



**AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF
ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN
GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE
L'AGENCE SODECI PALMERAIE.**

**MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLOME D'INGENIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER EN GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE
SPECIALITE : RESEAUX ELECTRIQUES**

Présenté et soutenu publiquement le 23 Septembre 2020 par
SOUMAHORO Alama Mohamed Abdoul-Alim (2016 0351)

**Encadrant 2iE : Ing. Jean Francis SEMPORE, Enseignant à 2iE du Département
Génie Electrique et Energétique.**

**Maître de stage : Ing. Ahossan Pierre ASSIE, Ingénieur Senior et Expert certifié IPMVP
à SMART ENERGY.**

Structure d'accueil du stage : SMART ENERGY

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr. Yézouma COULIBALY

Membres et correcteurs : Pr. Moussa Y. SORO
Ing. Jean Francis SEMPORE

Promotion [2020/2021]

DEDICACES

Je dédie ce document :

À mon père, Moussa SOUMAHORO qui ne ménage aucun effort quand il s'agit de la réussite de ses enfants, pour tous ses sacrifices, sa patience, ses encouragements et son aide qui ne peut être décrite ;

À ma mère chérie, génitrice au grand cœur, Aminata SOUMAHORO pour son amour inconditionnel, son soutien moral... ;

Je vous exprime ma profonde gratitude ; que Dieu vous fasse miséricorde comme vous n'aviez cessé de m'en procurer depuis ma naissance ; qu'il vous comble au-delà de vos attentes ;

CITATION

« La vraie richesse d'un homme en ce monde se
mesure au bien qu'il a fait autour de lui. »

Prophète Mohammed

REMERCIEMENTS

Je remercie le Directeur Général de SMART ENERGY, **M. Stephan DAURIAC** qui m'a autorisé à effectuer mon stage de fin de formation dans la prestigieuse structure qu'il dirige.

Je tiens à remercier le Directeur des Opérations de SMART ENERGY, **M. Jean-Baptiste DOTIA** qui m'a offert l'opportunité d'effectuer ce stage dans sa Direction.

Un grand merci à mon maître de stage, **M. Ahossan Pierre ASSIE**, Ingénieur Senior et Expert certifié IPMVP de SMART ENERGY pour son encadrement inconditionnel, sa grande disponibilité, sa sociabilité et toute l'aide qu'il m'a apporté. J'ai beaucoup appris à ses côtés.

Je tiens également à dire merci à mon encadreur pédagogique **M. Francis SEMPORE**, Ingénieur, Enseignant-Chercheur à 2iE d'avoir accepté de m'encadrer, pour ses précieux conseils et le savoir si généreusement dispensé.

Par le biais du chef de département le **Dr Y. Moussa SORO**, je remercie particulièrement tout le corps professoral du département « Génie Électrique, Énergétique et Industriel (**GEEI**) » pour le savoir, les conseils et vertus inculqués tout au long de cette formation dans le domaine de l'Énergie et l'Électricité.

Un grand merci également à mon aîné de 2iE, **M. Noël ATTEBY**, Ingénieur des Etudes et Responsable Energie Solaire de SMART ENERGY pour son encadrement, ses conseils avisés et ses encouragements.

Je remercie également toute l'équipe de SMART ENERGY pour leur soutien, leur aide et pour la bonne ambiance qui régnait ; plus particulièrement mon voisin **Augustin ASSI** et ma voisine **Anaïs Aïda YOLI LOU**.

Un spécial merci à mes camarades de promotion en Master Génie Électrique et Électrique en particulier mes amis **M. Komlan Hector Seth TETE**, **M. Idriss KAMAGATE**, **M. Lassina DAVOU**, **Enjorin MURCHID**, **Abdel Fataye ABDOUMAHAMANE** et **Beros TENY**.

Je dis merci au corps enseignant, particulièrement au Professeur Coulibaly Adama et au personnel de l'**UNISAT** d'Abidjan pour leur travail abattu tout au long de notre formation.

Je remercie de tout cœur ma précieuse famille, particulièrement mon père et ma mère.

RESUME

Optimiser la consommation énergétique et réduire les émissions de Dioxyde de Carbone (CO₂) sont les défis qu'entend relever la Société de Distribution d'Eau en Côte d'Ivoire (SODECI) Agence palmeraie. L'audit énergétique et l'utilisation de l'énergie solaire photovoltaïque constituent des solutions alternatives pour atteindre ces objectifs.

Dans la première phase de notre étude, nous avons effectué un audit énergétique selon les normes NF EN 16 247-1 et NF EN 16 247-2. Cela a permis d'identifier les flux énergétiques et les potentiels d'amélioration de l'efficacité énergétique du site. Sur trois (3) ans, nous avons analysé les factures et conformément au protocole **IPMVP**, l'année **2019** fut choisie comme base de référence. Nous avons également établi le bilan énergétique du site par zones et par usages grâce aux analyseurs de puissances utilisés au niveau des différents départs. La répartition par usage montre que la climatisation, l'éclairage et les prises constituent les usages énergétiques significatifs. Leur consommation annuelle est estimée à **403 751,85 kWh (96,12 %)**.

A l'issue de l'audit, nous avons fait des préconisations aussi bien au niveau technique que comportemental. Ces préconisations dont le coût d'investissement global s'élève à **65 439 491 F CFA**, permettent de réaliser **32,29 %** d'économie sur une consommation annuelle initiale de **420 044 kWh**. Cette consommation génère des économies de **11 266 573 F CFA** sur un coût initial de **34 893 140 F CFA**.

La deuxième phase de notre étude consistait à dimensionner un générateur solaire PV de **40 kWc** (décomposé en 2 sous- champs de 20 kWc) afin de prendre en charge l'éclairage du site. Ce générateur solaire produit annuellement **60,72 MWh**. Le coût total de son installation s'élève à **39 945 911 F CFA**. Pour un taux d'actualisation de **5 %** sur une durée de 25 ans, notre installation a un LCOE de **66,69 F CFA / kWh** et une VAN de **13 355 090 F CFA**. Son temps de retour sur investissement est de **8,22 ans** et il permet également d'éviter **20,63 tCO₂** par an.

Mots Clés :

- 1- Audit énergétique**
- 2- Analyseur de puissance**
- 3- Economie d'énergie**
- 4- Efficacité énergétique**
- 5- Solaire photovoltaïque**

ABSTRACT

Optimising energy consumption and reducing Carbon Dioxide (CO₂) emissions are the challenges that SODECI Palmeraie's Agency intends to take up. The energy audit and the use of voltaic solar energy are alternative solutions to achieve these objectives.

First, we carried out an energy audit according to the NF EN 16 247 - 1 and NF EN 16 247-2 standards. This made it possible to identify energy flows and the potential for improving the site's energy efficiency. Over three (3) years, we had analysed the invoices and in accordance with the IPMVP protocol, the year 2019 was chosen as the reference year. We had also established the energy balance of the site by zone and by use via the power analysers used at the various outlets. The breakdown by use shows that air conditioning, lighting and sockets are the most significant energy uses. Their annual consumption is estimated at 403,751.85 kWh (96.12%).

At the end of the audit, we made recommendations at both technical and behavioural levels. These recommendations, with an overall investment cost of 65,439,491 CFA francs, resulted in savings of 32.29% on an initial annual consumption of 420,044 kWh. This consumption generates savings of 11,266,573 F CFA on an initial cost of 34,893,140 F CFA.

The second phase of our study consisted in dimensioning a 40 kWp PV solar generator (broken down into 2 sub-fields of 20 kWp) to take care of the site lighting. This solar generator produces 60.72 MWh annually, and the total cost of its installation is 39,945,911 F CFA. For a discount rate of 5% over 25 years, our installation has a LCOE of 66.69 F CFA / kWh and a NPV of 13,355,090 F CFA. Its return on investment time is 8.22 years and it also avoids 20.63 tCO₂ per year.

-
- 1- Energy audit**
 - 2- Power analyser**
 - 3- Energy saving**
 - 4- Energy efficiency**
 - 5- Photovoltaic solar**

LISTE DES ABREVIATIONS

AAPE : Actions d'Amélioration de la Performance Energétique.

CIE : Compagnie Ivoirienne d'Electricité.

CO₂ : Dioxyde de carbone.

DRV : Débit Réfrigérant Variable.

EER : Energy Efficiency Ratio.

HTAS : Haute tension de catégorie A de type S.

IEA : International Energy Agency.

Ipé : Indicateur de Performance Energétique.

IPMVP : International Performance Measurement and Verification Protocol ou Protocole international de mesure et de vérification de la performance.

LCOE : Levelized Cost Of Electricity ou coût moyen d'électricité.

PV : Photovoltaïque.

PVC : Polychlorure de vinyle.

SME : Système de Management de l'Environnement.

SODECI : Société de Distribution de l'Eau en Côte d'Ivoire.

TGBT : Tableau Général Basse Tension.

TRB : Temps de Retour Brut.

UES : Usages Energétiques Significatifs.

VAN : Valeur Actuelle Nette.

SOMMAIRE

DEDICACES	II
CITATION.....	III
REMERCIEMENTS.....	IV
RESUME	V
ABSTRACT.....	VI
LISTE DES ABREVIATIONS.....	VII
SOMMAIRE.....	VIII
LISTE DES TABLEAUX.....	XI
LISTE DES FIGURES	XIII
INTRODUCTION	1
Chapitre I : Généralités	2
I. Présentation de la structure d'accueil	2
II. Présentation du mémoire.....	3
II.1. Objectifs de l'étude	4
II.2. Méthodologie adoptée et normes	4
II.3. Matériels.....	6
II.4. Résultats attendus.....	6
II.5. Présentation du site audité.....	7
II.6. Définition de la méthode de mesure de l'efficacité énergétique	8
Chapitre II : Audit énergétique	9
I. Description et diagnostic.....	9
I.1. Système électrique de la SODECI palmeraie.....	9
I.2. L'enveloppe du bâtiment.....	11

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

I.3.	Les usages électriques	13
I.3.1.	Eclairage	13
I.3.2.	La climatisation	17
I.3.3.	La bureautique	20
I.3.4.	L'électroménager	21
II.	Analyse des consommations énergétiques.....	22
II.1.	Détermination de la période de référence	22
II.2.	Etude de la facturation.....	22
II.3.	Résultat des campagnes de mesures.....	29
II.4.	Répartition des consommations énergétiques de la SODECI palmeraie	32
II.4.1.	Répartition énergétique à partir de l'inventaire des équipements électriques	32
II.4.2.	Répartition des consommations électriques à partir des campagnes de mesures	35
II.4.2.1.	Bilan de puissance atteinte par zone	36
II.4.2.2.	Bilan de la consommation électrique du site par zone.....	37
II.4.2.3.	Bilan de la consommation électrique du site par usage	39
III.	Solutions d'économie d'énergie et analyse financière.....	41
III.1.	AAPE 1 : Management et comptabilité énergétique	41
III.2.	AAPE 2 : Optimisation de la climatisation	42
III.3.	AAPE 3 : Pose d'armoire économiseur d'énergie sur l'alimentation générale du site 43	
III.4.	AAPE 4 : Optimisation de l'éclairage existant.....	44
III.5.	AAPE 5 : Effacement des talons de consommation	45
III.6.	AAPE 6 : Sensibilisation du personnel.....	46
III.7.	Synthèse des AAPE	47
III.8.	Indicateur de performance énergétique (Ipé).....	48

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Chapitre 3 : Proposition de dimensionnement d'un champ photovoltaïque	49
I. Faisabilité technique de la solution proposée	49
I.1. Définition des paramètres et hypothèses de bases	49
I.1.1. La charge à alimenter.....	49
I.1.2. Paramètres et hypothèses de dimensionnement.....	50
I.2. Dimensionnement du système photovoltaïque.....	52
I.2.1. Dimensionnement sans le logiciel	53
I.2.2. Dimensionnement avec le logiciel PVsyst	60
I.2.3. Synthèse des résultats	60
CONCLUSION.....	61
RECOMMANDATIONS	62
BIBLIOGRAPHIE.....	63
LISTE DES ANNEXES	64

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Surface des différents compartiments du site.	7
Tableau II : Récapitulatif des types de luminaires et les lampes associés du site.	14
Tableau III : Tableau récapitulatif du niveau d'éclairage des locaux du site.....	16
Tableau IV : Inventaire des unités intérieures du DRV.....	17
Tableau V : Inventaire des mono-split muraux et armoires de climatisation.	18
Tableau VI : Inventaire des extracteurs d'air.	18
Tableau VII : Inventaire des unités extérieurs du DRV (condenseurs).	18
Tableau VIII : Caractéristique du contrat d'abonnement à l'énergie.....	22
Tableau IX : Informations sur la période de référence	27
Tableau X : Puissances atteintes supérieures.....	28
Tableau XI : Estimation de l'énergie consommée et écart avec la facture.....	33
Tableau XII : Calcul de la puissance atteinte par zone.....	36
Tableau XIII : Détermination de l'énergie annuelle consommée.	38
Tableau XIV : Détermination de l'énergie consommée par usage.....	40
Tableau XV : Economie et rentabilité financière de l'AAPE 1.	42
Tableau XVI : Economie et rentabilité financière de l'AAPE 2.	43
Tableau XVII : Economie et rentabilité financière de l'AAPE 3.....	44
Tableau XVIII : Relamping en LED.....	45
Tableau XIX : Economie et rentabilité financière de l'AAPE 4.	45
Tableau XX : Economie et rentabilité financière de l'AAPE5.	46
Tableau XXI : Economie et rentabilité financière de l'AAPE 6.	46
Tableau XXII : Bilan des consommations énergétiques avant et après les AAPE.....	47
Tableau XXIII : Etiquette du bâtiment	48
Tableau XXIV : Valeur des Indice de performance énergétique.....	48
Tableau XXV : Bilan de puissance de l'éclairage avant et après le remplacement des lampes....	49
Tableau XXVI : Caractéristique de la charge à alimenter.	50
Tableau XXVII : Caractéristiques principales de l'onduleur choisi (le STP 20000 TL).	53
Tableau XXVIII : Vérification des conditions d'entrée de l'onduleur pour son bon fonctionnement.	54

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Tableau XXIX : Caractéristiques et configuration du générateur photovoltaïque.	55
Tableau XXX : Récapitulatif du dimensionnement des sections de câbles DC	58
Tableau XXXI : Synthèse des résultats avec le logiciel PVsyst.....	60

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Situation géographique de Smart Energy (google earth).	2
Figure 2 : Vue aérienne et aperçu de la SODECI agence palmeraie.	7
Figure 3 : Cellules SM6, Transformateur NEXAM et groupe électrogène CAT.	9
Figure 4 : Schéma unifilaire du TGBT au niveau du transformateur.	10
Figure 5 : Vue de plafond suspendu, panneau plafonnier d'éclairage, cassette plafonnière, lampe incrustée dans le plafond.....	12
Figure 6 : Vue des stores intérieurs, vue de la façade vitrée et vitre teintée en noir.	12
Figure 7 : Réglette quadruple T8 0,6m, spot LED 2300K et ampoule fluocompacte.	13
Figure 8 : Bilan de puissance de l'éclairage par zone.	14
Figure 9 : Unités extérieures du DRV, split et extracteur – cassette plafonnière du DRV – armoires de climatisation.....	17
Figure 10 : Bilan de puissance de la climatisation par zone.	19
Figure 11 : Ordinateurs bureau, imprimante et écran TV.....	20
Figure 12 : Bilan de puissance de la bureautique par zone.	20
Figure 13 : Bilan de puissance de l'électroménager.....	21
Figure 14 : Graphique de l'évolution de la facture du site de Janvier 2017 à Décembre 2019....	23
Figure 15 : Graphique de l'évolution de l'énergie électrique consommée sur le site de Janvier 2017 à Décembre 2019.	23
Figure 16 : Evolution de la consommation électrique en 2017.	24
Figure 17 : Evolution de la consommation électrique et la température en 2018.....	25
Figure 18 : Evolution de la consommation électrique et la température en 2019.....	25
Figure 19 : Profile de facturation trisannuelle.	26
Figure 20 : Profile de consommation trisannuelle.	26
Figure 21 : Evolution de la puissance atteinte par rapport à la puissance souscrite de janvier 2017 à Décembre 2019.	27
Figure 22 : Evolution des puissances atteintes supérieures à	28
Figure 23 : Mesure de la puissance active au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale.	29
Figure 24 : Mesure de l'intensité au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale.....	30
Figure 25 : Mesure de la tension simple au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale.....	30

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Figure 26 : Mesure du facteur de puissance au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale. ...	31
Figure 27 : Mesure du facteur de puissance au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale pendant 1 jour.	31
Figure 28 : Bilan de puissance du site par usage	33
Figure 29 : Répartition de la consommation annuelle par usage.	34
Figure 30 : Répartition de la consommation annuelle par niveau.	35
Figure 31 : Répartition de la puissance atteinte par zone.	37
Figure 32 : Répartition de la consommation annuelle par zone du site.	39
Figure 33 : Répartition de la consommation électrique annuelle par usage du site.	40
Figure 34 : Répartition du résultat et des prévisions d'économie d'énergie électrique annuelle.	47
Figure 35 : Données météorologiques et ressource solaire disponible dans la zone du projet.	50
Figure 36 : Organigramme de Smart Energy	65
Figure 37 : Mesure de la puissance au niveau de l'arrivée générale R+3.	85
Figure 38 : Mesure de l'intensité au niveau de l'arrivée générale onduleur.	85
Figure 39 : Mesure de la puissance des unités extérieures de la climatisation au niveau R+3.	86
Figure 40 : Mesure de l'intensité des unités extérieures de la climatisation au niveau R+3.	86

INTRODUCTION

L'amélioration de l'efficacité énergétique ainsi que la maîtrise de la consommation d'énergie sont des enjeux de plus en plus importants dans tous les secteurs. La facture d'énergie dans les entreprises représente une part importante de leur coût de production. Elle peut constituer un handicap pour leur développement et conditionne leur survie.

En effet, la perte de compétitivité liée au coût de revient de leurs produits et services les rend moins concurrentielles tant sur le marché local qu'à l'exportation. Aussi, l'utilisation rationnelle de l'énergie permet de diminuer la facture énergétique des entreprises. De même, l'accélération du réchauffement climatique incite les entreprises à s'inscrire dans une dynamique de responsabilité environnementale. En plus de leur effet bénéfique sur le plan écologique, ces politiques permettent aux entreprises d'améliorer leur image. Celle-ci est une vision qui s'oriente de plus en plus vers les énergies renouvelables. Ainsi, l'Etat Ivoirien adopte des politiques qui incluent un minimum de cibles et de scénarios pour les Energies Renouvelables (EnR) et l'Efficacité Énergétique (EE) ainsi que les mesures, les normes et les incitations à mettre en œuvre au niveau national.

Ainsi, dans le but d'optimiser sa consommation d'énergie et d'intégrer les actions de réduction des émissions de CO₂ dans ses perspectives, la SODECI envisage l'amélioration de la performance énergétique dans toutes ses agences. Etant concernée par la décision prise par la Direction Générale, la SODECI Agence Palmeraie a pris contact avec SMART ENERGY, spécialisée dans l'efficacité énergétique. Il s'agit pour ce partenaire technique d'exécuter l'audit énergétique afin de réaliser des économies d'énergie et également de proposer le dimensionnement d'un générateur solaire photovoltaïque.

Notre étude se déroulera autour de trois grandes articulations :

La première partie concerne les différentes présentations en incluant les objectifs et la méthodologie adoptée pour réaliser l'étude. La deuxième partie porte sur l'audit énergétique proprement dit : nous y aborderons le diagnostic de l'enveloppe du bâtiment et les usages électriques du site, puis nous analyserons ses consommations énergétiques à partir du bilan de puissance et des mesures obtenues grâce à l'utilisation des analyseurs de puissances et nous proposerons des solutions d'économie d'énergie suivi de l'analyse financière. La troisième partie de l'étude concerne une proposition de dimensionnement d'un générateur photovoltaïque.

Chapitre I : Généralités

I. Présentation de la structure d'accueil

I.1. Présentation et localisation

Filiale de la CIE et du groupe ERANOVE et créée en 2017, SMART ENERGY est une Société Anonyme (SA) située à Abidjan dans la commune de Marcory non loin du boulevard Valéry Giscard d'Estaing plus précisément au 2^{ème} étage de l'immeuble ROCHE BOBOIS (voir figure 1). Elle aide les entreprises à réduire leurs consommations d'énergie, à limiter leurs émissions de Dioxyde de Carbone (CO₂) et à favoriser la sécurité énergétique pour tous. Elle apporte des réponses aux questions relatives aux énergies renouvelables (solaire photovoltaïque, solaire thermique, biomasse...).

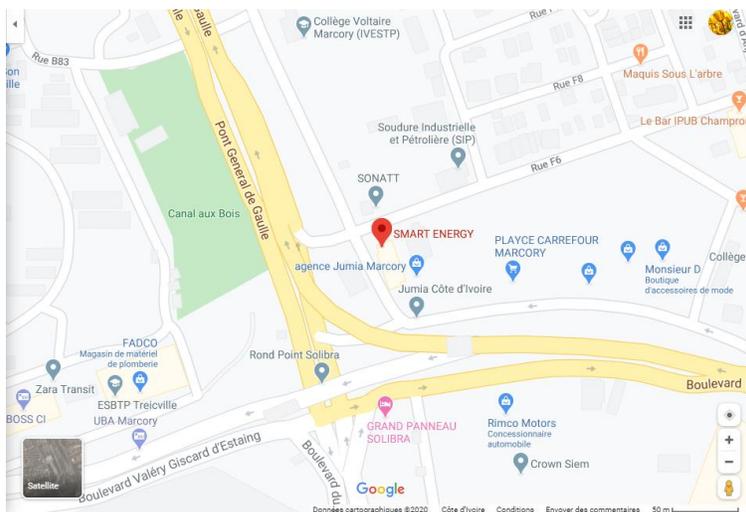


Figure 1 : Situation géographique de Smart Energy (google earth).

I.2. Mission, texte de référence et conformité

SMART ENERGY a pour mission d'accompagner les entreprises à atteindre les niveaux de performance énergétique les plus ambitieux avec une approche personnalisée répondant aux besoins spécifiques de chaque client. Pour cela, elle a développé une expertise autour de quatre champs d'action :

- Audit / Diagnostic en amont et en aval des projets ;
- Ingénierie et travaux ;
- Vente et installation d'équipements d'économie d'énergie ;
- Énergie de sources renouvelables en proposant des solutions techniques adaptées.

La démarche de SMART ENERGY est basée sur les deux normes suivantes :

- La norme NF EN 16 247 définissant notamment « les exigences minimales pour la commande et la conduite d'audits énergétiques destinés à identifier les potentiels d'investissement pour améliorer l'efficacité énergétique et l'usage rationnel de l'énergie ».
- La norme ISO 50 001 : 2018 visant à l'amélioration de la performance énergétique de toute organisation par le biais d'un diagnostic énergétique.

L'évaluation des économies d'énergie des projets d'efficacité énergétique conduit par SMART ENERGY respecte le Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance Energétique (IPMVP).

I.3. Organisation et activités

I.3.1. Organigramme de l'entreprise

L'organigramme de SMART ENERGY est placé en annexe 1.

I.3.2. Activités de l'entreprise

L'Entreprise mène plusieurs activités parmi lesquelles on peut citer :

- L'optimisation de la performance énergétique (efficacité, usage, consommation).
- La gestion des utilités (air comprimé, vapeur, froid, moteurs, pompage).
- Études thermiques (simulations thermiques dynamiques, bilans énergétiques).
- Le suivi et l'analyse des consommations (pilotage, installation GTC, plan de mesures...).
- La gestion du portefeuille énergies des collectivités et de l'administration (mairie, conseils généraux, ministères, EPIC).
- L'accompagnement dans la mise en place de SME ISO 50 001 :2018.
- Déploiement des énergies de sources renouvelables (solaire, hydraulique, biogaz).
- Gestion des réseaux de distribution (chauffe-eau, panneaux solaires, produits pour particuliers et résidentiels).

II. Présentation du mémoire

Les entreprises s'inscrivent de plus en plus dans la dynamique de l'efficacité énergétique. En effet, les coûts liés à la consommation de l'énergie occasionnent une part importante dans la perte de rentabilité de l'entreprise. Mal maîtrisée, la consommation de l'énergie peut être un frein au

développement de l'entreprise. Il existe des facteurs incitant à la performance énergétique. Ce sont la compétitivité face à la concurrence, l'augmentation du coût de l'énergie, la nécessité d'accroître les profits, l'image de l'entreprise...

De même, un regard vers les énergies renouvelables constitue une des solutions avec le réchauffement climatique.

Ces questions ont amené la SODECI à réaliser un audit énergétique dans une de ses agences : la SODECI agence palmeraie.

II.1. Objectifs de l'étude

- Objectif global :

Proposer des solutions qui permettront de réduire la consommation énergétique sur l'ensemble du site.

- Objectifs spécifiques :

- Assurer le confort (thermique, visuel) des usagers ;
- Etablir le patrimoine énergétique du site ;
- Répartir les consommations par usages énergétiques ;
- Proposer une solution basée sur l'énergie solaire photovoltaïque ;
- Estimer et hiérarchiser les potentiels d'économies d'énergie ;

II.2. Méthodologie adoptée et normes

La méthode d'approche d'un audit énergétique doit répondre à des critères de qualité. Pour ce faire, notre étude sera réalisée conformément aux normes internationales (voir annexe 2) en la matière :

- NF EN 16247-1 ;
- NF EN 16247-2 ;
- IPMVP EVO 10000-1 : 2018 (FR) ;
- NF EN 12464-1 ;
- NF C15 100 ;
- l'UTE C15 712.

La méthode de travail adoptée pour atteindre notre objectif principalement basé sur la **NF EN 16247-2**, s'établit comme suit :

Etape 1 : Préliminaire de l'audit

- Contact préliminaire :

Il s'agissait de rencontrer les responsables de l'entreprise pour définir l'objectif, les besoins, les attentes et le périmètre concernant l'audit énergétique. Il a été convenu d'effectuer les visites selon des plages horaires définies ;

- Collecte d'information :

Il fallait recueillir les factures d'électricité, ou tout autre document pouvant présenter un intérêt dans l'audit (données d'un système de comptage individuel, plan du bâtiment, schéma électrique général, liste des équipements, fiches techniques...).

Etape 2 : Visite sur le site et collecte des données

- Procéder à une visite de terrain ;
- Faire l'inventaire de l'ensemble des équipements du site par usage (éclairage, climatisation, bureautique...) et par niveau ;
- Appréhender les conditions opératoires, le comportement des utilisateurs et leur impact sur la consommation énergétique et l'efficacité énergétique ;
- Recueillir les commentaires des occupants concernant leur niveau de confort, et certaines observations ;
- Installer des systèmes de comptage pour mesurer la consommation énergétique du périmètre d'étude pendant les jours ouvrables et non ouvrables au cas où le site audité ne dispose pas d'un système de comptage individuel.

Etape 3 : Analyse des données

- Analyser les factures d'électricité (CIE) du site audité sur les 36 derniers mois ;
- Effectuer un bilan énergétique, répartir la consommation par usage et par niveau et procéder à l'analyse ;
- Analyser le niveau de confort (température, éclairage...) ;
- Identifier les opportunités d'amélioration de l'efficacité énergétique ;
- Identifier les facteurs d'ajustement.

Etape 4 : Solutions et économie

- Proposer des Actions d'Amélioration de la Performance Energétique (AAPE) ;

- Evaluer l'impact des Actions d'Amélioration de la Performance Energétique ;
- Evaluer l'économie d'énergie.

Etape 5 : Dimensionnement du générateur solaire photovoltaïque

- Identifier les charges à alimenter ;
- Evaluer la puissance à installer ;
- Dimensionner le champ photovoltaïque.

Etape 6 : Economie

- Evaluer l'économie énergétique par rapport à la période de référence ;
- Evaluer l'économie financière ;
- Quantifier les investissements liés aux actions d'amélioration de la performance énergétique ;
- Calculer le temps de retour sur investissement.

II.3. Matériels

Pour mener à bien notre étude, les équipements suivants ont été utilisés :

- Enregistreur de puissance et d'énergie pour mesurer les grandeurs électriques ;
- Une station météo pour la mesure de la température dans les bureaux ;
- Un luxmètre pour mesurer le niveau d'éclairement dans les bureaux ;
- Un laser mètre pour mesurer les distances.

La description du matériel est jointe annexe 2.

II.4. Résultats attendus

- Le parc actuel des équipements est décrit et diagnostiqué ;
- Le bilan énergétique complet du site est établi et analysé ;
- Les indicateurs de Performance énergétique (Ipé) sont calculés ;
- Les actions d'économie d'énergie sont proposées et le taux d'économie d'énergie est évalué ;
- Le dimensionnement d'un générateur solaire photovoltaïque est proposé ;
- La rentabilité financière et l'impact environnemental sont évalués.

II.5. Présentation du site audité

a. Présentation et description générale

La SODECI ou Société de Distribution d'Eau de la Côte d'Ivoire est un opérateur privé chargé d'assurer l'approvisionnement en eau potable de la Côte d'Ivoire [1]. C'est le site de l'agence de la Riviera Palmeraie dans la commune de Cocody à Abidjan qui sera audité.

Construit en 2017, le site est composé principalement d'un bâtiment à 3 étages (R+3) avec des locaux annexes (restaurant, gymnase, magasins...). Il est essentiellement orienté sur l'axe Est – Ouest. La surface utile du site entier est **3 403,43 m²** décrit dans le tableau ci-dessous.

Tableau I : Surface des différents compartiments du site.

Désignation	Immeuble R+3	Gymnase	Restaurant	Magasins	Infirmierie	Préau client	Guérite
Surface (m ²)	2 649,33	260,94	176,49	115,65	92,56	89,40	18,56



Figure 2 : Vue aérienne et aperçu de la SODECI agence palmeraie.

b. Les usages énergétiques

Les principaux usages énergétiques de la SODECI palmeraie sont : la climatisation, l'éclairage, la bureautique et l'électroménager.

c. Horaires de fonctionnement

Le site est occupé cinq (5) jours sur sept (7) (du lundi au vendredi). Les horaires de travail vont de 7h30mn à 16h30mn avec une pause de 1h à partir de 12h30mn. Il est à noter que certains locaux sont toujours occupés par les usagers au-delà de 16h30mn.

d. Effectif

La SODECI palmeraie compte 114 agents.

II.6. Définition de la méthode de mesure de l'efficacité énergétique

Comme susmentionné dans la méthodologie, le protocole IPMVP sera la norme utilisée pour la mesure de l'économie d'énergie. Les économies seront exprimées sous forme d'énergie évitée, à savoir l'énergie économisée après la mise en place des actions d'amélioration de la performance énergétique (AAPE). Leur détermination se fera par la différence entre la consommation d'énergie de la base de référence avant les AAPE et la consommation d'énergie enregistrée après les AAPE.

Dans la mise en œuvre des méthodes de calcul des économies, le protocole IPMVP nous propose quatre (4) options différentes qui prennent en compte plusieurs aspects dont le périmètre d'étude (annexe 2).

Dans le cadre de notre étude, la mesure et la vérification de l'économie réalisée par les solutions proposées se feront avec l'option C ; celle du site entier. En effet, pour évaluer la performance du site entier, deux (2) options s'offrent à nous : l'option C et l'option D.

L'option D fait surtout appel à une simulation calibrée. De même, nous sommes dans une situation où les principaux usages (climatisation, éclairage, bureautique...) présentent des effets interactifs : la diminution des charges thermiques engendrées par l'éclairage et la bureautique impacterait forcément la climatisation de ce lieu. Aussi, certaines AAPE qui devront être déployées sur l'alimentation générale ne peuvent être isolées. C'est pourquoi, nous choisissons l'option C.

Méthode de calcul des économies et évaluation financière :

$$\Delta E = E_{av} - E_{ap} + / - \text{ajustements} \quad (Eq 1)$$

- ΔE : Energie économisée en kWh/an ;
- E_{av} : Energie consommée dans la période de référence (avant mise en place des AAPE) kWh/an ;
- E_{ap} : Energie consommée dans la période de référence (après mise en place des AAPE) kWh/an.

$$TRB = \frac{C_{inv}}{C_{an}} \text{ et } C_{an} = \Delta E \times P_m \quad (Eq 2)$$

- TRB : Taux de Retour Brut en années ;
- C_{inv} : Coût d'investissement global en F CFA ;
- C_{an} : Coût d'économie annuelle estimée en F CFA ;
- P_{moy} : Prix moyen du kWh en F CFA.

Chapitre II : Audit énergétique

I. Description et diagnostic

C'est le bâtiment et les usages qui sont concernés. Le diagnostic consiste à faire l'état des lieux afin d'identifier d'éventuels défauts et d'entrevoir de possibles opportunités d'amélioration de la performance énergétique du bâtiment.

I.1. Système électrique de la SODECI palmeraie



Figure 3 : Cellules SM6, Transformateur NEXANS et groupe électrogène CAT.

a. Les sources d'alimentation énergétique

Au niveau de l'agence de la SODECI Palmeraie, deux sources d'énergie permettent d'alimenter les équipements électriques installés. Il s'agit d'un réseau de distribution Haute Tension de niveau A (HTA) à travers un transformateur 15kV/420V de 400 kVA et un groupe électrogène de secours de 500 kVA.

- Le poste de transformation 15 kV/420 V :

La SODECI de la Riviera Palmeraie est alimentée par le réseau de distribution HTA de la Compagnie Ivoirienne de l'Electricité (CIE). Elle dispose d'un poste de transformation de distribution publique équipé d'un compteur triphasé, d'un disjoncteur de 630A ainsi qu'un transformateur triphasé de 15 kV/420V de 400 kVA protégé par des cellules SM6. Ceux-ci permettent de mettre à la disposition des locaux, une alimentation Basse Tension (BT) de 230/420 Volts.

- Groupe électrogène 500 kVA :

Un groupe électrogène d'une puissance de 500 kVA couplé au réseau grâce à un inverseur automatique assure la relève en cas de défaut d'alimentation.

b. Schéma unifilaire du réseau électrique du site

La figure 4 représente le schéma unifilaire général du départ transformateur aux autres différents départs. En aval du transformateur, on a un disjoncteur général de 630 A. Il faut noter la présence de tableaux divisionnaires à chaque étage du bâtiment principal.

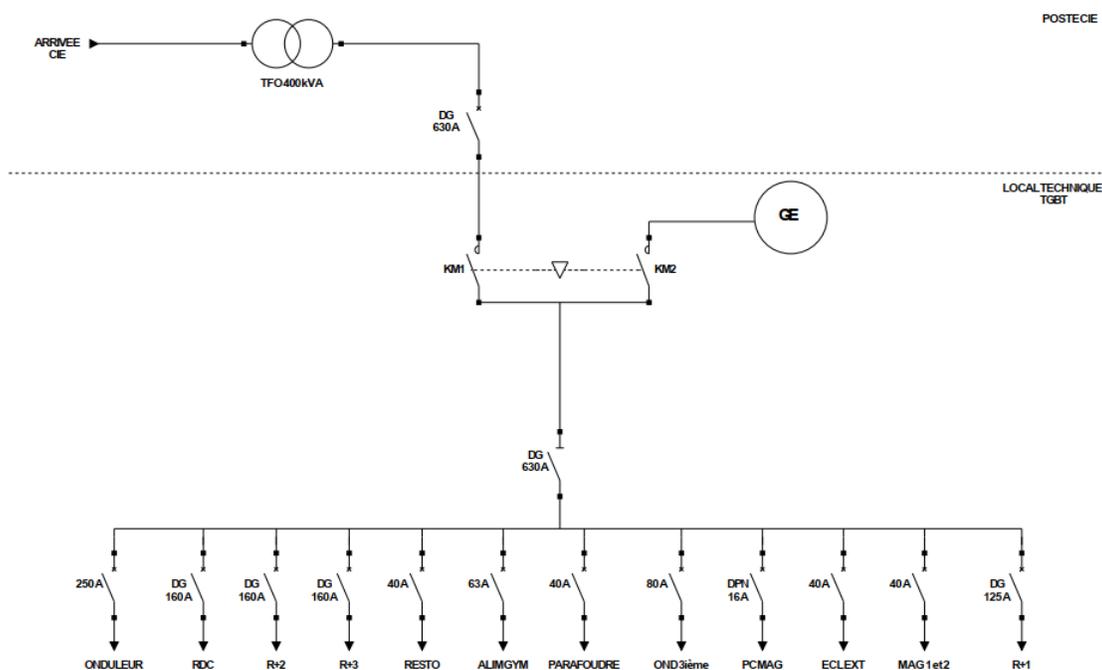


Figure 4 : Schéma unifilaire du TGBT au niveau du transformateur.

- Le départ onduleur alimente un onduleur de 120 kVA installé dans le local technique du RDC. Un onduleur est un dispositif électronique qui permet de fournir un courant alternatif stable dépourvu de coupures et de microcoupures quoiqu'il se produise sur le réseau principal d'alimentation [2]. Grâce aux batteries qu'il regorge, l'onduleur permet d'assurer l'autonomie de ses charges pendant une durée de temps limitée. Notre onduleur alimente la totalité des prises du bâtiment principal (R+3) du site.
- Quant au départ « OND3^{ème} », il alimente un onduleur de 60 kVA installé dans la salle serveur au 2^{ème} étage. Cet onduleur alimente certaines charges du 3^{ème} étage.
- Les départs « RDC, R+1, R+2, R+3, Resto, ALIMGYM et PARAFoudre » alimentent

respectivement le Rez de chaussée, le 1^{er} étage, le 2^{ème} étage, le 3^{ème} étage, le restaurant, le gymnase et le parafoudre.

- Les départs « PCMAG, ECLEXT, MAG 1 et 2 » alimentent respectivement les prises des magasins du site, l'éclairage extérieur et les magasins 1 et 2.

Les départs les plus significatifs du TGBT au niveau du transformateur sont les départs Onduleur, RDC, R+1, R+2 et R+3. Les autres schémas unifilaires sont placés en annexe 3.

c. Diagnostic

Nous avons constaté que les coffrets sont bien câblés et que chaque départ est protégé par un disjoncteur. Des essais nous ont permis de voir que chaque usage correspond au départ qui lui est dédié. De plus, on a un nouveau bâtiment car il a été construit en 2017 et il n'y a pas eu ni rénovation, ni d'ajout de charges significatives depuis 2019.

I.2. L'enveloppe du bâtiment

L'enveloppe des bâtiments permet de créer un microclimat intérieur afin d'assurer le confort et la sécurité des occupants. Elle permet une bonne isolation thermique des locaux climatisés et minimise les apports de chaleur externe tout en réduisant la consommation d'énergie.

a. Description

- La Toiture

La toiture des bâtiments de la SODECI palmeraie est de forme plate ; elle est constituée d'une dalle en béton et recouverte de roofing (goudron). Le roofing ou bitume est un revêtement utilisé pour recouvrir les toits plats. C'est un matériau composé de pétrole mélangé à du polyester ou de fibre de verre.

- Les murs

Ils sont recouverts d'enduit en béton et essentiellement constitués de parpaings. L'épaisseur des murs est de 20 cm. Ils sont peints en blanc.

- Le plancher et le plafond

Le plancher qui sépare les étages est en béton. Les plafonds du bâtiment sont de type suspendu. Ce type de plafond se compose d'une armature métallique légère en aluminium (rails) raccordée au plancher par des tiges métalliques. Sur cette armature métallique sont posées des plaques rectangulaires ou dalles (bois, métal, éclairage...). En plus de l'esthétique, le plafond de type

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

suspendu libère un espace appelé plénum qui peut accueillir l'isolation, les câbles électriques, les conduites... [4].

Dans notre cas, les dalles sont de type métallique de couleur blanche. Il faut distinguer également des systèmes plafonniers d'éclairage sous forme de plaque incrustés dans le plafond suspendu et des cassettes pour la climatisation.



Figure 5 : Panneau plafonnier d'éclairage, cassette plafonnière, lampe incrustée dans le plafond (de gauche à droite).

- Vitrage

Une grande partie des façades du bâtiment principal de la SODECI palmeraie est en vitre (environ 60 %). Les façades les plus vitrées de l'édifice sont orientées sur l'axe Est - Ouest. Le vitrage utilisé est simple. Certaines vitres du 3^{ème} étage sont teintées de noir en raison de la présence des écrans de supervision. Le vitrage de tous les bureaux occupés donnant sur l'extérieur est doté de protection solaire sous forme de stores intérieurs de couleur blanche.



Figure 6 : Vue des stores intérieurs, vue de la façade vitrée et vitre teintée en noir (de gauche à droite).

b. Diagnostic

- ✓ Les parois du bâtiment ne sont pas isolées.
- ✓ Le toit fait de roofing a un avantage principal : il résiste bien à l'humidité et se combine parfaitement avec une possible isolation du toit.
- ✓ Les murs et le plafond des bureaux sont peints en blanc. Le blanc est la couleur ayant le meilleur facteur de réflexion (Voir Annexe 4) ; il renvoie très bien la lumière. Ceci favorisera un meilleur éclairage des locaux, dans la mesure où plus la couleur d'une pièce est foncée, plus il faut de puissance lumineuse pour l'éclairer.
- ✓ La majeure partie du bâtiment est faite de vitres comme susmentionné. D'importants gains thermiques sont obtenus à travers le vitrage notamment des apports de chaleur externe en provenance de l'air atmosphérique et du soleil [5]. Ces gains sont estimés de 10 à 15 % [3]. Les stores internes installés au niveau des vitres et le vitrage teinté du 3^{ème} étage permettent de réduire faiblement ces gains à leur niveau respectif.

I.3. Les usages électriques

I.3.1. Eclairage

L'éclairage est indispensable dans les bâtiments. Il constitue l'un des plus gros consommateurs d'énergie électrique dans le bâtiment. Aussi, est-il important de réduire sa consommation électrique tout en respectant la norme concernant le niveau d'éclairage dans chaque zone de travail (bureau, salle de réunion...) afin d'assurer le confort visuel des usagers.

I.3.1.1. Inventaire des lampes et bilan de puissance

Le système d'éclairage de la SODECI palmeraie est constitué de luminaires muraux, plafonniers et des lampadaires. Il existe plusieurs types de lampes (voir Tableau II).

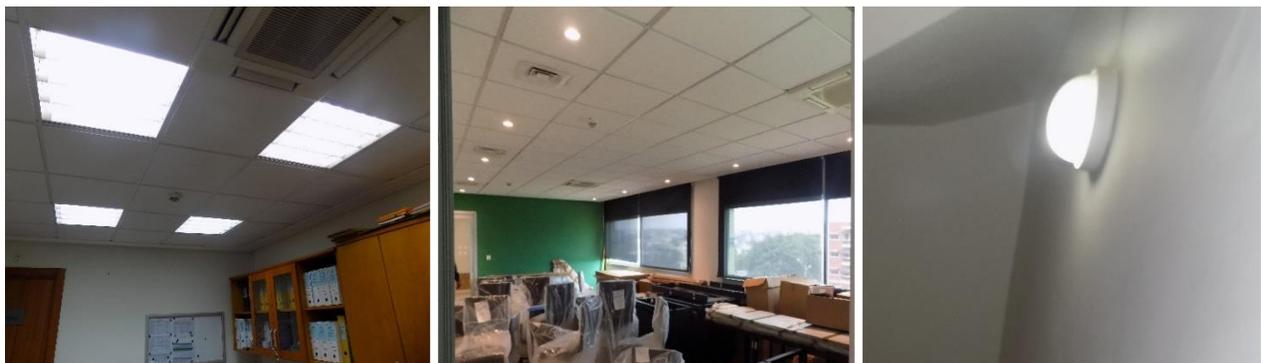


Figure 7 : Réglette quadruple T8 0,6m, spot LED 2300K et ampoule fluocompacte.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

- Méthode de calcul

La puissance du tube T8 fluorescent 1,2m est de 36 W et celui du tube T8 fluorescent 0,6m est de 18 W. A cause du ballast, la puissance des tubes T8 fluorescents sera calculé selon la formule suivante :

$$P_{lum} = 1,25 \cdot P_{lampe} \quad (\text{Eq 3})$$

- P_{lum} : Puissance de l'ensemble lampe + ballast ;
- P_{lampe} : Puissance du tube fluorescent.

Les différents types de lampes de la SODECI sont énumérées dans le tableau ci – dessous :

Tableau II : Récapitulatif des types de luminaires et les lampes associés du site.

Type de lampes	Nombre de lampes	Pu (W)	Pt (W)
GS-D7208R	2	8	16
E27	51	11	561
Ampoule G24d-2	66	26	1 716
Globe à Sodium	14	250	3 500
Lampe esthétique	6	20	120
E40	2	400	800
Tube T8 Fluorescent 1,2m	28	45	1 260
Tube T8 Fluorescent 0,6m	1 308	23	29 430
Tube T8 Fluorescent 1,2m	120	45	5 400
LED	157	18	2 826
	1 754		45 629,00

Le nombre de lampes est de **1 754** sur le site ; ce qui correspond à une puissance totale installée de **45,63 kW**.

L'inventaire complet des luminaires et des types de lampes associées sont donnés en annexe 5.

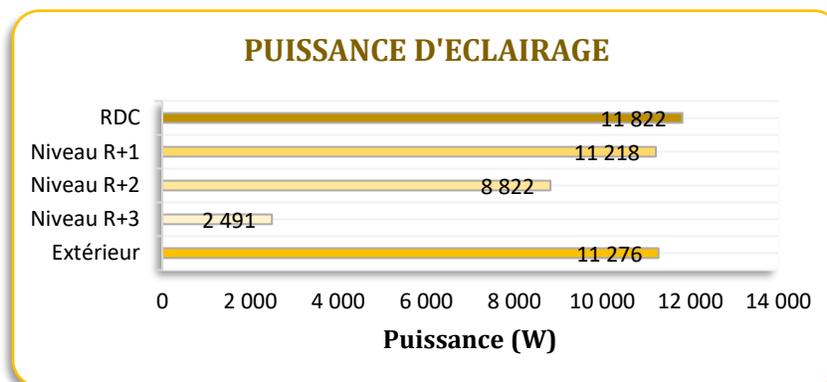


Figure 8 : Bilan de puissance de l'éclairage par zone.

Le bilan de puissance montre que le RDC (**12 kW**), l'éclairage extérieur (**11,3 kW**) et le 2^{ème} niveau (**11,2 kW**) représentent les puissances les plus élevées avec le RDC en tête. La puissance la plus basse est celle du 3^{ème} étage (**2,5 kW**).

I.3.1.2. Diagnostic de l'éclairage

Le tableau III résume le diagnostic sur l'éclairage, notamment les lampes défectueuses dans les locaux et surtout l'étude d'éclairagisme pour voir si le niveau d'éclairement est conforme à la norme. Pour ce faire, le niveau d'éclairement existant est mesuré avec un luxmètre et l'étude est réalisée selon la norme **NF EN 12464-1**.

Les notions de base sur les grandeurs photométriques et le niveau d'éclairement recommandé dans les zones de travail dédiées se trouvent en annexe 4.

Il faut noter que des mesures n'ont pu être prises dans certains locaux en raison de leur fermeture liée à l'absence des occupants durant l'audit.

Commentaire :

- ✓ Dans le tableau III, les locaux ayant la mention :
 - « Excessif », ont un éclairement largement supérieur à celui fixé par la norme ;
 - « Bon » ont un éclairement légèrement supérieur ou égal à celui fixé par la norme ;
 - « Acceptable » ont un éclairement légèrement inférieur à celui fixé par la norme ;
 - « Mauvais » ont un éclairement amplement inférieur à celui fixé par la norme.
- ✓ Les bureaux disposant de baies vitrées et bénéficiant de l'éclairage naturel ont des valeurs d'éclairement supérieures ou égales à la valeur minimale exigée.
- ✓ Les employés au niveau du 3^{ème} étage se plaignent de l'éclairage qui est rouge. Cela est dû aux SPOT LED 2300 K ; leur indice de rendu des couleurs (IRC) est mauvais.
- ✓ Des détecteurs de présence sont installés au niveau du 3^{ème} étage.
- ✓ L'éclairage dans les bureaux, les couloirs, les escaliers et les toilettes fonctionne avec des interrupteurs simples. Cette situation entraîne un surplus de consommation lorsque les usagers oublient d'éteindre les lampes.

**AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE**

Tableau III : Tableau récapitulatif du niveau d'éclairage des locaux du site

Désignation Local	Type de Luminaire	Type d'ampoule	Puissance total (W)	Surface (m ²) L*1	Indicateur (W/m ²)	Eclairage actuel (Lux)	Norme Eclairage (Lux)	Etat	Observations
R+3									
Cafetière	Spot LED	SPOT LED 2300K	180	30	5,92	470	300	Bon	
Salle de repos	Spot LED	SPOT LED 2300K	90	10	9,44	108	100	Bon	
Espace communication	Spot LED	SPOT LED 2300K	180	36	5,05	970	500	Excessif	
Sécrétariat	Spot LED	SPOT LED 2300K	90	13	6,81	110	500	Mauvais	
Manager	Spot LED	SPOT LED 2300K	135	24	5,59	105	500	Mauvais	
Vestiaire femme	Spot LED	SPOT LED 2300K	68	23	2,92	66	200	Mauvais	Ampoules rouges, les occupants se plaignent
Vestiaire homme	Spot LED	SPOT LED 2300K	90	20	4,59	95	200	Mauvais	
Debriefing	Spot LED	SPOT LED 2300K	45	7	6,72	214	500	Mauvais	
Relation clientèle 3	Spot LED	SPOT LED 2300K	225	44	5,13	78	500	Mauvais	
Relation clientèle 2	Spot LED	SPOT LED 2300K	203	48	4,26	100	500	Mauvais	
Relation clientèle 1	Spot LED	SPOT LED 2300K	225	55	4,12	178	500	Mauvais	
Debriefing 1	Spot LED	SPOT LED 2300K	45	11,07	4,06	150	500	Mauvais	
Ordonnancement	Spot LED	SPOT LED 2300K	270	40,32	6,70	133	500	Mauvais	
Supervision centralisée	Spot LED	SPOT LED 2300K	180	74,89	2,40	225	500	Mauvais	
Salle polyvalente	Spot LED	SPOT LED 2300K	180	32,13	5,60	64	300	Mauvais	
Local technique	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	90	5,66	15,90	213	200	Bon	
Toilette femme	Ampoule LED E27	E27	33	1,26	26,23	95	200	Acceptable	
	Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent	45	4,31	10,45	127			
Toilette homme	Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent	90	4,31	20,90	93	200	Acceptable	
	Ampoule LED E27	E27	11	5,66	1,94	113			
R+2									
Gestion RHCOM	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	540	18,66	28,95	585	500	Bon	
Communication	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	360	24,12	14,92	1885	500	Excessif	
Direction finance AAO	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	1080	69,53	15,53	262	500	Mauvais	
Cartographie informatisée	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	2160	48,72	44,34	289	500	Mauvais	
Service fonctionnement réseau	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	1620	102,37	15,83	616	500	Excessif	
Chef de service	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	360	15,18	23,71	619	500	Excessif	
Directeur assainissement	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent 0,6m	180			680	500	Bon	
Assainissement	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	216	27,83	7,76	248	500	Mauvais	
Local technique	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent 0,6m	90	5,66	15,90	213	200	Bon	
Toilette homme	Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	90	4,31	20,90	93	200	Mauvais	
Toilette dame	Ampoule LED E27	E27	33	1,26	26,23	95	200	Acceptable	
	Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	90	4,31	20,90	96			
R+1									
Salle réunion	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	540	30,86	17,50	780	500	Excessif	
Responsable gestion personnel	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	180	14,86	12,11	427	500	Bon	
Chef service distribution	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	180	10,54	17,08	633	500	Excessif	
Local technique	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent 0,6m	90	5,96	15,10	250	200	Bon	
Couloir salle de réunion	fluocompacte	ampoule G24d-2	260	18,78	13,84	164	200	Mauvais	4 ampoules HS
Local technique	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	90	5,96	15,10	250	200	Bon	
Archives	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	540	34,50	15,65	199	200	Bon	
Comptable et RQSE	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	540	34,20	15,79	550	500	Bon	
Sécrétariat direction régional	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	540	22,94	23,54	469	500	Bon	
Directeur régional	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	540	37,40	14,44	97	500	Mauvais	
Toilette DG	Ampoule LED E27	Ampoule LED E27	11	3,71	2,96	438	200	Excessif	
Salle d'attente	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	360	19,71	18,26	1120	500	Excessif	
Magasin	Réglette double 1,2m	Tube T8 Fluorescent	90	4,00	22,50	278	300	Bon	
Toilette femme	Ampoule LED E27	E27	33	1,26	26,23	95	200	Mauvais	
Toilette homme	Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	90	4,31	20,90	93	200	Mauvais	
Sécrétariat marketing et client	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	540	24,15	22,36	260	500	Bon	
	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	360	16,29	22,10	420			
	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	270	14,77	18,28	717			
Salle attente	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	180	12,32	14,61	724	500	Excessif	Non occupé
RDC									
Réproduction	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	360	10,64	33,83	710	500	Excessif	
Equipe facturation	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	1620	79,71	20,32	187	500	Mauvais	
Local technique	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent 0,6m	90	5,66	15,90	260	200	Bon	5 ampoules HS
Toilette homme	Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	90	4,31	20,90	148	200	Mauvais	
Salle de conférence	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	1440	67,41	21,36	422	500	Bon	1 ampoule HS
REG	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	180	12,34	14,59	393	500	Acceptable	
Salle de réunion	fluocompacte	ampoule G24d-2	104	22,15	4,70	948	500	Excessif	
Caisse	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	360	12,96	27,78	410	500	Acceptable	
Agence commerciale	Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent	2070	124,41	16,64	345	500	Acceptable	
Salle d'attente	Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent	540	5,36	100,72	278	500	Mauvais	

I.3.2.La climatisation

De nos jours, la climatisation de bureau est devenue pratiquement indispensable. Aussi permet-elle de maintenir une température constante qui donne une sensation de confort à toute personne travaillant dans cet espace. Cependant, elle constitue l'un des plus grands postes de consommation d'énergie dans le bâtiment. Selon les experts de l'Agence Internationale d'Énergie (International Energy Agency-IEA) : « Climatiseurs et ventilateurs représentent déjà près de 20 % de l'électricité totale consommée dans les bâtiments à l'heure actuelle, soit 10 % de la consommation mondiale d'électricité [6] ».

Il convient alors de trouver des opportunités pour réduire sa consommation sans altérer le confort thermique.

I.3.2.1. Inventaire de la climatisation et bilan de puissance

La climatisation des locaux de la SODECI palmeraie est principalement basée sur un système centralisé de type DRV (Description en annexe 6). Il y existe également, des systèmes individuels que sont les mono-split muraux et les armoires de climatisation.



Figure 9 : Unités extérieures du DRV, split et extracteur – cassette plafonnrière du DRV – armoire de climatisation.

Les tableaux suivants décrivent l'inventaire et le bilan de puissance de la climatisation du site :

Tableau IV : Inventaire des unités intérieures du DRV.

Localisation	Marque	qté	Pu frig (W)	Pt frig (W)	Pu élec (W)	Pt élec (W)
Dans les locaux	Airwell	2	1 650	3 300	20	40
	Mitshubishi	114	2 800	319 200	20	2 280
Total		116		197 100		2 320

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Tableau V : Inventaire des mono-split muraux et armoires de climatisation.

Désignation	Marque	qté	Pu frig (W)	Pt frig (W)	Pu élec (W)	Pt élec (W)
Mono-split	Mitshubishi	14	2 500	35 000	730	10 220
Mono-split	Mitshubishi	1	3 600	3 600	1 120	1 120
Mono-split	Mitshubishi	1	6 100	6 100	1 790	1 790
Mono-split	Mitshubishi	1	7 100	7 100	2 130	2 130
armoire	Midea	1	14 070	14 070	5 006	5 006
armoire	Nasco	1	14 250	14 250	20	5 025
Total		19		80 120		25 291

Tableau VI : Inventaire des extracteurs d'air.

Localisation	Marque	qté	Pu élec (W)	Pt élec (W)
Toiture	Vim	3	365	1 095

Tableau VII : Inventaire des unités extérieures du DRV (condenseurs).

Localisation	qté	Pu frig (kW)	Pt frig (kW)	Pt élec (CV)	Pu élec (kW)	Pt élec (kW)	EER	Marque	FF
Sur le toit de l'immeuble	2	56	112,00	20	17,17	34,34	3,26	Mitshubishi	R410A
	2	44	88,00	16	12,71	25,42	3,46	Mitshubishi	R410A
	2	40	80,00	14	10,78	21,56	3,71	Mitshubishi	R410A
	2	33,5	67,00	12	8,95	17,90	3,74	Mitshubishi	R410A
	1	28	28,00	10	7,08	7,08	3,95	Mitshubishi	R410A
9		201,5	375,00			106,30			

L'inventaire complet de la climatisation classé par niveau et par type est inséré en annexe 5.

Nous comptons :

- **116** cassettes ayant pour puissance totale **2,3 kW** ;
- **19** split muraux et armoires ayant pour puissance totale **25,3 kW** ;
- **3** extracteurs ayant pour puissance totale **1,1 kW** ;
- **9** unités extérieures du DRV ayant pour puissance totale **106,3 kW**.

La figure 10 montre que la puissance la plus élevée se situe au RDC (**43,8 kW**). En plus des cassettes de climatisation, il y a la totalité des mono-split muraux installés à ce niveau. Après le RDC viennent successivement le niveau R+2 (**36,3 kW**), puis le R+1 (**29 kW**) et enfin le R+3 (**26 kW**).

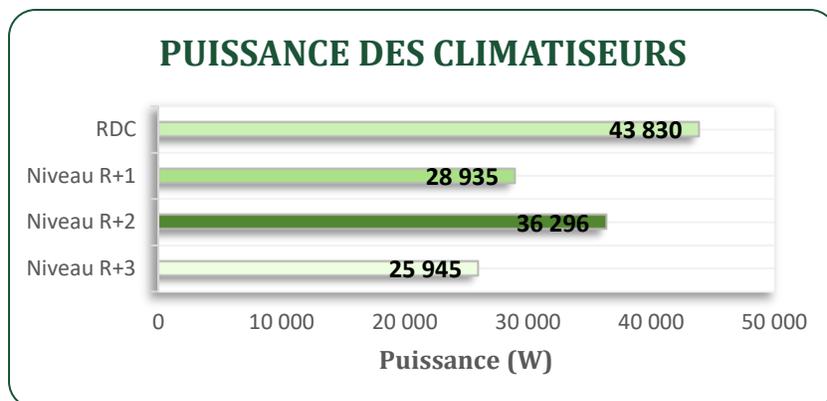


Figure 10 : Bilan de puissance de la climatisation par zone.

I.3.2.2. Diagnostic de la climatisation

Les observations dans chaque local climatisé lors de la visite sur le terrain sont en annexe 5 ;

- ✓ La température de consigne dans la majorité des locaux est de **19 °C**. La température moyenne mesurée dans les locaux à l'aide d'un thermomètre est de **25 °C**. Cette observation fait ressortir que la puissance frigorifique dans la plupart des locaux n'est pas suffisante.
- ✓ Les informations recueillies nous indiquent que les systèmes de climatisation présents sur le site sont performants. En effet, le DRV date de 2017 et sa maintenance est périodiquement assurée par une entreprise ; ce qui permet d'assurer son bon fonctionnement.
- ✓ Tous les mono-split muraux sont dotés de la technologie Inverter (voir annexe 6). On a donc de bon rendement (EER) dont les valeurs sont comprises entre **3,21** et **3,42**.
- ✓ Les 2 armoires de climatisation sont des climatiseurs classiques. Leur EER est inférieur à **2,9** ; ce qui engendre des surconsommations.
- ✓ Dans certains locaux climatisés, la température est plus élevée au niveau de la baie vitrée, quoique la climatisation soit en marche.
- ✓ Dans quelques locaux à l'instar du local « Cartographie informatisée », les usagers se plaignent de l'odeur de la poussière.
- ✓ Il y a une présence de moisissures sur les murs extérieurs de quelques locaux.
- ✓ Il existe des minuteurs programmables sur les unités de climatisation. Ils sont en parfait état. Comme ils ne sont pas programmés, il y a une surconsommation d'énergie lorsque le personnel oublie d'arrêter l'unité intérieure. Leur programmation engendre des économies substantielles.

I.3.3.La bureautique

I.3.3.1. Inventaire de la bureautique et bilan de puissance

La bureautique est constituée d'ordinateurs, d'imprimantes, de vidéo projecteurs...



Figure 11 : Ordinateurs bureau, imprimante et écran TV.

La liste exhaustive de l'inventaire de la bureautique et son bilan de puissance sont insérés dans annexe 5.

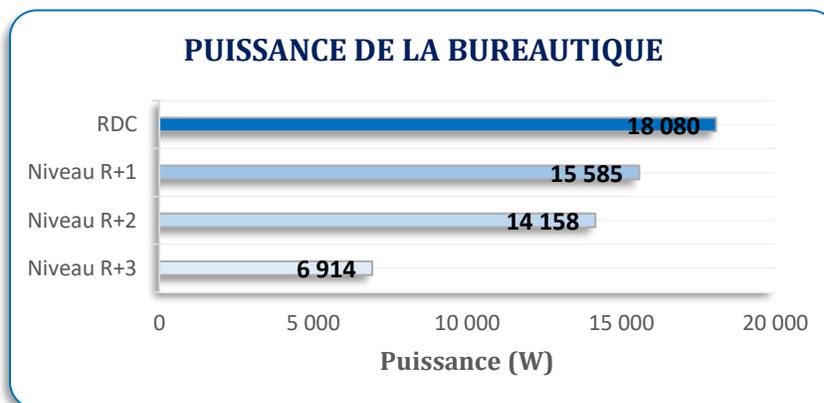


Figure 12 : Bilan de puissance de la bureautique par zone.

D'après ce bilan, la plus grande puissance se trouve au niveau du RDC (**18 kW**). Elle est suivie successivement par le 1^{er} étage (**15,6 kW**) et le 2^{ème} étage (**14,15 kW**). La puissance la plus basse est celle du 3^{ème} étage (**7 kW**).

I.3.3.2. Diagnostic de la bureautique

- ✓ Les appareils sont en mode veille en dehors des heures de service et notamment la nuit et les Week-end. Ce qui représente de l'énergie gaspillée dont le coût peut être important sur une longue durée. On estimera cette énergie dans la suite du rapport.
- ✓ Il y est de vieux ordinateurs de marque HP datant de 2005 dans des bureaux ; or un vieil appareil consomme plus qu'un appareil à l'état neuf.
- ✓ La plupart des appareils sont à l'état neuf.

I.3.4.L'électroménager

I.3.4.1. Inventaire de l'électroménager et bilan de puissance

Il s'agit de micro-ondes, de cafetière, de fontaine d'eau... La liste exhaustive de l'inventaire de la bureautique et son bilan de puissance sont insérés dans l'annexe 5.

La figure ci-dessous illustre le bilan de puissance des appareils électroménagers du site classé par niveau :

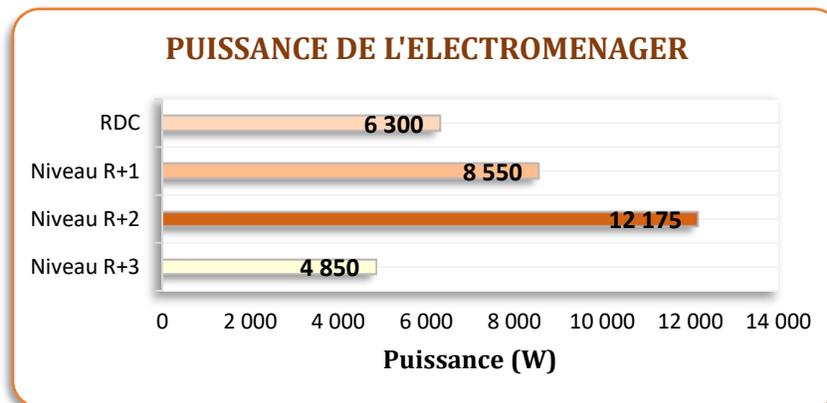


Figure 13 : Bilan de puissance de l'électroménager.

I.3.4.2. Diagnostic de l'électroménager

Nous constatons que :

- ✓ Les réfrigérateurs fonctionnent en tout ou rien ; ce qui engendre d'importantes consommations d'énergie par rapport à ceux fonctionnant avec la technologie Inverter.
- ✓ La puissance totale des appareils électroménagers (**31,87 kW**) du site n'est pas négligeable malgré leur faible quantité.

II. Analyse des consommations énergétiques

II.1. Détermination de la période de référence

Selon l'IPMVP, la période de référence se définit comme la période de temps donné, choisi pour représenter le fonctionnement du site ou du système avant la mise en œuvre d'une action d'amélioration de la performance énergétique (AAPE) [7]. Cette période doit représenter tous les modes de fonctionnement du site, en couvrant un cycle complet passant par les consommations maximales et minimales d'énergie ; et en plus, elle doit être la période antérieure la plus proche de la date choisie pour entreprendre les AAPE [8]. En effet, les périodes plus éloignées ne pourraient pas refléter les conditions telles qu'elles existent immédiatement avant les travaux, et donc, ceci mènerait en porte-à-faux l'estimation d'économie d'énergie.

Comme nous le disions plus haut, nous avons choisi **l'option C** du protocole IPMVP. Dans le cadre de cette option, les données énergétiques de la base de référence peuvent être des données issues des factures.

Nous nous sommes donc procurés les factures d'électricité sur 3 ans (2017-2019) pour mener une étude qui en plus de déterminer la période de référence, nous permettra de mieux cerner la facturation du site et à l'optimiser si possible.

II.2. Etude de la facturation

II.2.1. Type de contrat

Tableau VIII : Caractéristique du contrat d'abonnement à l'énergie.

CONTRAT D'ABONNEMENT D'ENERGIE	
Fournisseur d'énergie électrique	Compagnie Ivoirienne d'électricité (CIE)
Type de Tarif	HTAS
Puissance souscrite (2019)	55 kW
Puissance du transformateur	500 kVA
Activité principale du site	Gestion de la distribution de l'eau et la facturation

On a un tarif de type HTAS à savoir Haute tension de catégorie A de type S. Le comptage (coffret compteur et les réducteurs) est installé au secondaire du transformateur de puissance. Il concerne les clients dont la puissance souscrite est inférieure ou égale à 500 kW. La puissance souscrite s'élève à 55 kW.

II.2.2. Factures d'électricité de la SODECI agence palmeraie

L'étude de l'historique des consommations énergétiques de la SODECI agence palmeraie a été effectuée à l'aide des factures d'électricité de Janvier 2017 à Décembre 2019 ; soit 3 années consécutives :

a. Evolution des factures et des consommations électriques du site

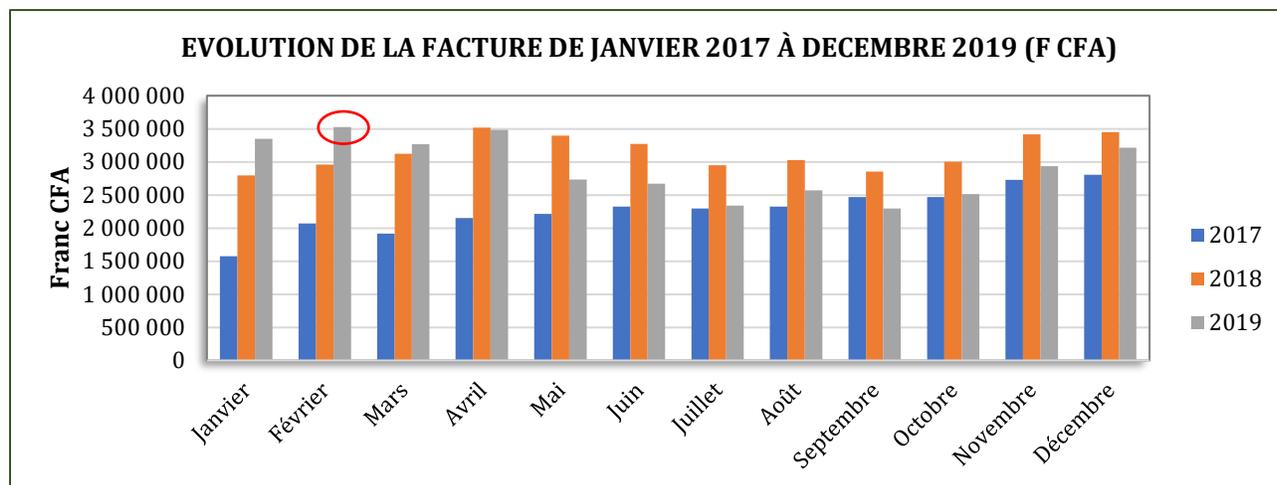


Figure 14 : Graphique de l'évolution de la facture du site de Janvier 2017 à Décembre 2019.

Le graphique ci-dessus nous montre que la facture la plus élevée a été enregistrée en **Février 2019** avec un montant s'élevant à **3 526 515 F CFA** et la moins élevée en **Janvier 2017** avec un montant de **1 577 055 F CFA**.

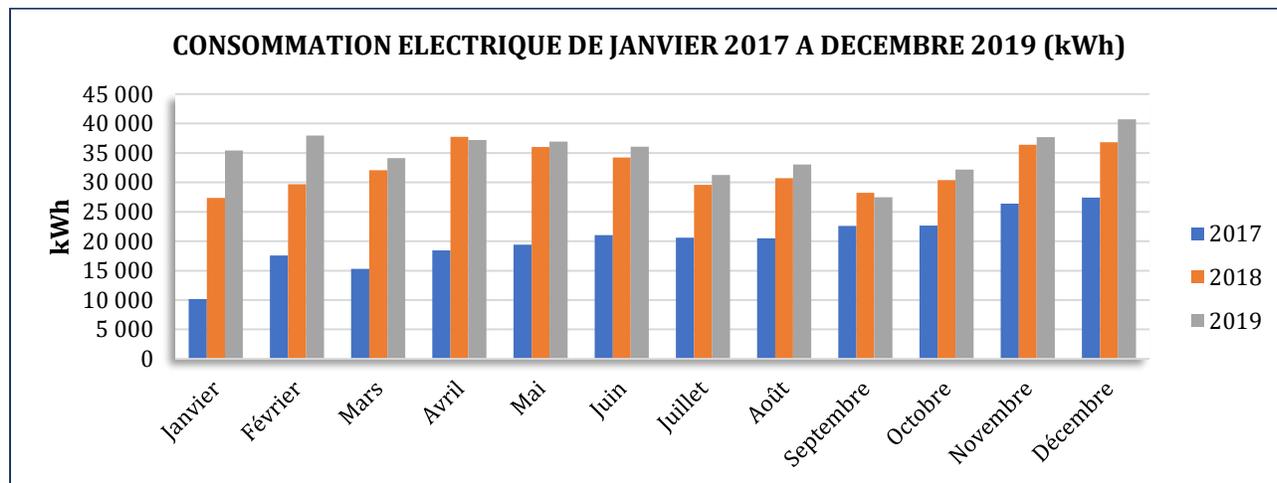


Figure 15 : Graphique de l'évolution de l'énergie électrique consommée sur le site de Janvier 2017 à Décembre 2019.

- ✓ Quant à l'énergie électrique consommée, le maximum pendant ces 3 années a été enregistré en **Décembre 2019** avec **40 694 kWh** et le minimum a été enregistré en **Janvier 2017** avec **10 185 kWh**.
- ✓ Le montant de la facture la plus élevée et l'énergie électrique maximale consommée pendant ces 3 années ne coïncident pas (Février pour le premier et Décembre pour le deuxième) à cause du coût du kWh qui varie d'un mois à l'autre.
- ✓ Le mois de Janvier 2017 constitue le minimum aussi bien au niveau des factures qu'au niveau de la consommation électrique car c'est la date qui marque le début de l'exploitation du site.
- ✓ La croissance progressive de la consommation électrique de l'année 2017 illustrée par la figure 16 peut s'expliquer par l'occupation graduelle du bâtiment.

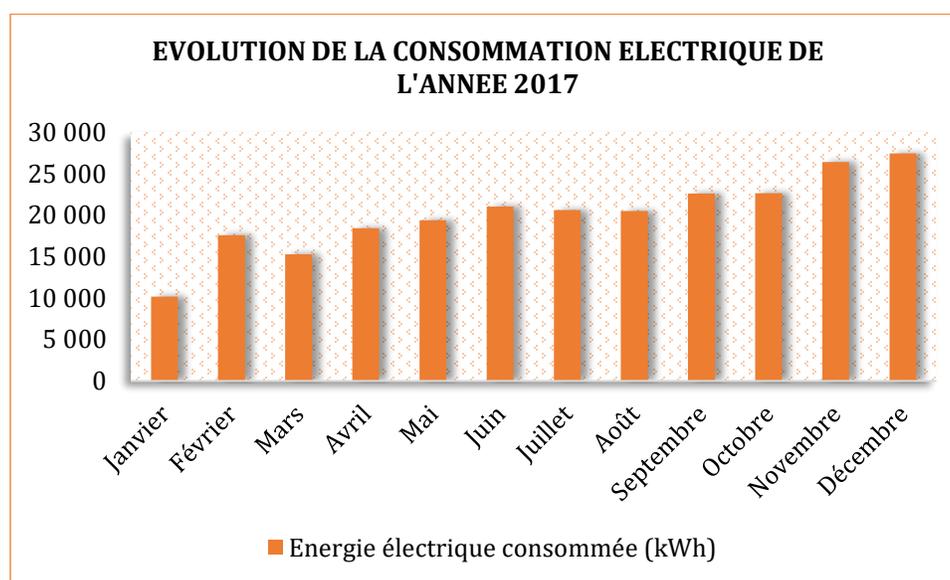


Figure 16 : Evolution de la consommation électrique en 2017.

- ✓ L'évolution de la consommation électrique de l'année 2018 est semblable à celle de l'année 2019 comme l'illustre la figure 15. Ces évolutions diffèrent de celle de 2017 ; en fait, le site est réellement aménagé en 2018 pour être exploité convenablement.

b. Evolution de la consommation électrique du site par rapport à la température ambiante

Comme le montre les figures 17 et 18, les plus fortes consommations sont relevées en période de chaleur : Février à Juin ; Novembre – Décembre. Et durant ces moments, la climatisation est plus sollicitée que d'habitude. Cela entraîne un surplus de consommation d'électricité.

**AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE**

Cependant, la baisse de la température n'entraîne pas automatiquement une baisse de la consommation d'électricité. Des facteurs liés aux comportements des usagers peuvent avoir un impact sur l'augmentation de la consommation de l'énergie électrique.

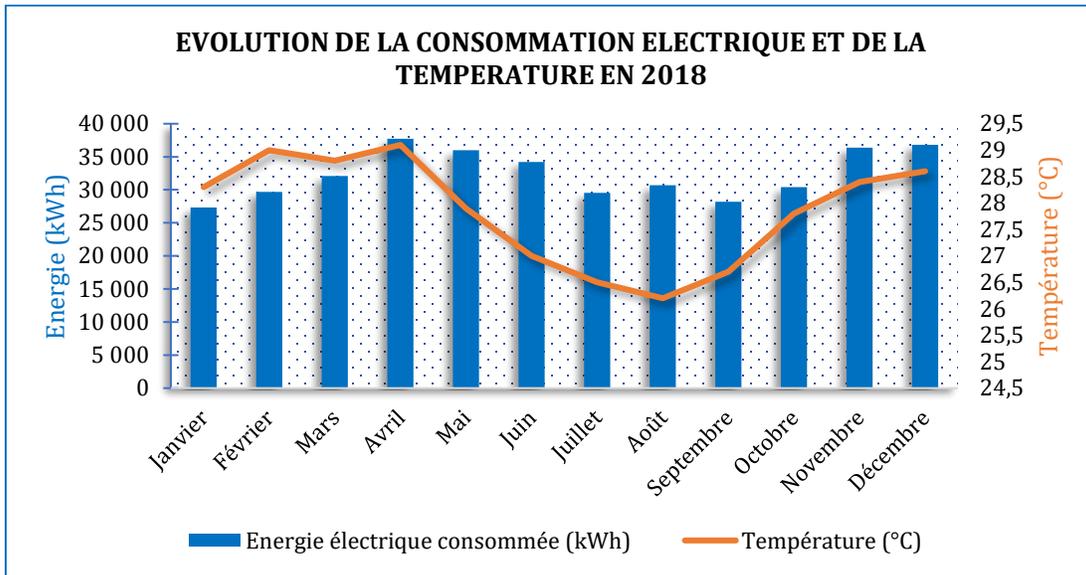


Figure 17 : Evolution de la consommation électrique et la température en 2018.

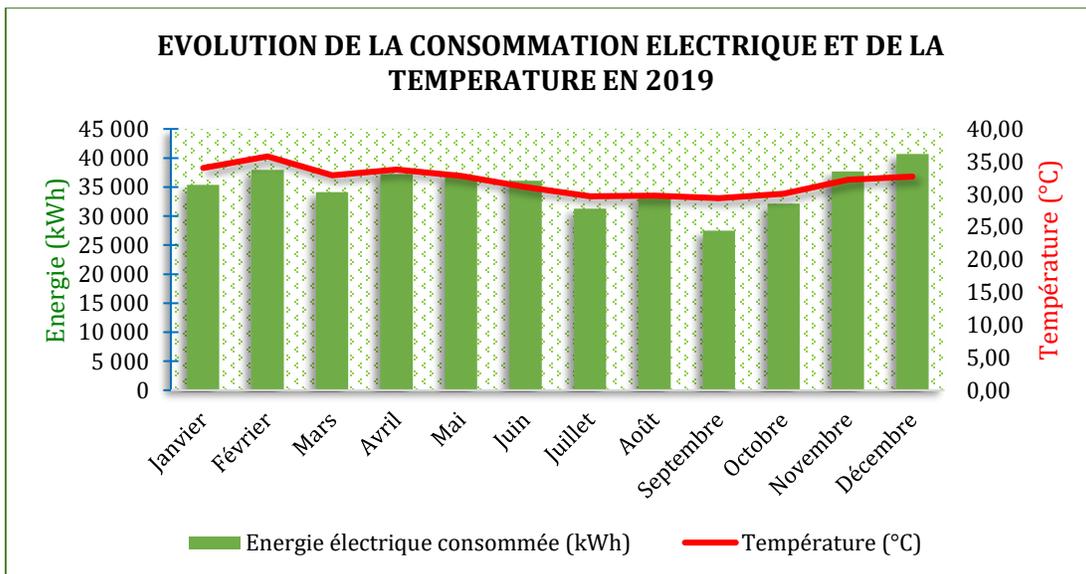


Figure 18 : Evolution de la consommation électrique et la température en 2019.

II.2.3. Profil de consommation

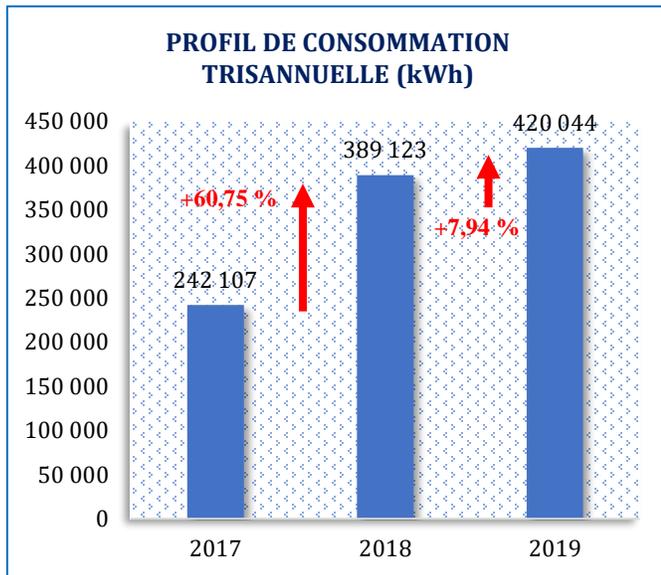


Figure 20 : Profile de consommation trisannuelle.

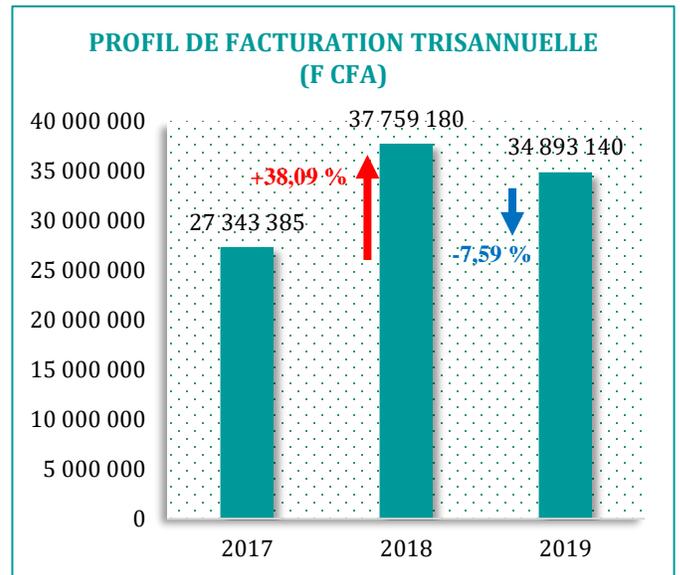


Figure 19 : Profile de facturation trisannuelle.

- ✓ La consommation énergétique a augmenté de 68,67 % (177 937 kWh) de 2017 à 2019 à raison de 60,72 % de 2017 à 2018 et 7,94 % de 2018 à 2019. Cela s'explique par l'occupation progressive du bâtiment.
- ✓ La facture d'électricité a subi une augmentation de 30,5 % (7 549 755 F CFA) de 2017 à 2019. On assiste d'abord à une croissance de 38,09 % de la facture de 2017 à 2018, ensuite à une baisse de 7,59 % de 2018 à 2019 malgré l'augmentation de 7,94 % de la consommation électrique à cette même date. Cette baisse est due à la réduction de la puissance souscrite de 320 kW à 55 kW en Mai 2019.

II.2.4. Choix de la période de référence

L'année 2019 est choisie comme année de référence en se basant sur le protocole IPMVP. En effet, cette période représente les modes de fonctionnement du site. Elle couvre un cycle complet passant par les consommations maximales et minimales d'énergie ; de plus, elle constitue la période antérieure la plus proche de la date qui sera choisie pour entreprendre les AAPE puisque l'audit est réalisé en 2020.

Pour estimer la valeur en " F CFA" des énergies consommées, le coût moyen du kWh sera déterminé à partir de la période de référence selon la formule suivante :

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

$$\text{Coût moyen (F CFA/kWh)} = \frac{\text{Coût annuel de la facture (F CFA TTC)}}{\text{Consommation annuelle (kWh/an)}} \quad (\text{Eq 4})$$

$$\text{Coût moyen} = \frac{34\,893\,140}{420\,044}$$

$$\text{Coût moyen} = 83,07 \text{ F CFA/kWh}$$

Tableau IX : Informations sur la période de référence

Fournisseur d'énergie électrique	Compagnie Ivoirienne d'électricité (CIE)
Type de Tarif	HTAS
Puissance souscrite (kW)	55
Consommation annuelle (kWh/an)	420 044
Facture annuelle globale (F CFA TTC/an)	34 893 140
Prix moyen (F CFA/kWh)	83,07

II.2.5. Analyse de la puissance souscrite, puissance atteinte et le cosφ

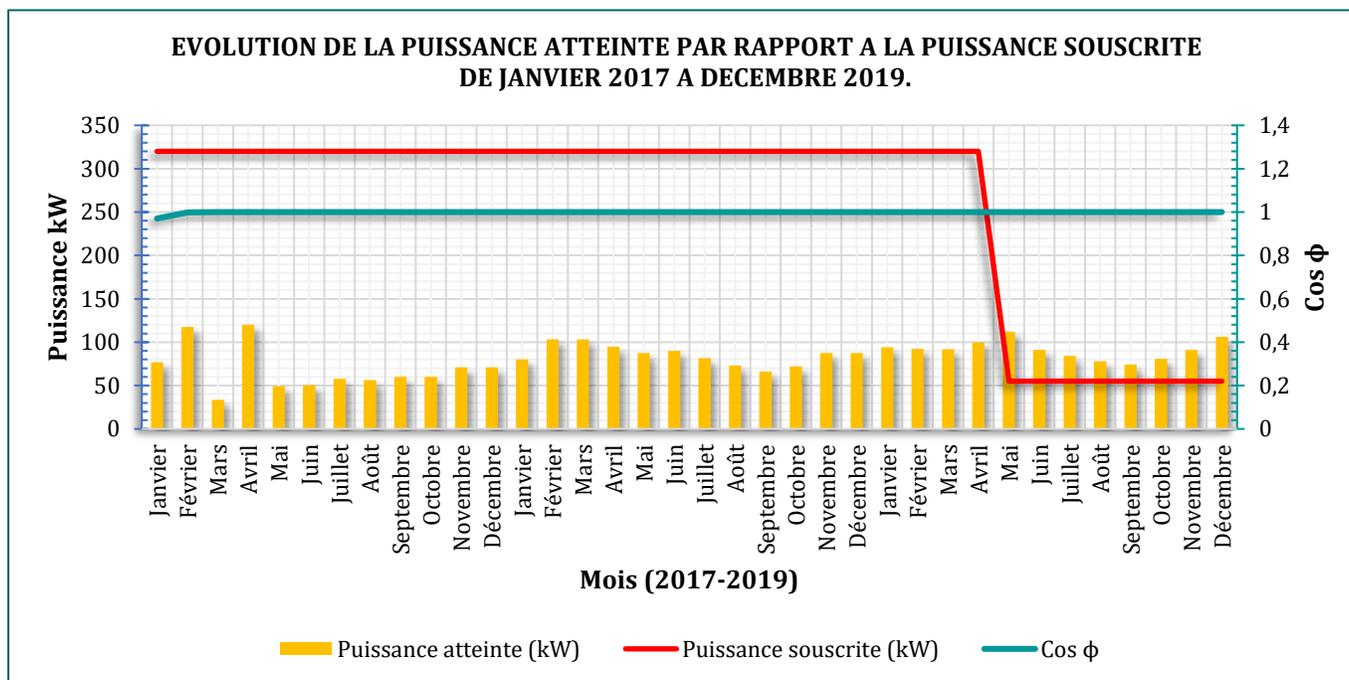


Figure 21 : Evolution de la puissance atteinte par rapport à la puissance souscrite de janvier 2017 à Décembre 2019.

- ✓ Comme le montre le graphique ci-dessus, la puissance souscrite à hauteur de 320 kW est largement supérieure à la puissance atteinte de Janvier 2017 à Avril 2019. La puissance atteinte maximale durant cette période est de 117,6 kW. Ainsi, la puissance souscrite vaut 1,72 fois la puissance atteinte maximale.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

- ✓ En Mai 2019, la puissance souscrite est réduite de 320 kW à 55 kW. A partir de ce moment, la puissance atteinte est supérieure à la puissance souscrite. La puissance atteinte maximale durant cette période s'élève à 106 kW, soit près du double.
- ✓ La diminution de la puissance souscrite a permis de réduire la facture de 2018 à 2019 de 7,59 %. Cependant, on aurait pu avoir une réduction plus importante car la puissance atteinte dépasse la puissance souscrite. Or ces dépassements sont enregistrés par le compteur et constituent des pénalités. A l'inverse, les factures baissent si les puissances atteintes sont en - deçà de la puissance souscrite. Nous recommandons une augmentation de la puissance souscrite.

Tableau X : Puissances atteintes supérieures à 100 kW de 2017 à 2019.

Année	Mois	Puissance atteinte (kW)
2017	Février	117,6
	Avril	120
2018	Février	103
	Mars	103
2019	Avril	100
	Mai	112
	Décembre	106

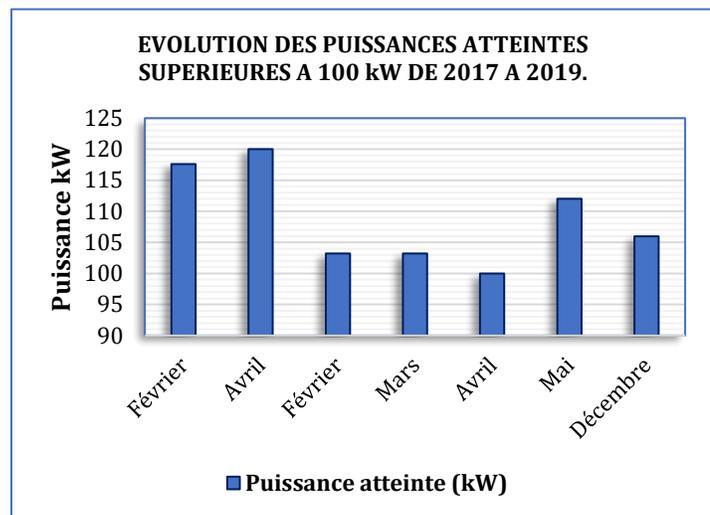


Figure 22 : Evolution des puissances atteintes supérieures à 100 kW de 2017 à 2019.

Le tableau nous montre que la puissance atteinte maximale atteinte s'élève 120 kW en Avril 2017 et le minimum est 103 kW en Février et Mars 2018.

Vue l'évolution de ces puissances atteintes, on recommande à la SODECI agence palmeraie, de souscrire à une puissance de 125 kW.

- ✓ On a un excellent facteur de puissance ($\cos\phi$), car il est égal à 1 toute l'année sauf en Janvier 2017 où il est égal à 0,97 (le facteur de puissance est considéré comme mauvais lorsque le $\cos\phi \leq 0,80$; en cas de mauvais $\cos\phi$ de l'abonné, il est pénalisé [9]). On a donc pas de consommation de puissance réactive, d'où aucun besoin d'installer des batteries de condensateur.

II.3. Résultat des campagnes de mesures

Pour obtenir une bonne répartition de la consommation énergétique du site dans le but de déceler avec précision les sources énergivores et de proposer des solutions associées, on a réalisé des mesures électriques sur les départs énergétiques significatifs (UES) du site. Selon la norme ISO 50 001 : 2018, deux critères permettent de définir un usage énergétique significatif : sa part dans la consommation globale du site ou le potentiel d'économie d'énergie sur l'usage. Une collecte en temps réel des grandeurs électriques (Energie, puissance, tension, courant...) des installations électriques du site audité a été réalisée à l'aide d'analyseurs d'énergie.

II.3.1. Analyse des grandeurs électriques mesurées

Les mesures électriques ont été réalisées sur les départs des UES du site. Elles ont été prises pendant six (6) jours du 28 Février au 4 Mars 2020 dont quatre (4) jours ouvrables et deux (2) jours non ouvrables du Vendredi au Mercredi.

❖ ME1/ Arrivée Alimentation générale de l'agence

a. Mesure de la puissance



Figure 23 : Mesure de la puissance active au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale.

- La puissance active enregistrée présente une allure proche des créneaux dont les parties hautes correspondent aux puissances appelées pendant les heures de travail avec une légère montée le samedi et les parties basses aux périodes d'arrêt du travail dont le dimanche.
- La puissance maximale atteinte pendant les jours ouvrables est de 107,4 kW.
- Une puissance de 68 kW est atteinte un jour non ouvrable et le seuil de puissance atteinte est de 21,87 kW.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

b. Mesure de l'intensité



Figure 24 : Mesure de l'intensité au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale.

- L'évolution de l'intensité pendant la campagne de mesure est proportionnelle à celle de la puissance active.
- L'intensité maximale atteinte pendant les jours ouvrables est de 166,2 A.
- L'intensité maximale atteinte pendant les jours non ouvrables est de 101 A et le seuil d'intensité atteint est de 35,21 A.

c. Mesure de la tension simple



Figure 25 : Mesure de la tension simple au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale.

- Les tensions mesurées entre phase et neutre fluctuent entre une valeur maximale de 235,47 V et une valeur minimale de 227,60 V.
- La moyenne de la tension (231,27 V) est supérieure à la tension réglementaire normale en Côte d'Ivoire (220 V). On proposera une solution permettant d'optimiser la tension et de la réduire de 10 %

d. Mesure du facteur de puissance



Figure 26 : Mesure du facteur de puissance au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale.

La valeur maximale mesurée du $\cos\phi$ est de 0,97 et sa valeur moyenne mesurée est 0,94. Elle est supérieure à la valeur minimale exigée par le distributeur d'électricité en Côte d'Ivoire (0,80) [9]. Cette valeur du $\cos\phi$ n'entraîne pas de pénalité sur les factures électriques.

e. Mesure de la puissance pendant 1 jour (Mercredi)

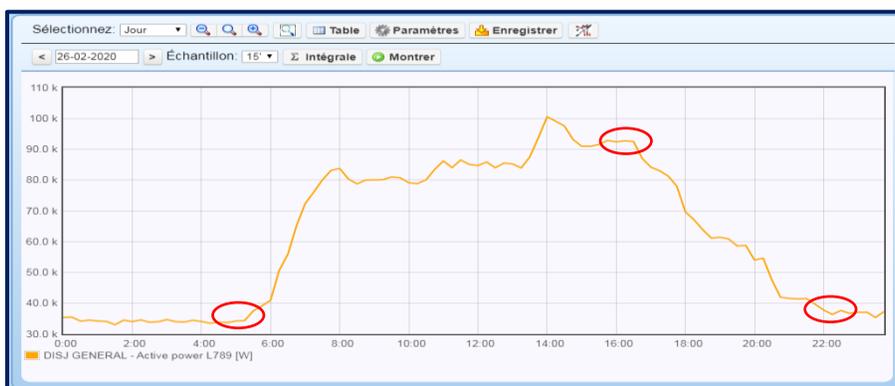


Figure 27 : Mesure du facteur de puissance au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale pendant 1 jour.

- Cette mesure de la puissance au niveau de l'arrivée de l'alimentation générale pendant 24h montre que la puissance commence à augmenter à partir de 5h15min, elle commence à décroître à partir de 16h45min puis se stabilise à 22h30min.
- La puissance maximale atteinte est 100,6 kW.
- La puissance minimale est 33,01 kW.

Les courbes des grandeurs électriques de certains départs ainsi que leurs interprétations sont insérées en annexe 7.

II.4. Répartition des consommations énergétiques de la SODECI palmeraie

La facture nous donne l'énergie totale consommée sur un site concerné ; ceci ne permet pas de déceler réellement la part de consommation des usages afin de déceler les plus énergivores. Il est nécessaire d'utiliser les mesures énergétiques sur les départs ou d'utiliser le bilan de puissance le cas échéant. Il faut noter que les mesures traduisent mieux le comportement des usagers en matière de consommation électrique car l'énergie consommée est mesurée en temps réel. Cependant, il peut s'avérer utile d'exploiter le bilan de puissance des équipements électriques en estimant la consommation énergétique même si l'on dispose d'appareils de mesure.

II.4.1. Répartition énergétique à partir de l'inventaire des équipements électriques

a. Méthode de calcul

- La consommation énergétique journalière des usages sera calculée à l'aide de la formule suivante :

$$E_i = \sum_i P_i \cdot t_i \quad (Eq\ 5)$$

- E_i : Consommation journalière de l'équipement électrique i en kWh ;
- P_i : Puissance de l'équipement électrique i en kW ;
- t_i : Temps de fonctionnement de l'équipement électrique i en h ;

Le temps de fonctionnement se calcule à travers la formule suivante :

$$t_i = (n_{hi} \cdot k_i) \quad (Eq\ 6)$$

- n_{hi} : Nombre d'heures de fonctionnement de l'équipement électrique i par jour en h ;
 - k_i : Coefficient d'utilisation de l'équipement électrique i .
- La consommation énergétique annuelle est calculée à partir de la consommation énergétique journalière :

$$E_{an,i} = 52 \cdot n_{ji} \cdot E_i \quad (Eq\ 7)$$

- $E_{an,i}$: Consommation annuelle de l'équipement électrique i en kWh ;
- n_{ji} : Nombre de jours de fonctionnement de l'équipement i par semaine ;
- 52 est la constante qui représente le nombre de semaines dans l'année.

b. Bilan de puissance des équipements

Le bilan de puissance obtenu à partir de l'inventaire de tous les équipements du site de la SODECI palmeraie s'élève à **266,92 kW** répartis comme suit :

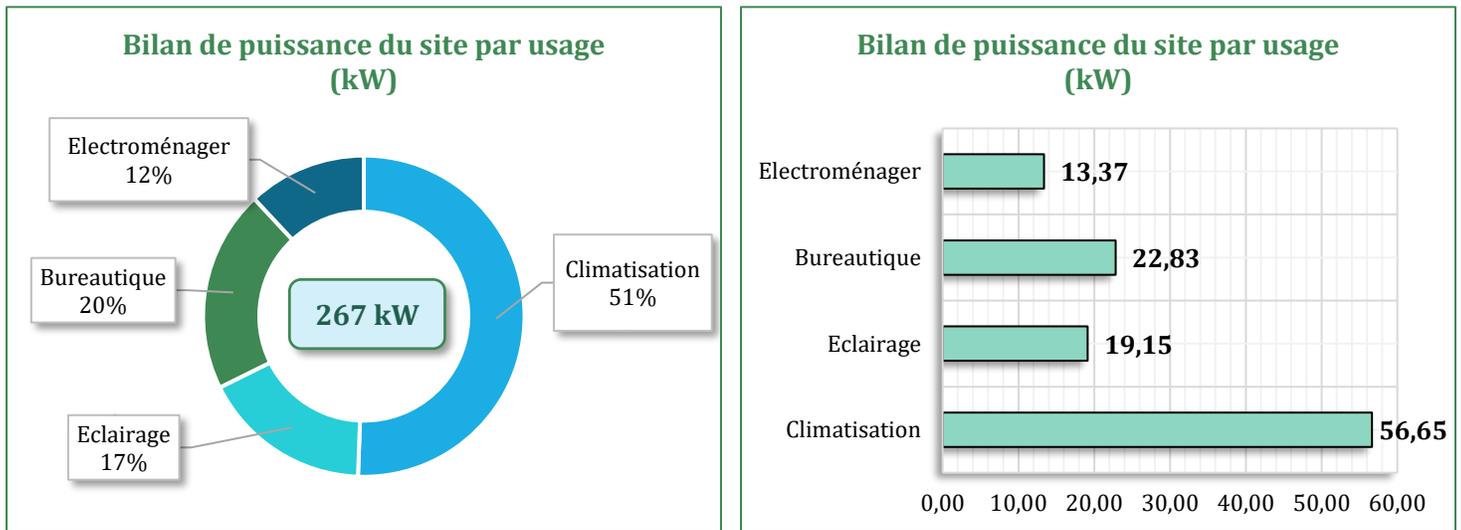


Figure 28 : Bilan de puissance du site par usage

c. Consommation énergétique estimée en fonction du bilan de puissance établi

La consommation énergétique du site a été estimée en fonction du bilan de puissance calculé à partir de l'inventaire des équipements du site. Elle est calculée en fonction de la méthode précédemment décrite.

Le personnel travaille 5 jours par semaine, donc $n_j = 5$:

$$E_{an,i} = 52 \times 5 \times E_i$$

Tableau XI : Estimation de l'énergie consommée et écart avec la facture.

Usages	E_i (kWh/j)	$E_{an,i}$ (kWh/an)
Climatisation	991,03	257 667,28
Eclairage	421,16	109 501,86
Bureautique	240,26	62 467,68
Electroménager	22,34	5 809,02

TOTAL 435 445,847

	E (kWh/an)	Ecart
Facture	420 044,00	3,67%

La consommation annuelle du site de la SODECI palmeraie pour l'année 2019 (année de référence) est : **420 044 kWh**. Après calcul, la consommation annuelle a été estimée à **432 445,84 kWh**, soit **36 287,154 kWh** par mois. L'écart entre cette estimation et la facture est de **3,67 %**.

1. Répartition de la consommation électrique par usage :

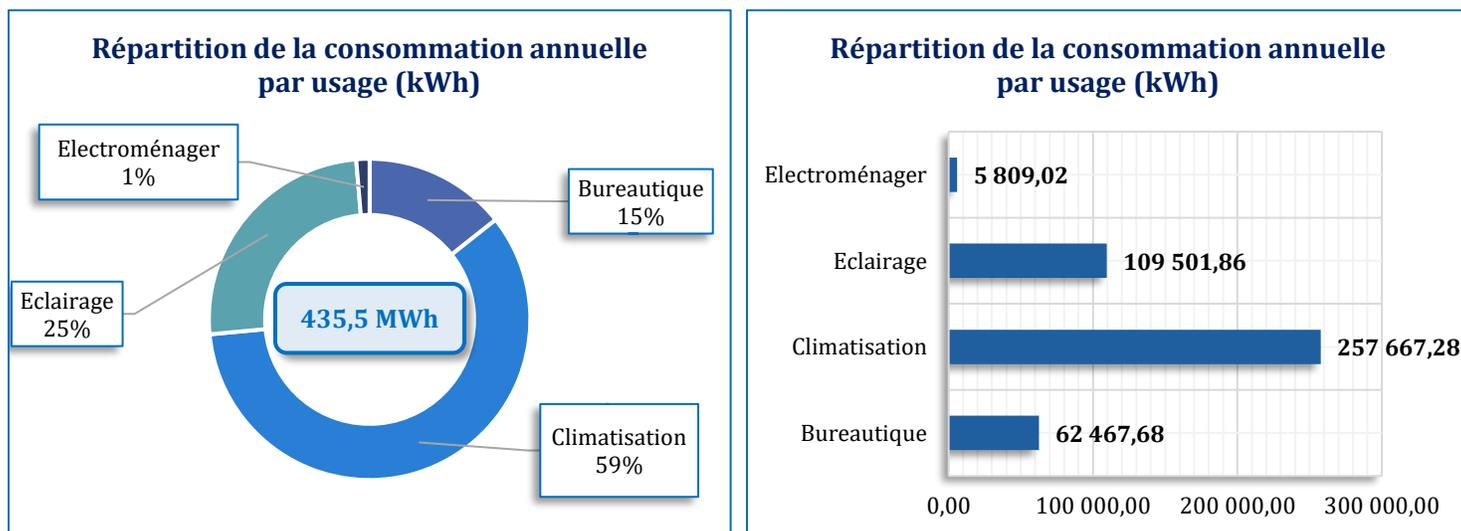


Figure 29 : Répartition de la consommation annuelle par usage.

On obtient les valeurs suivantes :

- Climatisation : consommation annuelle de **257 667,28 kWh** soit **59,17 %** de la consommation totale ;
- Éclairage : consommation annuelle de **109 501,86 kWh** soit **25,1 %** de la consommation totale ;
- Bureautique : consommation annuelle de **62 467,68 kWh** soit **14,35 %** de la consommation totale ;
- Électroménager : consommation annuelle de **5 809,02 kWh** soit **1,33 %** de la consommation totale.

2. Répartition de la consommation électrique par niveau

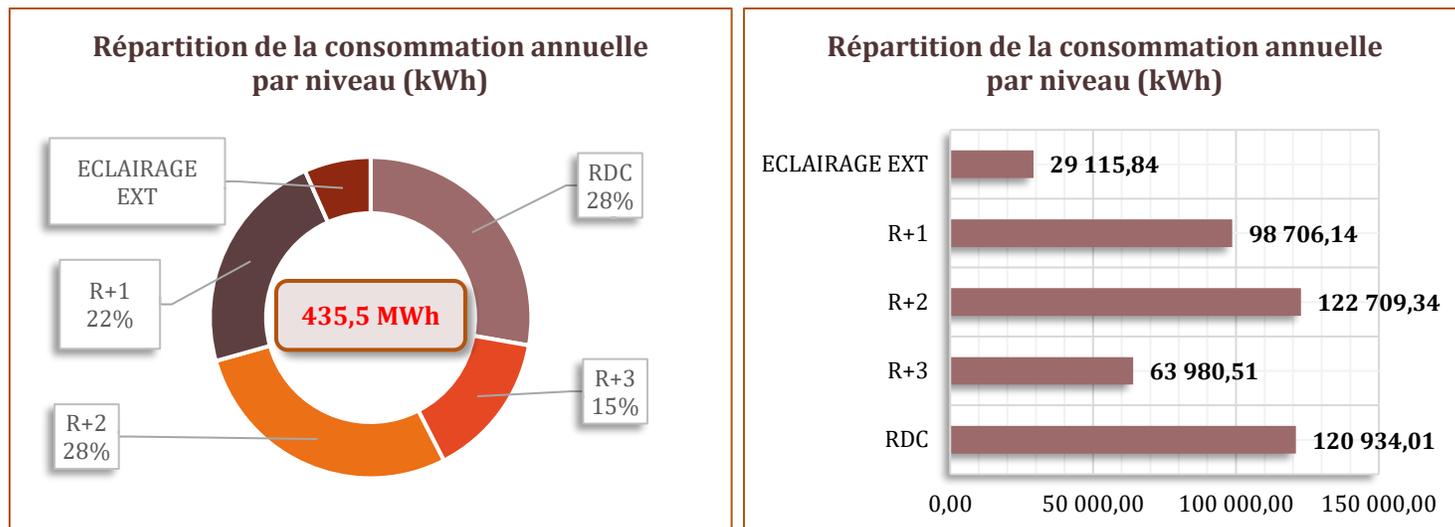


Figure 30 : Répartition de la consommation annuelle par niveau.

- Niveau R+2 : consommation annuelle de **122 709,34 kWh** soit **28,18 %** de la consommation totale ;
- Niveau RDC : consommation annuelle de **120 934,01 kWh** soit **27,77 %** de la consommation totale ;
- Niveau R+1 : consommation annuelle de **98 706,14 kWh** soit **22,67 %** de la consommation totale ;
- Niveau R+3 : consommation annuelle de **63 980,51 kWh** soit **14,69 %** de la consommation totale ;
- Eclairage extérieur : consommation annuelle de **29 115,84 kWh** soit **6,69 %** de la consommation totale.

II.4.2. Répartition des consommations électriques à partir des campagnes de mesures

A l'aide des analyseurs de puissance, les mesures des usages des différents départs du site permettront d'obtenir un nouveau modèle de bilan des consommations en rapport avec les consommations réelles de chaque usage.

La répartition obtenue à partir des analyseurs de puissance est meilleure par rapport à celle qui est faite avec le bilan de puissance. En effet, les analyseurs de puissance mesurent en temps réel pour obtenir la consommation tandis qu'avec le bilan de puissance, on calcule la consommation énergétique en estimant le temps de fonctionnement des équipements électriques du site.

Les mesures enregistrées par les analyseurs de puissance sont placées en annexe 8.

Les bilans effectués sont les suivants :

- Bilan de puissance par zone ;
- Bilan de la consommation électrique par zone ;
- Bilan de la consommation électrique par usage.

II.4.2.1. Bilan de puissance atteinte par zone

a. Méthode de calcul de la puissance

On récolte d'abord les puissances mesurées par les analyseurs de puissance au niveau des différents départs dédiés. Ensuite, on extrapole ces puissances sur la puissance maximale atteinte durant la période de référence qu'est la facture de 2019 :

$$P_t = \sum_i P_i \quad (Eq\ 8)$$

$$P_i = P_{mesurée,i} \cdot k_i \quad (Eq\ 9)$$

- P_t : Puissance totale extrapolée du site en kW ;
- P_i : Puissance extrapolée du départ i en kW ;
- $P_{mesurée,i}$: Puissance mesurée par les analyseurs de puissance du départ i en kW ;
- k_i : Pourcentage de la puissance appelée par le départ i par rapport à la puissance totale mesurée.

La puissance maximale est atteinte au mois de mai et s'élève à **112 kW**.

b. Répartition de la puissance atteinte par zone

Tableau XII : Calcul de la puissance atteinte par zone

Départ	$P_{mesurée,i}$ (kW)	k_i	P_i (kW)
Niveau RDC	11,60	20,87%	23,38
Niveau R+1	7,68	13,81%	15,47
Niveau R+2	14,04	25,27%	28,30
Niveau R+3	8,81	15,86%	17,76
Onduleur	8,96	16,13%	18,06
Eclairage extérieur	2,44	4,39%	4,92
Autres	2,04	3,67%	4,11
TOTAL	55,57	100%	112

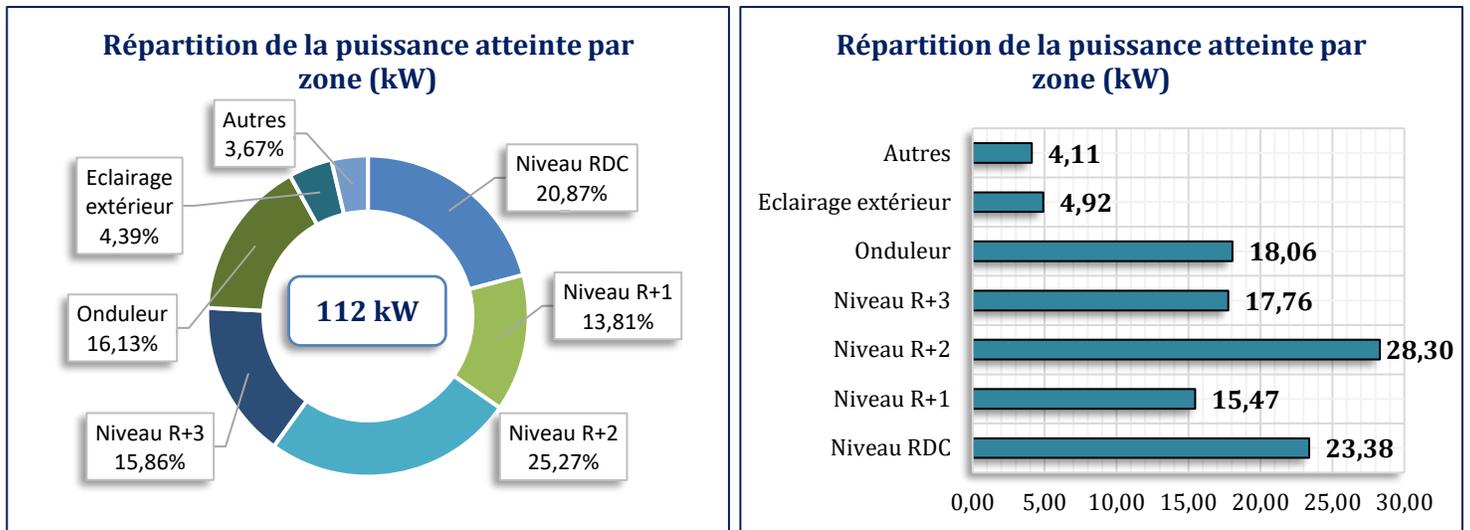


Figure 31 : Répartition de la puissance atteinte par zone.

Il en ressort que les niveaux RDC, R+2 et l'onduleur représentent **69,74 kW** soit **62,27 %** de la puissance maximale atteinte.

II.4.2.2. Bilan de la consommation électrique du site par zone

a. Méthode de calcul

Sur le site de la SODECI palmeraie, les analyseurs de puissance ont mesuré l'énergie au niveau des départs généraux pendant 6 jours dont 4 jours ouvrables et 2 jours non ouvrables.

- Détermination de la consommation hebdomadaire :

Le jour manquant est un jour ouvrable (Jeudi) qui se détermine comme suit :

$$E_{jeudi} = \frac{\sum_j E_j}{4} \quad (Eq 10)$$

- E_{jeudi} : Consommation énergétique journalière du Jeudi ;
- E_j : Consommation énergétique du jour $j = \{\text{Lundi, Mardi, Mercredi, Vendredi}\}$.

- Détermination de la consommation énergétique durant les jours fériés :

En Côte d'Ivoire, on dénombre 14 jours fériés soit 2 semaines. Comme on ne travaille ni les jours fériés, ni le Dimanche, alors on émet l'hypothèse selon laquelle la consommation énergétique d'un jour férié est égale à la consommation énergétique du Dimanche.

On calcule la consommation énergétique des jours fériés comme suit :

$$E_{\text{féried}} = 14 \times E_{\text{Dimanche}} \quad (\text{Eq 11})$$

- $E_{\text{féried}}$: Consommation énergétique totale des jours fériés ;
- E_{Dimanche} : Consommation énergétique mesurée du Dimanche.

• Détermination de la consommation énergétique durant les jours non fériés :

Si le nombre de jours fériés est de 14 jours (2 semaines), alors le nombre de semaines non fériées est de 50 semaines.

On calcule la consommation énergétique des jours non fériés comme suit :

$$E_{\text{non féried}} = 50 \times E_{\text{semaine}} \quad (\text{Eq 12})$$

- $E_{\text{non féried}}$: Consommation énergétique totale des jours non fériés ;
- E_{semaine} : Consommation énergétique mesurée pendant semaine.

• Détermination de la consommation énergétique annuelle :

$$E_{\text{annuelle}} = E_{\text{féried}} + E_{\text{non féried}} \quad (\text{Eq 13})$$

Avec E_{annuelle} : Consommation énergétique annuelle estimée.

b. Bilan de la consommation électrique par zone

Tableau XIII : Détermination de l'énergie annuelle consommée.

Puissance (kW)	Energie Mesurée (kWh/6j)	Energie Jeudi (kWh)	Energie Mesurée (kWh/semaine)	Energie jour non Fériés (kWh/an)	Energie jour Fériés (kWh/an)	Energie (kWh/an)	Energie Facture (kWh/an)	Ecart
55,57	7 574,59	894,00	8 468,59	423 429,50	5 653,64	429 083,14	420 044	2,15%

Ainsi, la consommation est estimée à **429 093,14 kWh** par an, soit **35 756,93 kW** par mois. L'écart entre cette estimation et la facture est de **2,15 %**.

On extrapole (voir les équations Eq 15, Eq 16 et Eq 17 pour l'extrapolation) ces valeurs sur la consommation annuelle de la base de référence qu'est la facture de 2019, et on obtient :

- R+2 : consommation de **112 128,71 kWh** par an soit **26,69 %** de la consommation totale ;
- RDC : consommation de **92 608,77 kWh** par an soit **22,07 %** de la consommation totale ;
- Onduleur : consommation de **71 536,12 kWh** soit **17,03 %** de la consommation totale ;
- R+1 : consommation de **61 277,06 kWh** par an soit **14,59 %** de la consommation totale ;

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

- R+3 : consommation de **70 371,58 kWh** soit **16,75 %** de la consommation totale ;
- Eclairage extérieur : consommation annuelle de **9 746,1 kWh** soit **2,32 %** de la consommation totale ;
- Autres : consommation de **2 375,66 kWh** soit **0,57 %** de la consommation totale.

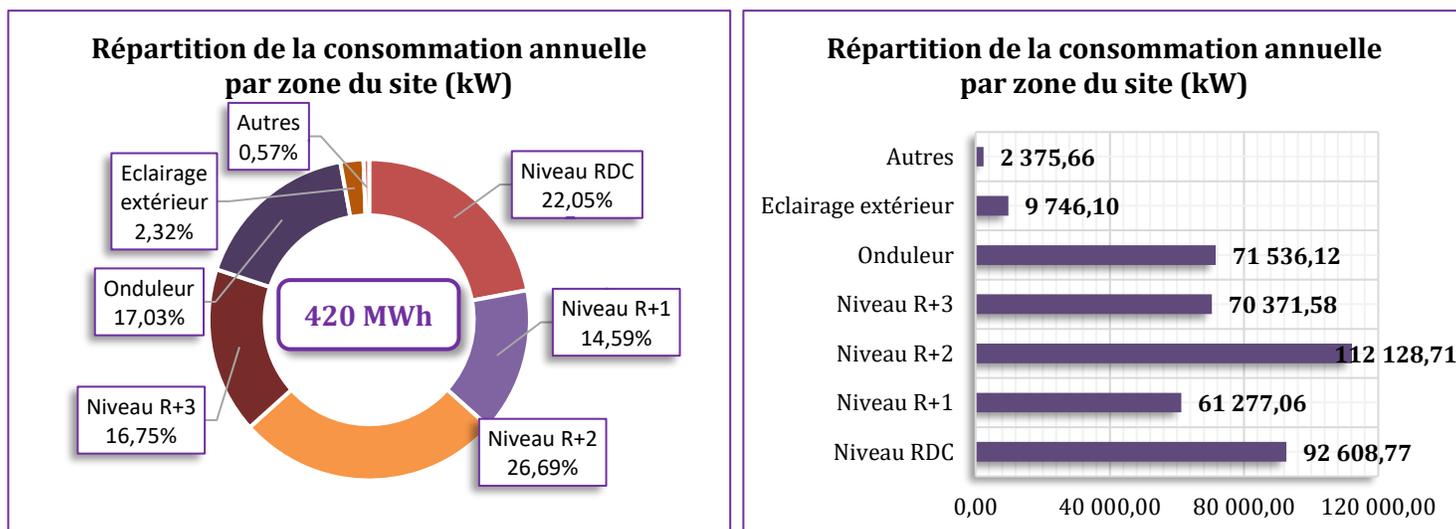


Figure 32 : Répartition de la consommation annuelle par zone du site.

Le bilan énergétique ci-dessus indique que les zones consommatrices d'énergie électrique du site sont le niveau R+2, le niveau RDC et l'onduleur. Donc leur consommation représente **65,77 %** de la consommation totale du site soit **276 273,59 kWh/an**. Le coût de cette consommation s'élève à **22 950 047 F CFA** (prix moyen TTC de **83,07 F CFA/kWh**).

II.4.2.3. Bilan de la consommation électrique du site par usage

a. Méthode de calcul

Sur le site de la SODECI palmeraie, les mesures ont été prises sur les départs des usages significatifs (climatiseurs, éclairage...) à chaque niveau du bâtiment (RDC, R+1, R+2, R+3).

- On fait la somme des puissances des différents usages à chaque niveau

$$P_i = \sum_j P_{ij} \quad (Eq 14)$$

- P_i : Puissance moyenne de l'usage i , $i = \{\text{Climatisation, Eclairage, Prises, Autres}\}$ en kW
- P_{ij} : Puissance de l'usage i au niveau $j = \{\text{RDC, R+1, R+2, R+3}\}$ en kW.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

- On détermine l'énergie consommée par chaque usage, qu'on extrapole sur la consommation annuelle de la période de référence (facture de 2019) :

$$E_i = P_i \cdot t \quad (Eq 15)$$

$$k_i = E_i / E_t \quad (Eq 16)$$

$$E_{extrapolée,i} = E_{référence} \cdot k_i \quad (Eq 17)$$

- E_i : Energie annuelle consommée par l'usage i en kWh ;
- k_i : Pourcentage de l'énergie consommée par l'usage i dans l'énergie totale ;
- $E_{extrapolée,i}$: Energie extrapolée de l'usage i par rapport à la base de référence en kWh/an;
- $E_{référence}$: Energie annuelle consommée (facture de 2019) en kWh.

b. Bilan de la consommation électrique par zone

Tableau XIV : Détermination de l'énergie consommée par usage

USAGES	P _i (kW)	t (h)	E _i (kWh/an)	k _i	E _{extrapolée,i} (kWh/an)
Autres	4,11	4 004	16 456,44	3,88%	16 292,14
Climatisation	60,04	4 004	240 400,16	56,66%	238 000,09
Eclairage	23,75	4 004	95 111,02	22,42%	94 161,46
Prises	18,06	4 004	72 312,24	17,04%	71 590,30
TOTAL	105,96	16 016	424 279,86	100%	420 044,00

Ainsi, la consommation énergétique annuelle est estimée à **424 279,86 kWh**, soit **35 356,65 kW** par mois. L'écart entre cette estimation et la facture est de **1,01 %**.

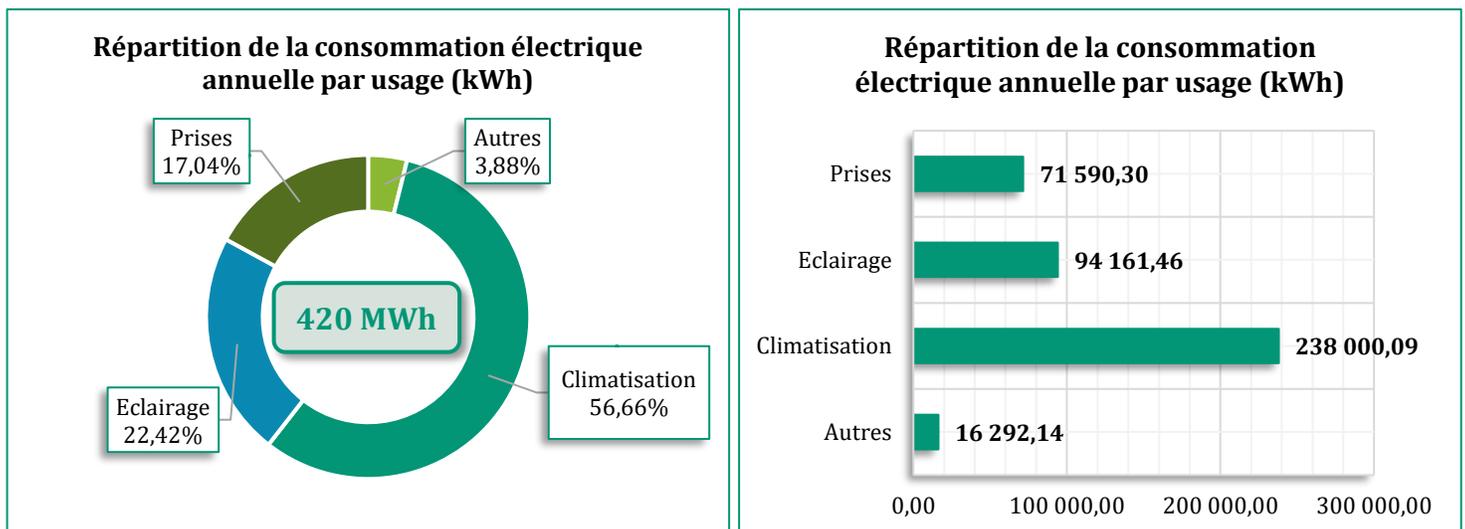


Figure 33 : Répartition de la consommation électrique annuelle par usage du site.

- Climatisation : consommation de **238 000,09 kWh** / an soit **56,66 %** de la consommation totale
- Eclairage : consommation de **94 161,46 kWh** / an soit **22,42 %** de la consommation totale ;
- Prises : consommation de **71 590,30 kWh** / an soit **17,04 %** de la consommation totale ;
- Autres : consommation de **16 292,14 kWh** / an soit **3,88 %** de la consommation totale.

On constate que la climatisation (**56,66 %**), l'éclairage (**22,42 %**) et les prises (**17,04 %**) représentent **96,12 %** de la consommation annuelle globale du site soit **403 751,85 kWh**. Ils représentent les usages énergétiques significatifs du site. Le coût de cette consommation s'élève à **33 539 666,18 F CFA** (prix moyen TTC de 83,07 F CFA/kWh).

Nous avons effectué les bilans et la répartition des consommations électriques par niveau et par usage grâce aux mesures prises. Ce qui nous a permis d'identifier les usages énergivores du site. Dans la prochaine étape de notre étude, nous proposerons des AAPE afin de réduire la consommation énergétique de la SODECI agence palmeraie.

III. Solutions d'économie d'énergie et analyse financière

Notre étude détaillée a permis de déceler les postes énergivores au sein de l'agence de la SODECI Palmeraie. Les consommations énergétiques des postes peuvent être réduites grâce aux AAPE. Les calculs se feront à l'aide des équations (Eq 1) et (Eq 2) vues dans la partie « II.6 » du chapitre 2. De même, les émissions du CO₂ évitées seront calculées avec la formule suivante :

$$Em_{CO_2} = P_{annuelle} \times FE_{hmoyen} \quad (Eq 18)$$

- Em_{CO_2} : Emissions CO₂ évitées en kg eq. CO₂/an ;
- $P_{annuelle}$: Production annuelle réelle ou anticipée en kWh ;
- FE_{hmoyen} : Facteur d'émission du kWh h (égale à 0,437 kg eq CO₂/kWh [source Retscreen]).

Les devis des AAPE sont joints en annexe 9.

III.1. AAPE 1 : Management et comptabilité énergétique

III.1.1. Situation actuelle et constat

Sur le site audité, nous avons constaté l'absence d'un plan de mesurage et de maîtrise de l'énergie. Cette situation entraîne les problématiques suivantes :

- La difficulté de suivre et monitorer l'évolution de la consommation électrique afin de détecter les dérives ;
- La difficulté de répartir les consommations électriques par usage ;
- La difficulté de simuler ou d'anticiper les consommations électriques et les factures ;
- La difficulté de suivre, dans le temps l'impact des investissements et actions engagées pour corriger d'éventuelles dérives.

III.1.2. Description de la solution

Cette solution consiste à utiliser les dernières technologies (dans notre cas **X-meter** et **NG-9**) pour permettre un suivi exhaustif en temps réel des consommations. Aussi est-il possible d'assurer à distance la supervision de chaque projet après la fin des travaux.

III.1.3. Economie énergétique réalisée par la solution et rentabilité financière

Suivant une approche pessimiste basée sur les prévisions minimales d'économies d'énergie du Groupement des industries de l'équipement électrique (GIMELEC), la mise en œuvre du plan de mesures et de supervision globale de tous les usages significatifs permettra une réduction à minima de **5 %** sur la facture d'électricité [10]. On fait l'hypothèse de **3 %** d'économie.

On dénombre au total **31 points** de mesures pour la supervision.

Tableau XV : Economie et rentabilité financière de l'AAPE 1.

Initial	Economie annuelle estimée		Rentabilité financière	
Consommation totale du site (kWh/an)	Energie économisée (kWh/an)	Coût énergie économisée (F CFA)	Investissement (F CFA)	TRB (ans)
420 044	12 601,32	1 046 794.2	17 528 934	9,65

III.2. AAPE 2 : Optimisation de la climatisation

III.2.1. Situation actuelle et constat

Pendant l'audit énergétique du site, nous avons constaté que l'enveloppe du bâtiment est composée de simples vitrages avec pour protection des stores intérieurs. Le système de protection actuel ne permet pas de réduire de façon conséquente les apports solaires. Les ouvertures vers l'extérieur sont responsables de **10 à 15 % des déperditions de chaleur** [3]. D'où l'importance d'opter pour un vitrage performant et des protections solaires efficaces. D'après les études effectuées au préalable, la climatisation est le poste le plus énergivore du site

III.2.2. Description de la solution

- L'amélioration de l'enveloppe thermique du bâtiment portera essentiellement sur la pose de film solaire sur les surfaces vitrées. Cette action permettra de réduire la charge thermique du bâtiment. De plus, les films solaires améliorent le confort visuel en réduisant les risques d'éblouissement.
- La réduction de la consommation électrique de la climatisation sera faite par un recours à la technologie ThermX.

III.2.3. Economie énergétique réalisée par la solution et rentabilité financière

- La surface des vitres où les transferts thermiques sont significatifs ont été évaluées à **385 m²**.
- La pose de films solaires sur une surface vitrée permet de réaliser des économies de **10 à 15 %** [12]. Nous estimons à **1,5 %** la valeur minimale choisie.
- La technologie ThermX utilise un procédé exclusif breveté qui utilise l'énergie solaire pour réduire la charge du compresseur et permet de faire des économies jusqu'à **50 %**. On se limite dans notre cadre d'étude à **15 %** d'économie.

Tableau XVI : Economie et rentabilité financière de l'AAPE 2.

	Initial	Economie annuelle estimée		Rentabilité financière	
Solution	Consommation totale de la climatisation du site (kWh/an)	Energie économisée (kWh/an)	Coût énergie économisée (F CFA)	Investissement (F CFA)	TRB (ans)
ThermX	238 000,09	35 700,01	2 965 600,15	48 427 692,34	6,99
Film solaire	238 000,09	3 570	296 560,737	2 934 249,04	6,31
Total		39 270,02		23 675 106,38	

III.3. AAPE 3 : Pose d'armoire économiseur d'énergie sur l'alimentation générale du site

III.3.1. Situation actuelle et constat

Les mesures effectuées sur l'alimentation générale du site indiquent des tensions simples variant entre 228 V et 236 V. Des optimisations pourront être réalisées sur les consommations électriques par l'installation d'un régulateur économiseur d'énergie (COMEC) doté d'une commande électronique automatique.

III.3.2. Description de la solution

L'intensité maximale mesurée au disjoncteur général lors des campagnes de mesures est de 160,9 A. Le COMEC régule à un taux de 90 % de son intensité maximale admissible, autrement, il devient un simple conducteur de courant.

On choisit un COMEC de 250 A car à 90 % de sa charge, on a 225 A qui est inférieure à 160 A.

III.3.3. Economie énergétique réalisée par la solution et rentabilité financière

Les mesures de tension effectuées montrent une maximale de 230 V. L'armoire d'économie d'énergie permet un fonctionnement à une valeur proche de 216 V pour une économie de **15 %** sur la consommation générale du site.

On minimise le taux d'économie à **7 %**.

Tableau XVII : Economie et rentabilité financière de l'AAPE 3.

Initial	Economie annuelle estimée		Rentabilité financière	
Consommation globale (kWh/an)	Energie économisée (kWh/an)	Coût énergie économisée (F CFA)	Investissement (F CFA)	TRB (ans)
420 044	29 403,08	2 442 519,8	25 432 583,47	6,55

III.4. AAPE 4 : Optimisation de l'éclairage existant

III.4.1. Situation actuelle et constat

Pendant l'audit énergétique de l'agence SODECI Palmeraie, nous avons constaté que :

- La plupart des lampes ne sont pas des LED ;
- Le niveau d'éclairage est faible dans plusieurs locaux, en particulier le 3^{ème} étage ;
- Les luminaires dans les allées et douches restent allumés en cas d'oubli d'extinction.

III.4.2. Description des solutions

- Les lampes simples seront remplacées par des LED.
- Une étude d'éclairage se fera avec le logiciel Dialux pour choisir les LED afin d'obtenir des niveaux d'éclairage normalisés dans les locaux ayant des valeurs d'éclairage inférieures à celle de la norme.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Tableau XVIII : Relamping en LED

EXISTANT				LUMINAIRE LED			
Désignation	Qté	Pu (W)	Pt (kW)	Désignation	Qté	Pu (W)	Pt (kW)
Tube T8 Fluorescent 0,6m	1 308	22,50	29,43	Tube T8 LED 0,6m	1 308	9	11,77
Tube T8 Fluorescent 1,2m	148	45	6,66	Tube T8 LED 1,2m	148	18	2,66
SPOT LED 2300K	157	18,00	2,83	Spot encastré LED 12 W	157	12	1,88
Lampadaire Sodium	14	250	3,50	Lampadaire LED 100W	14	100	1,40
Fluocompacte	66	26	1,72	Ampoule LED vis	66	10	0,66
Projecteur à halogène	2	400	0,80	Lampadaire LED 150 W	2	150	0,30
Ampoule LED	2	8	0,02	Ampoule LED	2	8	0,02
Ampoule LED E27	51	11	0,56	Ampoule LED E27	51	11	0,56
Lampe esthétique	6	20	0,12	Lampe esthétique	6	20	0,12
Total	1 754		45,63		1 754		19,38

57,53%

Le remplacement des luminaires actuels engendre une économie de **57,53 %** sur l'éclairage du site de la SODECI palmeraie. Pour les estimations, on minimise cette économie à **45 %**.

III.4.3. Economie énergétique réalisée par la solution et rentabilité financière

Tableau XIX : Economie et rentabilité financière de l'AAPE 4.

Initial	Economie annuelle estimée		Rentabilité financière	
Consommation totale de l'éclairage du site (kWh/an)	Energie économisée (kWh/an)	Coûts énergie économisée (F CFA)	Investissement (F CFA)	TRB (ans)
94 161,46	42 372,66	3 519 905,18	14 657 897,79	4,16

III.5. AAPE 5 : Effacement des talons de consommation

III.5.1. Situation actuelle et constat

Les courbes de charges du disjoncteur général ont mis en exergue des talons de puissance pendant les périodes de fermeture des bureaux et les Week - end. Ce qui constitue une source de gaspillage de l'énergie, qui engendre des pertes conséquentes pour l'entreprise.

III.5.2. Description de la solution

L'équipement de chaque bureau de multiprises vertes couplées à un inter horaire installé dans le tableau électrique permettra d'interrompre l'alimentation des équipements pendant les périodes non ouvrées.

III.5.3. Economie énergétique réalisée par la solution et rentabilité financière

En coupant simplement l'alimentation des prises de 20 h à 7 h et les week-ends avec l'inter horaire, l'économie sur la consommation peut atteindre 25 % [13]. On fait l'hypothèse de 5 % économie.

Tableau XX : Economie et rentabilité financière de l'AAPE5.

Initial	Economie annuelle estimée		Rentabilité financière	
Consommation de l'onduleur (kWh/an)	Energie économisée (kWh/an)	Coûts énergie économisée (F CFA)	Investissement (F CFA)	TRB (ans)
71 590,30	3 579,52	297 351,04	1 017 178,02	3,42

III.6. AAPE 6 : Sensibilisation du personnel

III.6.1. Situation actuelle et constat

Lors de la visite sur terrain, on a pu remarquer la négligence de gestes d'économie d'énergie. En effet, il arrive que des locaux soient toujours éclairés. Le responsable des moyens généraux a déploré que les climatiseurs dans certains locaux restaient parfois en état de marche après le départ des occupants.

III.6.2. Description de la solution

L'idée est de travailler sur les changements de comportement. Il s'agit de communiquer, de sensibiliser et d'éduquer pour acquérir des réflexes tendant vers les économies d'énergie. C'est un moyen moins coûteux et sûr pour réaliser d'énormes économies d'énergies.

III.6.3. Economie énergétique réalisée par la solution et rentabilité financière

D'après une étude menée par APAVE, les campagnes de sensibilisation permettent généralement des économies d'énergie de 6 % à 15 % supplémentaires dans les bâtiments tertiaires. On fait l'hypothèse de 2 % d'économie.

Tableau XXI : Economie et rentabilité financière de l'AAPE 6.

Initial	Economie annuelle estimée		Rentabilité financière	
Consommation globale (kWh/an)	Energie économisée (kWh/an)	Coûts énergie économisée (F CFA)	Investissement (F CFA)	TRB (ans)
420 044	8 400,88	83,07	50 000	0

III.7. Synthèse des AAPE

Le tableau ci-dessous synthétise les consommations énergétiques avant et après la mise en place des AAPE :

Tableau XXII : Bilan des consommations énergétiques avant et après les AAPE.

		Consommation av AAPE (kWh/an)	Consommation ap AAPE (kWh/an)	Pourcentage d'économie	Ordre de priorité
AAPE 1	Système de mesurage	420 044,00	8 400,88	3,00%	6
AAPE 2	Optimisation de la climatisation	238 000,09	39 270,02	16,50%	2
AAPE 3	Optimisation de l'alimentation générale	420 044,00	29 403,08	7,00%	3
AAPE 4	Optimisation de l'éclairage	94 161,46	42 372,66	45,00%	1
AAPE 5	Optimisation des prises	71 590,30	3 579,52	5,00%	4
AAPE 6	Geste d'économie d'énergie	420 044,00	8 400,88	2,00%	5

Total : 420 044,00 135 627,47 32,29 %

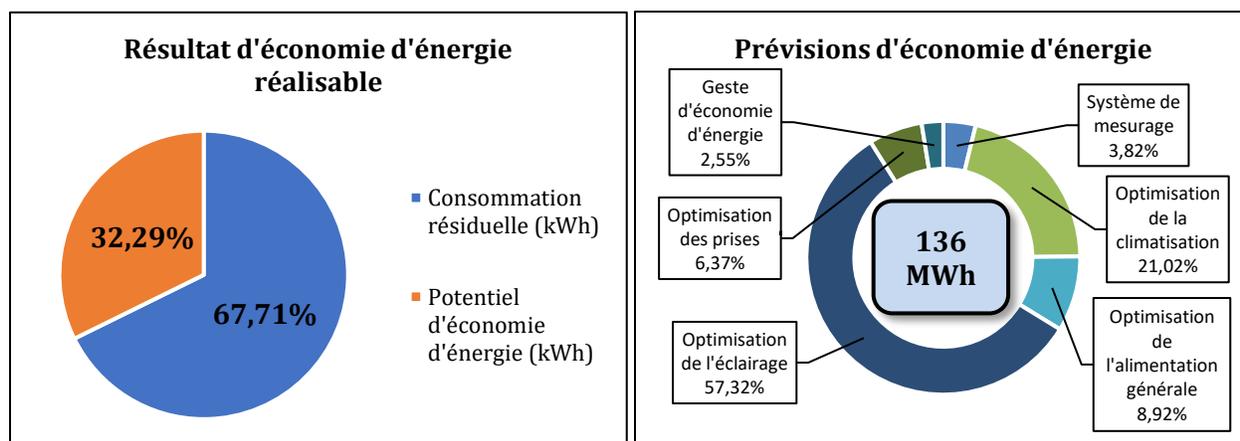


Figure 34 : Répartition du résultat et des prévisions d'économie d'énergie électrique annuelle.

L'exécution des AAPE permet de réaliser **32,29 %** d'économie globale, soit une consommation annuelle de **135 627,47 kWh** sur une consommation annuelle d'avant-projet de **420 044 kWh**. Le coût d'énergie économisé s'élève à **11 266 573 FCFA** sur un coût initial de **34 893 140 F CFA**. Le coût d'investissement global du projet s'élève à **65 439 491 F CFA**.

Aussi, au niveau environnemental, il faut noter que la mise en application de ces économies d'énergie permettrait d'éviter **59,27 téq. CO₂ par an**.

III.8. Indicateur de performance énergétique (Ipé)

Les indicateurs utilisés dans le cadre du projet sont :

- Ipé 1 : la consommation par surface [kWh/m²] ;
- Ipé 2 : la consommation par agent [kWh/pers] ;
- Ipé 3 : la consommation par degré jour unifié [kWh/DJU].

III.8.1. Etiquette du bâtiment

Tableau XXIII : Etiquette du bâtiment

	Energie consommée (kWh/an)	Surf (m ²)	Ipé 1	Ipé Reference IFFD	Mention
Avant AAPE	420 044,00	3 403,43	123,42	250,00	Bon
Après AAPE	284 416,53	3 403,43	83,57	250,00	Meilleur

III.8.2. Alimentation générale

Pour le suivi de la consommation énergétique globale du site à partir de l'année de référence (2019), l'IPé pertinent choisi est l'énergie consommée par agent (kWh / pers). Nous avons enregistré comme effectif total lors de l'audit énergétique 114 agents avec une consommation énergétique globale annuelle en 2019 de 420 044 kWh (factures). Par conséquent, l'indicateur de performance énergétique de référence est Ipé 2 = 3 684,59 kWh/personne.

III.8.3. Climatisation

Pour évaluer la consommation énergétique du système de climatisation au fil des années, nous avons pris comme indicateur pertinent, l'énergie consommée par degré jour unifié (kWh/DJU). En fixant la consigne de température dans les locaux climatisés à 19°C, le facteur pertinent est la température extérieure qui fluctue dans le temps. Nous enregistrons **2 497,7 DJU** en 2019 [15] avec une consommation énergétique calculée de climatisation en 2019 de **238 000,09 kWh**. L'indicateur de performance énergétique de référence est Ipé 3 = **95,28 kWh/DJU**.

Tableau XXIV : Valeur des Indices de performance énergétique

Indicateurs de performance énergétique	Ipé 1	Ipé 2	Ipé 3
Valeurs	123,42 kWh/m ²	3684,59 kWh/personne	95,28 kWh/DJU

Chapitre 3 : Proposition de dimensionnement d'un champ photovoltaïque

Dans le cadre de l'élaboration d'une politique d'efficacité énergétique et de la préservation de l'environnement au niveau de la Société de distribution d'eau en Côte d'Ivoire (SODECI), la proposition d'une solution mettant en œuvre un système solaire photovoltaïque pour la prise en compte d'une partie de la consommation du bâtiment en énergie électrique a été faite.

I. Faisabilité technique de la solution proposée

Dans cette partie de l'étude, il s'agira de : définir les paramètres et hypothèses de base ; déployer la méthodologie utilisée ; faire ressortir les résultats obtenus et de procéder à leur analyse.

I.1. Définition des paramètres et hypothèses de bases

I.1.1. La charge à alimenter

La charge cible du système solaire à installer est l'éclairage. Un bilan de puissance ayant donc été déjà fait avant et après le remplacement des lampes du site par des LED et il est résumé dans le tableau suivant :

Tableau XXV : Bilan de puissance de l'éclairage avant et après le remplacement des lampes.

Type d'éclairage	P avant remplacement des lampes (kW)	P après remplacement des lampes (kW)
Eclairage Intérieur	34,353	17,977
Eclairage Extérieur	11,276	1,4
Total	45,629	19,377

L'éclairage a donc une puissance totale de **45,63 kW** avant le remplacement des lampes et **19,38 kW** après.

Pour la suite, on va dimensionner le générateur solaire photovoltaïque en fonction de la nouvelle puissance, à savoir la puissance obtenue après le relamping.

Intéressons-nous aux besoins journaliers engendrés par cette nouvelle puissance. Pour ce faire, établissons la courbe de charge de l'éclairage en fonction des habitudes des usagers en cette matière.

Le tableau donnant les résultats du profil journalier de l'éclairage et la courbe résultante sont insérés dans l'[annexe 11](#).

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Il ressort de ce tableau des besoins journaliers de l'ordre de **136,85 kWh par jour** après le relamping. Nous retiendrons les caractéristiques suivantes pour la charge à alimenter :

Tableau XXVI : Caractéristique de la charge à alimenter.

Charge	P installée (kW)	Besoins journaliers (kWh)
Eclairage intérieur	17,977	118,65
Eclairage extérieur	1,4	18,2
Total	19,377	136,85

Notre système solaire sera dimensionné pour alimenter l'éclairage intérieur dont les besoins journaliers sont estimés à **115,05 kWh** (de 7 heures à 17 heures).

I.1.2. Paramètres et hypothèses de dimensionnement

Il s'agit ici de définir les hypothèses et paramètres de démarrage de base du dimensionnement.

a. La ressource solaire disponible et les données météorologiques

La ressource solaire, les conditions environnementales du lieu d'implantation et l'évolution d'un système solaire photovoltaïque sont des facteurs très importants dans la détermination de son rendement énergétique ainsi que de ses performances. La figure ci-dessous nous donne les données météorologiques de la ville d'Abidjan et plus précisément à la Riviera Palmeraie. Elles ont été importées depuis le logiciel PVsyst. Les coordonnées de la zone du projet sont données par :

- Latitude : 5° 22' Nord
- Longitude : -3° 58' Est
- Altitude : 20 m

	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Jui.	Août	Sep.	Oct.	Nov.	Déc.	Ann.	
Global horizontal	145.4	143.3	173.3	165.4	162.0	124.3	126.6	126.4	145.2	171.8	171.2	144.9	1799.8	kWh/m ²
Diffus horizontal	89.6	86.7	100.6	94.4	86.2	82.3	87.2	82.8	71.1	80.1	72.0	83.3	1016.3	kWh/m ²
Extraterrestre	293.9	281.1	322.9	312.4	313.3	295.5	307.3	316.3	310.7	313.8	288.2	287.2	3642.6	kWh/m ²
Indice de clarté	0.495	0.510	0.537	0.529	0.517	0.421	0.412	0.400	0.467	0.547	0.594	0.505	0.494	ratio
Tempér. ambiante	27.4	28.8	29.3	28.4	28.2	26.3	26.1	25.4	25.8	27.1	27.8	28.3	27.4	°C
Vitesse du vent	2.4	3.2	3.5	3.2	2.7	2.8	3.8	4.1	3.6	2.8	2.6	2.5	3.1	m/s

Figure 35 : Données météorologiques et ressource solaire disponible dans la zone du projet (source PVsyst).

Nous remarquons donc que la zone du projet dispose au total d'une irradiation globale annuelle de **1 799 kWh/m²** soit une moyenne de **4,94 kWh/m².j** avec une température de **27,4°C**. Le mois le moins fourni en ressources solaires est le mois d'Août avec une irradiation globale de **126,4 kWh/m².mois** soit **4,08 kWh/m². jr.**

b. Les hypothèses de dimensionnement

❖ Orientation et angle d'inclinaison du système

Les panneaux photovoltaïques seront orientés en plein sud car la Côte d'Ivoire est située dans l'hémisphère Nord. De même, ils seront inclinés d'un angle de 15° malgré le fait que la latitude du lieu soit de 5° afin d'éviter une stagnation de l'eau de pluie sur les panneaux et aussi permettre un auto-nettoyage des panneaux.

A. Méthode de détermination de la puissance du générateur

Pour la détermination de la puissance du générateur, nous retenons deux hypothèses : la première est basée sur la surface disponible et la seconde sur les besoins journaliers de la charge.

Première méthode : Surface disponible

Pour cette méthode, la puissance du générateur est donnée par :

$$P_o = G_o \times \eta_{module} \times S_{disponible} \quad (Eq\ 19)$$

- G_o : l'ensoleillement STC estimé à 1000 W / m² ;
- η_{module} : le rendement du module (16,5 % ; fiche technique en annexe 12) ;
- $S_{disponible}$: la surface disponible en m².

Dans notre cas de figure, le lieu choisi pour l'implantation est le toit des bâtiments où la surface brute est sur une longueur de 63,059 m et une largeur de 7,6 m, soit environ 479,254 m². On prend par hypothèse la surface utile comme étant 70 % de la surface brute. La surface utile est donc : 335,478 m². La puissance du champ solaire est donc donnée par :

$$P_o = 1000 \times 0,165 \times 335,478 = 55,35 \text{ kWc}$$

On a donc une puissance de **55,35 kWc** en partant de la surface disponible.

Deuxième méthode : Besoins journaliers

Pour la méthode utilisant des besoins, la relation caractéristique est donnée par :

$$B_j = P_o \times R_p \times H_i \quad (Eq\ 20)$$

- P_o : Puissance du générateur en kWc ;
- R_p : Ration de performance ;
- H_i : Irradiation solaire moyenne par jour en kWh/m².

Dans ces conditions, la puissance du générateur est donnée par :

$$P_o = \frac{B_j}{R_p \times H_i} \quad (Eq\ 21)$$

Dans notre cas de figure, les besoins journaliers sont de **115,05 kWh/j**. Concernant l'irradiation, nous prendrons celle du mois le plus défavorisé (Août) ayant une irradiation globale de **4,08 /kWh/m².j**. Enfin, pour ce qui est du ratio de performance, il sera pris comme étant égal à **75,8 %** dans la mesure où le type de système sera fixe (voir annexe 11). On a donc :

$$P_o = \frac{115,05}{0,758 \times 4,08} = 37,23\ kWc$$

On retient donc une puissance de **37, 23 kWc** en partant de la surface disponible.

Pour ce qui est donc de la puissance du champ, nous obtenons donc **55,35 kWc** avec la méthode de la surface disponible et **37,23 kWc** avec celle des besoins à satisfaire. On retient donc la méthode des besoins à satisfaire pour le dimensionnement de notre champ PV. On retiendra une puissance de **40 kWc** scindé en 2 sous-champs de **20 kWc**. La puissance du champ avec la méthode de la surface disponible étant supérieure à celle des besoins à satisfaire, notre surface est donc satisfaisante pour la méthode retenue.

B. Le type de système

Pour la typologie de notre système à mettre en place, le choix existe entre un système fixe et un système à traction. Compte tenu de la puissance du générateur et des contraintes économiques du système à traction, nous optons pour un système fixe.

Le scénario considéré est l'autoconsommation sans stockage. En effet, l'analyse du profil de consommation journalier ne rend pas ce projet viable dans le cas de stockage par batterie. Aussi, le surplus d'énergie alimentera d'autres charges et en cas de manque d'énergie, le réseau CIE viendra en appoint pour combler ce manque.

I.2. Dimensionnement du système photovoltaïque

Dans cette partie, il s'agit d'évaluer les quantités, les capacités et les configurations des éléments principaux que sont : les modules, les onduleurs, les équipements de protection, les canalisations etc... Nous procéderons au dimensionnement du système photovoltaïque de façon conventionnelle, puis recueillir plus d'informations à partir du logiciel PVsyst.

Les fiches techniques des éléments du système sont fournies en Annexe 12.

I.2.1. Dimensionnement sans le logiciel

Nous partons d'un champ solaire d'une puissance totale de 40 kWc qui sera organisé en deux sous - champs de 20 kWc sans stockage. Il s'agit donc de faire ressortir les configurations (quantités et capacités) des éléments pour un sous-champ. Celles – ci seront valables pour le second sous champ.

A. Choix et nombre de modules

Le nombre de modules conditionne la puissance délivrée par le champ. Le calcul de ce nombre s'effectue par l'utilisation de cette puissance après le choix du type de module. Notre choix est porté sur les modules **JKM270PP-60** de puissance **270 Wc** du constructeur **Jinko-Solar** dont le calcul du nombre minimal de modules nécessaires pour produire la puissance espérée (ici 20 kWc) se fait donc en utilisant la formule suivante :

$$N_m = \frac{\text{Puissance du champ } P_o}{\text{Puissance nominale du module } P_m} \quad (\text{Eq 22})$$

$$N_m = \frac{20\,000}{270} = 74,07 \text{ modules}$$

Nous retiendrons pour le moment un nombre total de **74 modules** pour la constitution de notre sous-champ de **20 kWc**.

B. Choix de l'onduleur et configuration du sous-champ

La configuration de notre champ photovoltaïque, l'onduleur comme un élément central. Nous avons donc porté notre choix sur l'onduleur **Sunny Tri Power 20000 TL** de **20 kW** du fabricant SMA. Ses caractéristiques sont résumées dans le tableau suivant :

Tableau XXVII : Caractéristiques principales de l'onduleur choisi (le STP 20000 TL).

Caractéristiques	Valeurs
Tension maximale d'entrée CC Umax (V)	1000
Plage de tension admissible à l'entrée Umax (V)	320 – 800/600
Puissance maximale d'entrée CC Pmax (kWc)	36
Puissance CC assignée P (kWc)	20,44
Courant maximal d'entrée CC Imax par entrée (A)	33
Nombre d'entrées MPPT indépendantes côté CC	2
Nombre de string par entrée	3

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Après le choix de l'onduleur, il nous faut déterminer la configuration des sous-champs correspondants pour un bon fonctionnement du système :

- Nombre de modules par string :

Le nombre total de module ayant été calculé, celui par string est donné par la relation :

$$N_{m/s} = \frac{V_{max_{ond}}}{V_{oc_{mod}}} \quad (Eq\ 23)$$

$$N_{m/s} = \frac{1\ 000}{38,8} = 25,77$$

On retient alors par calcul un nombre maximum de 25 modules par string ; mais pour éviter une trop grande tension à l'entrée de l'onduleur nous considérons **19 modules**.

- Nombre de strings

Le nombre de strings est donné par :

$$N_{stri} = \frac{\text{Nombre total de module}}{\text{Nombre de module par string}} = \frac{74}{19} = 3,89 \quad (Eq\ 24)$$

On retient alors par calcul, **4 strings** par sous-champ que nous retiendrons également pour la configuration.

La configuration étant donc déterminée, il faut faire une vérification visant à savoir si elle permet à l'onduleur de bien fonctionner car la performance du champ en dépend.

- Vérifications des conditions de bon fonctionnement de l'onduleur

Les vérifications concernent la puissance, le courant et la tension d'entrée mais aussi le ratio de puissance car plus l'onduleur fonctionne à pleine charge, plus il est performant. Le tableau suivant nous donne un récapitulatif des conditions de bon fonctionnement de l'onduleur :

Tableau XXVIII : Vérification des conditions d'entrée de l'onduleur pour son bon fonctionnement.

Conditions	Valeurs	Vérification	Etat
Voc total par string ≤ Vmax entrée onduleur	737,2 V	737,2 ≤ 1000	Ok
Vmpp inf. ond ≤ Vmpp string ≤ Vmpp sup. ond	602,3 V	390 ≤ 602,3 ≤ 800	Ok
I strings ≤ Imax entrée ond	27,27 A	27,27 ≤ 33	Ok
P sous champ ≤ Pmax entrée onduleur	20,52 kW	20,52 ≤ 36	Ok
90% ≤ Ratio ≤ 110%	0,9961	90 ≤ 99,61% ≤ 110%	Ok

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Les conditions étant vérifiées, nous pouvons retenir la configuration suivante pour chaque sous champ et pour le champ entier.

Tableau XXIX : Caractéristiques et configuration du générateur photovoltaïque.

Eléments	Désignation	Valeurs
Champ photovoltaïque	Nombre total de module	152
	Nombre de sous-champs	2
	Puissance réelle de chaque sous-champ	20,52
Sous-Champ	Nombre total de modules par sous-champ	76
	Nombre de modules par string	19
	Nombre de strings de modules	4

Nous faisons le choix de 2 strings de 19 modules dans chaque entrée de l'onduleur.

C. Dimensionnement des équipements de protection

Les systèmes électriques doivent être conçus selon un niveau de détail rigoureux pour la protection des biens et des personnes. La protection sera donc ici, dimensionnée des deux côtés de l'installation (AC et DC).

Les fiches techniques des différents systèmes de protection et câbles sont jointes en annexe 12.

a. Protection contre les surintensités côté continu (DC)

Les modules des chaînes doivent être protégés contre l'effet des courants inverses susceptibles de survenir en cas de défaut dans un module. Le tableau issu de la norme UTE C15 712 nous donne en plus des courants admissibles dans les canalisations, les caractéristiques requises pour la protection par fusible (Tableau joint en annexe 13).

D'après ce tableau, nous retenons pour notre cas de figure (n = 4) les caractéristiques suivantes :

$$\begin{cases} U_{fusible} \geq 1,15 \cdot V_{OC \text{ string}} \\ 1,25 \cdot I_{SC} \leq I_{CAL} \leq 2 \cdot I_{SC} \end{cases}$$

Nous avons dans notre cas, les valeurs suivantes pour la tension et l'intensité au niveau de chaque string : $V_{OC \text{ string}} = 737,2 \text{ V}$ et $I_{SC} = 9,094 \text{ A}$.

Ce qui nous donne comme caractéristiques requises pour notre fusible :

$$\begin{cases} U_{fusible} \geq 1,15 \times 737,2 = 847,78 \text{ V} \\ 11,36 \text{ A} \leq I_{CAL}(\text{fusible}) \leq 18,18 \text{ A} \end{cases}$$

Le choix du fusible s'est porté de notre côté sur le **fusible FF 185316** du fabricant espagnol **OMEGA** car il possède une tension nominale de 1000VDC et un calibre de 16 A.

b. Coffret de raccordement et de protection (DC)

Un dispositif permettant d'isoler la source de l'onduleur pour sa maintenance doit être présent sur une installation PV des deux côtés AC et DC.

Nous choisissons le coffret de distribution et de protection **SMA STRING-COMBINER for 1000 V_{DC} systems** (Réf : DC-CMB-U15-24, 16 entrées et 2 sorties). Il est également équipé d'un interrupteur-sectionneur DC et sa tension nominale s'accorde avec celle du fusible (1000VDC). Pour vérifier les conditions d'entrée au niveau de l'onduleur, on utilisera un équipement de dérivation pour avoir 2 départs à la sortie du coffret.

c. Parafoudre côté continu (DC)

Comme la protection contre les surintensités et la séparation de la source des onduleurs, la protection contre les surtensions est également indispensable. Les parafoudres sont donc nécessaires sur notre installation. Puisqu'un paratonnerre est installé sur le site, un parafoudre de type 2 est recommandé par l'UTE C15 712. En effet, les surtensions entre les générateurs PV et les onduleurs sont générés par les effets indirects des coups de foudre à proximité des bâtiments. La valeur du courant de décharge (I_{max}) conseillée dans notre contexte est de 20 kA (Annexe 13). Nous avons donc porté notre choix sur le **DCSPD KIT3-10** de SMA ($I_{max} = 40$ kA) compatible à notre onduleur SMA **STP 20000TL-30** et branché au niveau du coffret DC **STRING-COMBINER for 1000 V_{DC} systems** où $I_{nom} = 20$ kA et $I_{max} = 40$ kA.

d. Coffret AC pour protection contre les surintensités

On choisit le coffret AC **ZJ BENY**. Ce coffret dispose de 3 entrées et une sortie (vers le Multicluster). Le courant de sortie d'un onduleur est de 29 A, d'où 58 A pour les 2.

La protection sera assurée par un disjoncteur différentiel contre les risques d'électrocution par contact direct ou indirect. Nous choisissons :

- 2 disjoncteurs différentiels 3P+N Schneider courbe C calibre 32 A référence A9D32732 300 mA.
- 1 interrupteur différentiel 4P Schneider calibre 63 A référence A9R35463 300 mA.

e. Parafoudre côté alternatif (AC)

Un parafoudre de type 1 est également recommandé pour le côté AC par l'UTE C15 712 avec un courant nominal de décharge d'une valeur minimum de 12,5 kA d'après la NFC 15-100. Sa tension correspond à celle en sortie de l'onduleur (230 V entre Phase et neutre) et installé au niveau du TGBT principal. Nous avons dans notre cas de figure, porté notre choix sur le **7P.04.8.260.1025 de FINDER** (230/400 V, $I_{nom} = 20$ kA).

D. Dimensionnement des canalisations

• Côté DC

Il s'agit du réseau de câbles allant du champ PV au coffret CC, puis du coffret CC à l'entrée de l'onduleur. Il est supposé une température pouvant atteindre 70°C (zone située sous les modules) pour les câbles de la première partie et une température ambiante de 60°C pour la deuxième.

Les canalisations doivent de ce côté se conformer aux spécifications suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} S \geq S_{\min \text{câble}} = \frac{2\rho LI}{\Delta V_{admi}} \\ I_{cal} \geq I_{admissible} \end{array} \right.$$

- ρ : résistivité du cuivre en $\Omega\text{mm}^2.\text{m}^{-1}$;
- ΔV_{admi} : Chute de tension admissible en % ;
- L : longueur du câble en m ;
- I : intensité maximale dans la zone dédiée ;
- U : la tension de la zone dédiée en V.

$\rho_{\text{Cuivre}} = 1724 \cdot (1 + 0,0042 \cdot (T - 20)) \cdot 10^{-5}$, avec T la température du Cuivre.

$$\Delta V_{admi} = \frac{2\rho LI}{S_{\min \text{câble}} \cdot U} \times 100 \quad (\text{Eq 25})$$

Selon l'UTE C15 712, la chute de tension maximale admissible est évaluée en pourcentage à 3 % de la tension au niveau des strings du générateur. Cependant, cette norme recommande une chute de tension inférieure à 1 %.

La section est donnée en fonction du courant admissible (dont le calibre du dispositif doit être supérieur ou égal) donné dans le tableau (annexe 13 ; 2). Nous choisissons la section de 1,5 mm² car $I_{sc} = 9,09$ A et 2,5 mm² car $I_{sc} = 18,2$ A.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Tableau XXX : Récapitulatif du dimensionnement des sections de câbles DC

Paramètres	T (°C)	ρ ($\Omega\text{mm}^2.\text{m}^{-1}$)	L (m)	I (A)	U (V)	Section choisie (mm^2)	Section retenue (mm^2)	ΔV calculée (%)
Champ PV-Coffret DC	70	0,02086	55	9,09	737	1,5	4	0,77
Coffret DC-Onduleur	60	0,02013	20	18,2	737	2,5	6	0,33
Total								1

La chute de tension est de **1,21 %** ; ce qui est effectivement correct. Nous retenons donc les sections choisies.

Nous choisissons comme câble, des câbles solaires ELECSUN - PV1000F - UTE • Température : -40°C à +90°C • Tension assignée : 600 / 1000 V • Cuivre étamé. Souple classe 5 • **4 mm²** et **6 mm²** • Non propagateur de la flamme • Conforme au guide de l'UTE 32-502.

- Côté AC

Au niveau du côté alternatif, le dimensionnement se fait autrement. Il faut en effet tenir compte du mode de pose, des groupements de circuit et des contraintes du milieu d'évolution des câbles. Le dimensionnement se fait à l'aide de la norme **NF C15 100**.

- ❖ Section de câbles onduleur-boitiers AC

Pour les câbles quittant la sortie de l'onduleur, les éléments de dimensionnement sont :

- Type d'isolant : U1000R2V ; Polyéthylène réticulé (PR), âme en Cuivre.
- Mode de pose : câbles posés sur chemins de câble perforés ; la méthode de référence est donc : 13E et $f_1 = 1$.
- Température du local : environ 35°C ; $f_2 = 0,96$.
- Groupement de circuit : un autre circuit (celui du second onduleur) ; $f_3 = 0,88$

Le facteur de correction général est : $f_g = f_1 \times f_2 \times f_3$; le calcul nous donne alors :

$$f_g = 1 \times 0,96 \times 0,88 = 0,85$$

Le courant de sortie de l'onduleur est 29 A avec un calibre de 32 A au niveau des fusibles à la sortie de l'onduleur. Le courant admissible par les canalisations est donc donné par :

$$I_z = \frac{k \times I_n}{f_g} \quad (\text{Eq 26})$$

Avec un facteur lié à la nature de la protection. En effet dans notre cas de figure, la protection étant un fusible de calibre 32 A qui est supérieur à 25 A alors $k = 1,1$. Ce qui nous donne :

$$I_z = \frac{1,1 \times 32}{0,85} = 41,41 \text{ A}$$

La section correspondante est donc une section de **4 mm²** d'après le tableau 52 F de la norme NF C15 100 (annexe 14). Il s'agit ensuite de procéder à la vérification de la chute de tension.

La formule de calcul de la chute de tension en basse tension est donnée par :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \left(\rho \times \frac{L}{S} \times \cos\varphi + X L \sin\varphi \right) \quad (\text{Eq 27})$$

Ce qui nous donne pour une longueur entre les onduleurs et le coffret AC de 5 m, un facteur de puissance minimal de 0,80 et la résistivité du Cuivre est $\rho = 0,0183 \Omega \text{mm}^2/\text{m}$:

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 29 \left(0,0183 \times \frac{5}{4} \times 0,8 \right) = 0,91 \text{ V.}$$

Soit une chute de tension de 0,91 V, ce qui correspond à une chute de tension relative de **0,23 %** (380 V tension de sortie onduleur) qui est inférieur au 8 % recommandés par la NF C15 100.

On choisit donc les câbles rigides **5×4 mm²** de type **U1000R2V 5G4 RC** du fabricant **Nexans**.

❖ Section des boîtiers AC - Unité de centralisation (le Multi cluster Box)

Pour les câbles quittant le boîtier AC jusqu'à l'unité de centralisation, les éléments sont :

- Type d'isolant : Polyéthylène réticulé (PR) ; âme en Cuivre.
- Mode de pose : câbles posés sur chemins de câble perforés ; la méthode de référence est donc : 13E et $f_1 = 1$
- Température du local : environ 35°C ; $f_2 = 0,96$
- Groupement de circuit : aucun un autre circuit ; $f_3 = 1$

Le facteur de correction général nous donne : $f_g = f_1 \times f_2 \times f_3$; le calcul nous donne alors :

$$f_g = 1 \times 0,96 \times 1 = 0,96$$

Le courant de sortie de l'onduleur est 58 A, avec un calibre de 63 A au niveau de l'interrupteur différentiel choisi. Pour les disjoncteurs, $k = 1$. Le courant admissible par les canalisations est donc donné par :

$$I_z = \frac{63}{0,96} = 65,63 \text{ A}$$

La section correspondante est donc une section de 10 mm². Il s'agit ensuite de procéder à la vérification de la chute de tension.

$$\Delta V = \sqrt{3} \times I \left(\rho \times \frac{L}{S} \times \cos\varphi + XL \sin\varphi \right)$$

Ce qui nous donne pour une longueur entre le coffret AC et le multi cluster Box de 10 m et un facteur de puissance minimal de 0,80 :

$$\Delta V = \sqrt{3} \times 58 \times \left(0,0183 \times \frac{10}{10} \times 0,8 \right)$$

Soit une chute de tension de 1,47 V ; ce qui correspond à une chute de tension relative de 0,4 %, inférieure au 8 % recommandée par la NF C15 100. On choisit donc les câbles rigides **5×10 mm²** de type **U-1000 R2V DISTINGO 5G10** du fabricant **Nexans**.

I.2.2. Dimensionnement avec le logiciel PVsyst

Les résultats sont joints en annexe 15.

I.2.3. Synthèse des résultats

Tableau XXXI : Synthèse des résultats avec le logiciel PVsyst

Indicateurs du projet	Unités	Valeurs
Puissance de l'installation	kWc	41,04
Surface utilisée	m ²	335,47
Ensoleillement global de la zone	kWh / m ² / an	1 799,80
Energie produite	MWh	60,72
Productible solaire	kWh / kWc / an	1 479
Indice de performance du champ solaire	%	81,92
Besoins de l'utilisateur	MWh/an	49,92
Energie totale consommée	MWh/an	34,21
Energie injectable dans le réseau	MWh/an	26,50
Energie sollicitée auprès du réseau	MWh/an	15,71
Taux d'autoproduction	%	68,52
Taux d'autoconsommation	%	56,34
Taux de couverture	%	121,63
Coût d'investissement	F CFA	39 945 911
VAN avec un taux d'actualisation de 5 %	F CFA	13 355 090
LCOE avec un taux d'actualisation de 5 %	F CFA / kWh	16,45
Quantité de CO ₂ évités	téq. CO ₂ /an	20,63
TRI	an	8,22

CONCLUSION

L'audit énergétique réalisé à la SODECI agence Palmeraie a permis d'apporter des éléments de réponse concernant les possibilités d'amélioration de la performance énergétique dudit site.

D'abord, le diagnostic au niveau de l'enveloppe du bâtiment et les usages électriques a fait ressortir aussi bien des irrégularités que des points positifs. Ensuite, la description du parc des équipements électriques du site a révélé au niveau de la climatisation un sous dimensionnement des puissances frigorifiques des locaux. Il a également été relevée la non-conformité du niveau d'éclairage dans certains locaux notamment ceux du 3^{ème} étage. Du bilan énergétique, il ressort que le niveau R+2, le niveau RDC et l'onduleur sont les zones qui consomment le plus d'énergie (65,77 % de la consommation totale du site soit 276 273,59 kWh/an). Par ailleurs, nous avons remarqué que la climatisation, l'éclairage et les prises représentent 96,12 % de la consommation annuelle globale du site soit 403 751,85 kWh.

A la lumière de ces résultats, nous avons proposé 6 AAPE dont l'exécution permettra de réaliser 32,29 % d'économie globale, soit une consommation annuelle de 135 627,47 kWh.

Le coût d'énergie économisé s'élève ainsi à 11 266 573 F CFA. Aussi, au niveau environnemental, il faut noter que la mise en application de ces économies d'énergie permettrait d'éviter 59,27 téq. CO₂ par an.

Enfin, l'installation d'un champ PV de 40 kWc a été proposé pour alimenter l'éclairage intérieur du site. Le montant de sa mise œuvre s'élève à 39 945 911 F CFA avec un temps de retour sur investissement de 8 ans 3 mois. Le champ PV permet d'éviter de 20,63 tCO₂ par an.

RECOMMANDATIONS

En vue d'améliorer d'avantage l'économie d'énergie ainsi que la diminution des émissions de CO₂, nous recommandons à la SODECI agence Palmeraie :

- L'isolation des parois des locaux climatisés ;
- Le remplacement des simples vitrages par des doubles vitrages ;
- Le calcul des charges thermiques avec la méthode détaillée pour installer des cassettes ayant des puissances frigorifiques suffisantes ;
- L'utilisation de détecteurs de présence dans les douches et les couloirs.

BIBLIOGRAPHIE

- [2] Merlin Guérin, *Protection des réseaux électriques : Guide de la protection*, Schneider. Paris, France, 2003.
- [5] COULIBALY, Yézouma, 2017. « Audit énergétique et économies d'énergie ». Ouagadougou : 2iE.
- [7] EVO 10000 – 1 : 2017, « Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance : PRINCIPES FONDAMENTAUX », Avril 2017.
- [8] EVO 10000 – 1 : 2010, « IPMVP concepts et options pour l'évaluation des économies d'énergies et d'eau », Septembre 2010.
- [9] CIE, « Au cœur de la facturation HTA », vol. 1. Abidjan, Côte d'Ivoire, 2016
- [14] BAGRE, O. Ahmed, 2018. « Dimensionnement technique des installations photovoltaïque connectées au réseau ». Ouagadougou : 2iE.

WEBOGRAPHIE

- [1] <http://www.sodeci.ci/qui-sommes-nous/sodeci-en-bref>
- [3] <https://www.ademe.fr/particuliers-eco-citoyens/habitation/renover/isolation/isolation-parois-vitrées>
- [4] <https://plafond.ooreka.fr/comprendre/plafond-suspendu>
- [6] <https://www.lesechos.fr/2018/05/quand-les-climatiseurs-rechauffent-la-planete-990481>
- [10] Guide la mesure dans un projet d'efficacité énergétique
- [11] <https://www.calculo.fr/Eco-travaux/Fenêtres-double-vitrage/Economies-d-energie>
- [12] <https://www.a2pvb.com/economie-energie.php>
- [13] <https://www.batiweb.com/actualites/publi-redactionnels/legrand-presente-les-nouvelles-prises-electriques-vertes-2010-08-24-15685>
- [15] <https://www.infoclimat.fr/climatologie/abidjan/valeurs/65578.html>

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Organigramme de SMART ENERGY	65
Annexe 2 : Présentation des normes et description du matériel utilisé pour réaliser l'audit.	66
Annexe 3 : Les schémas unifilaires des coffrets électriques par niveau.	71
Annexe 4 : Notions sur l'éclairage.....	73
Annexe 5 : Les inventaires complets des différents usages de la SODECI agence palmeraie.	77
Annexe 6 : Description du système de climatisation DRV.....	83
Annexe 7 : Mesure de quelques grandeurs électriques de le SODECI Riviera Palmeraie	85
Annexe 8 : Les données mesurées par les analyseurs de puissance	87
Annexe 9 : Devis des AAPE.....	89
Annexe 10 : Devis du champ PV.....	96
Annexe 11 : Profil de charge journalière de l'éclairage et le ratio de performance	97
Annexe 12 : Fiches techniques	99
Annexe 13 : Schéma synoptique.....	110
Annexe 14 : Tableaux à caractère informatif.....	111
Annexe 15 : Dimensionnement avec PVsyst.....	113
Annexe 16 : Calcul du LCOE selon différentes hypothèses de taux d'actualisation.....	118

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Annexe 1 : Organigramme de SMART ENERGY.

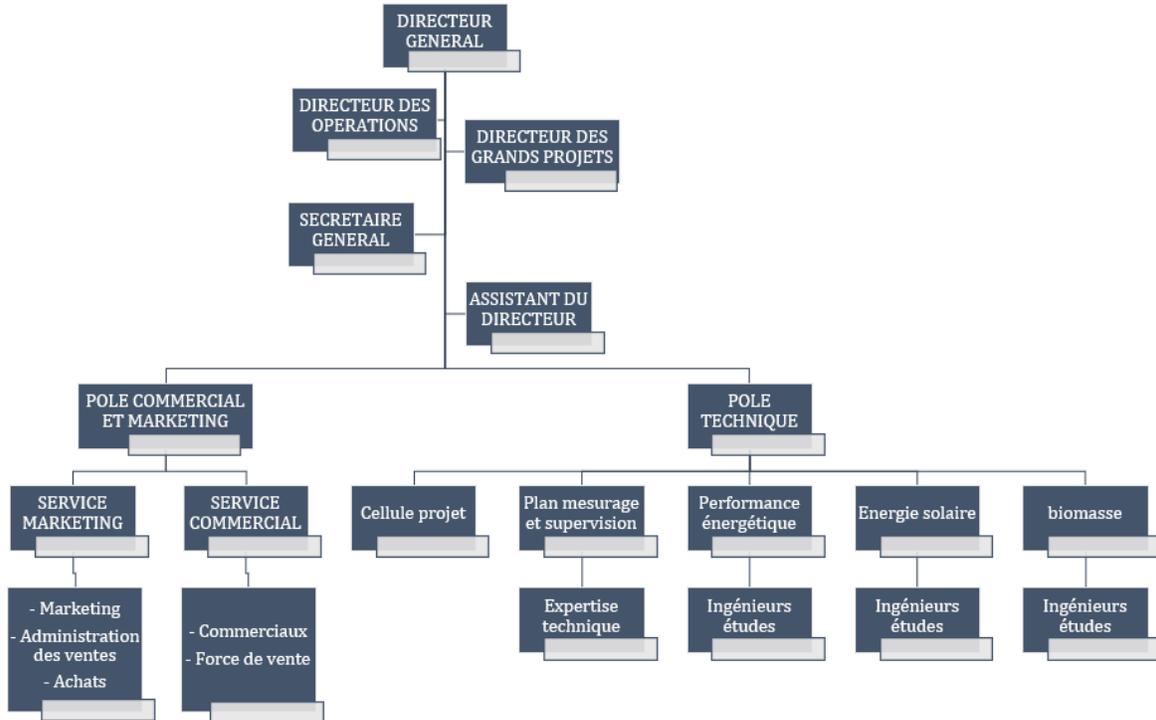


Figure 36 : Organigramme de Smart Energy

I. Présentation des normes

1. **NF EN 16 247 – 1**

Cette norme spécifie les exigences, la méthodologie et les livrables d'un audit énergétique. Elle s'applique à tous les types d'établissements et d'organismes, à toutes les formes d'énergie et à tous les usages énergétiques, à l'exclusion des maisons individuelles privées.

Elle traite des exigences générales communes à l'ensemble des audits énergétiques. Des exigences spécifiques viennent compléter ces exigences générales dans des parties distinctes dédiées aux audits énergétiques des bâtiments, des procédés industriels et des transports.

2. **NF EN 16247 – 2**

La NF EN 16247 – 2 spécifie les exigences relatives aux audits énergétiques dans les bâtiments. Elle s'applique à un bâtiment ou groupe de bâtiments, à l'exclusion des habitations privées individuelles. Elle précise les exigences, la méthodologie et les livrables d'un audit énergétique. Elle traite des différentes étapes de l'audit énergétique :

- la prise de contact ;
- la réunion de lancement ;
- la collecte des données ;
- le travail sur site ;
- l'analyse des données ;
- le rapport ;
- la réunion de clôture.

Il doit être appliqué conjointement avec la NF EN 16247-1, Audits énergétiques — Partie 1 : Exigences générales, qu'il complète. Il comprend des exigences supplémentaires qui doivent être appliquées simultanément à celles de la partie 1.

3. **NF EN 12 464 – 1 Eclairage**

La présente Norme européenne prescrit les exigences d'éclairage vis-à-vis des personnes présentes sur des lieux de travail intérieurs, qui permettront de satisfaire aux besoins de confort visuel et de performance visuelle des personnes dont la capacité ophtalmique (visuelle) est normale.

Cependant toutes les taches visuelles courantes sont considérées. Elle spécifie les exigences concernant la quantité et la qualité d'éclairage, des solutions d'éclairage pour la plupart des lieux de travail intérieurs et leurs zones associées. Des recommandations de bonne pratique de l'éclairage sont données en complément. L'éclairage peut être fourni par la lumière du jour, un éclairage artificiel ou une combinaison des deux. La présente Norme européenne ne s'applique pas à l'éclairage des lieux de travail extérieurs et des exploitations minières souterraines ni à l'éclairage de secours.

4. IPMVP

L'IPMVP ou Protocole International de Mesure et de Vérification de la Performance est une méthodologie établie par l'EVO (Efficiency Valuation Organization), une organisation non gouvernementale qui propose gratuitement des ressources pour favoriser un monde plus durable du point de vue environnemental. Ce dispositif permet de fixer les règles de calcul et de suivi des opérations de mesurage et de vérification des consommations d'énergie.

L'IPMVP permet de mesurer l'impact des dispositifs d'efficacité énergétique mis en place dans les bâtiments. La finalité de ce protocole est de mettre en perspective les économies d'énergie réalisées avec le coût engagé pour les atteindre.

Afin de concevoir et mettre en œuvre un processus de Mesure et de Vérification, l'IPMVP propose quatre (4) options : l'option A, l'option B, l'option C et l'option D

a. L'option A (isolement de l'AAPE) : mesure des paramètres clés

- ❖ Les économies sont déterminées par des mesures de terrain des paramètres clés, qui vont déterminer la consommation d'énergie et la puissance appelée des systèmes affectés par l'AAPE ou le succès du projet.
- ❖ En fonction des variations attendues des paramètres mesurés et de la durée de la période de suivi, la durée des mesures peut aller de mesures à court terme à des mesures continues. Les paramètres non retenus pour des mesures de terrain sont des valeurs estimées. Les estimations peuvent s'appuyer sur des données historiques, des spécifications constructives ou des calculs « à dire d'expert ».
- ❖ La documentation des sources utilisées ou des justifications apportées pour déterminer la valeur estimée est nécessaire. L'incertitude probable venant de l'estimation doit être évaluée.

b. L'option B (isolement de l'AAPE) : mesure de l'ensemble des paramètres

- ❖ Les économies sont déterminées par des mesures de terrain de la consommation et de la puissance appelée et/ou de variables indépendantes associées ou permettant des mesures indirectes, pour le système concerné par l'AAPE.
- ❖ En fonction des variations attendues des paramètres mesurés et de la durée de la période de suivi, la durée des mesures peut aller de mesures à court terme à des mesures continues.

c. L'option C : Site entier

- ❖ Les économies sont déterminées en mesurant la consommation d'énergie et les appels de puissance au niveau des compteurs d'énergie des fournisseurs, pour le site entier.
- ❖ Les mesures ont lieu en continu, pendant toute la période de suivi, pour la consommation d'énergie et la puissance appelée de l'ensemble du site.

d. L'option D : Simulation calibrée

- ❖ Les économies sont déterminées à travers la simulation de la consommation d'énergie et des appels de puissance du site entier ou d'une sous-partie.
- ❖ Il doit avoir été montré que la simulation modélisait correctement le comportement énergétique du site.
- ❖ Cette option requiert de très fortes compétences en utilisation de simulation énergétique calibrée.

5. NF C15 100

La norme française **NF C15-100** régit les Installations électriques en basse tension . Elle porte plus précisément sur la protection de l'installation électrique et des personnes, ainsi que sur le confort de gestion, d'usage et l'évolutivité de l'installation. Elle traite de la conception, de la réalisation, de la vérification et de l'entretien des installations électriques alimentées sous une tension électrique au plus égale à 1 000 volts (valeur efficace) en courant alternatif et à 1 500 volts en courant continu.

6. UTE C15 712

C'est un guide qui traite des installations photovoltaïques raccordées à un réseau public de distribution et non prévues pour fonctionner de façon autonome. Il précise et complète les règles de la NF C 15-100, pour la partie basse tension. Les modules a.c. (module PV et onduleur associé) ne sont pas pris en compte dans le présent guide. Leur installation est soumise aux règles de la NF

C 15-100. Seul le fonctionnement en présence de tension sur le réseau public de distribution est envisagé dans le présent guide.

II. Description du matériel

1- Laser mètre :



Le Laser mètre est un appareil permettant de mesurer les distances. Un rayon laser est projeté sur une cible qui renvoie à son tour le rayon lumineux. Le boîtier électronique calcule le déphasage entre l'émission et la réception.

2- Luxmètre :



Un luxmètre est un capteur permettant de mesurer l'éclairement lumineux reçu par unité de surface. L'unité de mesure est le lux. Les luxmètres peuvent avoir plusieurs échelles pour s'adapter aux faibles ou fortes luminosités (jusqu'à plusieurs dizaines de milliers de lux).

3- Station météo netatmo :

Il s'agit d'une station météo intelligente, composé de 2 sondes : une pour l'intérieure et l'autre pour l'extérieure. Elle mesure la température, l'humidité, la qualité de l'air, la pression atmosphérique. Ces données sont accessibles via l'ordinateur ou le smartphone par le biais d'une application dédiée à cet effet.



4- Enregistreur de puissance et d'énergie PEL



Les enregistreurs **PEL** sont des outils électriques qui permettent de mesurer les grandeurs électriques. C'est l'outil indispensable dans le domaine de la surveillance et de l'amélioration de la gestion technique des bâtiments et des systèmes, ainsi que les audits énergétiques. Ils sont universels et s'adaptent à toutes les armoires électriques, sur tous les systèmes monophasés, diphasés ou triphasés.

Le produit est livré avec le logiciel "Pel Transfer" qui permet la visualisation simultanées des données de plusieurs enregistreurs PEL. Il est très utile pour évaluer les consommations d'énergie par service, par site.

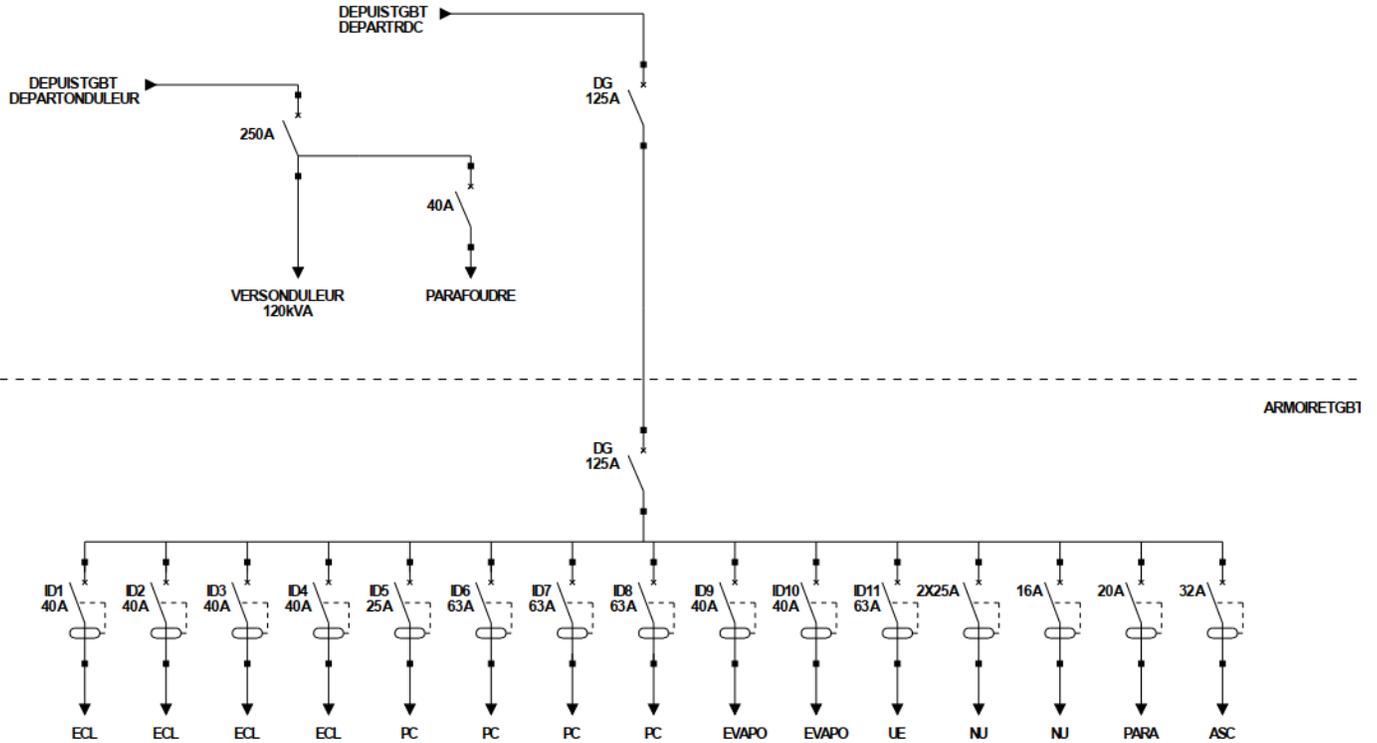
5- Enregistreur de puissance et d'énergie NG 9

Le NG-9 est une nouvelle génération d'analyseur de réseau électrique, il permet de mesurer les grandeurs électriques jusqu'à 9 lignes sur un seul instrument. Ses sondes spéciales peuvent mesurer de 1 A à 2000 A.

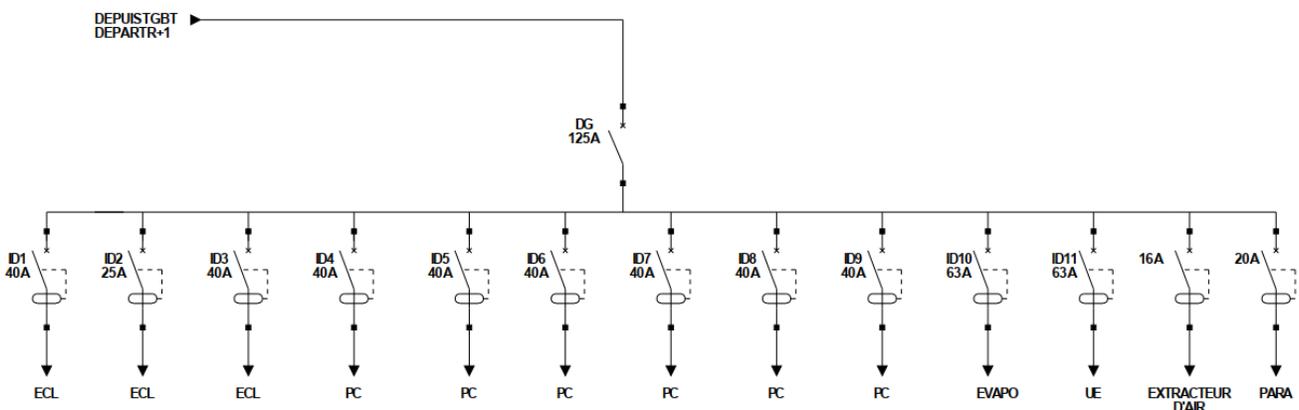


Annexe 3 : Les schémas unifilaires des coffrets électriques par niveau.

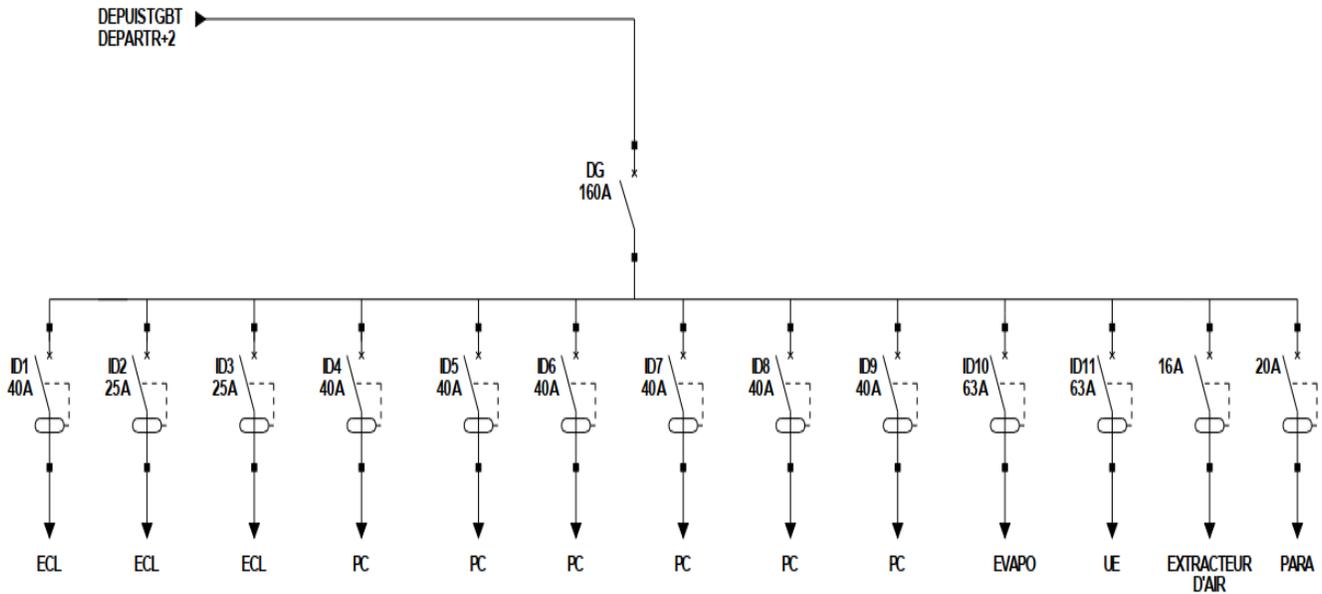
1. Départ RDC



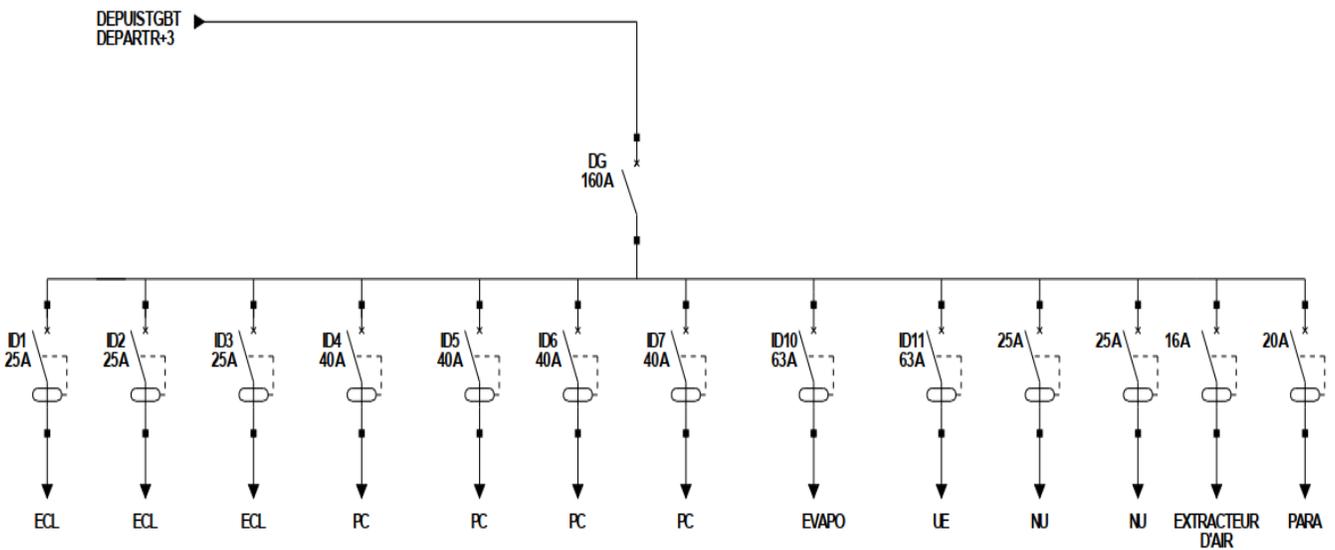
2. Départ R+1



3. Départ R+2



4. Départ R+3



Annexe 4 : Notions sur l'éclairage.

I. Les grandeurs photométriques de base.

a. Flux lumineux

Le flux lumineux décrit la quantité de lumière émise par une source lumineuse. Il s'exprime en *lumen (lm)*.

L'efficacité lumineuse est le quotient du flux lumineux par la quantité d'énergie électrique consommée (lm/W). Elle indique la rentabilité d'une source lumineuse.

Symbole : Φ , Unité de mesure : lm (Lumen).

b. Intensité lumineuse

L'intensité lumineuse décrit la quantité de lumière émise dans une direction donnée. Elle est en grande partie déterminée par des éléments de guidage du flux, des réflecteurs par exemple, et est représentée par la courbe photométrique (C.P.).

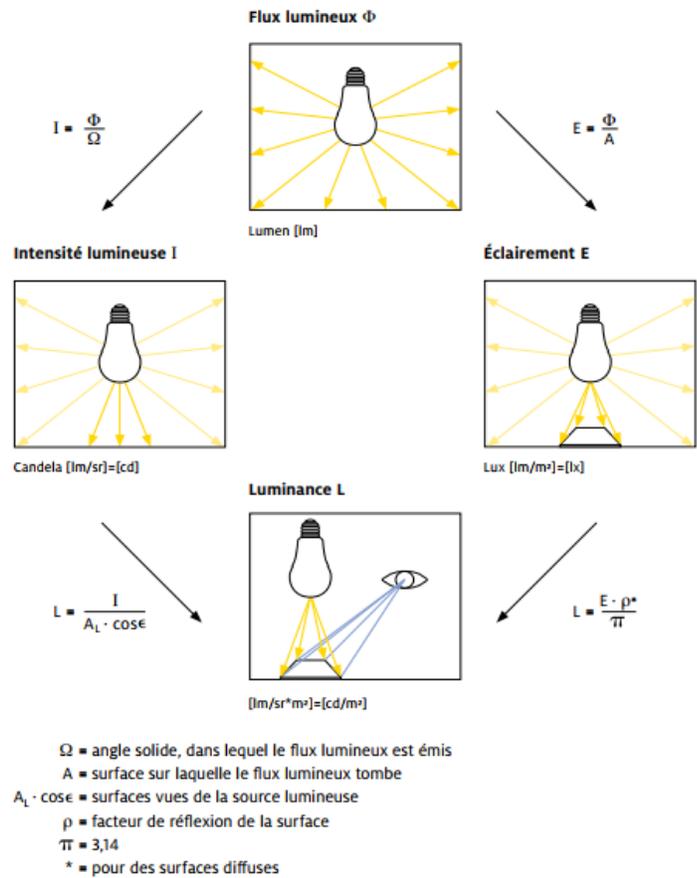
Symbole : I, Unité de mesure : cd Candela

c. Éclairement

L'éclairement décrit la densité du flux lumineux en un point d'une surface. Vous trouverez des indications sur les valeurs d'éclairement dans les normes correspondantes (p. ex. EN 12464 « Éclairage des lieux de travail »).

Éclairement : $E(\text{lx}) = \text{Flux lumineux (lm) surface (m}^2\text{)}$

Symbole : E, Unité de mesure : lx Lux



d. Luminance

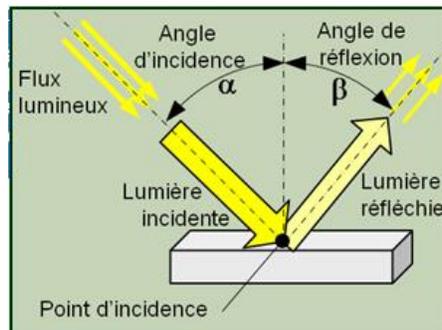
La Luminance est la seule grandeur photométrique perçue par l'œil humain. Ce concept décrit l'impression de luminosité que donne d'un côté une source d'éclairage et de l'autre une surface. Ce faisant, cette impression dépend fortement du facteur de réflexion (couleur et surface).

Symbole : L, Unité de mesure : cd/m²

II. Facteur de réflexion des couleurs

La réflexion correspond au renvoi du rayon lumineux incident (incliné d'un angle α) selon une direction faisant un angle de réflexion β avec la normale à la surface.

On définit le facteur de réflexion (ρ) comme le rapport entre la quantité de lumière réfléchie et la quantité de lumière reçue par la surface (lumière incidente). Le facteur ρ est compris entre 0 et 1. Le tableau ci-dessous donne quelques valeurs de ρ et le nuancier de peinture précise les valeurs de ρ pour plusieurs couleurs.



Matériaux	ρ	ρ en %
Béton sombre	0,15	15
Brique	0,20	20
Bois sapin	0,35	35
Aluminium poli	0,60	60
Vitre	0,08	8

Teintes	ρ en %
Rouge	13
Jaune	71
Bleu	15
Orange	34
Vert	17
Rose	30
Brun	14
Noir	8
Gris	19
Blanc	85
Beige	61

80 %	70 %	50 %	30 %	10 %
[Pink]	[Light Pink]	[Light Orange]	[Orange]	[Dark Orange]
[Light Blue]	[Blue]	[Dark Blue]	[Dark Blue]	[Dark Blue]
[Light Grey]	[Grey]	[Dark Grey]	[Dark Grey]	[Dark Grey]
[Light Yellow]	[Yellow]	[Dark Yellow]	[Dark Yellow]	[Dark Yellow]
[Light Green]	[Green]	[Dark Green]	[Dark Green]	[Dark Green]

III. Indice de rendu des couleurs

L'**indice de rendu de couleur** ou **IRC** est un nombre compris entre 0 et 100, qui a pour objectif de rendre compte de l'aptitude d'une source de lumière à restituer les couleurs d'un objet par rapport à celles produites avec une source de référence de même température de couleur. Ces deux facteurs, température de couleur et indice de rendu des couleurs, permettent de qualifier sommairement une source de lumière.

L'indice maximum **IRC = 100** correspond à l'IRC de la lumière naturelle qui restitue toutes les nuances de couleur. L'indice minimum **IRC = 0** correspondrait à une lumière qui ne permettrait aucune distinction des couleurs entre elles.

Plage d'IRC	Perception des couleurs
IRC < 25	Faible
25 < IRC < 65	Moyenne
65 < IRC < 90	Bonne
90 < IRC	Elevée

IV. Niveau d'éclairage recommandé dans les zones de travaux selon NF EN 12464-1

Type d'intérieur, tâche visuelle ou activité

	E_m	UGR_L	U_0	R_s
Bureaux				
Archivage, copies, zones de circulation, etc.	300	19	0,4	80
Écrire, lire, traitement des données	500	19	0,6	80
Dessin technique	750	16	0,7	80
Postes de travail CAO	500	19	0,6	80
Salles de conférence et de réunion	500	19	0,6	80
Comptoir de réception	300	22	0,6	80
Archives	200	25	0,4	80
Espaces de vente				
Espaces de vente	300	22	0,4	80
Zones des caisses	500	19	0,6	80
Tables d'emballage	500	19	0,6	80
Zones publiques				
Zones générales				
Halls d'entrée	100	22	0,4	80
Vestiaires	200	25	0,4	80
Salles d'attente	200	22	0,4	80
Caisses et guichets	300	22	0,6	80

Type d'intérieur, tâche visuelle ou activité

Zones de circulation et zones générales à l'intérieur de bâtiments		E_m	UGR _L	U _D	R _s
Zones de circulation et zones générales à l'intérieur de bâtiments	Voies de circulation et couloirs (au sol)	100	28	0,4	40
	Escaliers, escaliers roulants, tapis roulants	100	25	0,4	40
	Ascenseurs, élévateurs	100	25	0,4	40
	Quais et zones de chargement	150	25	0,4	40
Salles de repos, d'installations sanitaires et de premier secours	Cantines, cuisinettes	200	22	0,4	80
	Salles de repos	100	22	0,4	80
	Salles d'exercices physiques	300	22	0,4	80
	Vestiaires, lavabos, salles de bain, toilettes	200	25	0,4	80
	Infirmeries	500	19	0,6	80
	Salles de soins médicaux	500	16	0,6	90
Salles de contrôle	Locaux d'équipements techniques, salles d'appareillage électrique	200	25	0,4	60
	Locaux courrier, télex, centraux téléphoniques	500	19	0,6	80
Entrepôts et chambres froides	Réserves et entrepôts	100	25	0,4	60
	Zone d'emballage et d'expédition	300	25	0,6	60
Entrepôts à (hauts) rayonnages	Zones de circulation sans circ. de personnes (au sol)	20	-	0,4	40
	Zones de circulation avec circ. de personnes (au sol)	150	22	0,4	60
	Postes de conduite	150	22	0,6	80
	(Hauts) rayonnages	200	-	0,4	60

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Annexe 5 : Les inventaires complets des différents usages de la SODECI agence palmeraie.

1. Inventaire des luminaires du système d'éclairage du site par niveau.

Type de Luminaires	Type de Lampes	Nombre de luminaires	Nombre de lampes	Puiss. U (W)	Puiss. T (W)
Extérieur					
Lampadaire Sodium	Globe à Sodium	14	14	250,00	3 500,00
Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	78	78	45,00	3 510,00
Réglette double 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	3	6	45,00	270,00
Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent 0,6m	43	172	22,50	3 870,00
Ampoule LED	GS-D7208R	2	2	8,00	16,00
Ampoule LED E27	E27	10	10	11,00	110,00
SOUS-TOTAL			282		11 276,00
Niveau R+3					
Spot LED	Spot LED 2300K	121	121	18,00	2 178,00
Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent 0,6m	1	4	22,50	90,00
Ampoule LED E27	E27	8	8	11,00	88,00
Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	3	3	45,00	135,00
SOUS-TOTAL			136		2 491,00
Niveau R+2					
Réglette double 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	10	20	45,00	900,00
Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	4	4	45,00	180,00
Ampoule LED E27	E27	8	8	11,00	88,00
Fluocompacte	Ampoule G24d-2	14	14	26,00	364,00
Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent 0,6m	69	324	22,50	7 290,00
SOUS-TOTAL			370		8 822,00
Niveau R+1					
Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent 0,6m	113	452	22,50	10 170,00
Fluocompacte	Ampoule G24d-2	30	30	26,00	780,00
Ampoule LED E27	E27	8	8	11,00	88,00
Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	2	2	45,00	90,00
Réglette double 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	1	2	45,00	90,00
SOUS-TOTAL			494		11 218,00
Niveau RDC					
Réglette quadruple 0,6m	Tube T8 Fluorescent 0,6m	89	356	22,50	8 010,00
Réglette Simple 1,2m	Tube T8 Fluorescent 1,2m	33	33	45,00	1 485,00
Fluocompacte	Ampoule G24d-2	22	22	26,00	572,00
Ampoule LED E27	E27	17	17	11,00	187,00
Spot LED	Spot LED 2300K	36	36	18,00	648,00
Projecteur a halogène	Globe à halogène E40	2	2	400,00	800,00
Lampe esthétique	Lampe esthétique	6	6	20,00	120,00
SOUS-TOTAL			472		11 822,00

TOTAL

1 754

45 629,00

**AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE**

2. Inventaire des unités intérieures (cassettes) du DRV du site par niveau :

Localisation	Désignation	Marques	Qté	Puiss. frig (kW)	Puiss. T frig (kW)	Puiss. él (W)	Puiss. T él (W)	Fluide Frigor	T° Cons	T° Amb	Observations
RDC											
Salle VIP	Cassettes	MITSUBISHI	4	2 800	11 200	20	80	R410A	24	26,00	Local non utilisé
Toilette VIP	Cassettes	AIR WELL	2	1 650	3 300	20	40	R410A	22	26,00	Local non utilisé
Salle de conférence	Cassettes	MITSUBISHI	4	2 800	11 200	20	80	R410A	16	24,00	
Bureau rmg	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	23	24,00	
Salle de réunion	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	25,00	
Agent litige 1	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	24,00	Locaux en open space, les 3 premiers bureaux sont séparés par des cloisons avec les portes tout le temps ouvertes
Agent litige 2	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	24,20	
Resp. commercial	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	24,00	
Accueil	Cassettes	MITSUBISHI	3	2 800	8 400	20	60	R410A	19	24,90	
Agence commercial	Cassettes	MITSUBISHI	6	2 800	16 800	20	120	R410A	19	24,20	
Salle az	Cassettes	MITSUBISHI	5	2 800	14 000	20	100	R410A	19	24,50	
Local technique	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	21,00	Combiné avec un split
Salle ai	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	24,00	
SOUS-TOTAL			31		84 500		620				
R+1											
Hall DR	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19		Clim non utilisée
Secrétariat	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	19	23,00	
Bureau DR	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	22	23,00	
Salle d'attente	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	23	25,00	Allumé même vide
Resp. qualité	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	23	24,80	
Adjoint directeur	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	22	24,50	
Salle du manager	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	21	24,00	
Chef service dist	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	25,00	
Adjoint Facturation	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	23,00	
Salle de réunion	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	24	26,00	
Local technique	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	24	27,00	
Hall DMRC	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19		Clim non utilisée
Secrétariat DMRC	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	24,12	
Salle d'atten. DMRC	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	26,00	
Bureau DMRC	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	25,50	
Salle polyvalente	Cassettes	MITSUBISHI	8	2 800	22 400	20	160	R410A	19	26,00	4 cassettes éteintes
Bureau marketing 1	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	24		Local non utilisé
Bureau marketing 2	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	24		Local non utilisé
Salle d'archive	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	24		Clim non utilisée
SOUS-TOTAL			31		86 800		620				
R+2											
Salle recherche fuite	Cassettes	MITSUBISHI	4	2 800	11 200	20	80	R410A	19	24,80	Une cassette HS
Hall recherche fuite	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19		Clim non utilisée
Gestion RH	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	26,00	
Communication	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	20	27,10	
Salle des machines	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	19	24,00	
Hall AAE	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19		Clim non utilisée
Dr exécutif AAE	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	19	24,80	
Secrétariat AAE	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	21	25,60	
Salle d'attente AAE	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	23	25,00	
Salle polyv. AAE	Cassettes	MITSUBISHI	4	2 800	11 200	20	80	R410A	19	25,30	
Cartographie inf.	Cassettes	MITSUBISHI	3	2 800	8 400	20	60	R410A	19	26,00	
Service fct réseau	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19		Fermé
Local technique	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	26,00	
SOUS-TOTAL			24		67 200		480				

**AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE**

R+3											
Salle repos	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	22,60	Local peu utilisé
Restaurant	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19		Clim non utilisée
Vestiaire femme	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19		Clim non utilisée
Vestiaire homme	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19		Clim non utilisée
Hall vestiaire	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19		Clim non utilisée
Espace communic.	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	19		Local non utilisé
Secrétariat	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	26,60	
Salle manager	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	25,50	
Hall ascenseur	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	25,00	
Débriefing 1	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19	26,00	
Débriefing 2	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	23	24,30	
Relation clientèle 1	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	19	27,70	T° élevée vers les vitres
Relation clientèle 2	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	19	26,60	Une cassette HS
Relation clientèle 3	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	19	25,30	Une cassette HS
Salle polyvalente	Cassettes	MITSUBISHI	2	2 800	5 600	20	40	R410A	19	24,20	Local non utilisé
Ordonnancement	Cassettes	MITSUBISHI	3	2 800	8 400	20	60	R410A	19	27,40	Une éteinte
Supervision cent.	Cassettes	MITSUBISHI	4	2 800	11 200	20	80	R410A	19	24,00	
Hall d'entrée CGIO	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	19		Clim non utilisée
Local technique	Cassettes	MITSUBISHI	1	2 800	2 800	20	20	R410A	24	28,00	présence de moisissures
SOUS-TOTAL			30		84 000		600				

TOTAL 116 322 500 2 320

3. Inventaire des mono-split muraux et armoires du site par niveau :

Localisation	Type	Marques	Qté	Puiss. frig (W)	Puiss. T frig (kW)	Puiss. él (kW)	Puiss. T él (W)	Eer	T° Cons	T° Amb	Fluide Frigor	Technologie	Observations
RDC													
Salle d'archive agence	Split mural	MITSUBISHI	1	2 500	2 500	730	730	3,42	19	24,10	R410A	Inverter	
Caisses agence		MITSUBISHI	2	2 500	5 000	730	1 460	3,42	19	24,00	R410A	Inverter	
Guichet chèque		MITSUBISHI	1	2 500	2 500	730	730	3,42	20		R410A	Inverter	Local non utilisé
Entrée caisse clientèle		MITSUBISHI	2	2 500	5 000	730	1 460	3,42	19	29,00	R410A	Inverter	1 éteint
Accueil infirmerie		MITSUBISHI	2	2 500	5 000	730	1 460	3,42	25	24,50	R410A	Inverter	
Medecin		MITSUBISHI	1	2 500	2 500	730	730	3,42	25	23,90	R410A	Inverter	
Infirmier 1		MITSUBISHI	1	2 500	2 500	730	730	3,42	25	24,30	R410A	Inverter	
Infirmier 2		MITSUBISHI	1	2 500	2 500	730	730	3,42	25	24,00	R410A	Inverter	
Mise en observation		MITSUBISHI	1	2 500	2 500	730	730	3,42	25	24,20	R410A	Inverter	
Salle des soins		MITSUBISHI	1	2 500	2 500	730	730	3,42	25		R410A	Inverter	Pas utilisé
Accueil salle de sport		MITSUBISHI	1	7 100	7 100	2 130	2 130	3,33	25		R410A	Inverter	Pas utilisé
Bureau		MITSUBISHI	1	2 500	2 500	730	730	3,42	25		R410A	Inverter	Pas utilisé
Salle des sports R+1		MITSUBISHI	1	6 100	6 100	1 790	1 790	3,41	25		R410A	Inverter	Pas utilisé
Local technique		MITSUBISHI	1	3 600	3 600	1 120	1 120	3,21	19	21,00	R410A	Inverter	Pas utilisé
SOUS-TOTAL			17		51 800		15 260						
R+2													
Local serveur	Armoire	MIDEA	1	14 070	14 070	5 006	5 006	2,81	24	25,60	R410A	Non inverter Eteint	Ne fonctionne pas simultanément, 1 armoire en secur
	Armoire	NASCO	1	14 250	14 250	5 025	5 025	2,84	24		R22	Non inverter Mauvais fluide	
SOUS-TOTAL			2		28 320		10 031						

TOTAL 19 80 120 25 291

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

4. Inventaire des unités extérieures (condenseurs) du DRV du site par niveau :

UNITES EXTERIEURES DU DRV									
Référence	qté	P frig (kW)	Pt frig (kW)	P élec (CV)	P élec (kW)	Pt élec (kW)	EER	Marque	FF
Niveau RDC									
PUCY-P500YKA-BS	1	56	56,00	20	17,17	17,17	3,26	Mitshubishi	R410A
PUCY-P350YKA-BS	1	40	40,00	14	10,78	10,78	3,71	Mitshubishi	R410A
SOUS-TOTAL	2		96	34		27,95			
Niveau R+1									
PUCY-P500YKA-BS	1	56	56,00	20	17,17	17,17	3,26	Mitshubishi	R410A
PUCY-P350YKA-BS	1	40	40,00	14	10,78	10,78	3,71	Mitshubishi	R410A
SOUS-TOTAL	2		96	34		27,95			
Niveau R+2									
PUCY-P400YKA-BS	2	44	88,00	16	12,71	25,42	3,46	Mitshubishi	R410A
SOUS-TOTAL	2		88	16		25,42			
Niveau R+3									
PUCY-P300YKA-BS	2	33,5	67,00	12	8,95	17,90	3,74	Mitshubishi	R410A
PUCY-P250YKA-BS	1	28	28,00	10	7,08	7,08	3,95	Mitshubishi	R410A
SOUS-TOTAL	3		95	22		24,98			
TOTAL	9		375			106			

5. Inventaire des extracteurs du site par niveau :

EXTRACTEUR			
Localisation	Marque	qté	Pt élec (W)
R+1	Vim	1	365
R+2	Vim	1	365
R+3	Vim	1	365
Total		3	1 095

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

6. Inventaire de la bureautique de la SODECI agence palmeraie par niveau.

Type d'appareil	Marque	Qté	Pu (W)	P Totale (W)	Type d'appareil	Marque	Qté	Pu (W)	P Totale (W)			
R+3					R+1							
Ecran géant	SAMSUNG	10	180	1 800	Broyeuse	REXEL	2	270	540			
Ecran géant	SAMSUNG	1	75	75	Ecran Ordi	HP	3	18	54			
Ecran Ordi	HP	4	18	72	Ecran TV	NASCO	1	60	60			
Ecran TV	NASCO	1	10	10	Imprimante	HP	13	465	6 045			
Imprimante	HP	3	465	1 395	Imprimante	WORK CENTER	1	451	451			
Imprimante	CANON	1	278	278	PC bureau	HP	24	303	7 272			
PC bureau	HP	8	24	192	PC portable	ASUS	1	65	65			
PC bureau	HP	5	303	1 515	PC portable	LENOVO	1	65	65			
PC portable	HP	9	45	405	PC portable	HP	1	45	45			
PC portable	LENOVO	1	65	65	Scanneur	HP	2	17	34			
PC pro	HP	4	180	720	Téléphone	ALCATEL	25	12	300			
Téléphone	ALCATEL	5	12	60	Vidéo projecteur	EPSON	2	327	654			
Vidéo projecteur	EPSON	1	327	327	SOUS-TOTAL							
SOUS-TOTAL				6 914,00	RDC							
R+2					Boxe WIFI	HUAWEI	1	10	10			
Broyeuse	REXEL	2	270	540	Détecteur fx billet	JUST MOMENT	4	9	36			
Ecran Ordi	HP	3	18	54	Ecran TV	SONY	1	10	10			
Ecran TV	NASCO	1	10	10	Ecran TV	NASCO	1	8	8			
Imprimante	HP	7	465	3 255	Ecran TV	SAMSUNG	3	56	168			
Imprimante	CANON	2	278	556	Imprimante	BROTHER	1	164	164			
Imprimante	XEROS	1	451	451	Imprimante	HP	19	465	8 835			
Imprimante grd	HP	3	157	470	Microphones	AMC	29	7,21	209,09			
PC bureau	HP	24	303	7 272	Mixeur de son	SOUNDCRAFT	1	130	130			
PC portable	HP	1	45	45	Négatoscope	INMOCLINC	1	40	40			
PC portable	DELL	5	180	900	PC bureau	HP	24	303	7 272			
PC portable	LENOVO	2	65	130	Téléphone	ALCATEL	28	12	336			
PC portable	ASUS	1	65	65	Vidéo projecteur	EPSON	1	535	535			
Reliure	DSB	1	110	110	Vidéo projecteur	EPSON	1	327	327			
Téléphone	ALCATEL	25	12	300	SOUS-TOTAL							
SOUS-TOTAL				14 158	TOTAL							
									54 737,07			

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

7. Inventaire de l'électroménager de la SODECI agence palmeraie par niveau.

Localisation	Type d'appareil	Marque	Qté	Puiss. U (W)	Puiss. Totale (W)
Niveau RDC					
Caisses agence	Bouilloire	SCARLETT	1	2 500	2 500
Salle AZ	Bouilloire	SCARLETT	1	2 500	2 500
Infirmierie	Réfrigérateur	SAMSUNG	1	100	100
Cuisine	Micro-onde	NASCO	1	1 200	1 200
SOUS-TOTAL			4		6 300
Niveau R+1					
Salle d'attente	Fontaine d'eau	MIDEA	1	960	960,00
Secrétariat Direction Marketing et relation clients	Micro-onde	SCARLETT	1	2 500	2 500,00
	Réfrigérateur	HAIER	1	90	90,00
	Cafetière	DOLCE GUSTO	1	1 500	1 500,00
Secrétariat direction générale	Bouilloire	SCARLETT	1	2 500	2 500,00
	Cafetière	MOULINEX	1	1 000	1 000,00
SOUS-TOTAL			6		8 550
Niveau R+2					
Secrétariat assainissement	Réfrigérateur	HAIER	1	90	90
	Bouilloire	SCARLETT	1	2 500	2 500
Association AAE	Bouilloire	SCARLETT	2	2 500	5 000
Dr exécutif AAE	Réfrigérateur	LG	1	165	165
Direction finance AAE	Fontaine d'eau	MIDEA	1	960	960
	Bouilloire	SCARLETT	1	2 500	2 500
Cartographie inform.	Fontaine d'eau	MIDEA	1	960	960
SOUS-TOTAL			8		12 175
Niveau R+3					
Cafétéria	Micro-onde	LG	1	1 000	1 000
	Réfrigérateur	HAIER	1	250	250
	Bouilloire	TEFAL	1	2 400	2 400
	Cafetière	MAGIMIX	1	1 200	1 200
SOUS-TOTAL			4		4 850

TOTAL	22	31 875
--------------	-----------	---------------

Annexe 6 : Description du système de climatisation DRV

Le DRV ou Débit de Réfrigérant Variable est un système de climatisation par diffusion d'air, qui permet de connecter plusieurs unités intérieures à une seule unité extérieure. La quantité de fluide réfrigérant est ajustée par le compresseur Inverter situé dans l'unité extérieure en fonction des besoins des unités intérieures. L'énergie est utilisée à bon escient car chaque unité intérieure peut se mettre individuellement en marche ou arrêt en fonction des besoins. Il existe plus de 80 unités intérieures, permettant de répondre à la fois à toutes les configurations du bâtiment et à ses différentes applications (hôtel, bureau...).

Le confort Inverter

e. Le système classique : le tout ou rien

Un compresseur classique (celui du réfrigérateur par exemple) tourne à plein régime pour obtenir une certaine température, puis s'arrête totalement dès que la température est atteinte. Il redémarre quand la température est trop élevée et ainsi de suite. Ce fonctionnement "tout ou rien" provoque une surconsommation inutile d'énergie et une usure prématurée du compresseur. Par ailleurs, il ne permet pas d'obtenir une température constante. Sa régulation de la température par une succession de marche/arrêt provoque une sensation d'inconfort.

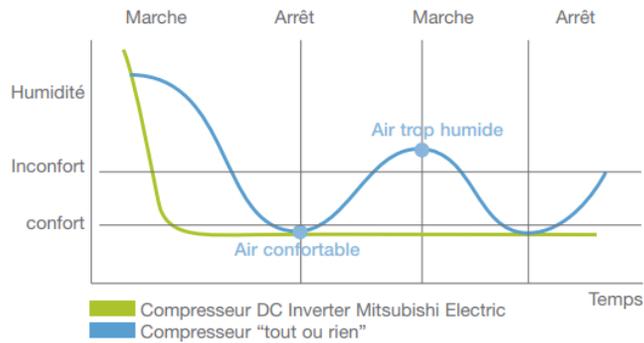
La technologie Inverter apparaît comme la solution idéale pour atteindre un confort optimal tout en diminuant les coûts d'utilisation.

f. Le système Inverter : un fonctionnement progressif et adapté

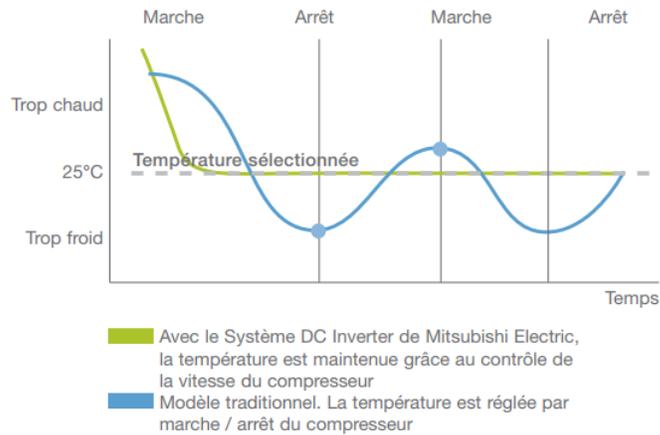
Le compresseur Inverter quant à lui compense automatiquement la moindre variation de température. Il ne laisse pas dériver la température intérieure car il régule instantanément sa vitesse. Il fournit plus de puissance lorsque la température extérieure est élevée, et moins lorsque la température extérieure est plus douce. Il permet ainsi d'atteindre la température souhaitée beaucoup plus rapidement qu'un système "tout ou rien" ou Eau glacée. Une technologie révolutionnaire qui au final, permet d'obtenir un climat intérieur plus sec et plus confortable avec des factures d'énergie en baisse.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

1. Variation de la qualité d'air en fonction de la technologie DC Inverter et "tout ou rien".



2. Variation de la température en fonction de la technologie DC Inverter et "tout ou rien".



1. **ME2/ Arrivée Alimentation générale R+3**

Mesure de la puissance



Figure 37 : Mesure de la puissance au niveau de l'arrivée générale R+3.

- La puissance active enregistrée présente une allure en dent de scie durant toute la période de mesure. On remarque une montée de la puissance durant les jours ouvrables comme les jours non ouvrables (Samedi et Dimanche).
- La puissance maximale atteinte pendant les jours ouvrables est de 18,84 kW.
- Une puissance de 11,24 kW est atteinte un jour non ouvrable.
- Le seuil de puissance atteinte est de 2,84 kW.

2. **ME3/ Arrivée Alimentation générale Onduleur**

Mesure de l'intensité



Figure 38 : Mesure de l'intensité au niveau de l'arrivée générale onduleur.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Les lignes sont déséquilibrées : la ligne L4 est la plus chargée avec une intensité moyenne de 22,58 A et la ligne L6 est la moins chargée avec une intensité moyenne de 21,81 A.

3. ME4/ Arrivée Alimentation climatisation unité extérieure niveau R+3.

Mesure de la puissance

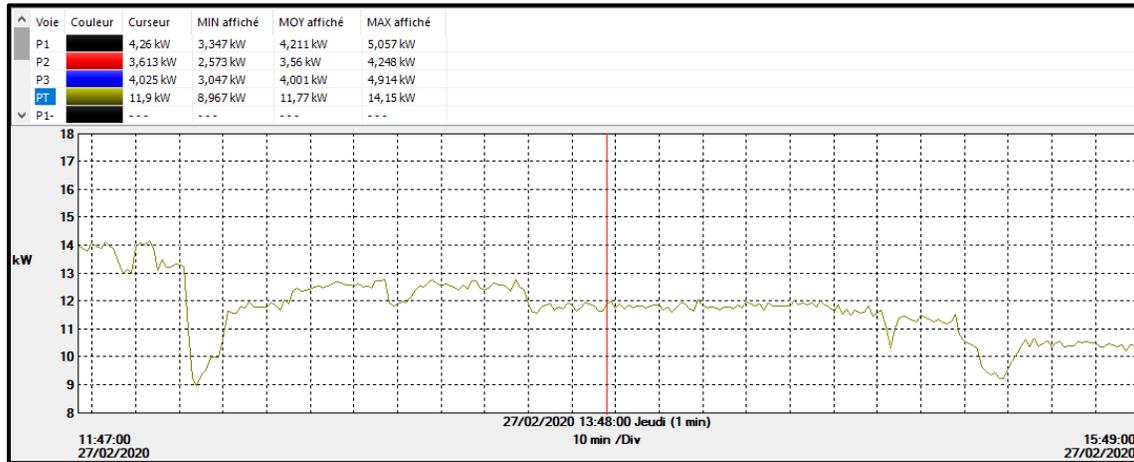


Figure 39 : Mesure de la puissance des unités extérieures de la climatisation au niveau R+3.

- La puissance maximale atteinte pendant est de 14,15 kW.
- On observe une baisse de la puissance pendant les heures de pause allant jusqu'à 9 kW.

Mesure de l'intensité

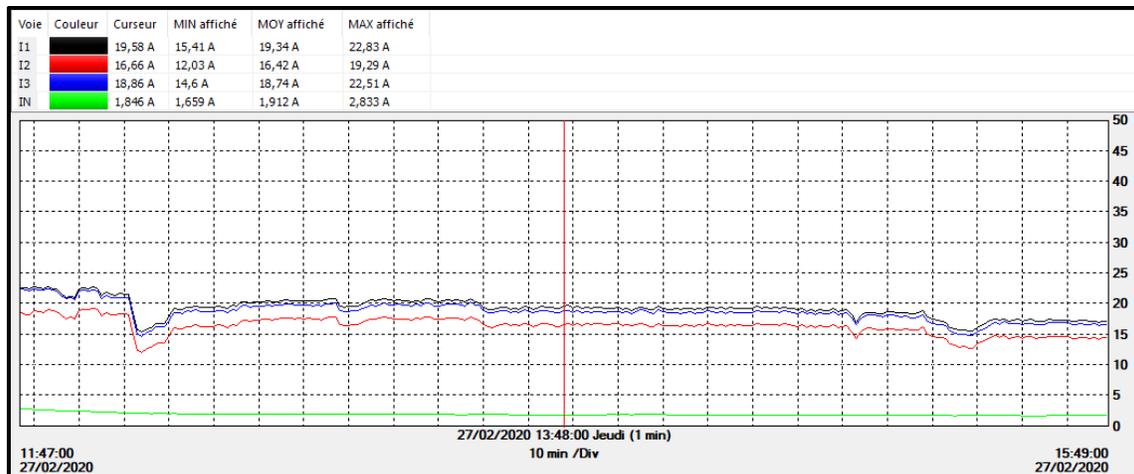


Figure 40 : Mesure de l'intensité des unités extérieures de la climatisation au niveau R+3.

- L'intensité maximale atteinte est de 22,83 A ;
- Le courant par phase est équilibré montrant une bonne répartition des charges.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Annexe 8 : Les données mesurées par les analyseurs de puissance

1. Puissance mesurée par les analyseurs de puissance

Départ	P _{mesurée, i} (kW)
Niveau RDC	11,60
Niveau R+1	7,68
Niveau R+2	14,04
Niveau R+3	8,81
Onduleur	8,96
Eclairage extérieur	2,44
Autres	2,04
TOTAL	55,57

2. Energie mesurée par les analyseurs de puissance

a. Au niveau des usages

Local	Mesure	Date	Temps	Durée	P (kW) maxi/moy	Puiss (kW)	cos phi	E (kWh)
RDC	clim ext	26/02/2020	10h29-14h30	4h01	15,24/12,49	12,49	0,92	47,48
	clim evapo 1	04/03/2020	11h56-12h56	1h	2,62/2,285	2,285	0,993	2,285
	clim evapo 2	05/03/2020	14h14-15h14	1h	0,685/0,653	0,653	0,545	0,652
	eclairage 1	03/03/2020	11h56-12h06	10min	0,7/0,655	0,655	0,489	0,109
	eclairage 2		12h19-12h29	10min	1,595/1,579	1,579	0,839	0,263
	eclairage 3		14h41-14h51	10min	2,375/2,336	2,336	0,817	0,389
	eclairage 4		15h06-15h16	10min	1,815/1,775	1,775	0,601	0,295
R+1	clim ext	26/02 - 27/02/20	14h31-11h17	20h46min	16,23	5,300	0,99	110
	clim evapo	04/03/2020	10h25-11h25	1h	1,16/1,002	1,002	0,725	1,002
	eclairage 1	03/03/2020	10h38-10h48	10min	2,753/2,716	2,716	0,564	0,452
	eclairage 2		10h57-11h07	10min	2,051/1,918	1,918	0,587	0,319
	eclairage 3		11h15-11h25	10min	1,014/0,978	0,978	0,205	0,163
R+2	clim ext	20/02/2027	11h45-15h49	4h03min	14,15/11,77	11,77	0,957	47,68
	clim evapo	04/03/2020	09h00-10h01	1h01min	1,006/0,981	0,981	0,971	0,997
	eclairage 1	03/03/2020	09h37-09h47	10min	2,641/2,617	2,617	0,499	0,436
	eclairage 2		09h53-10h03	10min	1,956/1,935	1,935	0,99	0,322
R+3	eclairage 3		10h13-10h23	10min	0,832/0,803	0,803	0,62	0,133
	clim ext	27/02 - 20/03/20	16h06-16h06	2 jours	11,06	4,669	0,99	224,1
	clim evapo	04/03/2020	15h33-16h33	1h	1,006/0,981	0,981	0,624	0,997
	eclairage 1	02/03/2020	15h26-15h37	10min	0,227/0,178	0,178	0,958	0,019
	eclairage 2		15h44-15h54	10min	0,976/0,635	0,635	0,996	0,105
eclairage 3		16h02-16h11	10min	0,389/0,289	0,289	0,833	0,048	

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

b. Au niveau des départs significatives

Départs	Energie mesurée (kWh/6j)
Disjoncteur général	7 682,75
Niveau RDC	1 670,00
Niveau R+1	1 105,00
Niveau R+2	2 022,00
Niveau R+3	1 269,00
Onduleur	1 290,00
Eclairage extérieur	236,15
Autres	90,60

Annexe 9 : Devis des AAPE

1. AAPE 1 : Management et comptabilité énergétique

Cette solution consiste à utiliser les dernières technologies pour permettre un suivi exhaustif et en temps réel des consommations. Il permet ainsi d'assurer à distance la supervision de chaque projet après la fin des travaux préconisés.

Plusieurs paramètres sont contrôlés en même temps que l'évolution de la consommation générale, par usage et par zone. Reliée à votre ordinateur ou votre smartphone via une connexion internet, l'application ENERGY SENTINEL transmet la consommation de votre unité de production en répartissant d'une part la consommation des étages et d'autre part en mettant en exergue les points les plus consommateurs d'énergie. Cette gestion centralisée permet de réduire significativement les gaspillages liés au fonctionnement des équipements lorsque les locaux ne sont pas occupés.

			PU (en F CFA)	Prix (en F CFA)
Offre commerciale - plan de mesurage		Quantité	HT	HT
1	Equipements de mesure			
1.1	X-METER DIN Voltage + XM1	5	170 596	852 980
1.2	MINIFLEX ADAPTER INTERFACE for Rogowski Probe 2000A	1	257 594	257 594
1.3	ROGOWSKI CURRENT SENSOR Diam. 120 mm	3	136 157	408 471
1.4	Dashbord	1	203 860	203 860
1.5	X-M UPS	2	277 832	555 664
1.6	X-M15 Module 4 Dinamic Relè	4	91 356	365 424
1.7	X-M3 + X-M6 + X-M7 + X-M14 Power Quality (fw)	5	69 510	347 548
1.8	NG9	10	75 059	750 590
1.9	NG GATEWAY - Data Logger (1-day data view)	2	258 450	516 900
1.10	X-M11 Module for Probe Envitoronment Temperature and Humidity	4	158 237	632 948
1.11	Sensor CC24 - Standard size current clamp	15	42 319	634 785
1.12	Sensor CC16 - Miniature size current clamp	75	6 365	477 375
1.13	Serveur Web (PC BOX)	1	500 369	500 369
1.14	Accessoire de pose (Coffret, Disjoncteur, etc....)	1	891 256	891 256
1.15	Licence Annuelle (1 An)	15	60 719	910 784
2	Expertise / Déploiement de la solution			
1.31	Main d'œuvre	1	250 000	250 000

TOTAL HT	8 556 548
TVA 18%	1 540 179
TOTAL TTC	10 096 726

X-Meter DIN

Analyseur réseau électrique et DATALOGGER dans un seul instrument.

Disponible dans la version 5A (***) ou avec des entrées de tension (***).



Options

- XM1 - Extension de Mémoire et Communication
- XM2 - Mod.A Bridge 232/485 Mod.B Bridge USB/485
- XM3 - Mod.B Entrées Numériques
- XM4 - Mod. Modem Gsm/Gprs
- XM5 - Mod. Réseau Ethernet
- XM6 - Enregistrements Harmoniques
- Es3 - Software de Supervision

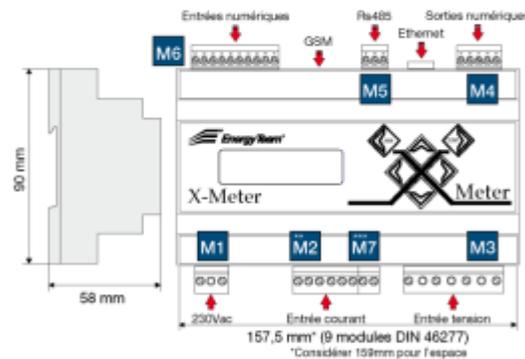
Informations Techniques

Mesures sur réseau 50/60HZ	
Tension	Vac
Puissance Active	W
Puissance Réactive	VAR
Puissance Apparente	VA
Puissance de Distorsion	VA
Courant Equivalent Triphasé	A
Courant de Ligne	A
Cosφ	
Facteur de Puissance	
Energie Active Distribuée	Wh
Energie Active Absorbée	Wh
Energie Réactive Inductive	VARh
Energie Réactive Capacitive	VARh
Fréquence	Hz
Précision	+/- 0.25% del F.S. Val.Mis.
Alimentation	
Tension d'alimentation	100-250 Vac / 100-350 Vdc
Fréquence	50-60 Hz
Consommation	5 Va
Généralités	
3 Entrées Tension	100 o 400 Vac
Entrées Courants	(*) 3 entrées courants avec sortie tension 5ARMS (**) 3 entrées courant spécifique pour senseurs avec sortie tension 1VrRMS
2 Sorties d'impulsions (Att./Reatt.)	
Sorties Optomos (1 Min et 1 Max)	100 mA / 24 Vdc
Niveau de protection	IP 20
Poids	400 gr
Dimensions LxHxW 9 modules	157,5 x 90 x 58 mm
Display	Grafico
Température de fonctionnement	-10°C + 55°C
Humidité relative	95% sans condensation

- > Compteur Bidirectionnel (Energie importée/vendue)
- > 50 Mesures Effectuées
- > Mesures en valeur effective
- > Mesures sur 4 cadrans
- > Display graphique avec dimension des caractères réglable
- > Indications étendues et claires des mesures détectées
- > 6 touches clavier avec alertes sonores
- > Sorties Impulsions Configurables de toutes les quantités mesurées
- > Sorties d'alarmes configurables des quantités mesurées
- > Visualisation graphique de Tension, Courant, Puissances et COSφ fctrs d'énergie sur 4 cadrans avec réinitialisation et mot de passe
- > Indication en € d'énergie absorbée et vendue
- > Horloge et Calendrier
- > Récipient de Guide DIN 46277 (9 Modules)
- > Bornes amovibles pour faciliter le montage
- > Sonde de température à l'intérieur de l'instrument
- > Fonction d'inversion Logiciel Transformateur d'Ampères et Transformateur de tension
- > Extension et modularité (mémoire, entrées numériques, modem GSM/GPRS, ethernet, e-mail, qualité de l'alimentation)

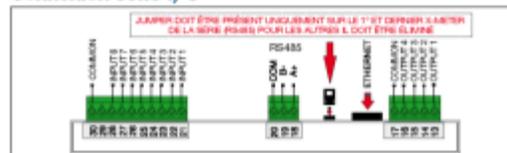
Les avantages sont clairs: Coût dans la moyenne d'un simple appareil multifonctions avec caractéristiques initiales supérieures, (display graphique, sorties impulsions pour Act/Réact. détectées, bref archivage des consommations mémorisées) en outre la possibilité de le transformer en un véritable instrument Power Quality sans avoir à le remplacer. Créez votre X-Meter quand et comme vous voulez, consultez la liste des options disponibles.

Dimensions et Bornes



- M1 Alimentation - Section maximale des câbles: 2 mm² (16AWG)
- M2 Entrée Courant - Section maximale des câbles: 2.5 mm² (14AWG)
- M7 Entrée signal en Tension (Mesures Courants) - Section maximale des câbles: 0.75 mm² (14AWG)
- M3 Entrée Tension - Section maximale des câbles: 2.5 mm² (14AWG)
- M4 Sorties numériques - Section maximale des câbles: 0.75 mm² (18AWG)
- M5 RS485 - Section maximale des câbles: 0.75 mm² (18AWG) Beiden 9541
- M6 Entrées numériques - Section maximale des câbles: 0.75 mm² (18AWG)

Connexion série I/O



AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

2. AAPE 2 : Actions d'économie d'énergie sur la climatisation

			PU (en F CFA)	Prix (en F CFA)
Offre commerciale		Quantité	HT	HT
1	Film solaire			
1.1	Film solaire anti chaleur métallisé argent (GLASS-100i) 30 m	11,00	151 337,32	1 664 710,52
1.2	Raclette polyvalente pour maroufler de 15 cm	10,00	5 503,59	55 035,90
1.3	Maroufle avec bord caoutchouc	18,00	3 767,34	67 812,12
1.4	Cutter	16,00	4 596,20	73 539,20
1.5	Vaporisateur (0,5 l)	12,00	2 569,00	30 828,00
1.6	Grattoir à vitre type Mini Scraper	15,00	1 310,90	19 663,50
1.7	Solution savonneuse pour pose à diluer (50 ml)	20,00	3 603,54	72 070,80
1.8	Main d'œuvre	1,00	950 589,00	950 589,00
Sous total				2 934 249,04
2	ThermX			
2.1	Visite préliminaire	1,00	560 000,00	560 000,00
2.2	Panneau solaire thermique ThermX	11,00	1 594 973,11	17 544 704,21
2.3	Conduite de réfrigérant (tuyaux en cuivre 1/2")	60,00	12 841,75	770 505,00
2.4	Fluide frigorigène R410A	30,00	13 707,11	411 213,30
2.5	Rail d'installation MPC 38/24 L6mm Galv. Sendzimir	50,00	3 298,89	164 944,50
2.6	Support de montage bac à renusol	11,00	46 490,91	511 400,01
2.7	Main d'œuvre	1,00	778 090,32	778 090,32
Sous-total				20 740 857,34

TOTAL HT	23 675 106,38
TVA 18%	4 261 519,15
TOTAL TTC	27 936 625,53

Fiche technique du film solaire



GLASS-100i
FILM ANTI CHALEUR MÉTALLISÉ ARGENT
pose intérieure

GLASS-100i

Ce film anti-chaueur couleur argent GLASS-100i réduit efficacement l'entrée de chaleur avec 79% d'énergie solaire rejetée et laisse passer la lumière.



Stockage de -5°C à +40°C
3 ANS

Norme REACH RoHS
Respectée

Classement au feu
M1

Laize disponible
50 cm, 75 cm, 100 cm, 152 cm

Vente au mètre linéaire
Jusqu'à 30 m

Vente aux dimensions
Au millimètre près

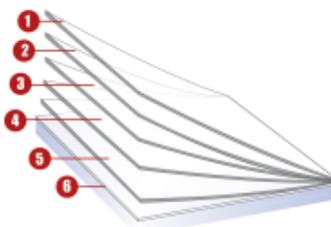
INFORMATIONS TECHNIQUES

Données à partir d'un film appliqué sur un vitrage clair de 3 mm (*sur double vitrage 4-16-4)

Transmission des UV	1 %
Transmission lumière visible	18 %
Réflexion lumière visible extérieure	60 %
Réflexion lumière visible intérieure	60 %
Energie solaire totale rejetée	79 %
Energie solaire totale rejetée 2*	75 %
Ratio solaire :	
Réflexion énergie solaire	55 %
Absorption énergie solaire	33 %
Transmission énergie solaire	12 %
Réduction éblouissement	83 %
Valeur «g»	0.2
Valeur 'u'	5.1
Coefficient d'ombrage	0.22
Type de pose	Intérieure

Longueur du rouleau	30,5 m
Composition film	PET
Épaisseur	40 µ
Couleur depuis l'extérieur :	Argent clair

CONSTRUCTION



1. couche «dure» résistante aux rayures «courante», permettant une bonne durabilité et facilité d'entretien lors du nettoyage des vitres
2. polyester de haute qualité optique, avec dépôt de particules de métal(s) anti IR
3. adhésif de liaison
4. polyester de haute qualité optique
5. adhésif PS, polymérisant avec le verre encléant les 15 jours
6. liner de protection de l'adhésif, jetable après pose

Durabilité
12 ANS à 15 ANS

CONSEILS D'ENTRETIEN

Solution à base d'eau savonneuse (réf. VO162), ne pas nettoyer avant au moins 1 mois et ne pas appliquer d'autocollant ou autre adhésif sur le film.

Munissez-vous du kit de pose (réf. KITbat) pour une pose facilitée.

Les données sur cette fiche d'information ne sont pas contractuelles, Luminis Films se réserve le droit de modifier à tout moment la composition de ses films.

CONSEIL D'APPLICATION

Situation verticale et pour une surface vitrée standard*

Simple vitrage clair	✓
Simple vitrage teinté	✓
Simple vitrage teinté réfléchissant	✓
Double vitrage clair	!
Double vitrage teinté	✗
Double vitrage teinté réfléchissant	!
Double vitrage gaz	!
Double vitrage clair stadip ext.	!
Double vitrage clair stadip int.	✗

✓ Oui ! Prudence ✗ Non

*Conseil sur base de surface vitrée jusqu'à 2.5m², consultez nous pour toute confirmation ou analyse de choc thermique.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

3. AAPE 3 : Pose d'armoire économiseur d'énergie (COMEC)

			PU (en F CFA)	Prix (en F CFA)
			HT	HT
1	Equipements			
1.1	COMEC VS 250A/20v	1	12 259 687	12 259 687
2	Fourniture de matériels / Logiciels			
2.1	CABLE RO2V 1x120 ²	45	16 985	764 307,69
2.2	CAHORS 120 ²	1	106 200	106 200,00
2.3	COSSES 120 ²	20	2 523	50 461,54
2.4	CABLOFIL 200/54 (ML)	6	6 938	41 630,77
2.5	CE25	50	231	11 538,46
2.6	CE30	50	326	16 307,69
2.7	VIS TRCC M6x20 + ECROU	50	385	19 230,77
2.8	CORNIERRE 40x4	2	25 385	50 769,23
2.9	COLLIER COLSON 3,6x70	100	138	13 846,15
2.10	CHEVILLE EMBASE 10	100	77	7 692,31
2.11	VIS A BOIS N8	100	38	3 846,15
2.12	ACCESSOIRES DE CABLAGE	1	76 923	76 923,08
3	Expertise / Déploiement de la solution			
3.1	Main d'œuvre	1	130 596	130 596,00

TOTAL HT	13 553 037
TVA 18%	2 439 547
TOTAL TTC	15 992 583,48

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Fiche technique des COMEC

ComEC Gamme de produits



Désignation	Référence	*ΔV	A	KVA	** Dimensions (mm)				Poids (kg)	Cross Section
					h	D	W	H		
ComEC VS 63A	0C2A-000630-380	9%	3x63	44	652	243	397	781	56	25
ComEC VS 80A	0C2A-000800-380	9%	3x80	55	652	243	397	781	56	25
ComEC VS 125A	0C2A-001000-380	9%	3x125	86	660	297	537	804	74	50
ComEC VS 160A	0C2A-001600-380	9%	3x160	110	781	291	586	951	127	70
ComEC VS 250A	0C2A-002500-380	9%	3x250	173	-	447	814	1756	235	M12 Ring Crimp Terminal
ComEC VS 320A	0C2A-003200-380	9%	3x320	242	-	447	814	1756	265	
ComEC VS 400A	0C2A-004000-380	10%	3x400	276	-	650	900	1800	475	
ComEC VS 630A	0C2A-006300-380	10%	3x630	435	-	750	1500	1840	900	
ComEC VS 800A	0C2A-008000-380	10%	3x800	550	-	750	1500	1840	1000	
ComEC VS 1250A	0C2A-001250-380	10%	3x1250	865	-	790	1700	1940	1170	

*ΔV variabilité de tension **Les autres dimensions sont sujet à changement

Spécifications techniques

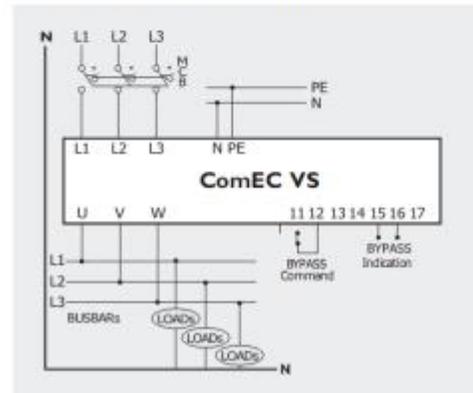
Tension d'entrée	3x230VAC ± 10%
Tension de régulation	1%
Fréquence	50Hz
Efficacité	99%
Indice de protection	IP 20
Température ambiante	-20°C - +40°C
Mesures	A, V, kW, PF, kWh
Réseaux	TN-S

* Spécifications peuvent changer selon le modèle du produit

Smart Energy

Marcory bd VGE, Immeuble Roche Bobois, 2ème étage
 Tél : (+225) 21 30 26 00
 client@smartenergy.ci
 www.smartenergy.ci

Diagramme électrique



01MKT-DCCHVS-REN Rev. 05/2017

* Voir le manuel d'installation du ComEC pour plus d'informations techniques.

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

4. AAPE 4 : Relamping du site avec des LED

	Désignation	Quantité	PU	Prix
			(en F CFA)	(en F CFA)
			HT	HT
1	Equipements			
1.1	Tube T8 LED 0,6m 9W + réglette	1 308	5 661,12	7 404 744,96
1.2	Tube T8 LED 1,1m 9W + réglette	148	6 772,00	1 002 256,00
1.3	Spot encastré LED 12 W	157	17 363,00	2 725 991,00
1.4	Lampadaire LED 100W	14	25 800,38	361 205,32
1.5	Ampoule LED vis	66	2 059,00	135 894,00
1.6	Lampadaire LED 150 W	2	60 928,00	121 856,00
3	Expertise / Déploiement de la solution			
3.1	Main d'œuvre	1	670 000,00	670 000,00

TOTAL HT	12 421 947,28
TVA 18%	2 235 950,51
TOTAL TTC	14 657 897,79

5. AAPE 5 : Effacement des talons de consommation avec les prises vertes LEGRAND

	Désignation	Quantité	PU	Prix
			(en F CFA)	(en F CFA)
			HT	HT
1	Equipements			
1.1	INTERRUPTEUR HORAIRE ANALOGIQUE MODULAIRE PROGRAMMABLE	3	81 395,09	244 185,27
1.2	PRISES DE COURANT VERT 2P+T	200	964,15	192 830,00
3	Expertise / Déploiement de la solution			
3.1	Main d'œuvre	1	425 000	425 000

TOTAL HT	862 015
TVA 18%	155 163
TOTAL TTC	1 017 178

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Annexe 10 : Devis du champ PV

			PU (en F CFA)	Prix (en F CFA)
Désignation		Quantité	HT	HT
1	Éléments principaux du générateur photovoltaïque			
	Panneau solaire Jinko JKM270PP-60	152	78 166,64	11 881 329,28
	Fourniture et pose des onduleurs STP 20000 TL	2	2 706 349,27	5 412 698,54
	Accessoires de monitoring (SMA Sunny Home manager 2.0)	1	571 173,00	571 173,00
2	Système de montage			
	Structure support de montage	1	6 135 950,00	6 135 950,00
3	Câbles et connectiques			
	Câbles ELECSUN PV1000f 1,5 mm ²	100	165,20	16 520,00
	Câbles ELECSUN PV1000f 2,5 mm ²	40	245,80	9 832,00
	Câbles U1000R2V 5G4 5*4 mm ²	10	8 275,00	82 750,00
	Câbles U1000R2V 5G4 5*10 mm ²	20	9 585,00	191 700,00
	Chemin de câble	4	642,88	2 571,52
	Connectique pour boîtier	30	984,00	29 520,00
	Connectiques pour câble	30	984,00	29 520,00
	Outils de fixation panneaux	500	18,68	9 340,00
4	Répartition et protection			
	SMA String-combiner for Vdc systems	2	274 904,65	549 809,30
	Coffret AC	1	500 000,00	500 000,00
	Multicluster-boxes	1	3 300 824,06	3 300 824,06
	Fusible DC 16 A	8	9 862,00	78 896,00
	Parafoudre SMA DCSPD KIT3-10 type 2 16 kA	1	48 000,00	48 000,00
	Parafoudre FINDER 7P.04.8.260.1025 type 1 20 kA	1	52 680,00	52 680,00
	Disjoncteur diff 3P+N 32 A	4	138 436,47	553 745,88
	Interrupteur différentiel Idc 63 A	2	95 369,00	190 738,00
	Câble de terre nu 4mm ²	50	19 025,00	951 250,00
	Piquet de terre 1,5m en acier cuivré	9	26 180,00	235 620,00
	Barrette de coupure	9	2 000,00	18 000,00
5	Expertise / Déploiement de la solution			
	Main d'œuvre + transport + divers	1	3 000 000,00	3 000 000,00
			500,00	
TOTAL HT			33 852 467,58	
TVA 18%			6 093 444,16	
TOTAL TTC			39 945 911,74	

Annexe 11 : Profil de charge journalière de l'éclairage et le ratio de performance

1. Besoins Journaliers avant et après relamping

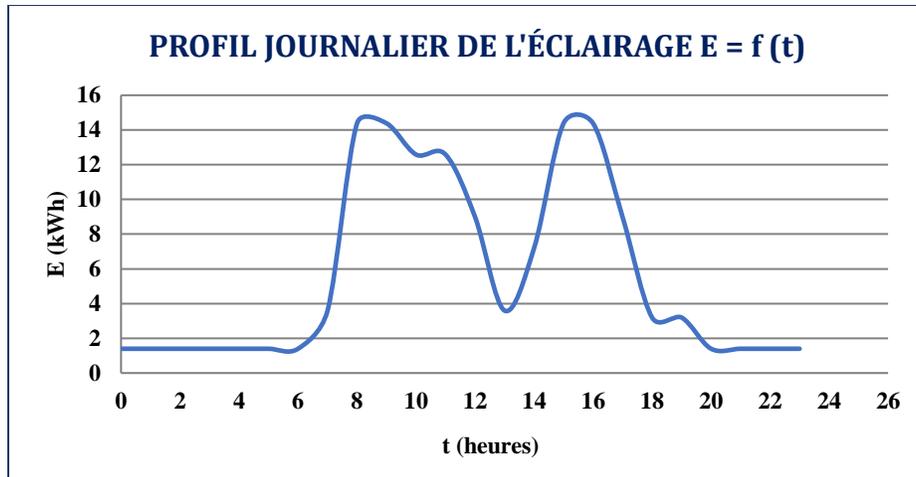
Hypothèses de calcul :

- L'éclairage extérieur fonctionne de 18h à 7h ;
- L'éclairage intérieur fonctionne de 7h à 20h ;
- Le ratio caractérise le pourcentage de lampes fonctionnant par tranche d'heure.

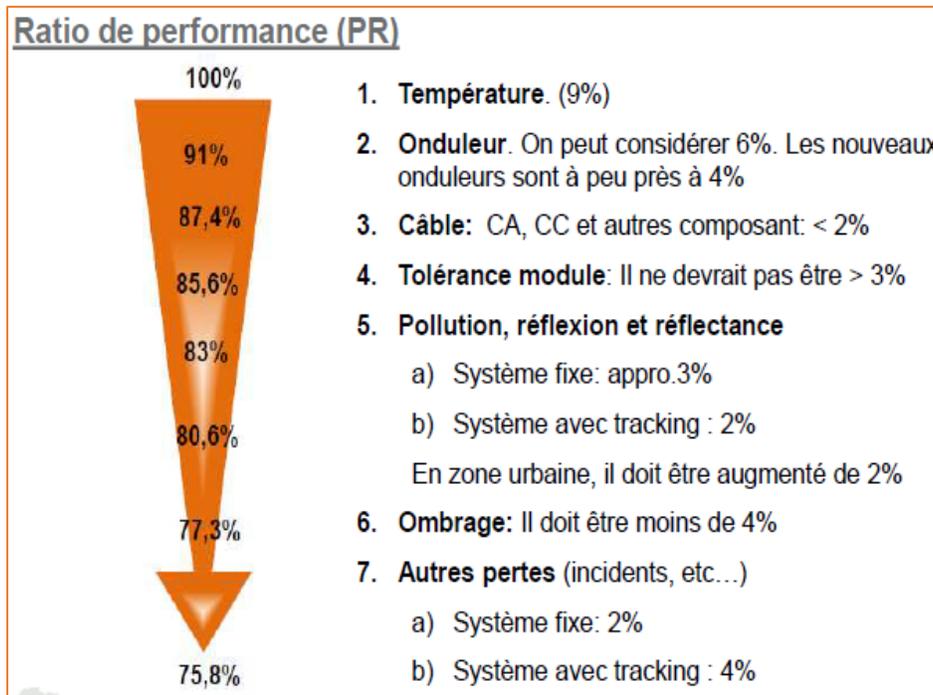
On obtient donc le tableau suivant :

Heures	P avant relamping (kW)	Ratio	P après relamping (kW)	Heures	P avant relamping (kW)	Ratio	P après relamping (kW)
0	11,28	1	1,4	12	17,18	0,5	8,99
1	11,28	1	1,4	13	6,87	0,2	3,6
2	11,28	1	1,4	14	13,74	0,4	7,19
3	11,28	1	1,4	15	27,48	0,8	14,38
4	11,28	1	1,4	16	27,48	0,8	14,38
5	11,28	1	1,4	17	17,18	0,5	8,99
6	11,28	1	1,4	18	14,71	0,18	3,2
7	6,87	0,2	3,6	19	14,71	0,18	3,2
8	27,48	0,8	14,38	20	11,28	1	1,4
9	27,48	0,8	14,38	21	11,28	1	1,4
10	24,05	0,7	12,58	22	11,28	1	1,4
11	24,05	0,7	12,58	23	11,28	1	1,4

Total (kWh)	136,85
--------------------	---------------



2. Ratio de performance d'après la considération des pertes du système.



Annexe 12 : Fiches techniques

1. Module PV

Engineering Drawings

Packaging Configuration

(Two pallets = One stack)

26pcs/pallet, 52pcs/stack, 728 pcs/40'HQ Container

Electrical Performance & Temperature Dependence

Mechanical Characteristics

Cell Type	Poly-crystalline 156x156mm (6 inch)
No. of cells	60 (6x10)
Dimensions	1650x992x40mm (65.00x39.05x1.57 inch)
Weight	19.0 kg (41.9 lbs)
Front Glass	3.2mm, High Transmission, Low Iron, Tempered Glass
Frame	Anodized Aluminium Alloy
Junction Box	IP67 Rated
Output Cables	TUV 1x4.0mm ² , Length: 900mm or Customized Length

SPECIFICATIONS

Module Type	JKM260PP-60		JKM265PP-60		JKM270PP-60		JKM275PP-60		JKM280PP-60	
	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT	STC	NOCT
Maximum Power (Pmax)	260Wp	193Wp	265Wp	197Wp	270Wp	200Wp	275Wp	204Wp	280Wp	208Wp
Maximum Power Voltage (Vmp)	31.1V	28.7V	31.4V	29.0V	31.7V	29.4V	32.0V	29.8V	32.3V	30.1V
Maximum Power Current (Imp)	8.37A	6.71A	8.44A	6.78A	8.52A	6.80A	8.61A	6.85A	8.69A	6.91A
Open-circuit Voltage (Voc)	38.1V	35.2V	38.6V	35.3V	38.8V	35.4V	39.1V	35.4V	39.4V	35.6V
Short-circuit Current (Isc)	8.98A	7.31A	9.03A	7.36A	9.09A	7.38A	9.15A	7.44A	9.20A	7.99A
Module Efficiency STC (%)	15.88%		16.19%		16.50%		16.80%		17.11%	
Operating Temperature(°C)	-40°C~+85°C									
Maximum system voltage	1000VDC (IEC)									
Maximum series fuse rating	20A									
Power tolerance	0~+3%									
Temperature coefficients of Pmax	-0.40%/°C									
Temperature coefficients of Voc	-0.31%/°C									
Temperature coefficients of Isc	0.06%/°C									
Nominal operating cell temperature (NOCT)	45±2°C									

STC: ☀ Irradiance 1000W/m² 🏠 Cell Temperature 25°C ☁ AM=1.5

NOCT: ☀ Irradiance 800W/m² 🏠 Ambient Temperature 20°C ☁ AM=1.5 🌪 Wind Speed 1m/s

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

2. Onduleur

Courbe de rendement

STP 25000TL-30

Rendement [%]

Puissance de sortie / Puissance assignée

--- Eta ($U_{in} = 390\text{ V}$)
--- Eta ($U_{in} = 600\text{ V}$)
--- Eta ($U_{in} = 800\text{ V}$)

Inset: $\eta_{in} [\%]$ vs $U_{in} [V]$

Accessoires

- Interface RS485 DM-485CB-10
- Parafoudre DC (type II), entrées A et B DCSFD KIT3-10
- Relais multifonction MFR01-10
- Power Control Module PWC/MOD-10

* équipement de série ○ équipement en option - non disponible
 données en conditions nominales
 Version : 03/2020

Caractéristiques techniques	Sunny Tripower 15000TL	Sunny Tripower 20000TL	Sunny Tripower 25000TL
Entrée (DC)			
Puissance max. du générateur photovoltaïque	27000 Wp	36000 Wp	45000 Wp
Puissance assignée DC	15330 W	20440 W	25550 W
Tension d'entrée max.	1000 V	1000 V	1000 V
Plage de tension MPP/tension d'entrée assignée	240 V à 800 V/600 V	320 V à 800 V/600 V	390 V à 800 V/600 V
Tension d'entrée min./tension d'entrée de démarrage	150 V/188 V	150 V/188 V	150 V/188 V
Courant d'entrée max. entrée A/entrée B	33 A/33 A	33 A/33 A	33 A/33 A
Nombre d'entrées MPP indépendantes/strings par entrée MPP	2/A;3; B;3	2/A;3; B;3	2/A;3; B;3
Sortie (AC)			
Puissance assignée (à 230 V, 50 Hz)	15000 W	20000 W	25000 W
Puissance apparente AC max.	15000 VA	20000 VA	25000 VA
Tension nominale AC		3/N/PE ; 220 V/380 V 3/N/PE ; 230 V/400 V 3/N/PE ; 240 V/415 V 180 V à 280 V	
Plage de tension AC		50 Hz/44 Hz à 55 Hz 60 Hz/54 Hz à 65 Hz	
Fréquence du réseau AC/plage		50 Hz/230 V	
Fréquence de réseau assignée/tension de réseau assignée		29 A/29 A	36,2 A/36,2 A
Courant de sortie max./courant de sortie assigné	29 A/21,7 A		
Facteur de puissance pour la puissance assignée/facteur de déphasage réglable		1/0 inductif à 0 capacitif	
THD		≤ 3 %	
Phases d'injection/phases de raccordement		3/3	
Rendement			
Rendement max./européen	98,4 %/98,0 %	98,4 %/98,0 %	98,3 %/98,1 %
Dispositifs de protection			
Dispositif de déconnexion côté DC		●	
Surveillance du défaut à la terre/Surveillance du réseau		● / ●	
Parafoudre DC : type II		○	
Protection inversion de polarité DC/résistance aux courts-circuits AC/séparation galvanique		● / ● / -	
Unité de surveillance du courant différentiel, sensible tous les courants		●	
Classe de protection (selon IEC 62109-1) / catégorie de surtension (selon IEC 62109-1)		I/AC: III; DC: II	
Données générales			
Dimensions (L / H / P)		661/682/264 mm [26,0/26,9/10,4 pouces]	
Poids		61 kg [134,48 lb]	
Plage de température de fonctionnement		-25°C à +60°C [-13°F à +140°F]	
Émission sonore (typique)		51 dB(A)	
Autoconsommation (nuit)		1 W	
Topologie/système de refroidissement		Sans transformateur/OptiCool	
Indice de protection (selon CEI 60529)		IP65	
Classe climatique (selon IEC 60721-3-4)		4K4H	
Valeur maximale admissible d'humidité relative de l'air (sans condensation)		100%	
Équipement / fonction / accessoires			
Raccordement DC/raccordement AC		SUNCLIX/borne à ressort	
Écran		○	
Interface : RS485, Speedwire/Webconnect		○ / ●	
Interface de données : SMA Modbus / SunSpec Modbus		● / ●	
Relais multifonction/Power Control Module		○ / ○	
Gestion de l'ombance SMA ShadeFix / Integrated Plant Control / G on Demand 24/7		● / ● / ●	
Compatible all-grid / compatible SMA Fuel Save Controller		● / ●	
Garantie : 5 / 10 / 15 / 20 ans		● / ○ / ○ / ○	
Certificats et homologations (autres sur demande)		ANIE 30, AS 4777, BDEW 2008, C10/11/2012, CE, CB 0-16, CB 0-21, DEWA 2.0, EN 50438:2013*, G59/3, IEC 60068-2-4, IEC 61727, IEC 62109-1/2, IEC 62116, IEC 62117, IEC 62118, IEC 62119, IEC 62120, IEC 62121, IEC 62122, IEC 62123, IEC 62124, IEC 62125, IEC 62126, IEC 62127, IEC 62128, IEC 62129, IEC 62130, IEC 62131, IEC 62132, IEC 62133, IEC 62134, IEC 62135, IEC 62136, IEC 62137, IEC 62138, IEC 62139, IEC 62140, IEC 62141, IEC 62142, IEC 62143, IEC 62144, IEC 62145, IEC 62146, IEC 62147, IEC 62148, IEC 62149, IEC 62150, IEC 62151, IEC 62152, IEC 62153, IEC 62154, IEC 62155, IEC 62156, IEC 62157, IEC 62158, IEC 62159, IEC 62160, IEC 62161, IEC 62162, IEC 62163, IEC 62164, IEC 62165, IEC 62166, IEC 62167, IEC 62168, IEC 62169, IEC 62170, IEC 62171, IEC 62172, IEC 62173, IEC 62174, IEC 62175, IEC 62176, IEC 62177, IEC 62178, IEC 62179, IEC 62180, IEC 62181, IEC 62182, IEC 62183, IEC 62184, IEC 62185, IEC 62186, IEC 62187, IEC 62188, IEC 62189, IEC 62190, IEC 62191, IEC 62192, IEC 62193, IEC 62194, IEC 62195, IEC 62196, IEC 62197, IEC 62198, IEC 62199, IEC 62200, IEC 62201, IEC 62202, IEC 62203, IEC 62204, IEC 62205, IEC 62206, IEC 62207, IEC 62208, IEC 62209, IEC 62210, IEC 62211, IEC 62212, IEC 62213, IEC 62214, IEC 62215, IEC 62216, IEC 62217, IEC 62218, IEC 62219, IEC 62220, IEC 62221, IEC 62222, IEC 62223, IEC 62224, IEC 62225, IEC 62226, IEC 62227, IEC 62228, IEC 62229, IEC 62230, IEC 62231, IEC 62232, IEC 62233, IEC 62234, IEC 62235, IEC 62236, IEC 62237, IEC 62238, IEC 62239, IEC 62240, IEC 62241, IEC 62242, IEC 62243, IEC 62244, IEC 62245, IEC 62246, IEC 62247, IEC 62248, IEC 62249, IEC 62250, IEC 62251, IEC 62252, IEC 62253, IEC 62254, IEC 62255, IEC 62256, IEC 62257, IEC 62258, IEC 62259, IEC 62260, IEC 62261, IEC 62262, IEC 62263, IEC 62264, IEC 62265, IEC 62266, IEC 62267, IEC 62268, IEC 62269, IEC 62270, IEC 62271, IEC 62272, IEC 62273, IEC 62274, IEC 62275, IEC 62276, IEC 62277, IEC 62278, IEC 62279, IEC 62280, IEC 62281, IEC 62282, IEC 62283, IEC 62284, IEC 62285, IEC 62286, IEC 62287, IEC 62288, IEC 62289, IEC 62290, IEC 62291, IEC 62292, IEC 62293, IEC 62294, IEC 62295, IEC 62296, IEC 62297, IEC 62298, IEC 62299, IEC 62300, IEC 62301, IEC 62302, IEC 62303, IEC 62304, IEC 62305, IEC 62306, IEC 62307, IEC 62308, IEC 62309, IEC 62310, IEC 62311, IEC 62312, IEC 62313, IEC 62314, IEC 62315, IEC 62316, IEC 62317, IEC 62318, IEC 62319, IEC 62320, IEC 62321, IEC 62322, IEC 62323, IEC 62324, IEC 62325, IEC 62326, IEC 62327, IEC 62328, IEC 62329, IEC 62330, IEC 62331, IEC 62332, IEC 62333, IEC 62334, IEC 62335, IEC 62336, IEC 62337, IEC 62338, IEC 62339, IEC 62340, IEC 62341, IEC 62342, IEC 62343, IEC 62344, IEC 62345, IEC 62346, IEC 62347, IEC 62348, IEC 62349, IEC 62350, IEC 62351, IEC 62352, IEC 62353, IEC 62354, IEC 62355, IEC 62356, IEC 62357, IEC 62358, IEC 62359, IEC 62360, IEC 62361, IEC 62362, IEC 62363, IEC 62364, IEC 62365, IEC 62366, IEC 62367, IEC 62368, IEC 62369, IEC 62370, IEC 62371, IEC 62372, IEC 62373, IEC 62374, IEC 62375, IEC 62376, IEC 62377, IEC 62378, IEC 62379, IEC 62380, IEC 62381, IEC 62382, IEC 62383, IEC 62384, IEC 62385, IEC 62386, IEC 62387, IEC 62388, IEC 62389, IEC 62390, IEC 62391, IEC 62392, IEC 62393, IEC 62394, IEC 62395, IEC 62396, IEC 62397, IEC 62398, IEC 62399, IEC 62400, IEC 62401, IEC 62402, IEC 62403, IEC 62404, IEC 62405, IEC 62406, IEC 62407, IEC 62408, IEC 62409, IEC 62410, IEC 62411, IEC 62412, IEC 62413, IEC 62414, IEC 62415, IEC 62416, IEC 62417, IEC 62418, IEC 62419, IEC 62420, IEC 62421, IEC 62422, IEC 62423, IEC 62424, IEC 62425, IEC 62426, IEC 62427, IEC 62428, IEC 62429, IEC 62430, IEC 62431, IEC 62432, IEC 62433, IEC 62434, IEC 62435, IEC 62436, IEC 62437, IEC 62438, IEC 62439, IEC 62440, IEC 62441, IEC 62442, IEC 62443, IEC 62444, IEC 62445, IEC 62446, IEC 62447, IEC 62448, IEC 62449, IEC 62450, IEC 62451, IEC 62452, IEC 62453, IEC 62454, IEC 62455, IEC 62456, IEC 62457, IEC 62458, IEC 62459, IEC 62460, IEC 62461, IEC 62462, IEC 62463, IEC 62464, IEC 62465, IEC 62466, IEC 62467, IEC 62468, IEC 62469, IEC 62470, IEC 62471, IEC 62472, IEC 62473, IEC 62474, IEC 62475, IEC 62476, IEC 62477, IEC 62478, IEC 62479, IEC 62480, IEC 62481, IEC 62482, IEC 62483, IEC 62484, IEC 62485, IEC 62486, IEC 62487, IEC 62488, IEC 62489, IEC 62490, IEC 62491, IEC 62492, IEC 62493, IEC 62494, IEC 62495, IEC 62496, IEC 62497, IEC 62498, IEC 62499, IEC 62500, IEC 62501, IEC 62502, IEC 62503, IEC 62504, IEC 62505, IEC 62506, IEC 62507, IEC 62508, IEC 62509, IEC 62510, IEC 62511, IEC 62512, IEC 62513, IEC 62514, IEC 62515, IEC 62516, IEC 62517, IEC 62518, IEC 62519, IEC 62520, IEC 62521, IEC 62522, IEC 62523, IEC 62524, IEC 62525, IEC 62526, IEC 62527, IEC 62528, IEC 62529, IEC 62530, IEC 62531, IEC 62532, IEC 62533, IEC 62534, IEC 62535, IEC 62536, IEC 62537, IEC 62538, IEC 62539, IEC 62540, IEC 62541, IEC 62542, IEC 62543, IEC 62544, IEC 62545, IEC 62546, IEC 62547, IEC 62548, IEC 62549, IEC 62550, IEC 62551, IEC 62552, IEC 62553, IEC 62554, IEC 62555, IEC 62556, IEC 62557, IEC 62558, IEC 62559, IEC 62560, IEC 62561, IEC 62562, IEC 62563, IEC 62564, IEC 62565, IEC 62566, IEC 62567, IEC 62568, IEC 62569, IEC 62570, IEC 62571, IEC 62572, IEC 62573, IEC 62574, IEC 62575, IEC 62576, IEC 62577, IEC 62578, IEC 62579, IEC 62580, IEC 62581, IEC 62582, IEC 62583, IEC 62584, IEC 62585, IEC 62586, IEC 62587, IEC 62588, IEC 62589, IEC 62590, IEC 62591, IEC 62592, IEC 62593, IEC 62594, IEC 62595, IEC 62596, IEC 62597, IEC 62598, IEC 62599, IEC 62600, IEC 62601, IEC 62602, IEC 62603, IEC 62604, IEC 62605, IEC 62606, IEC 62607, IEC 62608, IEC 62609, IEC 62610, IEC 62611, IEC 62612, IEC 62613, IEC 62614, IEC 62615, IEC 62616, IEC 62617, IEC 62618, IEC 62619, IEC 62620, IEC 62621, IEC 62622, IEC 62623, IEC 62624, IEC 62625, IEC 62626, IEC 62627, IEC 62628, IEC 62629, IEC 62630, IEC 62631, IEC 62632, IEC 62633, IEC 62634, IEC 62635, IEC 62636, IEC 62637, IEC 62638, IEC 62639, IEC 62640, IEC 62641, IEC 62642, IEC 62643, IEC 62644, IEC 62645, IEC 62646, IEC 62647, IEC 62648, IEC 62649, IEC 62650, IEC 62651, IEC 62652, IEC 62653, IEC 62654, IEC 62655, IEC 62656, IEC 62657, IEC 62658, IEC 62659, IEC 62660, IEC 62661, IEC 62662, IEC 62663, IEC 62664, IEC 62665, IEC 62666, IEC 62667, IEC 62668, IEC 62669, IEC 62670, IEC 62671, IEC 62672, IEC 62673, IEC 62674, IEC 62675, IEC 62676, IEC 62677, IEC 62678, IEC 62679, IEC 62680, IEC 62681, IEC 62682, IEC 62683, IEC 62684, IEC 62685, IEC 62686, IEC 62687, IEC 62688, IEC 62689, IEC 62690, IEC 62691, IEC 62692, IEC 62693, IEC 62694, IEC 62695, IEC 62696, IEC 62697, IEC 62698, IEC 62699, IEC 62700, IEC 62701, IEC 62702, IEC 62703, IEC 62704, IEC 62705, IEC 62706, IEC 62707, IEC 62708, IEC 62709, IEC 62710, IEC 62711, IEC 62712, IEC 62713, IEC 62714, IEC 62715, IEC 62716, IEC 62717, IEC 62718, IEC 62719, IEC 62720, IEC 62721, IEC 62722, IEC 62723, IEC 62724, IEC 62725, IEC 62726, IEC 62727, IEC 62728, IEC 62729, IEC 62730, IEC 62731, IEC 62732, IEC 62733, IEC 62734, IEC 62735, IEC 62736, IEC 62737, IEC 62738, IEC 62739, IEC 62740, IEC 62741, IEC 62742, IEC 62743, IEC 62744, IEC 62745, IEC 62746, IEC 62747, IEC 62748, IEC 62749, IEC 62750, IEC 62751, IEC 62752, IEC 62753, IEC 62754, IEC 62755, IEC 62756, IEC 62757, IEC 62758, IEC 62759, IEC 62760, IEC 62761, IEC 62762, IEC 62763, IEC 62764, IEC 62765, IEC 62766, IEC 62767, IEC 62768, IEC 62769, IEC 62770, IEC 62771, IEC 62772, IEC 62773, IEC 62774, IEC 62775, IEC 62776, IEC 62777, IEC 62778, IEC 62779, IEC 62780, IEC 62781, IEC 62782, IEC 62783, IEC 62784, IEC 62785, IEC 62786, IEC 62787, IEC 62788, IEC 62789, IEC 62790, IEC 62791, IEC 62792, IEC 62793, IEC 62794, IEC 62795, IEC 62796, IEC 62797, IEC 62798, IEC 62799, IEC 62800, IEC 62801, IEC 62802, IEC 62803, IEC 62804, IEC 62805, IEC 62806, IEC 62807, IEC 62808, IEC 62809, IEC 62810, IEC 62811, IEC 62812, IEC 62813, IEC 62814, IEC 62815, IEC 62816, IEC 62817, IEC 62818, IEC 62819, IEC 62820, IEC 62821, IEC 62822, IEC 62823, IEC 62824, IEC 62825, IEC 62826, IEC 62827, IEC 62828, IEC 62829, IEC 62830, IEC 62831, IEC 62832, IEC 62833, IEC 62834, IEC 62835, IEC 62836, IEC 62837, IEC 62838, IEC 62839, IEC 62840, IEC 62841, IEC 62842, IEC 62843, IEC 62844, IEC 62845, IEC 62846, IEC 62847, IEC 62848, IEC 62849, IEC 62850, IEC 62851, IEC 62852, IEC 62853, IEC 62854, IEC 62855, IEC 62856, IEC 62857, IEC 62858, IEC 62859, IEC 62860, IEC 62861, IEC 62862, IEC 62863, IEC 62864, IEC 62865, IEC 62866, IEC 62867, IEC 62868, IEC 62869, IEC 62870, IEC 62871, IEC 62872, IEC 62873, IEC 62874, IEC 62875, IEC 62876, IEC 62877, IEC 62878, IEC 62879, IEC 62880, IEC 62881, IEC 62882, IEC 62883, IEC 62884, IEC 62885, IEC 62886, IEC 62887, IEC 62888, IEC 62889, IEC 62890, IEC 62891, IEC 62892, IEC 62893, IEC 62894, IEC 62895, IEC 62896, IEC 62897, IEC 62898, IEC 62899, IEC 62900, IEC 62901, IEC 62902, IEC 62903, IEC 62904, IEC 62905, IEC 62906, IEC 62907, IEC 62908, IEC 62909, IEC 62910, IEC 62911, IEC 62912, IEC 62913, IEC 62914, IEC 62915, IEC 62916, IEC 62917, IEC 62918, IEC 62919, IEC 62920, IEC 62921, IEC 62922, IEC 62923, IEC 62924, IEC 62925, IEC 62926, IEC 62927, IEC 62928, IEC 62929, IEC 62930, IEC 62931, IEC 62932, IEC 62933, IEC 62934, IEC 62935, IEC 62936, IEC 62937, IEC 62938, IEC 62939, IEC 62940, IEC 62941, IEC 62942, IEC 62943, IEC 62944, IEC 62945, IEC 62946, IEC 62947, IEC 62948, IEC 62949, IEC 62950, IEC 62951, IEC 62952, IEC 62953, IEC 62954, IEC 62955, IEC 62956, IEC 62957, IEC 62958, IEC 62959, IEC 62960, IEC 62961, IEC 62962, IEC 62963, IEC 62964, IEC 62965, IEC 62966, IEC 62967, IEC 62968, IEC 62969, IEC 62970, IEC 62971, IEC 62972, IEC 62973, IEC 62974, IEC 62975, IEC 62976, IEC 62977, IEC 62978, IEC 62979, IEC 62980, IEC 62981, IEC 62982, IEC 62983, IEC 62984, IEC 62985, IEC 62986, IEC 62987, IEC 62988, IEC 62989, IEC 62990, IEC 62991, IEC 62992, IEC 62993, IEC 62994, IEC 62995, IEC 62996, IEC 62997, IEC 62998, IEC 62999, IEC 63000, IEC 63001, IEC 63002, IEC 63003, IEC 63004, IEC 63005, IEC 63006, IEC 63007, IEC 63008, IEC 63009, IEC 63010, IEC 63011, IEC 63012, IEC 63013, IEC 63014, IEC 63015, IEC 63016, IEC 63017, IEC 63018, IEC 63019, IEC 63020, IEC 63021, IEC 63022, IEC 63023, IEC 63024, IEC 63025, IEC 63026, IEC 63027, IEC 63028, IEC 63029, IEC 63030, IEC 63031, IEC 63032, IEC 63033, IEC 63034, IEC 63035, IEC 63036, IEC 63037, IEC 63038, IEC 63039, IEC 63040, IEC 63041, IEC 63042, IEC 63043, IEC 63044, IEC 63045, IEC 63046, IEC 63047, IEC 63048, IEC 63049, IEC 63050, IEC 63051, IEC 63052, IEC 63053, IEC 63054, IEC 63055, IEC 63056, IEC 63057, IEC 63058, IEC 63059, IEC 63060, IEC 63061, IEC 63062, IEC 63063, IEC 63064, IEC 63065, IEC 63066, IEC 63067, IEC 63068, IEC 63069, IEC 63070, IEC 63071, IEC 63072, IEC 63073, IEC 63074, IEC 63075, IEC 63076, IEC 63077, IEC 63078, IEC 63079, IEC 63080, IEC 63081, IEC 63082, IEC 63083, IEC 63084, IEC 63085, IEC 63086, IEC 63087, IEC 63088, IEC 63089, IEC 63090, IEC 63091, IEC 63092, IEC 63093, IEC 63094, IEC 63095, IEC 63096, IEC 63097, IEC 63098, IEC 63099, IEC 63100, IEC 63101, IEC 63102, IEC 63103, IEC 63104, IEC 63105, IEC 63106, IEC 63107, IEC 63108, IEC 63109, IEC 63110, IEC 63111, IEC 63112, IEC 63113, IEC 63114, IEC 63115, IEC 63116, IEC 63117, IEC 63118, IEC 63119, IEC 63120, I	

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

3. Fusible du côté DC

FOTOVOLTAICO
Photovoltaic | Photovoltaïque



FUSIBILI 10X38 E 10X85 SOLAR PV
10x38 and 10x85 PV SOLAR fuses | Fusibles 10x38 et 10x85 PV SOLAR

Caratteristica	Characteristic	Caractéristique
gPV	gPV	gPV
Tensione 1000Vdc (10x38) 1500Vdc (10x85)	Voltage 1000Vdc (10x38) 1500Vdc (10x85)	Tension 1000Vdc (10x38) 1500Vdc (10x85)
Corpo Ceramica	Body Ceramic	Corps Céramique
Capacità di rottura 10kAdc - 40kAdc (10x38) 30kAdc (10x85)	Breaking capacity 10kAdc - 40kAdc (10x38) 30kAdc (10x85)	Pouvoir de coupure 10kAdc - 40kAdc (10x38) 30kAdc (10x85)
Norme riferimento UL 248-1 IEC 60269 - UL 2579 IEC 60269-6 ed 1.0	Standards UL 248-1 IEC 60269 - UL 2579 IEC 60269-6 ed 1.0	Normes UL 248-1 IEC 60269 - UL 2579 IEC 60269-6 ed 1.0
Cod. omologazione Bussmann: PVxxA10F(10x38) ETI: 10x85gpv (10x85)	Approval code Bussmann: PVxxA10F(10x38) ETI: 10x85gpv (10x85)	Code d'homologation Bussmann: PVxxA10F(10x38) ETI: 10x85gpv (10x85)

pag. 84-86

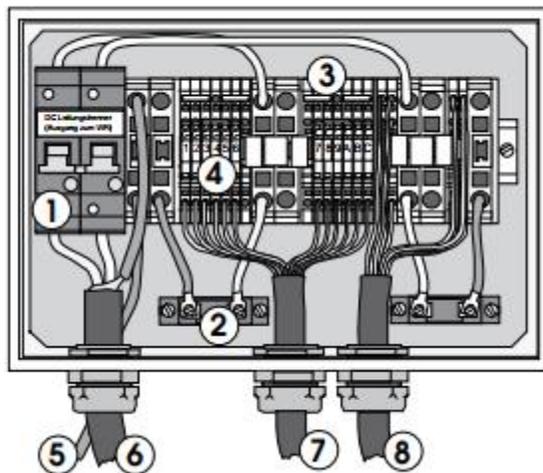
RoHS UL FF185 CE SF FF138

Corrente nominale	Codice	Capacità di rottura	Pt (A²s)	Pot. dissipata
Rated current	Code	Breaking capacity	Pt (A²s)	Power loss
Courant nominal	Code	Pouvoir de coupure	Pt (A²s)	Puissance dissipée
10x38				
		UL	IEC	
1 A	FF138210/DC	10 kAdc	40 kAdc	0,4 1,5 W
2 A	FF138220/DC	10 kAdc	40 kAdc	3,4 1,0 W
3 A	FF138230/DC	10 kAdc	40 kAdc	11 1,3 W
4 A	FF138240/DC	10 kAdc	40 kAdc	26 1,5 W
5 A	FF138250/DC	10 kAdc	40 kAdc	50 1,6 W
6 A	FF138260/DC	10 kAdc	40 kAdc	90 1,8 W
8 A	FF138280/DC	10 kAdc	33 kAdc	32 2,1 W
10 A	FF138310/DC	10 kAdc	33 kAdc	70 2,3 W
12 A	FF138312/DC	10 kAdc	33 kAdc	120 2,7 W
15 A	FF138315/DC	10 kAdc	33 kAdc	220 2,9 W
*20 A	FF138320/DC	-	10 kAdc	350 3,6 W
10x85				
		UL	IEC	
4 A	FF185240/DC	10kAdc	30 kAdc	15,1 2,7 W NEW
5 A	FF185250/DC	10kAdc	30 kAdc	33,2 3,0 W NEW
6 A	FF185260/DC	10kAdc	30 kAdc	50,4 3,0 W NEW
8 A	FF185280/DC	10kAdc	30 kAdc	109 3,6 W NEW
10 A	FF185310/DC	10kAdc	30 kAdc	191 3,7 W NEW
12 A	FF185312/DC	10kAdc	30 kAdc	118 3,3 W NEW
15 A	FF185315/DC	10kAdc	30 kAdc	161 3,6 W NEW
16 A	FF185316/DC	10kAdc	30 kAdc	164 3,7 W NEW
*20 A	FF185320/DC	10kAdc	30 kAdc	209 4,0 W NEW
*25 A	FF185325/DC	10kAdc	30 kAdc	504 5,2 W NEW

4. Coffret de raccordement (DC)

SMA STRING-COMBINER for 1000 V_{DC} systems

Technical Data	DC-CMB-U10-16	DC-CMB-U10-24	DC-CMB-U10-32
Input (DC)			
Rated voltage	1000 V	1000 V	1000 V
Altitude derating (rated voltage)	2001 m to 3000 m above MSL = reduction by 1.0% per 100 m 3001 m to 4000 m above MSL = reduction by 1.2% per 100 m		
Number of string inputs / fuse holders per pole	16	24	32
Rated current	13.75 A	12.5 A	12.5 A
Fuse type*		10.3 x 38 - 1000 VDC - gPV	
String connection		Connection to the fuse holder	
Sealing range of cable gland		5 mm to 8 mm	
Output (DC)			
Rated current	220 A	300 A	360 A
Temperature derating (rated current)		>50°C operating temperature = reduction by 1% per K	
DC switch (load-break switch)	250 A / 1000 V	400 A / 1000 V	400 A / 1000 V
Surge arrester		Type 2, I _n = 15 kA; I _{max} = 40 kA	
DC output		Busbar (ring terminal lug M12)	
Number of DC outputs	1	1 / 2	1 / 2
Conductor cross-section		Busbar 70 mm ² to 400 mm ²	
Sealing range of cable glands	17 mm to 38.5 mm	17 mm to 38.5 mm	17 mm to 38.5 mm
Enclosure / Ambient Parameters			
IP degree of protection according to IEC 60529	IP 54 / self-ventilated	IP 54 / self-ventilated	IP 54 / self-ventilated
Enclosure material		Glass-fiber reinforced plastic / UV-resistant	
Dimensions (W / H / D), wall mounting bracket and string cable harness included	550 / 650 / 260 mm (21.65 / 25.59 / 10.24 inch)	550 / 650 / 260 mm (21.65 / 25.59 / 10.24 inch)	590 / 790 / 285 mm (23.23 / 31.10 / 11.22 inch)
Max. weight	24.2 kg (53.5 lb)	27.4 kg (60.5 lb)	34 kg (75 lb)
Protection class (according to IEC 61140)	II	II	II
Mounting type		Wall mounting	
Ambient temperature in operation / during storage		-25°C to +60°C / -40°C to +70°C	
Relative humidity		0% to 95%, non-condensing	
Max. altitude above MSL	4000 m	4000 m	4000 m



Dans le coffret de raccordement:

1. Séparateur de puissance DC
2. Dispositif antisurtension
3. Bornes
4. Fusibles et/ou diodes antiretour

Sorties:

5. Parafoudre
6. Câble blindé principal DC
7. Câble de chaîne positif
8. Câble de chaîne négatif

5. Parafoudre DC

DATASHEET

Surge Protection Device for SUNNY TRIPOWER

Description	Surge Protection Device SPD Type II
SMA type designation	DCSPD KIT3-10
Compatible inverter	SUNNY TRIPOWER 20000TL (STP 20000TL-30) SUNNY TRIPOWER 25000TL (STP 25000TL-30) SUNNY TRIPOWER 25000TL-JP (STP 25000TL-JP-30)
Manufacturer	PHOENIX CONTACT GmbH & Co. KG

	Applikationsinformation / application information	Blatt 1 page
	VAL-MS 1000DC-PV/3+V	von 4 of

SPD-Ausfallverhalten: SPD overload behaviour mode	OCM (Open Circuit Mode)
Höchste Dauerspannung U_{CPV} : max. continuous operating voltage	1170 V DC
Leerlaufspannung der PV-Anlage bei STC $U_{OC\ STC}$: open circuit voltage under standard test conditions	≤ 970 V DC
Kurzschlußfestigkeit I_{SCPV} : short-circuit current rating	1000 A
Dauerbetriebsstrom I_{CPV} : continuous operating current	< 20 μ A
Nennlaststrom I_L : rated load current	80 A
Schutzleiterstrom I_{PE} : residual current	< 20 μ A DC / < 250 μ A AC
Standby – Leistungsaufnahme P_C : standby power consumption	< 25 mVA
Prüfklasse nach EN 50539-11: class of test according to EN 50539-11	PV 
Nennableitstoßstrom I_n (8/20) μ s: nominal discharge current	15 kA
max. Ableitstoßstrom I_{max} (8/20) μ s: max. discharge current	40 kA
Gesamtableitstoßstrom I_{total} (8/20) μ s: total discharge current (8/20) μ s	40 kA
Schutzpegel U_p (L+/L-) ↔ PE / L+ ↔ L-: voltage protection level (L+/L-) ↔ PE / L+ ↔ L-	$\leq 3,7$ kV

7. Disjoncteur différentiel 3P+N

Système Clario

Disjoncteurs différentiels 3P+N
DPN N Vigi 6 kA



CEI/EN 61009-1

- Le disjoncteur différentiel DPN N Vigi réalise la protection complète des circuits terminaux (surintensités et défauts d'isolement) :
 - protection des personnes contre l'électrocution par contacts directs (30 mA),
 - protection des personnes contre l'électrocution par contacts indirects (300 mA),
 - protection des installations contre le risque d'incendie (300 mA).
- La gamme A, Si a été conçue pour maintenir un réseau de sécurité et de continuité de service optimal dans des installations perturbées :
 - par des conditions atmosphériques extrêmes,
 - par des récepteurs générateurs d'harmoniques,
 - par des courants transitoires de manœuvres.

Plus d'information page 3/2 >>

Références

DPN N Vigi [6000]						
Type			A		SI	Largeur en pas de 9 mm
3P+N	Courbe B	Sensibilité	30 mA	300 mA	30 mA	
	Calibre (In)	6 A	A9D56706	-	-	10
		10 A	A9D56710	-	-	
		13 A	A9D56713	-	-	
		16 A	A9D56716	-	-	
		20 A	A9D56720	-	-	
		25 A	A9D56725	-	-	
		32 A	A9D56732	-	-	
		40 A	A9D56740	-	-	
3P+N	Courbe C	Sensibilité	30 mA	300 mA	30 mA	
	Calibre (In)	6 A	A9D32706	-	-	10
		10 A	A9D32710	A9D42710	A9D33710	
		13 A	A9D32713	-	A9D33713	
		16 A	A9D32716	A9D42716	A9D33716	
		20 A	A9D32720	A9D42720	A9D33720	
		25 A	A9D32725	A9D42725	A9D33725	
		32 A	A9D32732	A9D42732	A9D33732	
		40 A	A9D32740	A9D42740	A9D33740	
Tension d'emploi (Ue)			400 V CA			
Fréquence d'utilisation			50 Hz			
Accessoires et Auxiliaires			pages 1/26-1/32			

8. Interrupteur différentiel

Systeme Clario

Interrupteurs différentiels IDc et iID
Tête de groupe

Adaptés aux besoins des installations des bâtiments tertiaires et industriels, les interrupteurs différentiels assurent :

- la protection différentielle des circuits de distribution terminale
- le sectionnement.

CEI/EN 61009-1

Conforme à la norme des dispositifs différentiels CEI 61008, un interrupteur différentiel assure également la fonction de sectionnement des circuits électriques. Les interrupteurs différentiels intègrent dans leur boîtier le relais différentiel et le tore. Le déclenchement à courant résiduel est électromécanique et fonctionne sans source auxiliaire.

Fonctionnement

- Lors de l'apparition d'un défaut différentiel, l'interrupteur différentiel utilise l'énergie du défaut pour assurer son déclenchement. La signalisation de défaut est réalisée en face avant par un voyant mécanique.
- Le réarmement s'effectue à l'aide de la manette.

Le type A,SI offre une immunité renforcée aux perturbations électriques et aux environnements pollués ou corrosifs.

Plus d'information page 3/2.

Références

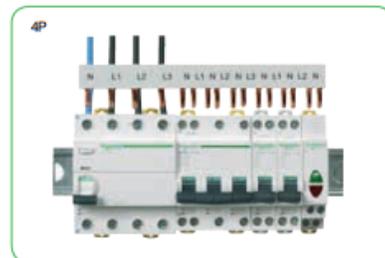
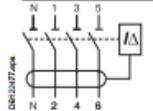
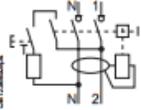
Interrupteurs différentiels						
Type		A	A, SI		Largeur en pas de 9 mm	
1P+N	Sensibilité	30 mA	30 mA	300 mA (II)		
	Calibre	25 A 40 A	- -	A9N21784 A9N21786	- A9N21785	4
4P*	Sensibilité	30 mA	30 mA	300 mA (II)		
	Calibre	25 A 40 A 63 A	A9R21425 A9R21440 A9R21463	A9R61425 A9R61440 A9R61463	- A9R35440 A9R35463	8
	Tension d'emploi (Ue)	2P	230 V	4P	400-415 V	
Fréquence de fonctionnement		50 Hz				
Accessoires et Auxiliaires pour IDc		page 1/26-1/32				
Accessoires et Auxiliaires pour iID		page 3/16				



IDc 1P+N



iID 4P



9. Câble solaire

PHOTOVOLTAÏQUE 600/1000V - SANS HALOGÈNE - UTE

ELECSUN®
1000V – Classe 5 – LSHF *

Plastelec
Division Câbles

BI TWIN

-40°C +90°C

*LSHF = Low smoke and halogen free



UTILISATION : Câble photovoltaïque 600/1000V. la gamme ELECSUN est sans halogène et à faible toxicité/corrosivité/densité des fumées. Utilisation en milieu extérieur ou intérieur (résistant aux U.V, aux intempéries, à la chaleur).

Applications : Système d'alimentation des panneaux photovoltaïques fixes ou mobiles.

	Sans halogène	Matière sans halogène
	Feu	Non propagateur de la flamme
	Fumées	Faible toxicité / corrosivité / densité des fumées
	Mécanique	Bonne flexibilité et tenue mécanique
	Utilisation extérieure	Excellente résistance aux U.V et aux intempéries
	Homologation externe	LCIE Conforme au guide UTE C 32-502

Composition du câble :

Conducteurs : PV1000F – UTE 32-502
Gaine : Polyoléfine ignifugée sans halogène.
Couleur : gaine en noir, conducteurs en noir, bleu ou rouge.

600/1000V – Tension d'essai > 6500V

Utilisation permanente : -40°C à +90°C
Température maximum sur âme : +120°C

Références normatives:

Feu : C2 selon la NF C 32-070, IEC 60332-1.
Fumées : IEC 60754-1, EN 50267-2-1, IEC 60754-2, EN 50267-2-2, IEC 61034, EN 50268.



Section (mm²)	Composition	Diamètre extérieure mini (mm)	Diamètre extérieure maxi (mm)	Résistance linéique max à 20°C (Ω/Km)	Poids approx. (Kg/Km)	Intensité admissible à 20°C (A)
1,5	30x0,25			13,70	32	27
2,5	50x0,25			8,21	45	37
4	56x0,25			5,09	60	50
6	84x0,30			3,39	80	64
10	80x0,40			1,95	125	89

Reproduction interdite sans l'accord du Groupe PLASTELEC. Toute utilisation non autorisée entraîne des modifications sans préavis.
#ELECSUN/PV1000F/1203110



10. Câble côté AC

U-1000 R2V U-1000 R2V 5G4 RC

Contact
Nexans - Activité Bâtiment
contact.fr@nexans.com

CARACTÉRISTIQUES

Caractéristiques de construction	
Nature de l'âme	Cuivre nu
Flexibilité de l'âme	Câblée classe 2
Isolation	XLPE
Gaine extérieure	PVC
Couleur de la gaine	Noir
Conducteur vert/jaune	Oui
Avec neutre de section réduite	Non
Sans plomb	Oui
Caractéristiques dimensionnelles	
Nombre de conducteurs	5
Section du conducteur	4 mm ²
Diamètre extérieur maxi	16,0 mm
Masse approximative	379 kg/km
Caractéristiques électriques	
Tension de service nominale Uo/U (Um)	0.6/ 1 (1.2) kV
Chute de tension en tri-phasé	8,2 V/A.km
Intensité admissible à l'air libre	42 A
Intensité admissible enterré	53 A
Caractéristiques mécaniques	
Résistance mécanique aux chocs	AG3
Flexibilité du câble	Rigide
Caractéristiques d'utilisation	
Température maximale sur l'âme	90 °C
Température maximale sur l'âme en court circuit	250 °C
Température ambiante d'utilisation, plage	-25 .. 60 °C
Résistance aux intempéries	Bonne
Non propagateur de la flamme	C2, NF C 32-070
Résistance chimique	Accidentelle
Étanchéité	AD7
Conditionnement	A la coupe
Rayon de courbure minimum en utilisation statique	96 mm
Rayon de courbure en cours de pose	192 mm
Tenue aux UV	AN3

REPÉRAGE DES CONDUCTEURS

Repérage selon la HD 308 S2 «identification des conducteurs des câbles et cordons souples» à partir de janvier 2004 en France. Valable aussi pour certains câbles NF

Nbr de conducteurs	HD 308 S2 depuis janvier 2004	
	Avec V/J (G)	Sans V/J (X)
1		Noir (préférentiel)

Toutes les informations et les caractéristiques dimensionnelles et électriques affichées sur les documents commerciaux et les fiches techniques de Nexans ne sont données qu'à titre indicatif et ne sont pas contractuelles. Elles sont donc susceptibles de modification sans préavis.
Généré le 29/08/20 www.nexans.fr Page 3 / 5



AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

U-1000 R2V

U-1000 R2V 5G4 RC

Contact

Nexans - Activité Bâtiment
contact.fr@nexans.com

CARACTÉRISTIQUES

Caractéristiques de construction	
Nature de l'âme	Cuivre nu
Flexibilité de l'âme	Câblée classe 2
Isolation	XLPE
Gaine extérieure	PVC
Couleur de la gaine	Noir
Conducteur vert/jaune	Oui
Avec neutre de section réduite	Non
Sans plomb	Oui
Caractéristiques dimensionnelles	
Nombre de conducteurs	5
Section du conducteur	4 mm ²
Diamètre extérieur maxi	16,0 mm
Masse approximative	379 kg/km
Caractéristiques électriques	
Tension de service nominale Uo/U (Um)	0.6/ 1 (1.2) kV
Chute de tension en tri-phasé	8,2 V/A.km
Intensité admissible à l'air libre	42 A
Intensité admissible enterré	53 A
Caractéristiques mécaniques	
Résistance mécanique aux chocs	AG3
Flexibilité du câble	Rigide
Caractéristiques d'utilisation	
Température maximale sur l'âme	90 °C
Température maximale sur l'âme en court circuit	250 °C
Température ambiante d'utilisation, plage	-25 .. 60 °C
Résistance aux intempéries	Bonne
Non propagateur de la flamme	C2, NF C 32-070
Résistance chimique	Accidentelle
Étanchéité	AD7
Conditionnement	A la coupe
Rayon de courbure minimum en utilisation statique	96 mm
Rayon de courbure en cours de pose	192 mm
Tenue aux UV	AN3

REPÉRAGE DES CONDUCTEURS

Repérage selon la HD 308 S2 «identification des conducteurs des câbles et cordons souples» à partir de janvier 2004 en France. Valable aussi pour certains câbles NF

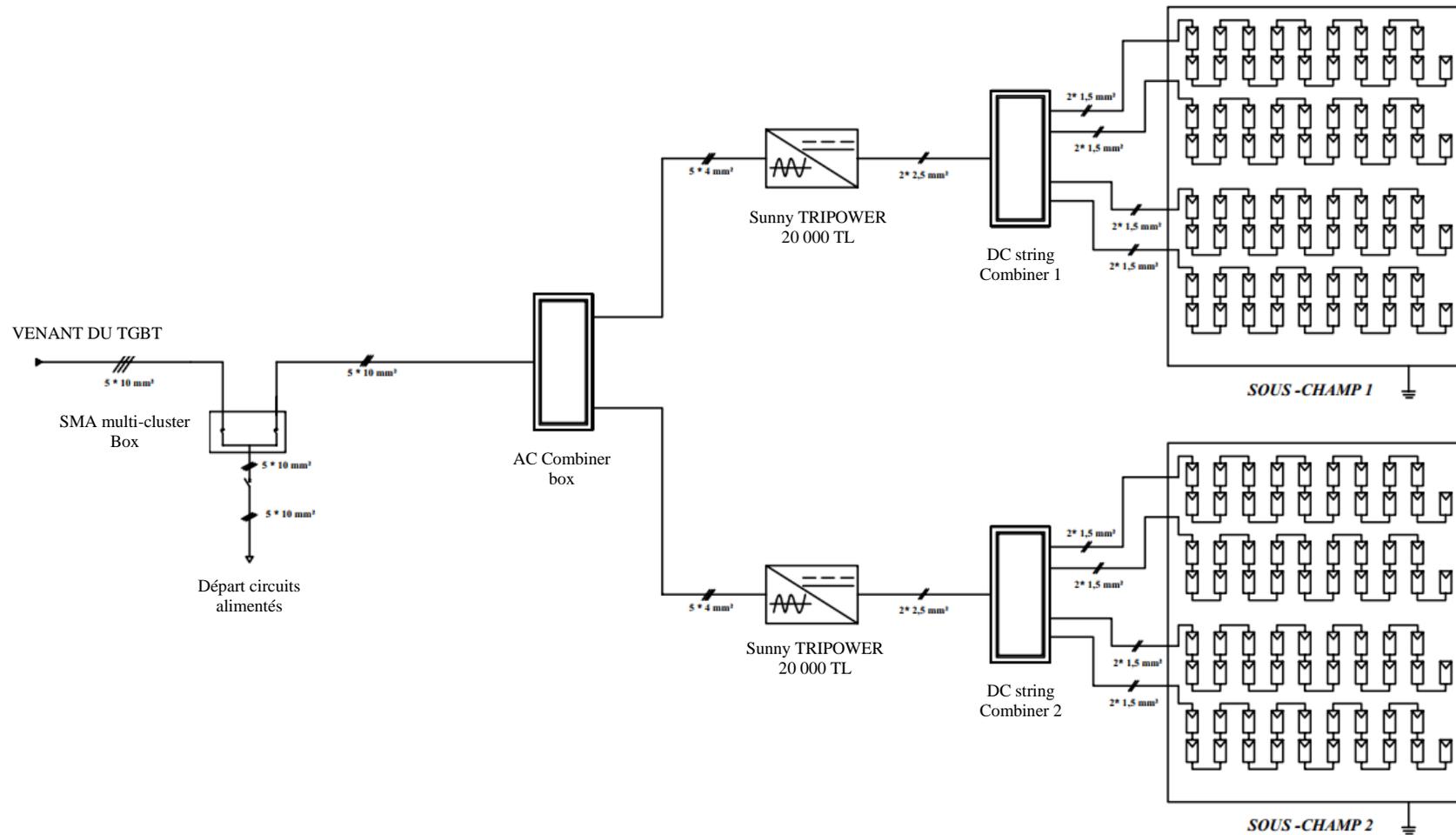
Nbr de conducteurs	HD 308 S2 depuis janvier 2004	
	Avec V/J (G)	Sans V/J (X)
1		Noir (préférentiel)

Toutes les informations et les caractéristiques dimensionnelles et électriques affichées sur les documents commerciaux et les fiches techniques de Nexans ne sont données qu'à titre indicatif et ne sont pas contractuelles. Elles sont donc susceptibles de modification sans préavis.
Généré le 29/08/20 www.nexans.fr Page 3 / 5



AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Annexe 13 : Schéma synoptique



Annexe 14 : Tableaux à caractère informatif

1. Courants admissibles dans les câbles de chaîne PV et choix des fusibles de protection.

Nombres de chaînes	Courant inverse susceptible de survenir dans une chaîne	Courant assigné I_n du fusible de la chaîne	Courant admissible dans le câble de la chaîne PV
1 à 2 n	$1,25 I_{sc}$	Sans objet	$\geq 1,25 I_{sc}$
3	$2 \times 1,25 I_{sc}$	Sans objet	$\geq 2 \times 1,25 I_{sc}$
n > 3	$(n-1) \times 1,25 I_{sc}$	$1,25 I_{sc} \leq I_n \leq 2 I_{sc}$	$\geq 2 I_n$

2. Section du câble en cuivre en fonction du courant admissible.

Section du câble (mm ²) Cu	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240	300
Courant admissible (A)	13	21	28	36	46	61	81	99	125	160	195	220	250	285	340	395

3. Choix du type de parafoudre selon la norme UTE C 15-712

Caractéristiques de l'installation	Nk ≤ 25		Nk > 25	
	Côté DC	Côté AC	Côté DC	Côté AC
Bâtiment ou structure équipé d'un paratonnerre	Obligatoire Type 2	Obligatoire Type 1	Obligatoire Type 2	Obligatoire Type 1
Alimentation BT par une ligne entièrement ou partiellement aérienne	Peu utile Type 2	Recommandé Type 2	Recommandé Type 2	Obligatoire Type 2
Alimentation BT par une ligne entièrement souterraine	Peu utile Type 2	Peu utile Type 2	Recommandé Type 2	Obligatoire Type 2

4. Courant de décharge maximum en fonction du niveau d'exposition

	NIVEAU D'EXPOSITION		
	Faible	Moyen	Elevé
Environnement des bâtiments	Bâtiment situé dans une zone urbaine ou suburbaine d'habitations groupées	Bâtiments situés en plaine	Bâtiment où il existe un risque spécifique : pylône, arbre, région montagneuse, zone humide ou étang ...
Valeur conseillée I _{max} (kA)	20	40	65

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

5. Choix de la section du câble en fonction des méthodes de référence selon NF C15 100

Méthode de référence	ISOLANT ET NOMBRE DE CONDUCTEURS CHARGES								
	B	PVC 3	PVC 2		PR 3		PR2		
C		PVC 3		PVC 2	PR 3		PR2		
E			PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2	
F				PVC 3		PVC 2	PR 3		PR 2
S (mm ²)	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Cuivre									
1,5	15,5	17,5	18,5	19,5	22	23	24	26	
2,5	21	24	25	27	30	31	33	36	
4	28	32	34	36	40	42	45	49	
6	36	41	43	48	51	54	58	63	
10	50	57	60	63	70	75	80	86	
16	68	76	80	85	94	100	107	115	
25	89	96	101	112	119	127	138	149	161
35	110	119	126	138	147	158	169	185	200
50	134	144	153	168	179	192	207	225	242
70	171	184	196	213	229	246	268	289	310
95	207	223	238	258	278	298	328	352	377
120	239	259	276	299	322	346	382	410	437
150		299	319	344	371	395	441	473	504
185		341	364	392	424	450	506	542	575
240		403	430	461	500	538	599	641	679
300		464	497	530	576	621	693	741	783
400					656	754	825		940
500					749	868	946		1083
630					855	1005	1088		1254

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Annexe 15 : Dimensionnement avec PVsyst

1. Paramètres de simulation

		PVSYST 7.0.8	31/08/20	Page 1/11										
Mémoire de fin d'étude SOUMAHORO ALAMA MOHAMED ABDOL-ALIM														
Système couplé au réseau: Paramètres de simulation														
Projet : DIMENSIONNEMENT D'UN CHAMP PV DE 40 kWc DE LA SODECI RIVIERA PALMERAIE														
Site géographique SODECI_Riviera_Palmeraie		Pays Côte D'Ivoire												
Situation		Latitude 5.37° N	Longitude -3.96° W											
Temps défini comme		Temps légal 0.30	Altitude 20 m											
Données météo: SODECI_Riviera_Palmeraie		Meteororm 7.3, Sat=100 % - Synthétique												
Variante de simulation : Variante de simulation avec 2 sous-champs														
Date de la simulation 21/08/20 à 12h50														
Paramètres de simulation		Type de système Pas de scène 3D, pas d'ombrages												
Orientation plan capteurs		Inclinaison 15°	Azimut 0°											
Modèles utilisés		Transposition Perez	Diffus Perez, Meteororm	Circumsolaire séparément										
Horizon		Pas d'horizon												
Ombrages proches		Sans ombrages												
Besoins de l'utilisateur :		profil journalier Constantes sur l'année moyenne 137 kWh/Jour												
	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h		
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h		
Charge horaire	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	3.59	14.38	14.38	12.58	12.58	1.40	kW
	8.98	3.59	7.19	14.38	14.38	8.98	3.19	3.19	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	kW
Caractéristiques des champs de capteurs (2 type de champs définis)														
Module PV		Si-poly	Modèle JKM 270PP-60-DV											
Base de données PVsyst originale		Fabricant Jinkosolar												
Sous-champs														
#1 - Champ PV														
Nombre de modules PV		En série 19 modules	En parallèle 4 chaînes											
Nombre total de modules PV		nbre modules 76	Puissance unitaire 270 Wc											
Puissance globale du champ		Nominale (STC) 20.52 kWc	Aux cond. de fonct. 18.47 kWc (50°C)											
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp 536 V	I mpp 34 A											
#2 - Sous-champ #2														
Nombre de modules PV		En série 19 modules	En parallèle 4 chaînes											
Nombre total de modules PV		nbre modules 76	Puissance unitaire 270 Wc											
Puissance globale du champ		Nominale (STC) 20.52 kWc	Aux cond. de fonct. 18.47 kWc (50°C)											
Caractéristiques de fonct. du champ (50°C)		U mpp 536 V	I mpp 34 A											
Total		Puissance globale champs Nominale (STC) 41 kWc	Total 152 modules											
		Surface modules 250 m ²	Surface cellule 222 m ²											
Onduleur														
Base de données PVsyst originale		Modèle Sunny Tripower 20000TL-30												
Caractéristiques		Fabricant SMA	Tension fonct. 320-800 V											
		Puissance unitaire 20.0 kWac												

PVsyst Evaluation mode

**AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE**

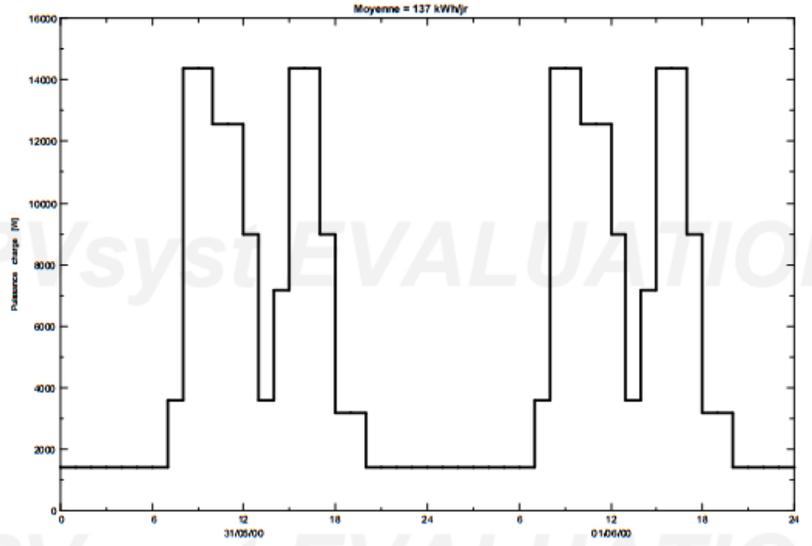
2. Besoins de l'utilisateur

	PVSYST 7.0.8	31/08/20	Page 3/11
Mémoire de fin d'étude SOUMAHORO ALAMA MOHAMED ABDOUL-ALIM			
<p>Système couplé au réseau: Besoins de l'utilisateur</p> <p>Projet : DIMENSIONNEMENT D'UN CHAMP PV DE 40 kWc DE LA SODECI RIVIERA PALMERAIE</p> <p>Variante de simulation : Variante de simulation avec 2 sous-champs</p>			
Principaux paramètres système	Type de système	Pas de scène 3D, pas d'ombrages	
Orientation plan capteurs	inclinaison	15°	azimut 0°
Modules PV	Modèle	JKM 270PP-60-DV	Pnom 270 Wc
Champ PV	Nombre de modules	152	Pnom total 41.0 kWc
Onduleur	Modèle	Sunny Tripower 20000TL-30	20.00 kW ac
Batterie d'onduleurs	Nombre d'unités	2.0	Pnom total 40.0 kW ac
Besoins de l'utilisateur	profil journalier	Constants sur l'année	Global 49.9 MWh/an

profil journalier, Constants sur l'année, moyenne = 137 kWh/jr

	0 h	1 h	2 h	3 h	4 h	5 h	6 h	7 h	8 h	9 h	10 h	11 h	
	12 h	13 h	14 h	15 h	16 h	17 h	18 h	19 h	20 h	21 h	22 h	23 h	
Charge horaire	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	1.40	3.59	14.38	14.38	12.58	12.58	kW
	8.98	3.59	7.19	14.38	14.38	8.98	3.19	3.19	1.40	1.40	1.40	1.40	kW

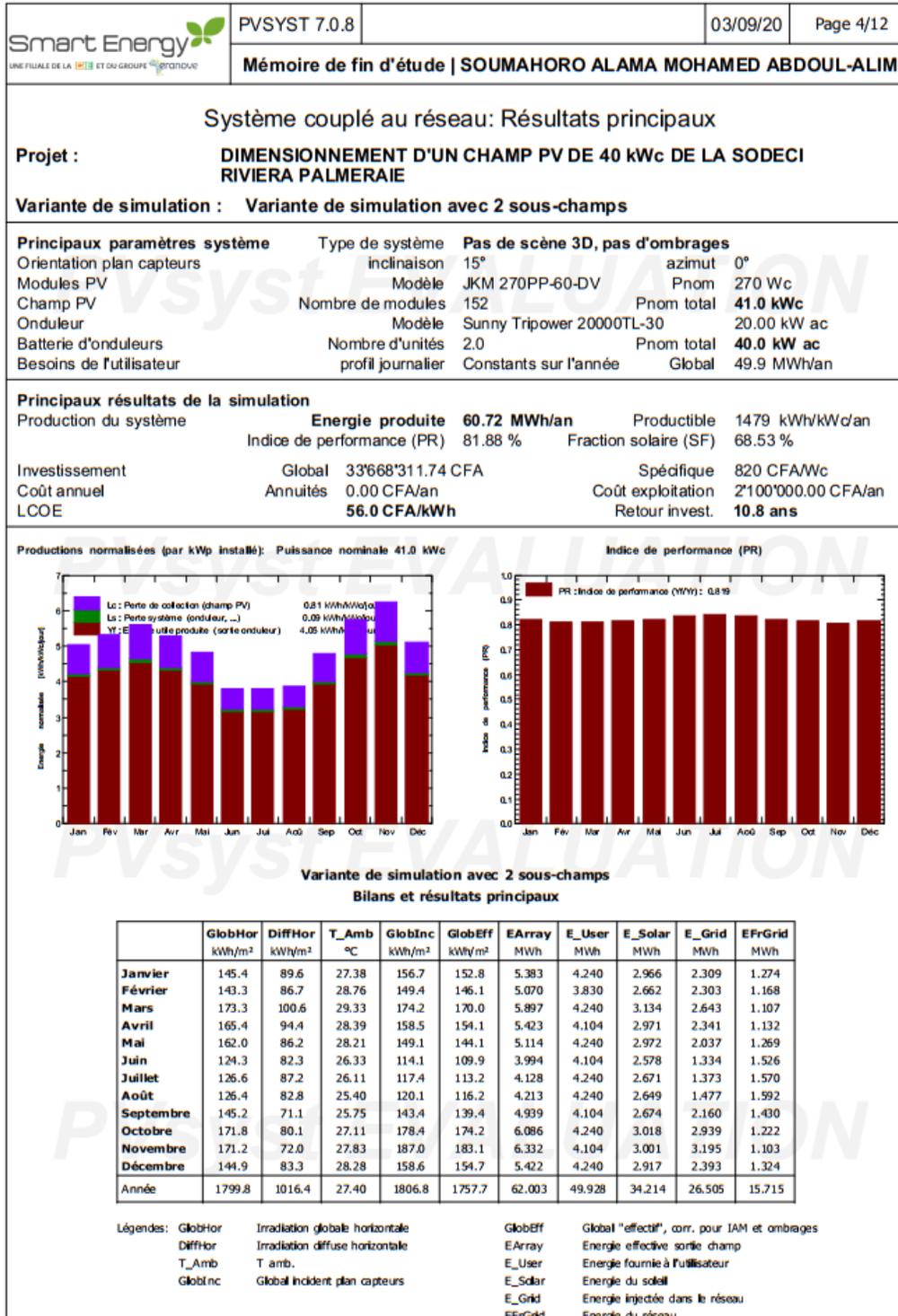
Besoins de l'utilisateur :profil journalier, Constants sur l'année



Moyenne = 137 kW/jr

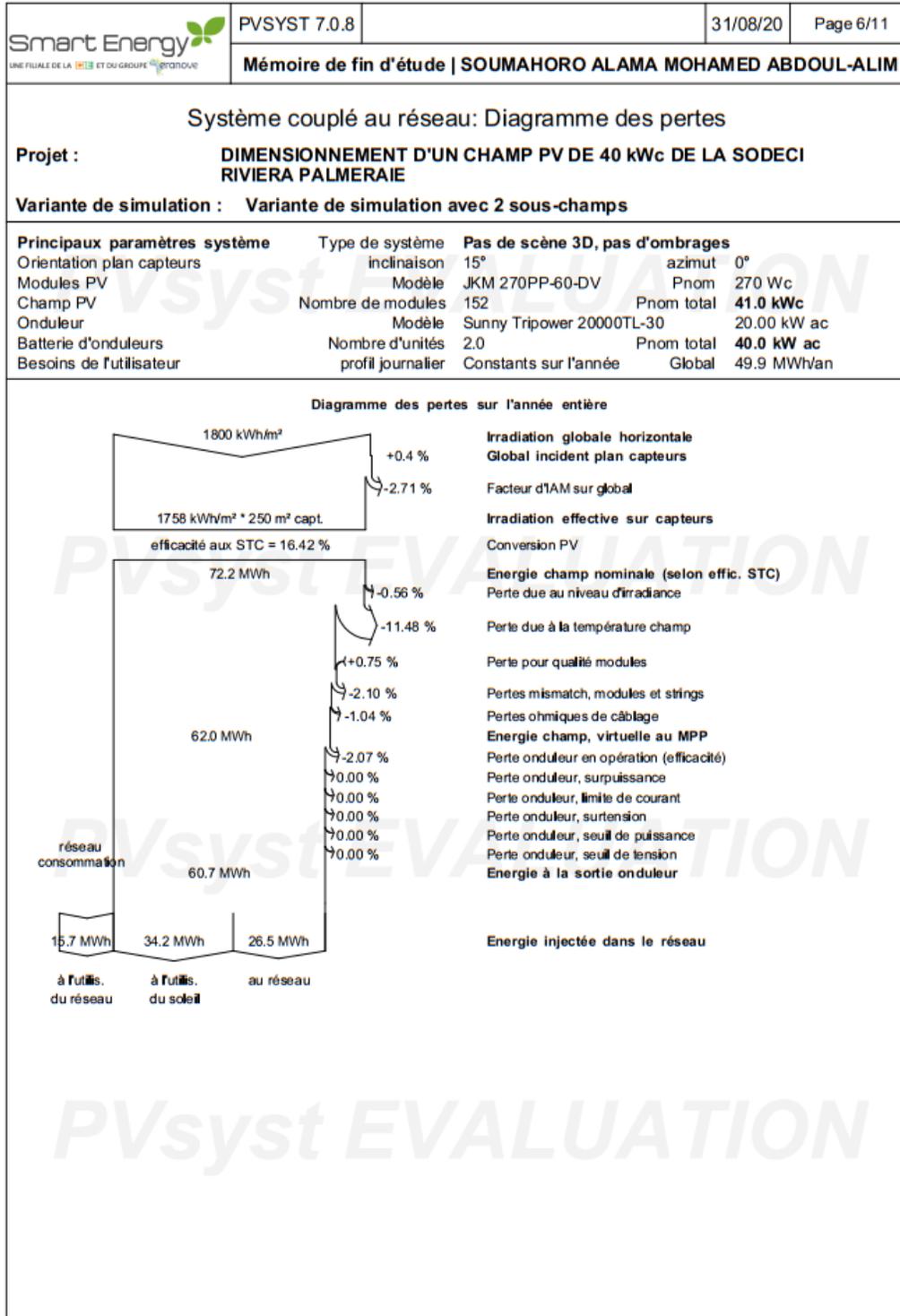
AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

3. Résultats principaux



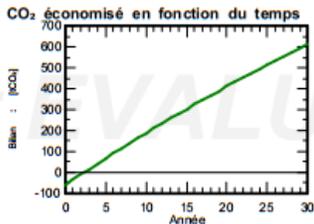
AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

4. Diagramme des pertes



AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

5. Bilan carbone

	PVSYST 7.0.8	31/08/20	Page 11/11																
	Mémoire de fin d'étude SOUMAHORO ALAMA MOHAMED ABDOUL-ALIM																		
Système couplé au réseau: CO2 Balance																			
Projet : DIMENSIONNEMENT D'UN CHAMP PV DE 40 kWc DE LA SODECI RIVIERA PALMERAIE																			
Variante de simulation : Variante de simulation avec 2 sous-champs																			
Principaux paramètres système	Type de système Orientation plan capteurs Modules PV Champ PV Onduleur Batterie d'onduleurs Besoins de l'utilisateur	Type de système inclinaison Modèle Nombre de modules Modèle Nombre d'unités profil journalier	Pas de scène 3D, pas d'ombrages 15° azimuth 0° JKM 270PP-60-DV Pnom 270 Wc 152 Pnom total 41.0 kWc Sunny Tripower 20000TL-30 20.00 kW ac 2.0 Pnom total 40.0 kW ac Constants sur l'année Global 49.9 MWh/an																
Émissions générées	Total: 61.65 tCO₂ Source: Calcul détaillé à partir du tableau ci-dessous:																		
Émissions évitées	Total: 779.6 tCO₂ Production du système : 60.72 MWh/an Durée de vie: 30 ans Dégradation annuelle: 1.0 %																		
Émissions liées à l'énergie du réseau: 428 gCO ₂ /kWh Source: Liste de l'IEA	Pays: Côte d'Ivoire																		
Bilan des émissions CO₂	Total: 614.8 tCO₂																		
Détails pour les émissions de cycle de vie du système:																			
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Élément</th> <th>Modules</th> <th>Supports</th> <th>Onduleurs</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LCE</td> <td>1713 kgCO₂/kWc</td> <td>4.40 kgCO₂/kg</td> <td>436 kgCO₂/unités</td> </tr> <tr> <td>Quantité</td> <td>32.4 kWc</td> <td>1200 kg</td> <td>2.00 unités</td> </tr> <tr> <td>Sous-total [kgCO₂]</td> <td>55492</td> <td>5283</td> <td>872</td> </tr> </tbody> </table>	Élément	Modules	Supports	Onduleurs	LCE	1713 kgCO ₂ /kWc	4.40 kgCO ₂ /kg	436 kgCO ₂ /unités	Quantité	32.4 kWc	1200 kg	2.00 unités	Sous-total [kgCO ₂]	55492	5283	872			
Élément	Modules	Supports	Onduleurs																
LCE	1713 kgCO ₂ /kWc	4.40 kgCO ₂ /kg	436 kgCO ₂ /unités																
Quantité	32.4 kWc	1200 kg	2.00 unités																
Sous-total [kgCO ₂]	55492	5283	872																
																			

PVsys Evaluation mode

AUDIT ENERGETIQUE D'UN BÂTIMENT ADMINISTRATIF ET PROPOSITION DE DIMENSIONNEMENT
D'UN GENERATEUR SOLAIRE PHOTOVOLTAÏQUE : CAS DE L'AGENCE SODECI PALMERAIE

Annexe 16 : Calcul du LCOE selon différentes hypothèses de taux d'actualisation

Taux d'actualisation	Production actualisée (kWh)	Coûts actualisés (FCFA)	LCOE (FCFA/kWh)
0%	1 428 433	64 742 948	45,32
1%	1 249 114	61 349 585	49,11
2%	1 099 271	58 434 299	53,16
3%	973 346	55 911 552	57,44
4%	866 924	53 712 914	61,96
5%	776 484	51 783 377	66,69
6%	699 203	50 078 503	71,62
7%	632 811	48 562 218	76,74
8%	575 472	47 205 099	82,03
9%	525 697	45 983 030	87,47
10%	482 272	44 876 151	93,05

