la nuit. Le besoin d'énergie pour toute la base est la somme de la consommation jour et nuit. Sur ce, nous utiliserons le même type d'onduleur et panneau solaire que celui de scénario tout en rajoutant trois (3) inverter/chargeurs et un contrôleur de charge solaire une partie des plaques solaires. Nous procédons aux calculs :

$$P_c (W_c) = B_t (KVAh/j) * P (\%) / h_i (KWh/m^2/j)$$

**P<sub>c</sub>** ☞ puissance crête à installer

**B<sub>t</sub>** ☞ consommation d'énergie totale en journée et la nuit de la base

**P** ☞ perte minimum appliqué 30% ; il tient compte d'un coefficient de vieillissement dans le temps et d'un effet de masque.

**H<sub>i</sub>** ☞ irradiance du mois le moins ensoleillé qui est août 6,04KWh/m<sup>2</sup>

$$P_c (W_c) = (136881 * 1,3) / 6,04$$

$$P_c (W_c) = 29\,461,14$$

### a) Calcul de nombre des plaques solaires nécessaires

- Panneau solaire utilisé : JKM-585N-72HL4 Tiger Neo N-Type
- Poids : 29kg
- Dimensions : 2278×1134×35mm

Tableau N°11 : Données du panneau solaire

| $P_{pk}$ (W) | $V_{oc}$ (V) | $V_{MPP}$ (V) | $I_{MPP}$ (A) | $I_{sc}$ (A) | $a$ (A/°C) | $b$ (V/°C) | $G$ (W/°C) | NOCT |
|--------------|--------------|---------------|---------------|--------------|------------|------------|------------|------|
| 585          | 51,16        | 42,52         | 13,76         | 14,55        | 0,046      | - 0,25     | - 0,30     | 45   |

Nombre de panneaux nécessaire

$N_p : P_c / P_{pk}$

$NP = 29\,461 / 585$

$NP = 50$  plaques solaires de 585Wc.

Considérant l'espace pour maintenance et aération, les caractéristiques techniques de l'onduleur, il sera installé un nombre inférieur à celui estimé.

- **Espace nécessaire pour l'installation**

$S = 50 * ((2,278 + 0,017) * (1,134 + 0,017))$

$S = 132,07 \text{ m}^2$

- **Poids total plaque solaire**

$P_t = 50 * 29 \text{ Kg}$

$P_t = 1\,450 \text{ Kg}$

Avec les supports d'installation des plaques solaires, nous estimerons à 2 000 kg

**b) Choix Onduleur/Chargeur : onduleur Victron Quattro 10 000 VA 48 V QUA483100100**

L'option pour les onduleurs/chargeurs Victron Quattro est motivée par la nature duale du dispositif, qui combine les fonctionnalités d'un onduleur, un chargeur, similaire au MultiPlus. Il a également la capacité d'accepter deux entrées en courant alternatif et de se brancher de manière automatique sur la source active. Parmi ses nombreuses caractéristiques, on trouve un onduleur sinusoïdal, une charge adaptative, la technologie hybride Power Assist ainsi que diverses fonctions d'intégration système comme l'opération triphasée, l'opération en phase distincte et l'opération parallèle.

La fonctionnalité Power Assist prévient la surcharge d'une source CA limitée, tels que le générateur ou l'onduleur PV. Premièrement, la charge de la batterie est automatiquement réduite lorsqu'une surcharge se produirait. Deuxièmement, la puissance du générateur ou de l'onduleur PV est augmentée grâce à la batterie.

Le Quattro a la capacité de se brancher sur deux sources de courant alternatif distinctes, comme une alimentation provenant d'un onduleur photovoltaïque dans notre situation et d'un générateur, ou même à deux générateurs. Le Quattro se branche de manière automatique sur la source active. La sortie principale est continue. Si une panne de réseau se produit, ou si l'alimentation de l'onduleur

photovoltaïque ou du générateur est interrompue, le Quattro assure la continuité de l'approvisionnement en électricité pour les charges connectées. Cette action est tellement rapide (moins de 20 millisecondes) que les ordinateurs ainsi que d'autres appareils électroniques restent opérationnels sans interruption. L'activation de la seconde sortie ne se fait que si le courant alternatif est présent sur l'une des entrées du Quattro. Cette sortie peut être utilisée pour connecter des appareils qui ne doivent pas décharger la batterie, tels que la climatisation ou un chauffe-eau.

En étant relié à un dispositif GX (comme le Cerbo GX), il est possible de surveiller et de gérer votre Quattro ainsi que vos systèmes, soit localement (LAN) ou à distance par Internet, peu importe où vous êtes situé dans le monde. Cela est rendu possible grâce à l'application VRM et au portail VRM, tous deux offerts sans frais. On peut y accéder via un smartphone, une tablette, un laptop ou un ordinateur de bureau, indépendamment du système d'exploitation utilisé. Le niveau de contrôle est illimité, du réglage de votre Quattro au démarrage automatique d'un générateur de secours, et bien plus encore...

| Tableau N°12 : Données onduleur Victron Quattro |                    |                    |                    |                     |          |
|-------------------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|---------------------|----------|
| V <sub>DC IN</sub>                              | I <sub>AC IN</sub> | P <sub>AC KW</sub> | P <sub>AC VA</sub> | I <sub>AC Out</sub> | Rend max |
| 48                                              | 140                | 10 000             | 10 000             | 50                  | 96,00%   |

### c) Choix de contrôleur solaire.

Vu les caractéristiques du Fronius 20.0-3-M, le nombre des PV ne pourraient convenir, pour ce, nous ajouterons un contrôleur de charge MPPT RS Smart Solar 450/100-MC4 Victron.

| Tableau N°13 : Données Smart Solar RS 450/100-M |                     |                     |                     |                     |
|-------------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| P <sub>PK</sub> (W)                             | V <sub>CC max</sub> | V <sub>CC min</sub> | V <sub>DC Bat</sub> | I <sub>AC max</sub> |
| 5760                                            | 450                 | 120                 | 48                  | 100                 |

| Tableau N°14 : Données convertisseur PV |                     |                     |                     |                       |                     |          |
|-----------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|----------|
| V <sub>DC max</sub>                     | V <sub>DC min</sub> | I <sub>DC max</sub> | P <sub>FV max</sub> | P <sub>AC nomax</sub> | Rend <sub>eur</sub> | Rend max |
| 1 000                                   | 200                 | 51,1                | 30 000              | 20 000                | 97,4%               | 98%      |

### d) La valeur STC du champ solaire

Considérant les caractéristiques techniques du Fronius 20.0-3-M, il est choisi d'installer les configurations suivantes :

#### Tableau N° 15 : Tableau des paramètres de configurations

|         | N <sub>MS</sub> | N <sub>SP</sub> | V <sub>OC</sub> | V <sub>MPP</sub> | I <sub>MPP</sub> | P <sub>PK</sub> | N <sub>mod</sub> |
|---------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|
| Conf. 1 | 16              | 2               | 818,56          | 680,32           | 27,52            | 18720           | 32               |
| Conf. 2 | 8               | 1               | 409,28          | 340,16           | 13,76            | 4680            | 8                |

Soit 40 panneaux solaire de 585W pour une puissance totale de 23 400 Wc

## Estimation de production énergétique journalière et mensuelle du système

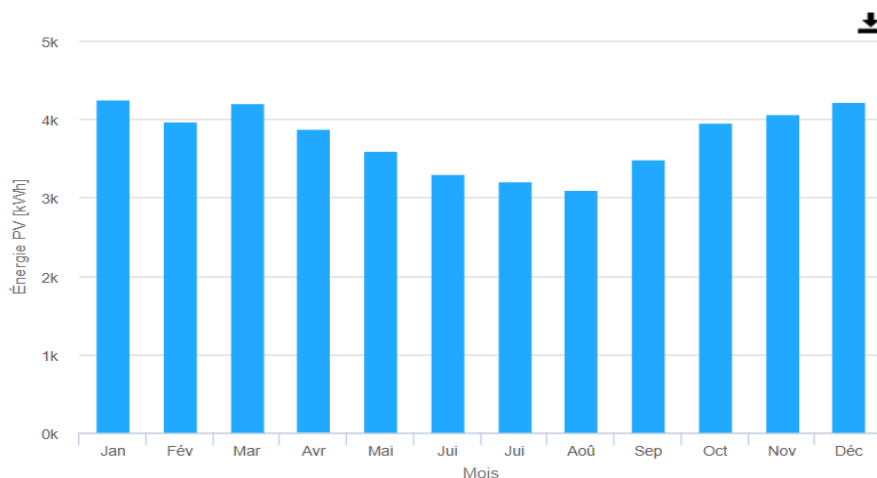
Estimation calculer sur le site [www.pvgis.com](http://www.pvgis.com)

### Résumé

| Entrées fournies:                        |                     |
|------------------------------------------|---------------------|
| Emplacement [Lat/Lon]:                   | 13.456,22.191       |
| Horizon:                                 | Calculé             |
| Base de données:                         | PVGIS-SARAH3        |
| Technologie PV:                          | Silicium cristallin |
| PV installée [kWp]:                      | 23.4                |
| Pertes du système [%]:                   | 10                  |
| Résultats de la simulation:              |                     |
| Angle d'inclinaison [°]:                 | 18                  |
| Angle d'azimut [°]:                      | 0                   |
| Production annuelle PV [kWh]:            | 45238.01            |
| Irradiation annuelle [kWh/m²]:           | 2514.49             |
| Variabilité interannuelle [kWh]:         | 634.72              |
| Changements de la production à cause de: |                     |
| Angle d'incidence [%]:                   | -2.52               |
| Effets spectraux [%]:                    | 0.03                |
| Température et irradiance faible [%]:    | -12.39              |
| Pertes totales [%]:                      | -23.12              |

| Mois      | E-J    | E-M     |
|-----------|--------|---------|
| Janvier   | 137,04 | 4248,51 |
| Février   | 141,91 | 3973,54 |
| Mars      | 135,54 | 4201,82 |
| Avril     | 129,05 | 3871,50 |
| Mai       | 115,88 | 3592,40 |
| Juin      | 110,07 | 3302,31 |
| Juillet   | 103,51 | 3208,95 |
| Août      | 99,83  | 3094,78 |
| Septembre | 116,50 | 3495,19 |
| Octobre   | 127,73 | 3959,93 |
| Novembre  | 135,46 | 4063,88 |
| Décembre  | 136,29 | 4225,21 |

### Production énergétique mensuelle du système PV fixe



Base ACF  
ADRE\_project\_667482

**Figure 11 : Vue aérienne disposition de champ solaire**



### e) Capacité batterie pour stockage

La capacité indique le volume total d'énergie que la batterie peut accumuler lorsqu'elle est entièrement remplie. Pour effectuer ce calcul, il faudra considérer divers éléments tels que le volume d'énergie requis, la tension de la batterie ou du système et le niveau de décharge tolérable.

Dans notre situation, nous privilégions les batteries lithium en raison de leurs avantages marqués par rapport aux technologies de batteries conventionnelles. Celles-ci ont notamment une longévité accrue, une capacité de recharge plus rapide, une densité énergétique supérieure capable d'alimenter des activités énergivores, un poids allégé et un entretien minimal. Elles permettent une décharge à une profondeur plus élevée (jusqu'à 80%) sans nuire à leur longévité, contrairement aux batteries plomb-acide qui ne supportent pas une décharge dépassant les 50%.

$$C_{(Ah)} = B_{N(VAh)} / V_{DC IN} * DoD$$

$C_{(Ah)}$  : Capacité à installer ;

$B_{N(kWh)}$  : Energie à stocker, la consommation estimative fonctionnelle nuit 66 062VAh ;

$V_{DC IN}$  : Tension d'entrée onduleur

$DoD$  : profondeur de décharge

$$C_{(Ah)} = 66\ 062\ VAh / 48V * 0,8$$

→ 1 720 Ah de batterie 48V soient 8 batteries de 300Ah/48V

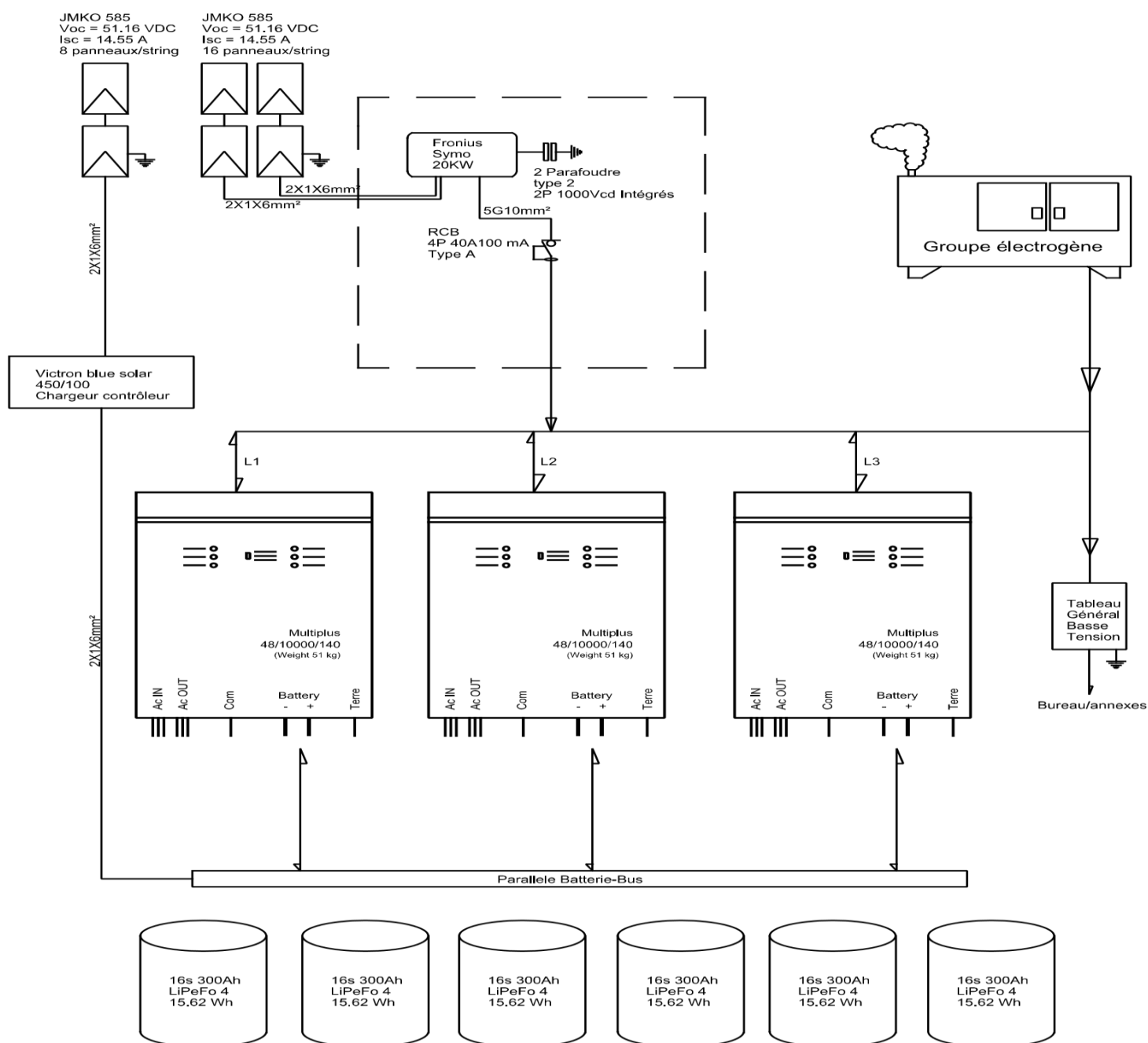


**Tableau N° 16 : Tableau des paramètres de configurations**

| Model: Battery-Box Premium LVL 15.4 |             |             |                     |     |         |         |
|-------------------------------------|-------------|-------------|---------------------|-----|---------|---------|
| V Nominal                           | V range min | V range max | I <sub>cc</sub> max | Ah  | T°C min | T°C max |
| 51.2                                | 40          | 57.2        | 250                 | 300 | -10     | 50      |

Pour optimiser le coût d'investissement et permettre le générateur de prendre le relais en cas de décharge, nous optons pour six (6) au lieu de 8 comme indique notre calcul.

**Figure 12 : Synoptique Scénario 2**

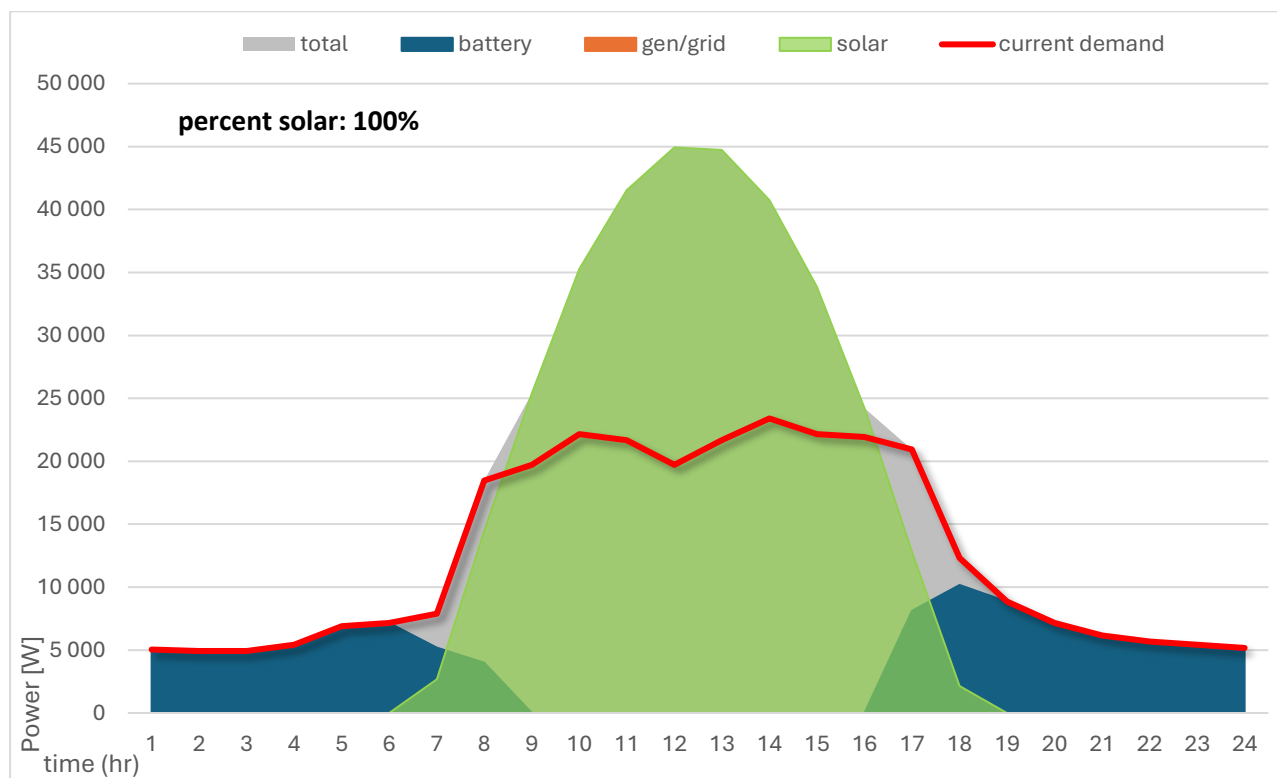


**Tableau N°17 : Proposition financière Scénario 2**

| N° | Désignation                                                              | Qté | PU (euro) | Total    |
|----|--------------------------------------------------------------------------|-----|-----------|----------|
| 1  | ONDULEUR PV (Fronius Symo 20.0-3-M) 20kVA 380/230V                       | 1   | 3076,38   | 3076,38  |
| 2  | PANNEAU SOLAIRE, 520-590Wp, Voc 48-52V, Isc 13-15A                       | 40  | 87,16     | 3486,4   |
| 3  | MultiPlus-II 48/10000/140-100 230V Victron Réf : VI-PMP483105000         | 3   | 1812,56   | 5437,68  |
| 4  | Coffret de batterie BYD Premium LVL 15,4                                 | 6   | 5490      | 32940    |
| 5  | Smart Solar MPPT RS 450/100-MC4 Victron (100A / 48V)                     | 1   | 1 043,56  | 1043,56  |
| 6  | Sous-total                                                               |     |           | 45984,02 |
| 7  | <b>Protection DC</b>                                                     |     |           |          |
| 8  | ENS. PARAFOUDRE PV type 2, 2P 1000Vdc avec 2 cartouches                  | 3   | 150,34    | 451,02   |
| 9  | (Parafoudre PV type 2, 2P) CARTOUCHE, 1000Vdc                            | 3   | 85,17     | 255,51   |
| 10 | Sous-total                                                               |     |           | 706,53   |
| 11 | <b>Coffret AC</b>                                                        |     |           |          |
| 12 | DISJONCTEUR MT courbe C, 32A pdc10kA, 4P mod                             | 1   | 102,53    | 102,53   |
| 13 | Motorised breaker 80A                                                    | 1   | 500       | 500      |
| 14 | INTERRUPTEUR DIFF. Type A, 100mA 40A, 4P                                 | 1   | 161,33    | 161,33   |
| 15 | DISJONCTEUR MT courbe C, 63A pdc10kA,                                    | 1   | 161,58    | 161,58   |
| 16 | COFFRET ELEC. Saillie, 2x12 mod., 274x384x138mm, IP65                    | 1   | 142,7     | 142,7    |
| 17 | Sous-total                                                               |     |           | 1068,14  |
| 18 | <b>CABLE</b>                                                             |     |           |          |
| 19 | CABLE SOLAIRE souple, 1x6mm <sup>2</sup> , noir, le mètre                | 150 | 1,9       | 285      |
| 20 | CABLE SOLAIRE souple, 1x6mm <sup>2</sup> , rouge, le mètre               | 150 | 1,6       | 240      |
| 21 | PIQUET DE TERRE, cuivré, 2x1m, piquets + connections                     | 1   | 78,68     | 78,68    |
| 22 | FIL DE CABLAGE souple, étamé, 6mm <sup>2</sup> , vert/jaune, le mètre    | 50  | 1,54      | 77       |
| 23 | PV CONNECTEUR MC4, 4/6mm <sup>2</sup> femelle, 2 parties                 | 20  | 1,12      | 22,4     |
| 24 | (Panneau solaire) CONNECTEUR MC4, 4/6mm <sup>2</sup> male, 2 parties     | 20  | 1,08      | 21,6     |
| 25 | (Connecteur MC4) PINCE à sertir, 4/6mm <sup>2</sup> contact male/femelle | 1   | 99,41     | 99,41    |
| 26 | CABLE souple, caoutchouc, 5G10mm <sup>2</sup> , bobine                   | 30  | 127,64    | 3829,2   |
| 27 | (Connecteur MC4) CLE à fourches, jeu de 2                                | 1   | 11,73     | 11,73    |
| 28 | Sous-total                                                               |     |           | 4 665,02 |
| 29 | <b>SUPPORT PANNEAUX SOLAIRES</b>                                         |     |           |          |
| 30 | ConSole+ (incl. Mounting material and UProfile)                          | 40  | 100,15    | 4006     |
| 31 | (Renusol MS+) MISE A LA TERRE panneau solaire                            | 132 | 0,26      | 34,32    |
| 32 | Streamliner+                                                             | 22  | 44,15     | 971,3    |
| 33 | (Renusol MS+H) SUPPORT panneau solaire                                   | 396 | 13,53     | 5357,88  |
| 34 | SUPPORT PANNEAUX SOLAIRES LOCAL                                          | 1   | 2000      | 2000     |
| 35 | FIXATION GENIE CIVIL                                                     | 1   | 1500      | 1500     |
| 36 | Sous-total                                                               |     |           | 13869,5  |
| 37 | <b>ACCESSOIRES</b>                                                       |     |           |          |
| 38 | LIGNE DE VIE antichute, câble inoxydable, 50m, pour toiture              | 3   | 1489,17   | 4467,51  |
| 39 | ECHELLE à crinoline, 3m, pour accès toiture                              | 2   | 1191,01   | 2382,02  |

|    |                           |   |       |            |
|----|---------------------------|---|-------|------------|
| 40 | Sous-total                |   |       | 6849,53    |
| 41 | TOTAL général matériel    |   |       | 73 142,74  |
| 42 | Expédition                | 1 | 15000 | 15000      |
| 43 | Main d'œuvre installation | 1 | 12000 | 12000      |
| 44 | Imprévus                  | 1 | 2000  | 2000       |
| 45 | TOTAL GENERAL COMMANDE    |   |       | 102 142,74 |

**Figure 13 : Gestion des sources d'énergie du site**

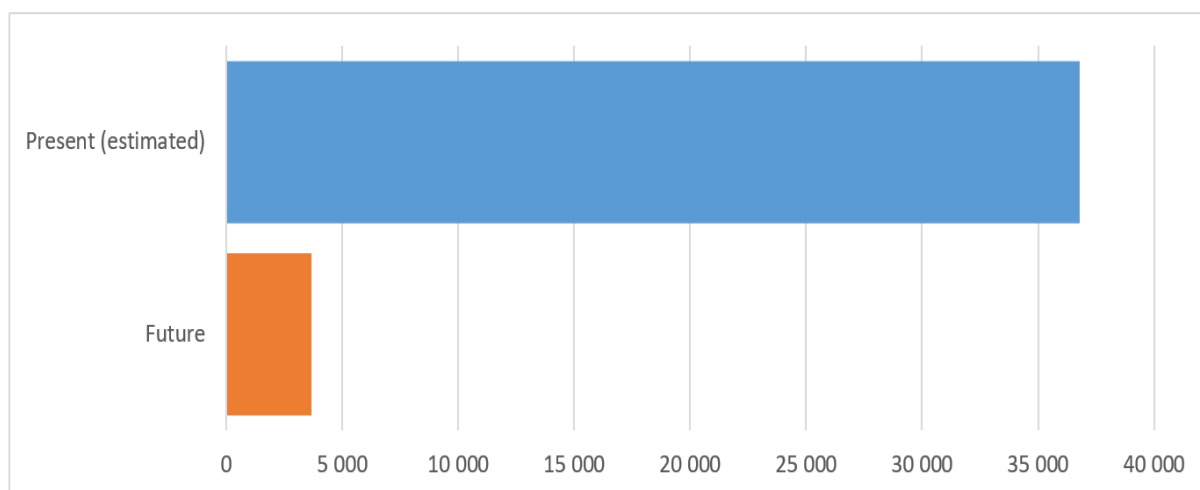


Selon les estimations la production énergétique de l'installation, va couvrir **100%** de besoin énergétique du site.

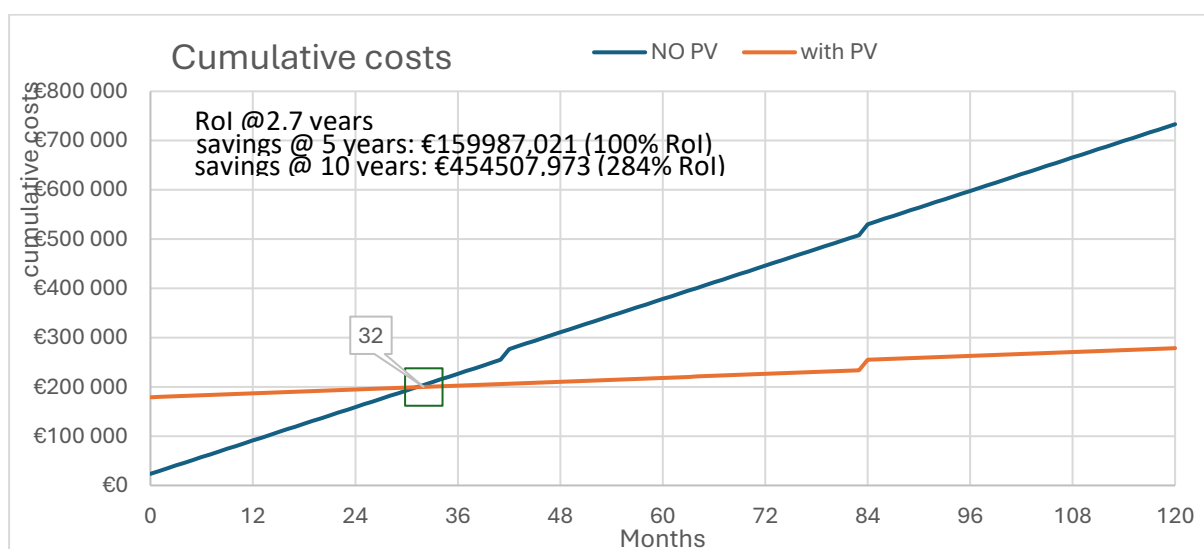
**Tableau N°18 : Paramètres financiers du site**

|                                            |           |
|--------------------------------------------|-----------|
| Estimation énergétique journalière du site | 304,8 kWh |
| Puissance champs solaire installé          | 23,4 kWc  |
| Cout de l'installation                     | 160 198 € |
| Production moyenne journalière du site     | 322,8 kWh |
| Cout du carburant                          | 1,8 €     |
| Coût du kWh d'électricité                  | 0,25€     |
| Nombre de générateur du site               | 2         |

**Figure 14 : Estimation de consommation Fuel**



**Figure 15 : Estimation retour d'investissement**



Selon les simulations le retour sur investissement est estimé à 32 mois

## IV. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

### 1. Conclusion

Face aux difficultés d'approvisionnement en énergie de ses bases, ACF optimise des alternatives fiables et continues. C'est la raison de cette étude sur une de ses bases à ADRE.

Dans notre audit, nous nous sommes intéressés d'abord au profil de charge de la base et la consommation en combustible des groupes (de février 2024 à janvier 2025). L'analyse des données en notre disposition nous a permis de comptabiliser le besoin réel en énergie de la base. La charge de la base est à la portée de toutes les possibilités de mettre un système à mixité solaire photovoltaïque/Diesel.

Bien que le système d'approvisionnement en place ait une capacité de couvrir le besoin en énergie de la base, néanmoins, le flux de prix de carburant et la pénurie dans le pays et particulièrement dans la zone de l'Est du Tchad dû à l'afflux des réfugiés restent un handicap. Nous proposons deux scénarios de système mixte solaire photovoltaïque/Diesel d'approvisionnement de la base pour maintenir d'une part la fourniture continue de la base en électricité, d'autre part réduire la consommation de fuel et faire des économies à partir des profils d'utilisation de ce système hybride.

Quel que soit le scénario choisi, l'investissement sera profitable et bénéfique, et contribuera à l'engagement de l'Action contre la Faim dans la lutte contre le changement climatique par différentes actions, notamment la réduction des émissions de gaz à effet de serre liées à la production d'énergie par les combustibles fossiles.

Ce rapport ne peut en aucun cas prétendre avoir établi de manière exhaustive la liste complète des mesures susceptibles d'optimiser les paramètres actuels de production de la base. Nous considérons que nous avons atteint le but établi par cet audit et espérons avoir apporté notre modeste contribution pour assurer une production optimale d'énergie de la base.

### 2. Recommandations

La prise en compte de ses différentes recommandations (deux scénarios) devrait permettre de réaliser des économies sur le fonctionnement du générateur et d'assurer une meilleure continuité de l'approvisionnement énergétique de la base et des activités opérationnelles d'aide humanitaire.

- ☞ La première mesure ou scénario 1 très importante serait la dotation d'un système solaire photovoltaïque à injection synchronisé aux groupes existants afin de réduire la consommation de fuel en journée (ensoleillement normal) et économiser ce dernier de moitié. Ce système à mixité PV/Diesel pourrait bien passer à un système autonome en rajoutant les accumulateurs de stockage pour le surplus d'énergie produite en journée et réutiliser en absence d'ensoleillement ;
- ☞ La dernière recommandation est une solution intéressante pour produire de l'électricité de manière indépendante et durable, notamment dans les zones

telles que la zone d'Adré. Elle pourrait garantir la sécurité énergie de la base et contribuer à l'engagement de l'organisation contre le changement climatique en évitant les impacts environnementaux.

## **V. Bibliographie**

1. Cours d'ÉCONOMIES D'ÉNERGIE DANS LE BATIMENT ET DANS L'INDUSTRIE/ Pr. Yézouma COULIBALY, octobre 2011 – 2iE – Ouagadougou
2. Guide Energie – Action contre la Faim & BIOFORCE 2017
3. Cours Etudes préliminaires des systèmes solaires Dr Y-Moussa-SORO Novembre 2013
4. Cours Conception et dimensionnement en solaire photovoltaïque Dr Y-Moussa-SORO Octobre 2013
5. Cours Chaine énergétique et enjeux stratégiques Dr. David B. TSYANYO septembre 2015
6. Installations solaires photovoltaïques/ Jonathan PRONHOFFS Printemps 2019
7. L'électrification solaire photovoltaïque/ Gérard MOINE réédition de novembre 2022

## **VI. Sites Internet**

8. [www.google.org](http://www.google.org)
9. [www.pvgis.com](http://www.pvgis.com)
10. [www.pv-configurator.com](http://www.pv-configurator.com)
11. [www.actioncontrelafaim.org](http://www.actioncontrelafaim.org)
12. <https://creator.fronius.com/>