



ANALYSE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES ET ÉNERGETIQUES DE L'ASPIRÂT DES SIC À TAMPOUY

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR 2iE AVEC GRADE DE
MASTER
SPÉCIALITÉ : GÉNIE ÉLECTRIQUE ET ÉNERGÉTIQUE

Présenté et soutenu publiquement le [28/01/2021] par

Falonne MAGNE TEKAM (2017 0483)

Directeur de mémoire : Dr.-Ing. habil. Kokouvi Edem N'TSOUKPOE (HDR)
Maître de Conférences (CAMES), Institut 2iE

Structures d'accueil du stage : Laboratoire Énergie Renouvelable et Efficacité Énergétique (LabEREE) du 2iE et Aspirât des Sœurs de l'Immaculée Conception (ASIC) de Tampouy.

Jury d'évaluation du mémoire :

Président : Dr.-Ing. Daniel YAMEGUEU, Maître de Conférences (CAMES)

Membres et correcteurs : Ing. Ahmed ZONGO
Dr.-Ing. habil. Kokouvi Edem N'TSOUKPOE (HDR),
Maîtres de Conférences (CAMES)

Promotion [2020/2021]

À
M. TEKAM Thomas
et
Mme TEKAM Sabine

Mes très chers parents qui n'ont ménagé aucun effort pour m'accompagner depuis ma tendre enfance jusqu'aujourd'hui. Les mots ne sauraient décrire l'étendu de mes sentiments et du profond respect que j'ai pour vous. Ce travail est le fruit de votre amour et soutien inconditionnels.

Papa et maman,

MERCI.

**« Je viens d'un endroit où les opportunités
vous fixent dans les yeux, mais elles
cherchent des personnes ayant le cœur et le
courage de les faire et de bien les faire. »**

IBUKUN AWOSIKA

« Oser ; le progrès est à ce prix. »

VICTOR HUGO

REMERCIEMENTS

L'union faisant toujours la force, ce travail est le fruit du soutien de plusieurs personnes et les citer tous reviendrait à me tromper assurément, par contre me taire serait pire.

Tout d'abord je remercie l'auteur de ma vie toute entière **mon papa, le Dieu tout puissant** pour son amour et sa grâce surabondante dans ma vie et particulièrement depuis le début de ma formation à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE) jusqu'à nos jours.

Je ne saurais continuer sans dire un merci particulier aux responsables du projet BAD-NMI, ceux-là qui ont financé gracieusement mes études à l'Institut 2iE.

Je souhaiterais par la suite adresser mes remerciements, les plus sincères à l'endroit de tout le corps administratif et enseignant de l'Institut 2iE particulièrement à ceux du département « Génie Electrique, Energétique et industriel », pour l'accueil, l'intégration et l'éducation dans un environnement nouveau qu'est celui-ci. Merci car le savoir-faire, le savoir-vivre et le savoir-être sont des valeurs que vous m'avez transmises gratuitement et qui me seront d'un grand atout dans ma vie.

Mes remerciements vont ensuite à l'endroit de :

- ➡ Mon directeur de mémoire : Dr.-Ing. habil. Kokouvi Edem N'TSOUKPOE (HDR), Maître de conférences CAMES pour sa confiance, son encadrement, sa patience, ses encouragements et son soutien sur toutes les formes durant ce stage de fin d'études ;
- ➡ Soeur Evelynne OUEDRAOGO, la directrice de l'école qu'a en son sein l'Aspirât des Sœurs de l'Immaculé Conception de Tampouy (ASIC), pour sa collaboration, sa patience et ses conseils durant mes travaux à l'Aspirât ;
- ➡ La sœur intendante, toutes les sœurs de l'ASIC ; les ouvriers et les ménagères pour leur collaboration et bienveillance durant mes travaux à l'ASIC.
- ➡ Dr. Aboubakar GOMNA, Monsieur Rock Aymar DAKE et Madame Adeline OUATTARA, Monsieur Ousmane FOMBA pour leurs remarques, suggestions et leur aide ;
- ➡ Monsieur NEYA Ibrahim pour son aide et sa disponibilité.
- ➡ Messieurs TCHIBINDA Daryl, LAMBA Patrice Boubou et MAÏGA pour leur aide et conseils pratiques ;
- ➡ Toute la famille TEKAM et la grande famille donc je suis issue ;
- ➡ Monsieur WANGUE Narcisse pour son aide ;
- ➡ Mesdames ASONGNA Alix et SOP MATCHI Elvyr pour leur aide et encouragements ;
- ➡ Mes collègues de la promotion 2019-2020 dite **promotion miracle** et à toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce travail.

RESUME

L'efficacité laisse penser à la recherche d'un idéal à atteindre. Celle qui est au centre des enjeux mondiaux aujourd'hui est l'efficacité énergétique qui s'aide de l'outil principal qu'est le diagnostic ou audit pour aboutir à des économies ou des scénarios positifs.

Internat situé dans la ville de Ouagadougou plus précisément à Tampouy, l'Aspirât des Sœurs de l'Immaculée Conception (ASIC) a en son sein deux sources d'énergies notamment fossiles et renouvelables (solaire). Pour aboutir à une réduction de ses factures d'électricité et une meilleure performance de ses installations de solaire thermique, l'ASIC a fait recours à un diagnostic faisant l'objet de notre stage de fin d'études dont le thème est : « Analyse des installations électriques et énergétiques de l'ASIC à Tampouy ».

Notre mission s'est résumée à l'analyse de leurs installations d'électricité, des factures d'électricité, à la proposition des mesures d'économie d'énergie, à la collecte et l'analyse des données de l'installation de solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire, le tout consigné dans un rapport.

Nos travaux ont révélé le mauvais état des installations électriques et l'utilisation majoritaire des équipements énergivores (luminaires, brasseurs etc.). Concernant l'installation de chauffe-eau solaire instrumentée sur le site, nous notons la qualité douteuse du bloc d'instrumentation qui estime à 2% le rendement global de l'installation.

Des schémas électriques s'arrimant à la norme ont été proposés et les mesures d'économie avec et sans investissements furent élaborées en l'occurrence la sensibilisation, le suivi des factures, le remplacement des luminaires, brasseurs et climatiseurs. Le gain d'énergie annuelle qui en découle est de 12 183 kWh moyennant un investissement de 17 288 000 FCFA avec des temps de rentabilité parfois très élevé. Le gain financier annuel est estimé à hauteur de 1 292 000 FCFA et la quantité de CO₂ épargnée du fait des mesures d'économie proposées est de 6 tonnes par an.

Mots Clés :

-
- 1 – Electricité**
 - 2 – Economie d'énergie**
 - 3 – Facturation électrique**
 - 4 – Solaire photovoltaïque**
 - 5 – Solaire thermique**

ABSTRACT

Effectiveness suggests the search for an ideal to be achieved. The one that is at the centre of today's global challenges is energy efficiency, which uses the main tool, the diagnosis or audit, to arrive at savings or positive scenarios.

Located in the city of Ouagadougou, more precisely in Tampouy, the Sisters of Immaculated Conception has two sources of energy, notably fossil and renewable (solar). In order to reduce its electricity bills and improve the performance of its solar thermal installations, the ASIC used a diagnosis which is the subject of our end-of-study internship, with the theme : "Analysis of the electrical and energy installations of the ASIC in Tampouy".

Our mission consisted in analysing their electricity installations, electricity bills, proposing energy saving measures, collecting and analysing data from the solar thermal installation for the production of domestic hot water, all of which was recorded in a report.

Our work revealed the poor state of the electrical installations and the majority use of energy-intensive equipment (lights, brewers etc.). Concerning the installation of instrumented solar water heaters on the site, we note the doubtful quality of the instrumentation block, which estimates the overall efficiency of the installation at 2%.

Electrical diagrams were proposed in line with the standard and savings measures with and without investment were developed, including awareness raising, invoice tracking, replacement of lights, brewers and air conditioners. The resulting annual energy saving is **12 183 kWh** with an investment of **17 288 000 FCFA** with sometimes very high payback times. The annual financial gain is estimated at **1 292 000 FCFA** and the amount of CO₂ saved as a result of the proposed savings measures is **6 tonnes per year**.

Key Words:

1 – Electricity

2 – Electricity billing

3 – Energy saving

4 – Photovoltaic Solar

5 – Solar Thermal

SOMMAIRE

DEDICACES	i
CITATIONS.....	ii
REMERCIEMENTS	iii
RESUME.....	iv
ABSTRACT.....	v
SOMMAIRE	vi
LISTE DES TABLEAUX.....	xi
LISTE DES FIGURES.....	xii
LISTE DES ABREVIATIONS	xiv
I. INTRODUCTION.....	1
1. Contexte et justification de l'étude.....	1
2. Objectifs de l'étude	2
II. PRESENTATION DES STRUCTURES D'ACCUEIL ET DU PROJET.....	4
1. Présentation des structures d'accueil.....	4
1.1. Présentation du LabEREE	4
1.2. Présentation de l'ASIC de Tampouy.....	4
1.2.1. Historique et mission de l'ASIC	4
1.2.2. Organisation de l'Aspirât des SIC.....	5
2. Présentation du projet.....	5
2.1. Localisation du projet.....	5
2.2. Architecture des locaux de l'ASIC.....	6
2.3. Les installations du site	7
2.3.1. Les installations électriques du site.....	7
2.3.2. Les installations PV du site	8
2.3.3. Les installations de solaire thermique du site.....	9

2.3.3.1.	La répartition par secteur des installations de ST sur le site	9
2.3.3.2.	Présentation de l'installation instrumentée	10
III.	Généralités.....	12
1.	Alimentation électrique	12
2.	Etudes des factures d'électricité	12
3.	Bilan thermique	14
IV.	Matériels et méthodes.....	15
1.	Audit électrique du site	15
1.1.	Installation électrique générale et inventaire des équipements électriques du site ..	15
1.2.	Schémas électriques des installations et répertoriage des défauts ou inconformités	16
1.2.1.	Schémas électriques des installations.....	16
1.2.2.	Répertoriage des défauts des installations.....	16
1.3.	Bilan de puissance des différents secteurs	16
1.4.	Proposition des solutions aux problèmes répertoriés	17
2.	Etude des factures d'électricité du site	17
2.1.	La facturation d'électricité au Burkina.....	17
2.2.	Analyse des factures d'électricité du site	17
2.2.1.	Détermination de l'abonnement tarifaire de chaque secteur	17
2.2.2.	Détermination de la puissance souscrite de chaque secteur	18
2.2.3.	Analyse de l'évolution des factures d'électricité à l'ASIC	18
2.3.	Optimisation des factures d'électricité de l'ASIC.....	19
3.	Audit énergétique du site.....	19
3.1.	Analyse des postes de consommation d'énergie	19
3.1.1.	Inventaire des postes de consommation d'énergie	19
3.1.2.	Estimation de la demande énergétique	19
3.1.3.	Vérification de l'estimation de la demande énergétique faite.....	20
3.1.4.	Diagnostic des postes de consommation.....	20
3.1.4.1.	Diagnostic de l'éclairage	20
3.1.4.2.	Diagnostic de la climatisation	21

3.1.4.3.	Diagnostic de la ventilation et des biens de consommations	23
3.2.	Mesures d'économie d'énergie proposées	23
3.2.1.	Mesures à investissement faible ou nul.....	23
3.2.1.1.	Sensibilisation (sobriété énergétique)	23
3.2.1.2.	Suivi de la facture d'électricité.....	23
3.2.2.	Mesures d'économie à investissement moyen	23
3.2.2.1.	Remplacement des luminaires.....	23
3.2.3.	Mesures à investissement élevé.....	24
3.3.	Récapitulatif des résultats issus des mesures proposées	24
3.4.	Impact environnemental de notre étude	24
4.	Analyse des installations de solaire thermique du site	25
4.1.	Diagnostic des installations de solaire thermique du site.....	25
4.2.	Collecte et analyse des données de l'installation instrumentée.....	25
4.2.1.	Les paramètres étudiés	25
4.2.2.	Les données collectées	25
4.2.3.	Analyse des données collectées.....	26
4.2.3.1.	Analyse des données du jour le plus et moins ensoleillé	26
4.2.3.2.	Bilan énergétique de l'installation 1.....	26
4.2.3.3.	Evaluation de l'utilisation de l'installation 1	27
4.2.3.4.	Evaluation de la qualité des données d'irradiance sur le plan des capteurs thermiques	27
4.3.	Etude d'une possibilité de délocalisation de l'installation 1	27
V.	RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	29
1.	Audit électrique du site	29
1.1.	Installation électrique générale et inventaires des équipements électriques du site. 29	
1.1.1.	Installation électrique générale.....	29
1.1.2.	Inventaires des équipements électriques du site.....	30
1.2.	Schémas électriques des installations et répertoriage des défauts ou inconformités 30	
1.2.1.	Schémas électriques des installations.....	30
1.2.2.	Répertoriage des défauts et inconformités des installations.....	31

1.3.	Bilan de puissance des différents secteurs	32
1.4.	Proposition de solutions aux problèmes répertoriés.....	32
2.	Etude des factures d'électricité du site	33
2.1.	Analyse des factures d'électricité du site	33
2.1.1.	Détermination de l'abonnement tarifaire de chaque secteur	33
2.1.2.	Détermination de la puissance souscrite de chaque secteur	33
2.1.3.	Analyse de l'évolution des factures d'électricité à l'ASIC	34
2.1.3.1.	Analyse de l'évolution de la facture du secteur A	34
2.1.3.2.	Analyse de l'évolution de la facture du secteur B.....	35
2.1.3.3.	Analyse de l'évolution de la facture du secteur C.....	37
2.1.3.4.	Analyse de l'évolution de la facture au secteur D.....	38
2.2.	Optimisation des factures d'électricité de l'ASIC.....	39
3.	Audit énergétique du site.....	40
3.1.	Analyse des postes de consommation d'énergie	40
3.1.1.	Inventaire des postes de consommation d'énergie	40
3.1.2.	Estimation de la demande énergétique	40
3.1.3.	Vérification de l'estimation de la demande énergétique faite.....	41
3.1.4.	Diagnostic des postes de consommation.....	42
3.1.4.1.	Diagnostic de l'éclairage	42
3.1.4.2.	Diagnostic de la climatisation	43
3.1.4.3.	Diagnostic de la ventilation et des biens de consommation.....	46
3.2.	Mesures d'économie d'énergie proposées	47
3.2.1.	Mesures à investissement faible ou nul.....	47
3.2.1.1.	Sensibilisation (sobriété énergétique)	47
3.2.1.2.	Suivi des factures d'électricité	48
3.2.2.	Mesures à investissement moyen	48
3.2.2.1.	Remplacement des luminaires.....	48
3.2.3.	Mesures à investissement élevé.....	50
3.2.3.1.	Remplacement des brasseurs d'air	50
3.2.3.2.	Remplacement des climatiseurs Mono-splits.....	51
3.2.3.3.	Remplacement des climatiseurs Mono-splits.....	52

3.3.	Récapitulatif des résultats issus des mesures proposées	52
3.4.	Impact environnemental de notre étude	53
4.	Analyse des installations de solaire thermique du site	53
4.1.	Diagnostic des installations de solaire thermique	53
4.2.	Collecte et analyse des données de l'installation instrumentée.....	54
4.2.1.	Analyse des données les jours les moins et le plus ensoleillé.....	54
4.2.2.	Bilan énergétique de l'installation 1	56
4.2.3.	Evaluation de l'utilisation de l'installation d'eau chaude	57
4.2.3.1.	Evaluation de la satisfaction des besoins en eau chaude du site	57
4.2.3.2.	Evaluation de la consommation d'eau chaude sur le site.....	57
4.2.4.	Etude d'une possibilité de délocalisation de l'installation 1	58
4.2.5.	Proposition d'un planning de maintenance des installations de ST	58
	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS	60
	Bibliographie.....	i
	Annexes	ii

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Répartition sectorielle des installations de ST du site.	10
Tableau 2. Coefficients de simultanéité et d'utilisation selon l'utilisation et par armoire de distribution.	17
Tableau 3. Abonnements et Courants souscrits en fonction du code tarifaire.	18
Tableau 4. Caractéristiques techniques du groupe électrogène.....	30
Tableau 5. Résultats des bilans de puissances radiaux.....	32
Tableau 6. Résultats des bilans de puissance correctifs.	33
Tableau 7. Abonnement tarifaire des différents secteurs.	33
Tableau 8. Les abonnements de l'Aspirât.....	34
Tableau 9. Optimisation de la facture d'électricité de l'ASIC à partir de leurs abonnements. .	40
Tableau 10: Comparaison entre l'estimation de la consommation énergétique et celle de 2019 sur le site.....	41
Tableau 11. Eclairages obtenus et celles de la norme.....	43
Tableau 12. Paramètres de points sous des conditions climatiques internes et externes.	44
Tableau 13. Répartition des charges par secteur	44
Tableau 14. Couverture de la puissance frigorifique et performance des mono-splits installés sur le site.....	46
Tableau 15. Economies d'énergie et financière pour la sensibilisation.....	48
Tableau 16. Comparaison des caractéristiques techniques des luminaires existants à ceux de substitution.	49
Tableau 17. Economies d'énergie et financière pour le remplacement des luminaires.....	50
Tableau 18: Comparaison des puissances des brasseurs existants à celui de substitution.....	50
Tableau 19. Economies d'énergie, financière et TRI pour le remplacement des brasseurs.	51
Tableau 20. Economies d'énergie, financière et TRI pour le remplacement des climatiseurs.	52
Tableau 21. Récapitulatif des mesures d'économie.....	52
Tableau 22. Récapitulatif de la quantité de CO2 épargnée.	53
Tableau 23. Les défauts des installations 2,3,4 et 5.	54

LISTE DES FIGURES

Figure 1. Répartition de la capacité installée en Afrique par sources en 2013 [2].....	1
Figure 2. Organigramme de l'ASIC.....	5
Figure 3. Localisation géographique de l'ASIC.....	6
Figure 4. Aperçu des bâtiments du site.	6
Figure 5. Illustration de certaines ouvertures de l'ASIC.	7
Figure 6. Les compteurs électriques des installations auditées.	8
Figure 7. Les installations PV du site.....	8
Figure 8. Schéma synoptique de l'installation PV du secteur C.....	9
Figure 9. Les installations de solaire thermique du site.	9
Figure 10. Schéma synoptique de l'installation 1.....	10
Figure 11. Schéma du régime TT.....	12
Figure 12. Illustration du fichier Excel utilisé.....	15
Figure 13. Illustration du multimètre numérique.	16
Figure 14. Illustration d'une mesure d'éclairement dans la chambre des filles avec le luxmètre.	20
Figure 15. Portée de l'ombre d'un objet en fonction de la hauteur du soleil.	28
Figure 16. Poste de distribution de l'Aspirât.	29
Figure 17. Groupe électrogène installé sur le site.	30
Figure 18. Evolution de la consommation d'énergie et du coût mensuel d'énergie du S _A	34
Figure 19. Evolution moyenne du coût et de la consommation d'énergie du secteur A.	35
Figure 20. Evolution de la consommation et du coût mensuel d'énergie du S _B	36
Figure 21. Evolution de la consommation moyenne mensuelle d'énergie et de son coût sur 5 ans au secteur B.	37
Figure 22. Evolution de la consommation et du coût mensuel d'énergie du S _C	37
Figure 23. Evolution de la consommation et du coût mensuel d'énergie du S _C	38
Figure 24. Evolution de la consommation et du coût mensuel de l'énergie du secteur D.....	38
Figure 25. Evolution de la consommation et du coût mensuel d'énergie du S _D	39
Figure 26. Demande énergétique annuelle par poste de consommation et par secteur sur le site.	41
Figure 27. Répartition des puissances installées sur le site.....	42
Figure 28. Illustration du type de climatiseur de l'ASIC.....	45
Figure 29. Etiquettes de sensibilisation à la sobriété énergétique.....	47

Figure 30. Illustration des luminaires de substitution.	49
Figure 31. Illustration du brasseur de modèle MONA DC Ø 142 cm	50
Figure 32. Climatiseur Daikin, modèle GTKL	51
Figure 33. Données de l'installation instrumentée le jour le plus ensoleillé (06/02/2020).	55
Figure 34. Données de l'installation instrumentée le jour le moins ensoleillé (28/08/2020). ..	55
Figure 35. Bilan énergétique de l'installation 1.	56
Figure 36. Profil de la consommation d'eau chaude à l'ASIC.....	57
Figure 37. Scénario de la simulation de l'ombrage sur l'installation 1, le 21 décembre.	58
Figure 38. Illustration de la séance d'apprentissage aux jeunes filles.	59

LISTE DES ABREVIATIONS

ABBREVIATIONS

2iE	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement	-
ASI	Alimentation Sans Interruption	
ASIC	Aspirât des Sœurs de l'Immaculé Conception	
BF	Burkina Faso	
BT	Basse Tension	
CO ₂	Dioxyde de Carbone	-
COP	Coefficient de Performance	
DDR	Dispositif Différentiel à courant Résiduel	
FF	Fluide Frigorigène	
HCFC	Hydro chloro fluoro carbure	
HFC	Hydro fluoro carbure	
kg _{eq}	Kilogramme équivalent	
LabEREE	Laboratoire Énergies Renouvelables et Efficacité Énergétique	
LAN	Local Area Network	
LED	Light Emitting Diode	
MT	Moyenne Tension	
PRG	Pouvoir de réchauffement global	
R-22	Réfrigérant 22	
SONABEL	Société nationale Burkinabé d'électricité	
TD	Tableau divisionnaire	
TDE	Taxes de Développement de l'Electrification	
TSAADE	La taxe de soutien au Développement des Activités Audiovisuels de l'Etat	
TTC	Tout Taxe Confondu	
TRI	Temps de Retour sur Investissement	
TVA	Taxes sur la Valeur Ajouté	

NOMMENCLATURE

Général		
Abréviations	Définitions	Unités

EE	Economie d'énergie	
EF	Economie Financière	
Impp	Courant	A
Isc	Tension de court-circuit	A
P(max)	Puissance maximale	W
S _A	Secteur A	
S _B	Secteur B	
S _C	Secteur C	
S _D	Secteur D	
ST	Solaire Thermique	
Vmpp	Tension	V

I. INTRODUCTION

1. Contexte et justification de l'étude

En Afrique, la population est sans cesse grandissante ce qui entraîne l'augmentation de la demande en énergie. L'évolution des politiques énergétiques quant à elles est très lente. En effet d'après le rapport spécial de l'Agence Internationale de l'Energie concernant les perspectives d'énergie en Afrique pour le compte de 2019, près de 70% de la population africaine n'ont pas accès à l'électricité. Par contre, la part d'émission des gaz à effet de serre de l'Afrique dans le monde a augmenté de 2010 à 2018 à hauteur de 0,4% soit 1,2 Gigatonnes de CO₂ en 2018 [1]. D'après la **Figure 1**, nous constatons une sous-utilisation des énergies renouvelables en Afrique subsaharienne notamment le solaire car il ne représente que 1% de la production énergétique totale.

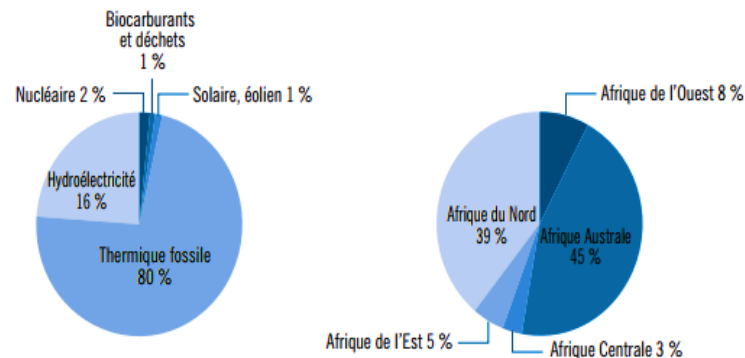


Figure 1. Répartition de la capacité installée en Afrique par sources en 2013 [2].

Le Burkina Faso est un pays enclavé d'Afrique de l'Ouest qui réalisa des progrès économiques faisant augmenter son produit intérieur brut à hauteur de 5.6% entre 2011 et 2017 [3] créant ainsi une augmentation de la demande énergétique. Il a été classé en 2019 par le PNUD, 182^{ème} sur 189 pays selon l'indice de développement humain [4], ce qui justifie qu'il soit l'un des pays les plus pauvres au monde. En effet, ce pays possède très peu de ressources naturelles mais celle la plus abondante est la ressource solaire avec un ensoleillement moyen journalier estimé à 5,5 kWh/m² [5]. Fort fut de constater qu'en 2017 pour un taux d'électrification nationale de 20,62%, la part des énergies renouvelables fût de l'ordre de 12,53% [3] : une ressource solaire sous exploitée. Cette situation pousse l'état Burkinabé à envisager des réformes pour améliorer sa productivité qui est jusque-là très dépendante de l'énergie thermique car sur 30 centrales installées pour une production à l'échelle nationale de 1 097,6 GWh, il a 17 centrales thermiques, 4 hydroélectriques, 2 solaires et 7 systèmes isolés. Ces réformes sont visibles dans la stratégie mise sur pieds par le Ministère des Mines des Carrières et de l'Energie allant de

2019 à 2023 et s'articulant sur 2 axes principaux à savoir :

- ➡ le renforcement de l'offre énergétique qui intègre l'utilisation massive des énergies renouvelables [3];
- ➡ la promotion de l'efficacité énergétique dans le but entre autres de rationaliser le transport, la distribution et la consommation de l'énergie [3].

C'est dans ce contexte général que s'aligne ce travail de fin d'études.

En effet, l'Aspirât des Sœurs de l'Immaculée Conception de Tampouy (ASIC) possède une installation électrique datant de plus de 57 ans et est sujet au fil du temps à une augmentation de ses charges électriques. Il trouva donc judicieux de faire un diagnostic de ses installations afin de rationaliser sa consommation énergétique, de s'arrimer aux normes internationales en vigueur, ce qui lui permettra de faire des gains d'énergie et financier et d'améliorer la performance du fonctionnement de leurs installations entre autres celles de solaire thermique servant à la production de l'eau chaude sanitaire.

2. Objectifs de l'étude

L'objectif général de notre travail est donc d'analyser les installations électriques, énergétiques et thermiques de ce pensionnat et de proposer des solutions d'amélioration avec un accent particulier mis sur la partie de solaire thermique (chauffe-eau) au travers de l'analyse des données de l'installation de solaire thermique instrumentée sur le site.

Pour aboutir à l'objectif général de notre projet, les objectifs spécifiques à atteindre sont les suivants :

- ➡ Répertorier toutes les pannes ou non-conformités dans les installations électriques et proposer des scénarios de correction ;
- ➡ Faire une étude des factures d'électricité du site ;
- ➡ Réaliser un audit énergétique du site consistant à proposer des mesures d'économie pour réduire la facture électrique ;
- ➡ Collecter et analyser les données de l'installation solaire thermique instrumentée sur le site ;
- ➡ Réaliser la maintenance de l'installation pendant la période de stage et apprendre aux élèves comment prendre soin des installations d'eau chaude solaire pour en tirer le meilleur parti.

Le présent mémoire, qui restitue notre travail de fin d'études au Laboratoire Énergies Renouvelables et Efficacité Énergétique (LabEREE) et à l'ASIC de Tampouy est structuré

comme suit :

- ➡ Une première partie dite **Présentation du site et du projet** dans laquelle nous présenterons les structures d'accueil et le projet en lui-même au travers des installations du pensionnat ;
- ➡ Une seconde partie pour **les généralités** ;
- ➡ Une troisième partie dite **Matériels et méthodes** rendant compte de la méthodologie de travail et du matériel utilisé lors des travaux ;
- ➡ Une quatrième partie dite **résultats et discussions** présentant les résultats issus de notre analyse avec des discussions à l'appui.

II. PRESENTATION DES STRUCTURES D'ACCUEIL ET DU PROJET

1. Présentation des structures d'accueil

Le stage s'est déroulé à l'Aspirât de Tampouy et au LabEREE. Nous les présenterons dans les lignes qui suivent.

1.1. Présentation du LabEREE

Localisé à 2iE Kamboincin sur le site du K1, le LabEREE, fait partie des trois laboratoires de recherche de l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE). Ses objectifs cadrent avec ceux des grands organismes africains à savoir contribuer au développement de l'Afrique en apportant des solutions innovantes adaptées au contexte africain dans le domaine de l'énergie. Ceci dans de nombreux domaines tels que les énergies renouvelables, l'optimisation des systèmes de production d'énergie, la recherche de solutions optimales en matière d'intégration énergétique pour une valorisation efficace des ressources localement disponibles. Ses axes de recherches principaux sont 2 à savoir : Énergie solaire et réseaux intelligents (ESRI), et Valorisation Énergétique de la Biomasse (VALBIO). Il est constitué de 3 professeurs, de 7 enseignants chercheurs, de 3 enseignants, de 2 techniciens de laboratoire, d'un assistant d'enseignement et de recherche et de dix doctorants.

1.2. Présentation de l'ASIC de Tampouy

1.2.1. Historique et mission de l'ASIC

L'Aspirât est un site religieux qui a été fondé en 1948 et sa localisation à Tampouy fût effective en 1963. Sa mission première fût d'aider des jeunes filles ayant pour vision de mener une vie de bonne sœur à pouvoir avoir une éducation en accord à leur aspiration ou vision.

Au fil du temps, remarquant la présence d'enfants nécessiteux et errant dans les rues, l'Aspirât a étendu sa mission et s'est donné de venir en aide aux enfants nécessiteux en leur donnant de quoi manger chaque midi.

1.2.2. Organisation de l'Aspirât des SIC

Soit l'organigramme ci-dessous décrivant l'organisation de l'ASIC (**Figure 2**).

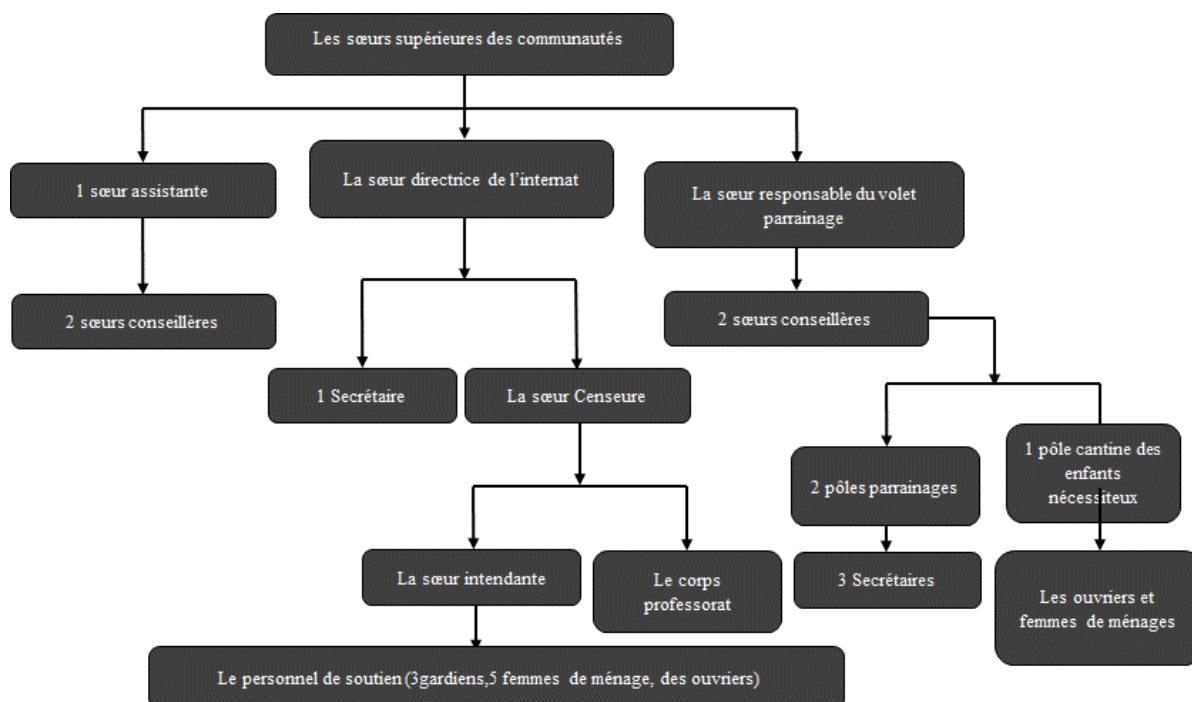


Figure 2. Organigramme de l'ASIC.

En ce qui concerne les filles, elles sont à nos jours aux nombres de 224 avec 206 filles résidentes internes et 18 externes. En outre, sur le site résident les bonnes sœurs aux nombres de 13 avec 5 ménagères.

2. Présentation du projet

2.1. Localisation du projet

L'ASIC se situe à Tampouy près de la mairie de l'arrondissement n°3 (signoogê) et est localisé à une latitude de 12°23'40.11"N et une longitude de 1°34'5.88"O. Soit ci-dessous et circonscrite en rouge, la localisation géographique du site issu de google Earth soumis à notre étude (**Figure 3**). Il a une superficie totale de l'ordre de **41 390 m²** pour un pourtour de 803 m et subdivisé en 4 grands secteurs répartis et dénommés comme suit :

- ➡ le secteur communauté que l'on appellera secteur A (S_A);
- ➡ le secteur **Sœurs de Tampouy** quant à lui sera désigné secteur B (S_B) ;
- ➡ le secteur nommé **Shalom** : secteur C (S_C) ;
- ➡ le secteur **SEN-BF** entendu par secours des enfants du Burkina Faso, dit Secteur D (S_D).



Figure 3. Localisation géographique de l'ASIC.

2.2. Architecture des locaux de l'ASIC

Sur le site on a 8 principaux bâtiments que nous avons nommés de A à H ajouté à cela nous avons, un bloc technique général, une infirmerie, une église, des toilettes, une pharmacie, des cuisines, des magasins, des parkings, des hangars, des blocs de boutiques mises en location etc. La figure ci-dessous illustre l'architecture du site (**Figure 4**).

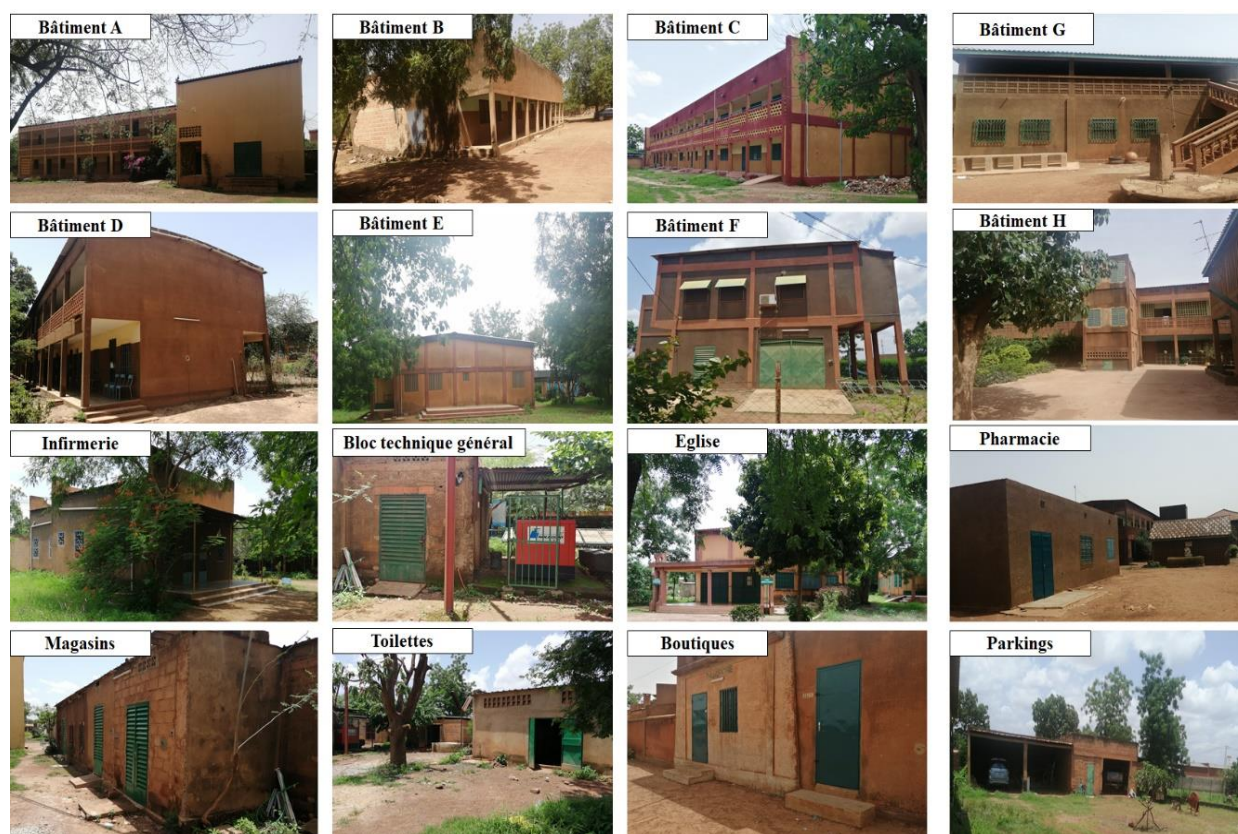


Figure 4. Aperçu des bâtiments du site.

Un plan de masse plus représentatif en annexe nous permet de mieux situer notre site de travail (**Figure A.1**).

L'architecture des bâtiments du site de travail est moderne et artisanale. Il est à noter que sur le site la majorité des bâtiments sont sans niveau exceptés les bâtiments A, C, D, F, G et H qui sont à 1 niveau. Les murs des bâtiments sont faits en briques de ciment de 20 cm d'épaisseur et sont recouverts (certains bâtiments) d'enduit de ciment (crépissage) et d'une couche de peinture parfois verte ou bleu ciel partiellement à l'extérieur et à l'intérieur nous avons la peinture bleu ciel totalement sur les murs. Certaines façades des bâtiments sont très peu exposées au rayonnement solaire du fait des arbres plantés tout autour. En ce qui concerne les ouvertures, les fenêtres et les portes, celles-ci sont doublées en d'autres termes soit vitrées et protégées ensuite d'une structure métallique soit en bois et protégées d'une structure métallique (**Figure 5**).



Figure 5. Illustration de certaines ouvertures de l'ASIC.

2.3. Les installations du site

L'analyse que l'on fera, portera sur les 4 secteurs du pensionnat. Ils sont principalement le siège des installations électriques, photovoltaïques (PV) et de solaire thermique que nous présenterons tour à tour brièvement.

2.3.1. Les installations électriques du site

Divisé pour une meilleure analyse en quatre secteurs, l'internat sur lequel nous avons travaillé possède 4 grandes installations électriques attribuées à chaque secteur avec chacun un compteur d'électricité classique avec leur abonnement tarifaire (**Figure 6**).

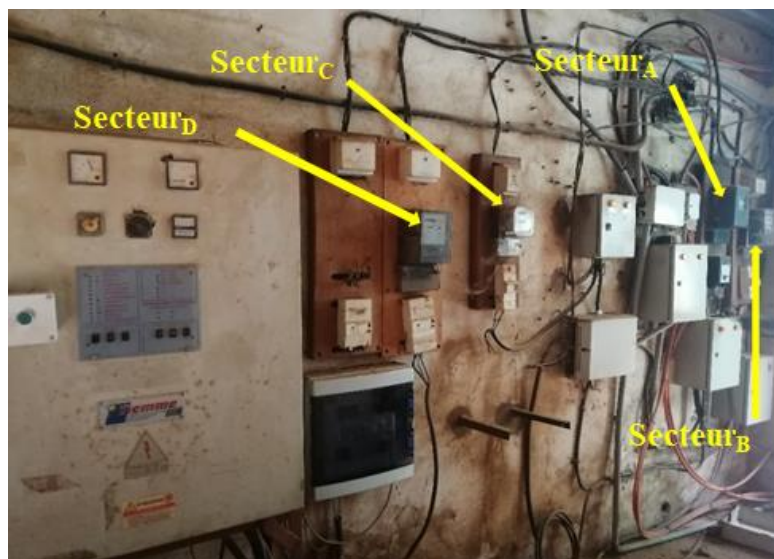


Figure 6. Les compteurs électriques des installations auditées.

2.3.2. Les installations PV du site

Afin de diminuer les dépenses engendrées par la facturation de l'électricité, il a été installé en avril 2017 sur le Secteur C une mini installation PV comportant 6 modules FU 250 P de 250 W branchés en parallèle, un onduleur chargeur PMW de 2 kVA, d'un régulateur et de 4 batteries (4×12 V, 200 Ah). En outre cette installation, nous avons l'alimentation sans interruption du bloc d'instrumentation de l'installation de chauffe-eau qui est faite de 2 modules de 60 W avec 1 régulateur et 2 batteries (2×12 V, 50 Ah). La **Figure 7** illustre ces installations et en annexe (**Tableau A.1**) se trouve les caractéristiques techniques de l'installation de PV du secteur C.



Figure 7. Les installations PV du site.

Le schéma synoptique de l'installation du secteur C est le suivant

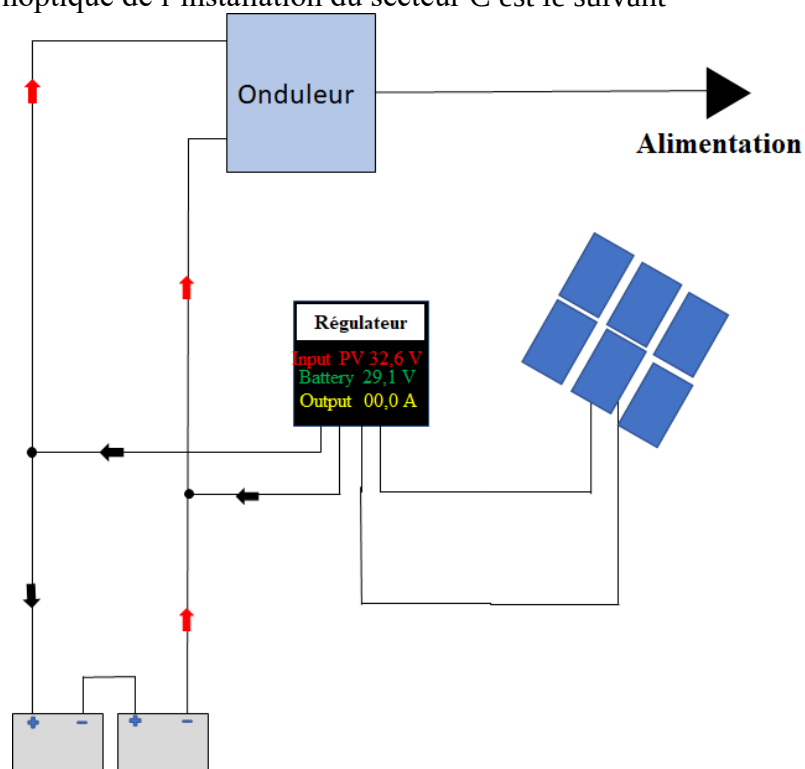


Figure 8. Schéma synoptique de l'installation PV du secteur C.

2.3.3. Les installations de solaire thermique du site

Le pensionnat a en son sein 5 installations de solaire thermique pour la production d'eau chaude sanitaire. Ces installations ont été faites il y a plus de 30 ans maintenant. Elles sont localisées sur le site comme présenté à la **Figure 9**.



Figure 9. Les installations de solaire thermique du site.

2.3.3.1. La répartition par secteur des installations de ST sur le site

En termes de répartition sectorielle, ces installations de ST sont distribuées comme suit :

Tableau 1. Répartition sectorielle des installations de ST du site.

Secteurs de l'ASIC	Installations de ST	Utilisateurs	Nombre des capteurs.	Volume du ballon de stockage
Secteur communauté (SA)	Installation 1	206 aspirantes	6 capteurs	600 L
	Installation 2		6 capteurs	600 L
	Installation 3	13 bonnes sœurs et 5 ménagères	6 capteurs	600 L
Secteur Sœurs de Tampouy (SB)	Installation°5	3 sœurs 2 ménagères 20 parrains	3 capteurs	300 L
Secteur SEN-BF (SC)	Installation°4	6 parrains	3 capteurs	300 L

Parmi les 5 installations, seule l'installation 1 a été instrumentée en juillet 2018 par le programme SOLTRAIN dans le but d'étudier sa performance.

2.3.3.2. Présentation de l'installation instrumentée

L'installation 1 a été instrumentée pour rendre compte de son efficacité et obtenir un certain nombre de données à analyser pouvant servir à l'avancée du domaine du ST au Burkina en particulier et en Afrique en général. Son schéma synoptique, son principe de fonctionnement sont comme suit (**Figure 10**). Les éléments de l'installation et leurs rôles sont en **Annexe A**.

➔ Schéma synoptique et principe de fonctionnement

□ Schéma synoptique

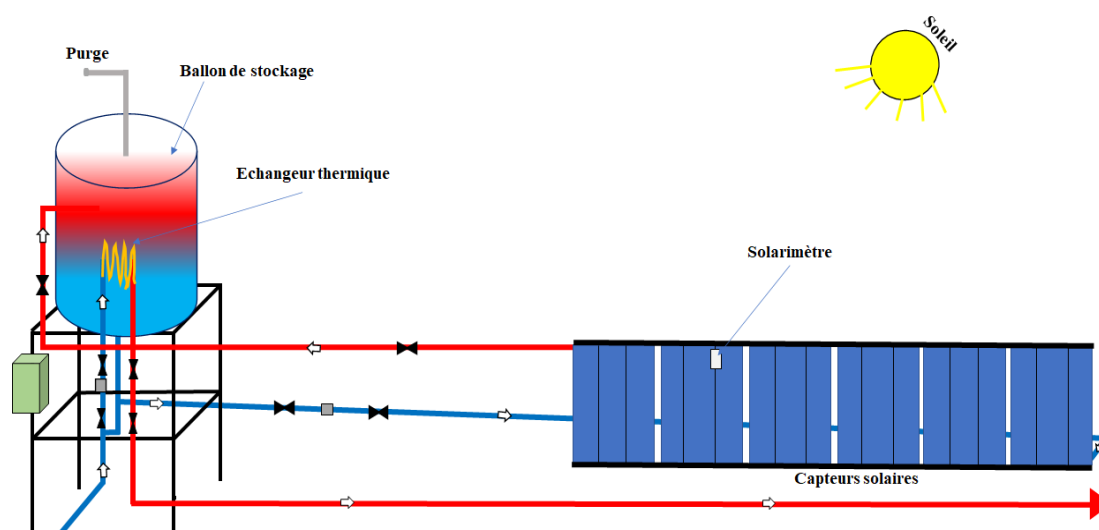


Figure 10. Schéma synoptique de l'installation 1.

❑ Principe de fonctionnement

Le Système fonctionne globalement en mode thermosiphon (en d'autres termes le stockage est en hauteur par rapport au lieu d'installation des capteurs).

En effet, l'eau quittant du réseau passe par 2 tuyauteries reliées aux capteurs et au ballon de stockage. Celle qui arrive au niveau des capteurs va circuler le long de la diagonale pour assurer une distribution équilibrée du débit d'eau. Les capteurs solaires thermiques sont constitués d'un coffre rigide, vitré et isolé à l'intérieur duquel une plaque recouverte d'un revêtement noir (absorbeur) reçoit le rayonnement solaire et le transforme en chaleur. Ensuite, l'eau qui est dans les tubes (fluide caloporteur) se réchauffe au contact de l'absorbeur qui lui transfère sa chaleur et celle-ci sera acheminée à la partie supérieure du ballon par une tuyauterie en acier galvanisée et isolée. De ce fait, l'eau contenue dans le ballon se réchauffe.

Cette eau chaude va échangée sa chaleur avec l'eau froide issue de la deuxième tuyauterie du réseau de l'Office national de l'eau et de l'assainissement liée directement à l'échangeur intégré dans le ballon. Cette chaleur va élever la température de la tuyauterie qui va par conduction thermique, chauffer l'eau qu'elle contient.

Enfin, cette eau va sortir saine et sera distribuée au niveau des toilettes des jeunes filles aspirantes pour usage sanitaire : le système est indirect car l'eau du stockage n'est pas directement utilisée. Une centrale d'acquisition fonctionnant en continue via une alimentation sans interruption (ASI) permet de récolter des données avec une période de 5 min.

III. GENERALITES

Il s'agit ici de rappeler quelques notions générales nous ayant été utiles dans nos travaux.

1. Alimentation électrique

➔ Les postes électriques

Pour permettre l'acheminement de l'énergie depuis le point de production aux consommateurs, on a des postes de transformation, d'interconnexion, mixtes et distribution.

➔ Le régime du neutre

Selon la norme NFC15-100 [6], il existe 3 régimes du neutre. Ils sont en général dénommés par 2 lettres en majuscules. Ces régimes sont le régime TT, le régime TN et le régime IT. Le régime TT qui est recommandé par la norme NFC 15 100 pour des installations domestiques.

□ Le régime TT

Il est représenté comme suit :

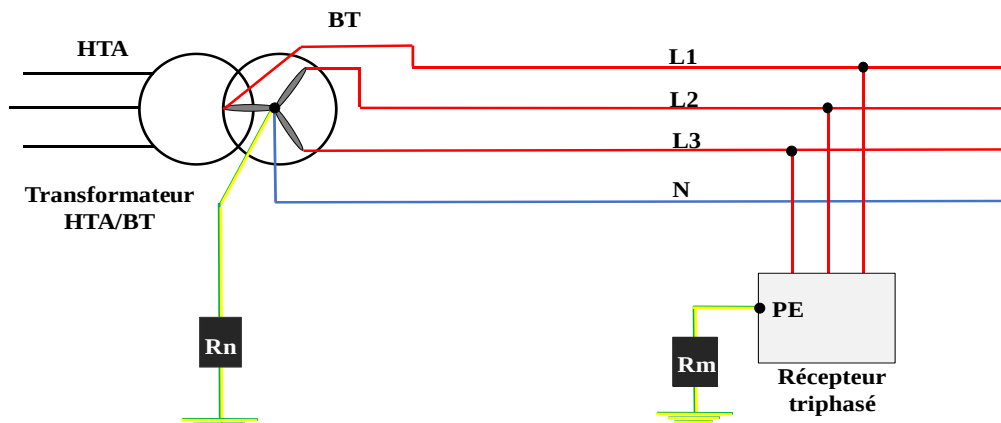


Figure 11. Schéma du régime TT.

En cas de défaut, un courant de défaut circule dans le circuit et il y a apparition d'une boucle de défaut entre le conducteur où se situe le défaut, le conducteur de protection électrique liant la masse à la prise de terre des masses jusqu'à la prise de terre du neutre, son interruption est rendue possible grâce à l'installation d'un dispositif différentiel à courant résiduel (DDR). Ce dispositif a un temps minimal acceptable avant sa réaction sinon une personne en contact avec la carcasse du récepteur mise sous tension, sera en danger.

2. Etudes des factures d'électricité

La facture électrique rend globalement compte de la consommation d'énergie opérée par un abonné et du coût de celle-ci. Elle est composée essentiellement de :

➔ Le nouveau index et l'ancien index de la consommation d'énergie de l'abonné

La différence respective de ces index nous donne la consommation d'énergie mensuelle de l'abonné.

- ➡ Le coût proportionnel des kWh effectivement consommés ;
- ➡ La prime fixe :

Du fait de la disponibilité permanente de l'électricité chez un abonné nonobstant son utilisation ou pas, le client doit donc payer une contrepartie à la SONABEL à cause de la permanence de sa puissance souscrite et cette contrepartie est fixée et dépend de la souscription de l'abonné et est appelée prime fixe.

- ➡ les redevances : elles représentent les frais de location et d'entretien du système de comptage et varient de même en fonction de la souscription de l'abonné.
- ➡ les taxes : elles ne font pas partie du coût de l'électricité mais sont reversées en fonction de leur nature au trésor public ou aux fonds de Développement de l'Electricité du Burkina Faso.
 - ❑ la taxe de soutien au Développement des Activités Audiovisuels de l'Etat (TSAADE) ;

Cette taxe est prélevée et reversée au trésor de l'état en matière de développement des activités audiovisuels de celui-ci. Sa valeur représente 1 FCFA/kWh pour les abonnés Basse Tension à consommation mensuelle de moins de 50 kWh, 3 FCFA/kWh pour les abonnés Basse Tension à consommation supérieure ou égale à 50kWh et 2 FCFA/kWh pour les abonnés Haute et Moyenne tension.

- ❑ la taxe de Développement de l'Electrification (TDE) est à hauteur de 2 FCFA/kWh ;

Cette taxe est prélevée et reversée au fond de développement de l'électricité du Burkina Faso pour la contribution individuelle de chaque abonné à l'électrification rurale. Elle représente 1 FCFA/kWh.

- ❑ la taxe sur la Valeur Ajoutée (TVA) : c'est un impôt collecté par les entreprises, les commerçants, les fournisseurs, les producteurs etc. Au Burkina elle est facturée à partir du 151^{ème} kWh et représente 18% du montant de l'électricité.

3. Bilan thermique

Le bilan thermique est effectué dans le but de déterminer les charges thermiques. Ces charges dépendent des apports de chaleur qui sont de 2 groupes : apports externes et internes.

➡ Apports externes

Ce sont les gains suivants :

- ❑ Gains de chaleur par conduction : Ils concernent les murs, le plancher, le toit et les ouvertures ;
- ❑ Gains de chaleur par rayonnement : Ils sont issus des murs, toitures et les ouvertures (parois vitrées) qui sont directement exposés au rayonnement.

En plus des conditions climatiques c'est-à-dire les apports solaires et atmosphériques, il existe les apports dus aux conditions internes des locaux à savoir les occupants, le renouvellement d'air, l'éclairage.

➡ Apports internes

- ❑ Apports dus aux personnes : ces apports sont de deux natures :
 - Nature sensible : elle est liée à l'activité des personnes dans le local (assis, couché, debout etc.) ;
 - Nature latente : elle dénote en général des vapeurs dégagées par le corps des occupants.
- ❑ Apports dus au renouvellement d'air

Une situation de confort nécessite un air sain et respirable dans le local donc il est important d'évacuer l'air vicié et d'apporter un air en quantité suffisante selon les besoins des occupants des locaux et ceci à travers un renouvellement d'air optimale. Ce renouvellement d'air a un apport de type sensible ainsi que latent qui tient compte de la température du local et celle de l'air extérieur.

- ❑ Apports dus à l'éclairage

Cela se calcule en sommant toutes les puissances qui leurs sont assignées.

Il existe plusieurs méthodes de calcul du bilan thermique à savoir :

- ➡ La méthode du choix arbitraire qui est propre aux professionnels du domaine ;
- ➡ La méthode détaillée qui permet de prendre en charge toutes les spécificités d'un local et de ses occupants ;
- ➡ La méthode des surfaces qui consiste à appliquer un coefficient à la surface du plancher à climatiser ;
- ➡ Les méthodes simplifiées données par les constructeurs du domaine (YORK, UCL etc.).

IV. MATERIELS ET METHODES

Cette partie vise à présenter les différents dispositifs de toute nature, les approches et méthodes employées pour atteindre l'objectif principal de ce travail.

1. Audit électrique du site

Il fût question pour des raisons de limite en matière d'équipements et de temps, de faire un inventaire des équipements sur le site tout en relevant les défauts ou inconformités des installations, d'en déduire les schémas électriques qui en découlent et un bilan de puissance conformément à ce qui est sur le site et de proposer des solutions palliatives aux problèmes recensés.

1.1. Installation électrique générale et inventaire des équipements électriques du site

Nous avons réalisé ici plus précisément, un état des lieux. Nous nous sommes servis d'un registre et d'un fichier Excel (**Figure 12**) préparé à l'avance pour la collecte des données, après le recensement manuscrit des équipements sur le site. Du fait des descentes régulières sur le site et des différentes enquêtes menées auprès des résidentes, nous avons pu comprendre le fonctionnement de l'installation générale du site, la répartition électrique sur le site et nous avons pu desceller le comportement des occupantes du site en matière d'utilisation des équipements.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following structure:

- Header:** MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES, Thème : Analyse des installations électriques et énergétiques de l'ASIC de Tampouy, MAGNE TEKAM Falonne, S10B-GEE/ENERGIES RENOUVELABLES.
- Section 1: ETATS DES LIEUX de l'ASIC de Tampouy.**
- Table 1: Equipements de l'Eglise**

Equipement	Quantité	Remarque	Statut
Dip. CDB Logard	1	reglées 12 m/Balun	OK
Pro. Courant	2		OK
Dip. CDB Logard	5	reglées 12 m/Balun	OK
Pro. Courant	1		OK
Brucourt	1	Pro. Courant	OK
Dip. CDB Logard	9	reglées 12 m	OK
Pro. Courant	1	reglées 12 m	OK
Dip. CDB Logard	9	reglées 12 m (BEE)	OK
Pro. Courant	2		OK
Brucourt	2		OK
- Section 2: Equipements de Batiment G** (partially visible)

Figure 12. Illustration du fichier Excel utilisé.

En outre, nous nous sommes servis de la norme **NFC 15-100** pour mieux analyser la conformité de l'installation générale du site. Nous recensons à chaque fois que constat fût fait les défauts de l'installation. On s'est servi de même d'un multimètre pour des mesures de Tension et Courant (**Figure 13**).



Figure 13. Illustration du multimètre numérique.

1.2. Schémas électriques des installations et répertoriage des défauts ou inconformités

1.2.1. Schémas électriques des installations

Nous avons au préalable déterminé les différents circuits des installations. Pour le faire, nous avons tout au long de l'identification procédé aux déclenchements et enclenchements des disjoncteurs des tableaux divisionnaires (TD) un par un et ensuite relever les différents équipements par circuit. Les schémas électriques ont été réalisés à l'aide du logiciel AutoCAD et sa bibliothèque électrique.

1.2.2. Répertoriage des défauts des installations

Lors du recensement des équipements nous avons pu élucider des pannes à partir des tests simples et pratiques et aussi par observation. En outre, la norme nous a permis de détecter les inconformités au niveau des installations.

1.3. Bilan de puissance des différents secteurs

Un bilan de puissance a en général pour objectif de déterminer la puissance et l'intensité totale d'une installation et certains dimensionnements en découlent comme celui des sources d'énergie, des batteries de condensation etc. Dans notre cas de figure, l'installation est déjà faite donc nous avons fait un **bilan théorique radial** consistant à reproduire exactement ce qui est sur le site. Ceci nous a permis de dire si oui ou non la souscription d'intensité à la SONABEL sur le site est adéquate en fonction de leurs charges, de faire des propositions afin d'améliorer l'installation. Le bilan de puissance est effectué conformément au théorème de Boucherot qui consiste à faire une comptabilisation des puissances actives et réactives et d'en déduire la puissance apparente totale. En ayant au préalable appliqué des coefficients de simultanéité et d'utilisation au niveau des circuits terminaux et principaux pour obtenir les puissances

foisonnées conformément aux équations suivantes :

$$P_f = P_{abs} \cdot k_s \cdot k_u \quad (1)$$

$$Q_f = P_f \cdot \tan(\varphi) \quad (2)$$

$$S = \sqrt{\sum_i P_f^2 + \sum_i Q_f^2} \quad (3)$$

Le coefficient d'utilisation (k_u) rend compte de l'utilisation réelle d'un appareil car celui-ci fonctionne rarement à sa puissance nominale. Le coefficient de simultanéité (k_s) quant à lui tient compte du fait que les récepteurs d'un même circuit ne fonctionnent pas toujours simultanément. Les coefficients de simultanéité pour armoire de distribution notés k_{sn} sont donnés selon la norme **UTE 63-410** et sont fonction du nombre de circuits. Les coefficients utilisés pour réaliser notre bilan sont contenus dans le tableau qui suit (**Tableau 2**).

Tableau 2. Coefficients de simultanéité et d'utilisation selon l'utilisation et par armoire de distribution.

1.4. Proposition des solutions aux problèmes répertoriés

La méthode a consisté à donner les scénarios d'amélioration des constats négatifs répertoriés. Sur cette partie les schémas électriques correctifs ont été proposés conformément aux recommandations de la norme sur la question et les bilans de puissance en découlant seront calculés.

2. Etude des factures d'électricité du site

Pour limiter les pertes au niveau des consommateurs, il faut maîtriser le concept d'optimisation tarifaire dépendant quant à lui de l'étude des factures d'électricité ou des factures d'autres sources d'énergies s'il y'en a. Pour notre cas d'études nous nous sommes intéressés à la facture d'électricité uniquement. L'information primordiale à connaître pour pouvoir analyser une facture est l'abonnement du client et cela est possible grâce à la grille tarifaire de la société d'électricité.

2.1. La facturation d'électricité au Burkina

La facturation totale mensuelle d'électricité s'obtient en appliquant l'équation suivante :

$$\text{Facture [FCFA]} = (\text{Consommation} \times \text{Tarif}) + \text{Prime Fixe} + \text{Redevances} + \text{Taxes (télé et électrification)} + \text{TVA} \quad (4)$$

2.2. Analyse des factures d'électricité du site

2.2.1. Détermination de l'abonnement tarifaire de chaque secteur

Nous nous sommes servis de **la grille tarifaire du Burkina** pour déterminer les abonnements des différents secteurs du site et analyser au mieux les factures. En annexe (**Figure B.1, Figure B.2**) se trouve respectivement la grille tarifaire du Burkina et des clichés des factures d'électricité de chaque secteur. En effet, en fonction du code tarif propre à la SONABEL qui est une combinaison de 5 chiffres, on peut déduire la souscription d'un abonné notamment un code tarif commençant par **15** implique un abonnement basse tension (BT) monophasé 2 fils avec une catégorie tarifaire dépendant des autres chiffres, **17** indique un abonnement BT 4 fils. Soit contenu dans le **Tableau 3** les différentes souscriptions en courant en fonction des 3 derniers chiffres du code tarif :

Tableau 3. Abonnements et Courants souscrits en fonction du code tarifaire.

Fin du code tarif	Début du code tarif	
	15 (BT 2 fils)	17 (BT 4 fils)
013	5 A	-
022	10 A	10 A
032	15 A	15 A
042	20 A	20 A
062	25 A	25 A
072	30 A	30 A

De cela découle la puissance souscrite.

2.2.2. Détermination de la puissance souscrite de chaque secteur

La puissance souscrite est déterminée par la formule suivante :

$$\text{Puissance souscrite} = \alpha \times (\text{Courant souscrit} \times \text{Tension souscrite} \times \cos \varphi) \quad (5)$$

Avec :

α : Coefficient multiplicateur égale à 1 pour un abonnement monophasé et $\sqrt{3}$ pour celui triphasé ;

$\cos \varphi$: Le facteur de puissance qui est égale à 1 pour un abonnement monophasé et 0.8 pour un abonnement triphasé.

Il est important de noter qu'en triphasé la tension fût prise à 400 V et 230 V en monophasé comme appliqué à la SONABEL.

2.2.3. Analyse de l'évolution des factures d'électricité à l'ASIC

Nous avons collecté et analysé des factures d'électricité du site de septembre 2016 à avril 2020. Après leur analyse une étude d'une possible optimisation de ces factures a été faite.

2.3. Optimisation des factures d'électricité de l'ASIC

L'optimisation des factures a été faite en fonction de la souscription tarifaire sur le site.

3. Audit énergétique du site

Dans cette partie il a été question de faire l'analyse des postes de consommation d'énergie sur le site et d'en déduire des mesures d'économie d'énergie.

3.1. Analyse des postes de consommation d'énergie

Cette analyse consiste à faire un inventaire des postes de consommation d'énergie du site, d'estimer la demande énergétique du site, de faire une vérification de cette estimation et enfin de diagnostiquer ces postes.

3.1.1. Inventaire des postes de consommation d'énergie

L'inventaire se fait tout simplement par constatation avec des relevés à l'appui.

3.1.2. Estimation de la demande énergétique

La demande énergétique concerne les postes recensés. Pour les équipements de chaque poste, cette demande est obtenue en multipliant la puissance nominale (P_i) de celui-ci par son temps de fonctionnement (t_i) d'où l'opération suivante :

$$E = P_i \times t_i \quad (6)$$

Il est important de noter que le temps de fonctionnement est estimé en fonction des comportements des habitants.

Méthodologie du calcul du temps de fonctionnement des équipements

Les résidentes du site sont les sœurs et donc elles font 365 jours en général sur le site. Concernant les jeunes filles, celles-ci ont 2 congés à savoir les congés de Noël et de Pâques de 4 semaines soit 28 jours et environs 2 mois et demi de vacances, soit 75 jours, ce qui laisse à 262 jours, les jours de présence des filles sur le site.

Les moteurs des moulins sont utilisés 3h de temps par semaine environ 0,5 h par jour.

Concernant les équipements de l'église, ils fonctionnent en général le samedi et dimanche pendant les messes soit 2 jours par semaine correspondant à 96 jours que nous plafonnons à 120 jours pour raisons d'événements autres nécessitant la messe. L'utilisation de la machine à laver est de 1 fois par semaine soit 48 jours par an.

La climatisation quant à elle, est utilisée pendant 8 mois sur 12 (exception faite en juillet, août, décembre et janvier) soit 241 jours d'utilisation après soustraction.

Quant aux résidences du secteur Sœur de Tampouy accueillant particulièrement des parrains et

donataires, celles-ci sont en général occupées pendant les périodes de vacances et congés pour environ 4 mois soit 120 jours.

Le secteur C étant presque autonome du fait de son alimentation à partir d'une installation PV, les jours d'utilisation sont ceux durant lesquels on a une faible production solaire (mois pluvieux) soit 62 jours.

Pour prendre en compte les périodes de délestage et des surestimations pouvant avoir été faites, les heures estimées de fonctionnement annuel seront prises aux 2/3 de leur valeur.

3.1.3. Vérification de l'estimation de la demande énergétique faite

Pour confirmer les estimations sur les temps de fonctionnement donc la demande énergétique, nous avons fait une comparaison de la consommation d'énergie estimée avec celle issue des factures d'électricité en faisant un choix d'une année de référence. L'année de référence doit être choisie la plus récente [7] et la plus fiable en termes de matérialisation de la situation réelle de la consommation sur le site.

3.1.4. Diagnostic des postes de consommation

Nous avons diagnostiqué les postes qui sont les plus énergivores à l'instar des postes d'éclairage, de climatisation, de ventilation et les biens de consommation.

3.1.4.1. Diagnostic de l'éclairage

La méthodologie ici a consisté à établir un inventaire des types de lampes installées sur le site, tout en les répartissant en fonction des puissances installées.

En outre, à l'aide d'un luxmètre (**Figure 14**) nous avons analysé l'éclairement, afin de déterminer les locaux les moins éclairés et améliorer leur éclairage [8] conformément aux éclairages des lampes (**Figure C.8**).



Figure 14. Illustration d'une mesure d'éclairement dans la chambre des filles avec le luxmètre.

3.1.4.2. Diagnostic de la climatisation

Concernant la climatisation, nous avons fait un bilan thermique des différentes chambres climatisées de chaque secteur du site et à partir de cela, nous avons jugé l'utilité ou non des climatiseurs installés au lieudit et proposé d'autres si nécessaire.

➡ Bilan thermique

Le bilan a été évalué selon la méthode détaillée en considérant les conditions climatiques internes et externes étant respectivement égales à 26 °C avec 50% d'humidité relative et 39°C avec 30% d'humidité [9]. Les tracés pour déterminer les paramètres des conditions climatiques internes et externes furent réalisés à partir du logiciel **Diagramme de l'air humide de Fred Benet**.

Pour la détermination des gains de chaleur nous avons situé le soleil le jour le plus défavorable de l'année qui est le 15 avril à 14 h [9]. Cette position est illustrée sur le diagramme solaire en annexe (**Figure C.11**). Ces gains sont obtenus par les équations suivantes :

□ Gains de chaleur par conduction.

$$Q = H \times S \times \Delta T \quad (7)$$

Avec

Q : gains de chaleur échangée (W) ;

H : coefficient globale d'échange thermique ($\text{W/m}^2 \times ^\circ\text{C}$) ;

S : surface d'échange (m^2) ;

ΔT : Écart de température entre l'extérieur et l'intérieur.

□ Gains de chaleur par rayonnement

➤ Gains solaires par les murs et les toitures :

$$Q = H \times S \times \Delta T_f \quad (8)$$

Où

$$\Delta T_f = \frac{a G}{h_e} F \quad (9)$$

Avec :

G : valeur du rayonnement global tombant sur les parois de différentes orientations ;

h_e : coefficient de convection ($\text{W/m}^2 \times ^\circ\text{C}$) ;

a : coefficient d'absorption ;

F : inertie du mur.

➤ Gains solaires par les parois vitrées :

$$Q = g \times F \times S \times G \quad (10)$$

Avec

g : facteur solaire de la vitre ou facteur de transmission moyen de la vitre ;

F : facteur correctif dû à la présence de rideaux extérieurs ou intérieurs ;

S : surface de la vitrine (m²) ;

G : le rayonnement global tombant sur la vitre.

Concernant les apports internes nous avons :

❑ Apports dus aux personnes

➤ Nature sensible

$$Q_s = \text{nombre de personnes} \times \text{coefficient de chaleur sensibles par individu} \quad (11)$$

➤ Nature latente

$$Q_L = \text{nombre de personnes} \times \text{coefficient de chaleur latent par individu} \quad (12)$$

❑ Apports dus au renouvellement d'air

Ils sont de nature sensible et latente. On a de ce fait :

$$Q_s = 0,294 \times q_v \times \Delta T \quad (13)$$

$$Q_l = 0,82 \times q_v \times \Delta x \quad (14)$$

Avec :

Q_s : Chaleur sensible (W) ;

Q_l : Chaleur latente (W) ;

q_v : Débit d'air minimum pour une personne (m³/h) ;

Δx : Écart de teneur en eau entre l'extérieur et le local (kg/kgAs) ;

ΔT : Écart de température entre le local et l'extérieur.

❑ Apports dus à l'éclairage

$$Q = \sum n_i \times P_i \quad (15)$$

Avec :

n_i : Le nombre d'équipement du même type dans le local ;

P_i : La puissance électrique de l'équipement (W) ;

Après le bilan thermique nous avons évalué le taux de couverture en demande de froid des climatiseurs actuellement sur le site.

➡ Couverture de la demande en froid des climatiseurs du site

Ici le but a été de comparer la charge totale de climatisation des locaux avec la puissance frigorifique des climatiseurs.

3.1.4.3. Diagnostic de la ventilation et des biens de consommations

Pour le diagnostic, nous avons recensé les équipements de ventilation et les biens de consommations puis évalué la puissance totale installée de ceux-ci par secteur tout en notant. Les habitudes des usagers en termes d'utilisation de ces biens

3.2. Mesures d'économie d'énergie proposées

Le but ici a été de proposer des solutions aux problèmes répertoriés plus haut en fonction des postes de consommation afin d'obtenir des gains d'énergie et des économies financières.

Les mesures d'économie d'énergie sont présentées et classées en fonction du coût d'investissement qu'elles requièrent à savoir : les mesures à investissement faible ou nul, les mesures à investissement moyen et les mesures à investissement élevé.

Nous avons réalisé pour chaque mesure une évaluation du coût d'investissement, de l'économie annuelle d'énergie et financière et enfin du temps de retour sur investissement (TRI).

Pour modèle d'exemple de formules et calculs nous prendrons le cas de l'éclairage, pour le reste seuls les résultats seront présentés.

3.2.1. Mesures à investissement faible ou nul

3.2.1.1. Sensibilisation (sobriété énergétique)

La meilleure façon d'économiser de l'énergie passerait par éviter d'en utiliser [10]. Ceci laissant croire que la sensibilisation sur l'utilisation efficace des équipements est très importante. Nous préconisons donc une sensibilisation des résidents permanents ou temporels sur le site.

3.2.1.2. Suivi de la facture d'électricité

Nous avons remarqué lors de l'étude des factures, des montants très exorbitants de certaines factures. Ce genre de désagrément est parfois lié à un mauvais relevé de la part de l'agent ou tout simplement à des relevés inventés conformément à ce que consomment d'habitude les usagers. Nous avons donc trouvé idéal d'élaborer un pro-logiciel permettant le suivi de ces factures d'électricité par les résidentes.

3.2.2. Mesures d'économie à investissement moyen

3.2.2.1. Remplacement des luminaires

Il s'agit de remplacer les lampes énergivores par celles qui dites économiques.

Les économies d'énergie (EE) réalisées après remplacement s'obtiennent par l'équation (5) :

$$EE = \sum_i (P_{1i} - P_{2i}) \times t_i \quad (16)$$

Avec :

P_{1i} : la puissance des équipements avant optimisation ;

P_{2i} : la puissance des équipements après optimisation ;

t_i : le temps de fonctionnement annuel des équipements.

Les économies financières (EF) réalisées s'obtiennent par l'équation 6 :

$$EF = \sum_i (P_{1i} - P_{2i}) \times t_i \times \text{tarif}_i \quad (17)$$

Avec :

tarif_i : le tarif moyen de l'énergie, avec tarif_1 égale à 106 FCFA en basse tension triphasée et tarif_2 égale à 102 FCFA en basse tension monophasée.

Le temps de retour sur investissement est obtenu en rapportant le coût d'investissement englobant l'investissement initial et la maintenance (si nécessaire) à l'économie financière annuelle et le produit de ce rapport par le nombre de jours moyen de fonctionnement annuel des équipements. Pour notre projet le nombre de jours est de 212 jours/an avec 20 jours/mois.

3.2.3. Mesures à investissement élevé

Il s'est agi ici de remplacer les brasseurs et les climatiseurs par d'autres consommant moins d'énergie.

3.3. Récapitulatif des résultats issus des mesures proposées

Nous avons ensuite présenté de façon synthétisée les résultats découlant des mesures qui ont été proposées.

Les objectifs du développement durable mettant un accent particulier sur la protection de l'environnement [11], nous nous allions à eux en évaluant la quantité de CO₂ qui pourrait être épargnée en implémentant les mesures d'économie prescrites.

3.4. Impact environnemental de notre étude

Parmi les propositions faites, un impact environnemental en découle. Cette partie de notre travail met en exergue les différents impacts environnementaux des solutions proposées du poste de l'éclairage, de la climatisation jusqu'au poste des brasseurs.

En effet, l'émission des gaz à effet dans l'environnement est quantifiable. Au Burkina Faso, la quantité de gaz à effet de serre émise est estimée à **0,469 kg CO₂ eq/kWh** [12]. Avec ce ratio, nous allons pouvoir évaluer l'émission de CO₂ épargnée du fait des mesures d'économies proposées, en appliquant l'équation (17) :

$$\text{Qté de CO}_2 \text{ épargnée} = \left[\left(\sum_i 0,469 \times \text{Economies d'énergie annuelle}_i \right) + (\text{masse}_{\text{FF}} \times \text{PRG}_{\text{FF}}) \right] \quad (18)$$

Avec :

Economies d'énergie annuelles_i : économies d'énergie annuelles réalisées pour une i mesure d'économie proposée ;

masse_{FF} : Masse du fluide frigorigène dans le circuit frigorifique ;

PRG_{FF} : Pouvoir de réchauffement global du fluide frigorigène.

4. Analyse des installations de solaire thermique du site

Il a été question ici de faire un diagnostic des installations de solaire thermique du site, de faire la collecte et l'analyse des données de l'installation instrumentée. De réaliser un bilan énergétique du système, d'évaluer l'utilisation du système d'eau chaude, de recalibrer le solarimètre pour vérifier la fiabilité des données recueillies sur le site, d'étudier une possibilité de délocalisation de l'installation 1, de réaliser la maintenance des installations et l'apprentissage aux jeunes filles. Nous avons déjà eu à présenter globalement l'ensemble des systèmes de production d'eau chaude plus haut.

4.1. Diagnostic des installations de solaire thermique du site

Ici, nous avons recensé les différents défauts des installations de ST.

4.2. Collecte et analyse des données de l'installation instrumentée

La collecte des données s'est faite localement. Pour établir une connexion entre le box et notre ordinateur portable nous nous sommes servis du logiciel **Winsol** (Figure C.16) et à l'aide d'un câble RJ45 une connexion locale (LAN : local Area Network) a été établie et les données collectées en fonction de la plage de temps désirée.

4.2.1. Les paramètres étudiés

Le logiciel Winsol nous permet d'avoir 34 paramètres, nous en utiliserons 14 répertoriés dans le **Tableau C.28** en annexe.

4.2.2. Les données collectées

Elles ont été collectées sur l'intervalle de temps allant du 1^{er} Août 2019 au 31 juillet 2020. Les données étant enregistrées dans un intervalle de 5 min, elles sont donc importantes. Nous avons de ce fait pour une meilleure analyse, évalué les valeurs moyennes journalières de celles-ci en fonction des résultats à mettre en exergue et les plus pertinentes seront présentées.

L'irradiance est une des données à surveiller de près sur le site car elle semble d'après une étude précédente être surréaliste en ce qu'une irradiance de 1747 W/m² fût obtenue dans des

conditions peu optimales.

4.2.3. Analyse des données collectées

Nous avons étudié les données du jour le plus ensoleillé et celui le moins ensoleillé conformément aux données d'irradiance obtenues à partir de l'instrumentation. Ces jours ont été déterminés.

4.2.3.1. Analyse des données du jour le plus et moins ensoleillé

Nous avons étudié l'évolution de l'irradiance, la température ambiante, la température d'entrée et de sortie de l'eau au niveau des capteurs et du ballon et enfin l'évolution du volume cumulé d'eau chaude consommé du jour le moins ensoleillé et du jour le plus ensoleillé.

4.2.3.2. Bilan énergétique de l'installation 1

Nous avons réalisé le bilan de la production d'énergie solaire et des pertes thermiques tout en spécifiant la fraction solaire et le rapport spécifique. Les différents paramètres évalués ont été calculés mensuellement à partir des formules suivantes :

□ Energie thermique d'eau chaude utilisée en kWh ($E_{th \text{ (eau chaude utilisée)}}$)

C'est l'énergie thermique extraite du stockage d'eau par les utilisateurs, elle est exprimée par :

$$E_{th \text{ (eau chaude utilisée)}} = \frac{5 \times P_{th \text{ (eau chaude utilisée)}}}{60} \quad (19)$$

□ Pertes thermiques totales en kWh ($Pertes_{th \text{ totale}}$)

C'est la somme des différentes pertes enregistrées tout au long de l'installation à savoir les pertes au niveau des capteurs solaires et celles au niveau du ballon de stockage en négligeant celles issu de la tuyauterie du fait de la bonne isolation qui y est. Elles s'expriment par :

$$Pertes_{th \text{ totale}} = Pertes_{th \text{ (capteurs)}} + Pertes_{th \text{ (ballon de stockage)}} \quad (20)$$

□ Rapport spécifique (kWh/m²)

C'est l'énergie thermique solaire reçue par les capteurs sur la surface d'ouverture de ceux-ci estimée à 10,7 m². Il est donné par l'équation suivante :

$$E_{th \text{ (eau chaude utilisée)}} = \frac{E_{th \text{ solaire}}}{\text{Surface des capteurs}} \quad (21)$$

□ Fraction solaire (kWh) :

C'est l'énergie thermique solaire extraite des capteurs solaires.

$$E_{th \text{ (eau chaude utilisée)}} = \frac{5 \times P_{th \text{ (eau chaude utilisée)}}}{60} \quad (22)$$

4.2.3.3. Evaluation de l'utilisation de l'installation 1

➡ Evaluation de la satisfaction des besoins en eau chaude des utilisatrices

En ce qui concerne la satisfaction des besoins en eau chaude, nous avons procédé par enquête sur le site et avons ensuite déduit le résultat qui en ressort.

➡ Evaluation de la consommation d'eau chaude sur le site (installation 1)

Cette consommation est analysable en nous basant sur les données de volume d'eau chaude collectées au niveau de l'installation 1.

4.2.3.4. Evaluation de la qualité des données d'irradiance sur le plan des capteurs thermiques

Ici l'objectif a consisté à évaluer « l'exactitude » des données d'irradiance issues de l'instrumentation. Pour cela, nous allons dans un premier temps effectuer un recalibrage du solarimètre installé sur le plan des capteurs thermiques et en second nous allons faire une comparaison des données issues de l'instrumentation sur le site et celles de la centrale de météorologie de Kamboincin.

➡ Recalibrage du solarimètre

Le recalibrage s'est fait à l'aide d'un solarimètre placé sur le plan des capteurs près du solarimètre du site (**Figure B. 3**) nous avons pu obtenir des données de 15h25 à 16h25 le 10 juillet 2020 et de 12h25 à 13h25 le 17 juillet 2020. L'objectif est de comparer les valeurs données par le solarimètre du site et celui du solarimètre utilisé pour effectuer le recalibrage.

➡ Comparaison des irradiances de la centrale météo de Kamboincin à celle du site.

Ici la comparaison a été faite sur 1 an en d'autres termes du 1^{er} Août 2019 au 31 juillet 2020.

4.3. Etude d'une possibilité de délocalisation de l'installation 1

Pour cette étude nous avons analysé les masques solaires dans la circonférence de l'installation à une période de l'année prise comme référence. En effet, la portée de l'ombre d'un objet est dépendante de la hauteur du soleil en d'autres termes plus le soleil est bas et plus l'ombre sera longue comme l'illustre la figure ci-dessous (**Figure 15**) :

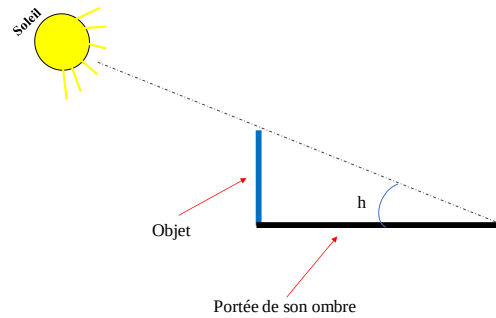


Figure 15. Portée de l'ombre d'un objet en fonction de la hauteur du soleil.

Pour l'étude de l'ombrage nous avons considéré le jour où le soleil est le plus bas pour visualiser les ombres et anticiper sur des possibles grandes surfaces de masques solaires sur l'installation. Nous avons compté le nombre d'arbres proches et éloignés de notre installation et à partir de **la technique de bucheron (Figure B. 4)** nous avons évalué leur hauteur. Ensuite grâce au logiciel Revit, nous avons géolocalisé notre installation et les relevés des distances entre l'installation et les obstacles (arbres, local technique, magasin et mur de la clôture) nous ont permis de les positionner et une simulation 3D a été réalisée.

La maintenance est un élément nécessaire au bon fonctionnement des installations de ST, nous avons proposé un planning de maintenance de ces 5 installations après avoir réalisé une séance d'apprentissage avec les jeunes filles.

V. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats obtenus à la suite de nos travaux conformément aux méthodes et matériels expliqués plus haut sont présentés dans cette partie.

1. Audit électrique du site

1.1. Installation électrique générale et inventaires des équipements électriques du site

1.1.1. Installation électrique générale

Le poste sur le site du pensionnat est un poste de distribution. C'est un poste extérieur plus précisément haut de poteau. En effet, c'est **un transformateur HTA/BT** qui assure la distribution en aéro-souterrain sur le site. Soit consigné sur la **Figure 16** une image illustrative de celui-ci.



Figure 16. Poste de distribution de l'Aspirât.

Le régime de neutre installé sur le site est **le régime TT** comme recommandé **par la norme NFC 15 100** pour des installations domestiques.

➡ Alimentation générale

□ Description de l'alimentation

L'Aspirât est subdivisé en 4 secteurs donc 4 compteurs électriques illustrés précédemment à la **Figure 6**. Parmi les 4 secteurs, un secteur est alimenté en monophasé notamment le **Sc** et les 3 autres sont en triphasés. Le site est alimenté par la SONABEL et secouru par un groupe électrogène **Tiemme** de 85 kVA de facteur de puissance 0,8 soit une puissance active de 68 kW (**Figure 17**).

Tableau 4. Caractéristiques techniques du groupe électrogène.



Figure 17. Groupe électrogène installé sur le site.

Désignation	Valeurs et unités
Marque	Tiemme
Puissance apparente	89 kVA
$\cos\varphi$	0,8
Puissance active	68 kW
Tension	400 V
Courant	127,6 A
Fréquence	50 Hz

□ Schéma électrique de l'alimentation générale

Le schéma synoptique de l'installation électrique générale du site est en **Annexe C**.

En effet, l'alimentation en électricité de ce pensionnat est assurée par la SONABEL, un groupe électrogène et les installations PV. Le groupe électrogène démarre automatiquement ou manuellement (très récurrent) en fonction de l'interruption ou non de l'électricité issue de la SONABEL. Cela est rendu possible grâce au contrôleur de groupe soutenu par des commutateurs qui basculent l'alimentation sur la source SONABEL ou le groupe électrogène et ses voyants rouge et jaune nous permettent de savoir sur quelle source on est (rouge pour la SONABEL et Jaune pour le groupe électrogène).

1.1.2. Inventaires des équipements électriques du site

Il est important de noter qu'ici nous avons eu du mal à faire le recensement de façon précise à cause de l'inaccessibilité de certaines salles du site (dites privées) et aussi les installations du site vieillissantes (50 ans) tout en notifiant que certaines installations se sont ajoutées au fil du temps. Les tableaux récapitulatifs des équipements par secteur, par bâtiment sont consignés dans des tableaux en **Annexe C**. Le secteur le plus vaste du site est le A, la répartition et inventaire des équipements de ce site justifieront cette affirmation.

1.2. Schémas électriques des installations et répertoriage des défauts ou inconformités

1.2.1. Schémas électriques des installations

Les schémas électriques découlant de nos analyses sont respectivement par secteur présentés en **Annexe C**.

1.2.2. Répertoire des défauts et inconformités des installations

En ce qui concerne les pannes et inconformités qu'on a détectés dans les installations nous avons :

- ➡ Les luminaires défectueux : cela est responsable parfois du sous éclairage dans une pièce ;
- ➡ Les prises de courant défectueuses ;

Comme inconformités, nous avons :

- ➡ L'absence d'un TGBT ;

Le TGBT est recommandé pour une meilleure utilisation des installations électriques.

- ➡ Absence des disjoncteurs différentiels au niveau de l'installation générale.

Nous avons constaté l'absence des dispositifs de protection contre les courants de fuite au niveau de l'installation générale du site ce qui est dangereux. Car en cas de mise sous tension d'une masse métallique toute personne en contact avec celle-ci est susceptible de perdre la vie en fonction du temps du passage du courant de défaut dans son corps.

- ➡ L'absence des TD dans certains bâtiments

Ceci empêcherait tout arrêt isolé de ces bâtiments en cas d'urgence ou de nécessité de maintenance et mettrait de ce fait en danger les usagers. En l'occurrence les bâtiments D, B, le coin des cuisines et magasins et ceux des douches sont concernés.

- ➡ La mauvaise répartition des circuits au niveau du TD

Nous avons constaté après des tests d'enclenchement et de déclenchement que certains disjoncteurs ne servaient visiblement à rien sur le TD car il y'a une surcharge faite sur la répartition des circuits au niveau de ces disjoncteurs. Les circuits d'éclairage, de prise de courant etc. étaient très peu sont pas découplés contrairement à la norme qui recommande ce découplage et un nombre d'équipements par circuits comme au maximum 8 luminaires sur un circuit d'éclairage en équilibrant les charges. Cela est le cas pour les bâtiments F, G et H.

- ➡ Des TD inexploités

L'exemple est pris au niveau des bâtiment A (chambres des jeunes filles) et C (salles de classes) où les câblages des circuits se sont fait directement sur le disjoncteur principal des tableaux divisionnaires ce qui dénote tout simplement de la mauvaise qualification des maintenanciers y ayant travaillé et aussi la paresse de vouloir bien faire ce qui leur fût assigné comme tâches.

- ➔ L'absence des dispositifs de protection à la partie DC et même AC de l'installation PV au niveau du Secteur C.

Au travers de ce répertoriage illustré par un tableau et des images en annexe (**Tableau C. 14, Figure C.2**), nous proposerons des solutions plus bas.

1.3. Bilan de puissance des différents secteurs

Les tableaux détaillés des données des bilans de puissance ne sauraient être présentés dans le rapport pour cause de l'étendue des installations (équipements) en particulier celui du Secteur A, néanmoins à titre d'illustration une image représentant le travail fait sur Excel est en annexe (**Figure C. 1**). Nous donnerons tout simplement les résultats des bilans qui récapitulent ici les puissances actives, réactives et apparentes, le courant appelé et le facteur de puissance. En appliquant la méthodologie présentée plus haut on obtient les résultats contenus dans le **Tableau 5**.

Tableau 5. Résultats des bilans de puissances radiaux.

Paramètres Secteurs	P (kW)	Q (kVAr)	S (kVA)	I (A)	Cos ϕ
Secteur A	29,9	24,9	30	43	0,9
Secteur B	18,6	15,2	24	35,1	0,77
Secteur C	1,29	1,11	1,70	7,40	0,80
Secteur D	8,45	6,80	10,9	15,7	0,78

Nous constatons un fort appel de courant au secteur A et de très bons facteurs de dépassant des fois la valeur conseillée 0,8 donc la compensation n'est pas d'actualité ou d'urgence.

1.4. Proposition de solutions aux problèmes répertoriés

Pour les solutions nous préconisons le remplacement total des disjoncteurs non différentiels moyennant une étude électrique de leur sélectivité par un collègue du domaine.

Nous suggérons que les luminaires endommagés soient totalement remplacés par des luminaires en bonne état mais en considérant l'efficacité de ceux-ci.

Nous proposons le recâblage de tous les différents TD des circuits électriques en respectant l'équilibrage des circuits et le découplage des postes de consommation sur ceux-ci

Nous recommandons une installation de TD dans les bâtiments D, bâtiment B, les blocs des cuisines et des douches.

➔ Schémas électriques correctifs des installations sur le site

En ce qui concerne les recâblages et les installations des TD nous avons proposé des schémas électriques pour faciliter le travail de ceux qui le feront sous réserves des vérifications plus approfondies. Ces schémas électriques sont consignés en **Annexe C**. Quant aux bilans de puissance qui en découlent nous avons obtenu les résultats suivants (**Tableau 6**) :

Tableau 6. Résultats des bilans de puissance correctifs.

Paramètres Secteurs	P (kW)	I (A)
Secteur A	24,2	38
Secteur B	16,8	32,4
Secteur C	1,16	6,7
Secteur D	8,46	15 ,67

On constate une diminution du courant appelé et de la puissance sans grande différence avec le bilan précédent. Mais néanmoins la répartition des circuits sera d'une grande utilité.

2. Etude des factures d'électricité du site

2.1. Analyse des factures d'électricité du site

2.1.1. Détermination de l'abonnement tarifaire de chaque secteur

Nous avons déduit de la méthodologie, le résultat suivant consigné dans le **Tableau 7**.

Tableau 7. Abonnement tarifaire des différents secteurs.

Secteurs	Abonnements (Simple Tarif)
Secteur A	Catégorie C /Basse Tension / monophasé 4 fils/ courant de 25 A
Secteur B	Catégorie C /Basse Tension / monophasé 4 fils/ courant de 30 A
Secteur C	Catégorie B/ Basse Tension / monophasé 2 fils/ courant de 20 A
Secteur D	Catégorie C /Basse Tension / monophasé 4 fils/ courant de 25 A

Le seul secteur alimenté en monophasé se révèle être le secteur C, ce qui était prévisible du fait équipements.

2.1.2. Détermination de la puissance souscrite de chaque secteur

Conformément aux factures électriques collectées sur le site et suivant la méthodologie présentée nous avons pu déterminer l'abonnement de chaque secteur, consigné dans le **Tableau 8**.

Tableau 8. Les abonnements de l'Aspirât.

Secteurs de l'Aspirât	Codes tarifaires	Puissance souscrite (kW)
Secteur communauté (SA)	17062	13,9
Secteur Sœurs de Tampouy (SB)	17072	16,6
Secteur Shalom (SC)	15042	4,60
Secteur SEN-BF (SD).	17062	13,9

2.1.3. Analyse de l'évolution des factures d'électricité à l'ASIC

Les données des factures ne sont pas dans le rapport comme ceux du bilan de puissance pour la même raison néanmoins une capture d'écran illustrative de l'analyse faite sur Excel est jointe en annexe (**Figure C.3**). L'analyse faite des données recueillies se présente comme suit :

2.1.3.1. Analyse de l'évolution de la facture du secteur A

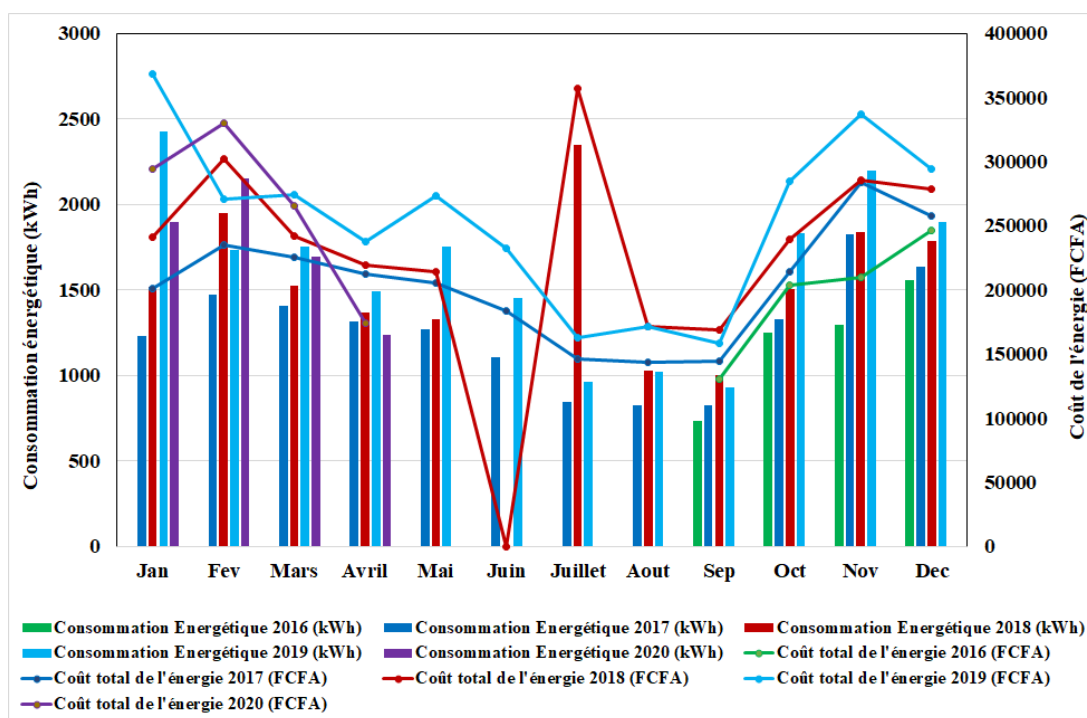


Figure 18. Evolution de la consommation d'énergie et du coût mensuel d'énergie du SA.

➡ Nous constatons à la **Figure 18** une augmentation progressive de la consommation d'énergie de 2016 à 2019, ceci se justifierait par l'augmentation des charges sur le site au fil du temps (notamment la construction d'autres bâtiments en l'occurrence le bâtiment C).

➡ L'évolution de la consommation est proportionnelle à celle du coût en d'autres termes, au Secteur A, la consommation est réelle et les coûts comme la redevance et la prime fixe ne

représentent pas une grande part sur le coût total de l'énergie.

➡ En juin 2018, la consommation d'énergie est nulle mais un grand bond est remarquable au niveau de juillet 2018. Cette situation serait due au fait que la consommation de juin n'a pas été relevée par inaccessibilité du site aux agents de la SONABEL d'où le cumul d'énergie de juin et de juillet.

Nous avons fait une moyenne pondérée entre juin et juillet pour déterminer les mois durant lesquels le S_A a la plus grande ou la plus petite consommation d'énergie. De cette pondération nous avons obtenu la **Figure C. 4** en annexe.

Conformément à cette pondération nous obtenons l'évolution mensuelle moyenne de l'énergie au S_A (**Figure 19**).

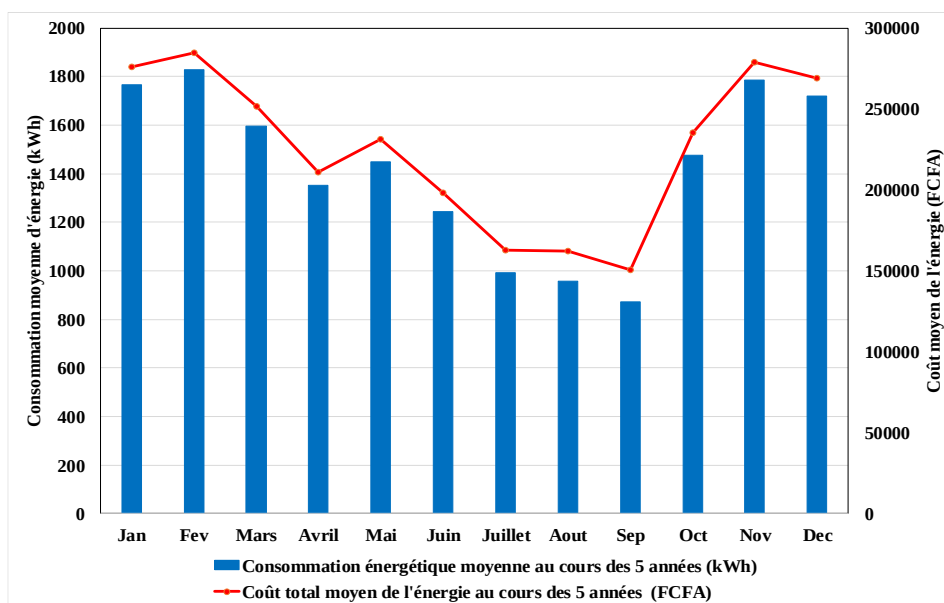


Figure 19. Evolution moyenne du coût et de la consommation d'énergie du secteur A.

➡ Les mois au cours desquels il y a les plus grandes consommations d'énergie sont respectivement : février, novembre et janvier. En effet ce sont des mois durant lesquels il fait chaud au Burkina donc requièrent l'utilisation des équipements comme les climatiseurs, brasseurs et ventilateur par les résidents du site ce qui fait augmenter la consommation. A contrario durant les mois de septembre, août et juillet, les consommations d'énergie sont les plus petites. Ce scénario étant prévisible car durant ces mois les filles sont en congés ce qui fait chuter la consommation.

2.1.3.2. Analyse de l'évolution de la facture du secteur B

De même, les graphes à titre explicatifs identiques à ceux du secteur A sont tracés pour ce secteur. Les observations découlant de la **Figure 20** sont les suivantes :

➡ Nous constatons qu'en janvier 2016 et en juin 2018 la consommation était nulle néanmoins le coût de l'énergie s'est résumé à la somme des redevances et primes fixes. Cette nullité de la consommation a donc entraîné une surestimation de la consommation des mois qui les ont suivis.

➡ Nous constatons de même que la consommation énergétique diminue au secteur B au fil du temps (2016-2020). Ceci s'explique par le fait que le secteur C était lié au secteur B avant avril 2017, donc les charges étaient plus importantes.

➡ La consommation énergétique est de même ici proportionnelle aux coûts qui en dépendent.

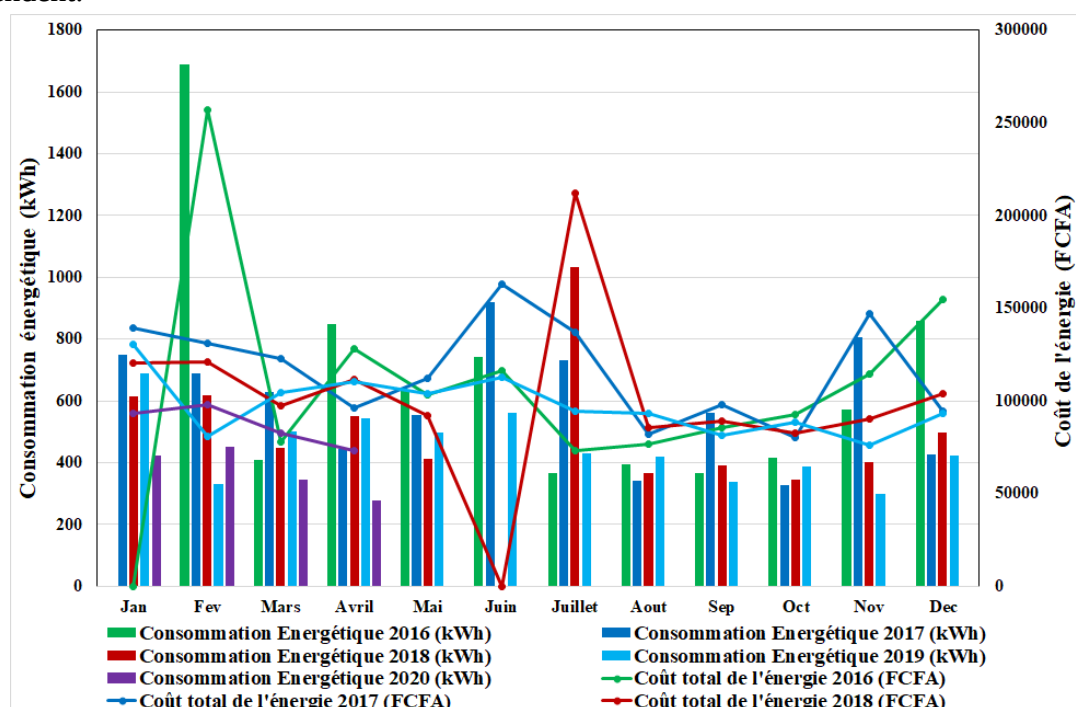


Figure 20. Evolution de la consommation et du coût mensuel d'énergie du SB.

Toujours pour mieux comprendre la consommation moyenne mensuelle, nous avons pondéré les mois de janvier 2018 et février 2018 puis juin 2018 et juillet 2018 illustré à la **Figure C.5**.

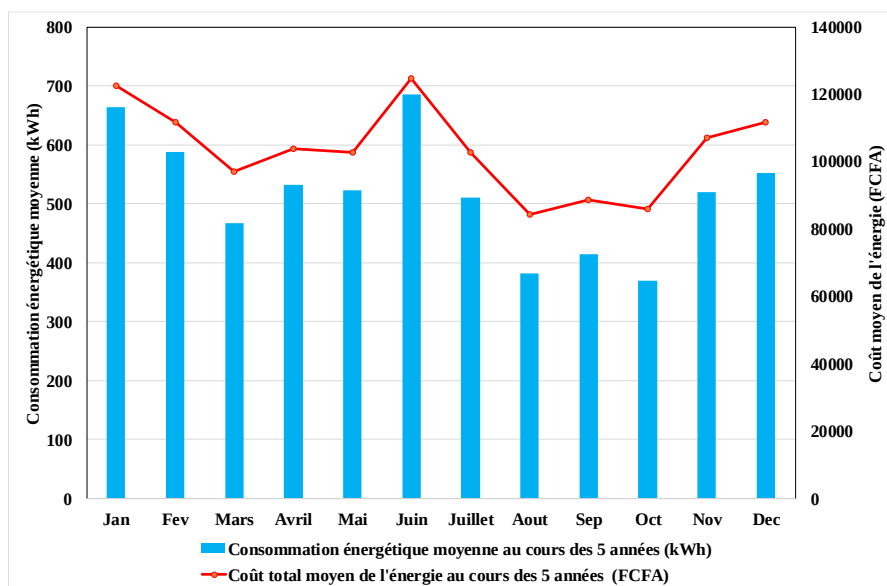


Figure 21. Evolution de la consommation moyenne mensuelle d'énergie et de son coût sur 5 ans au secteur B.

Les mois au cours desquels il y a les plus grandes consommations d'énergie sont ceux de janvier, février et juin. Les raisons sont identiques qu'au secteur A en ce qui concerne les mois de janvier et février A. Y ajouté nous avons la visite des parrains qui se fait des fois en juin ce qui augmente la charge de climatisation donc la consommation d'énergie. Les mois au cours desquels on a les plus basses consommations d'énergie sont ceux d'août, septembre et octobre.

2.1.3.3. Analyse de l'évolution de la facture du secteur C

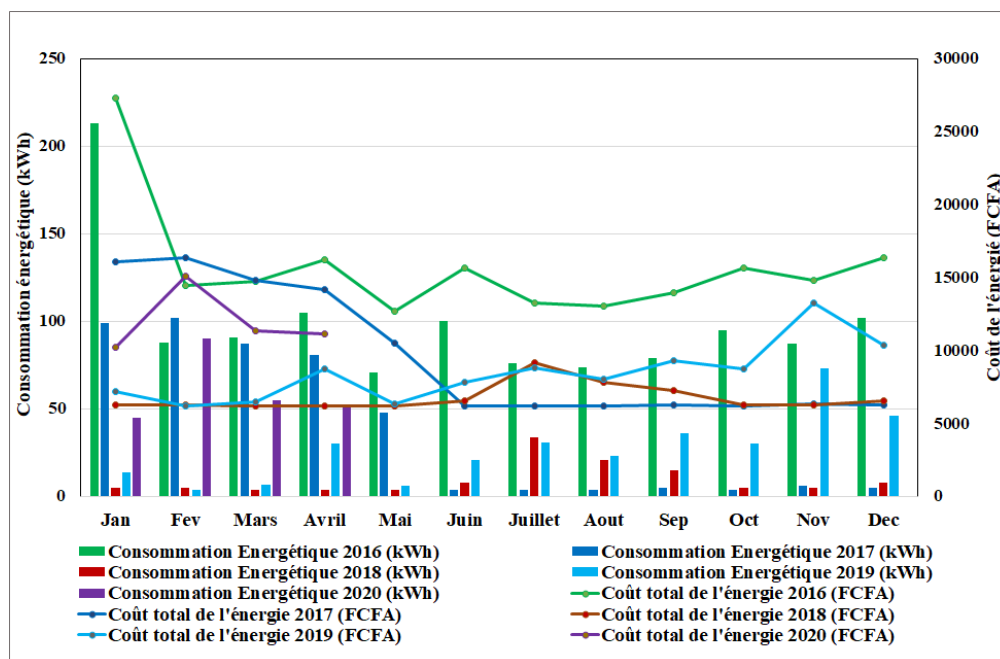


Figure 22. Evolution de la consommation et du coût mensuel d'énergie du SC.

- ➔ On constate une nette diminution de la consommation d'énergie entre 2016 et à partir d'avril 2017 jusqu'à de nos jours. Ceci se justifie par l'installation (ajout) d'un champ PV le 17 avril 2017. Champ de 1,5 kW_C.
- ➔ Nous constatons que le coût réel de l'électricité n'est plus proportionnel à la consommation. Ce qui se justifie du fait de la faible consommation d'énergie dans ce secteur, donnant aux résidents du Sc de payer en majorité les primes fixes et les redevances.

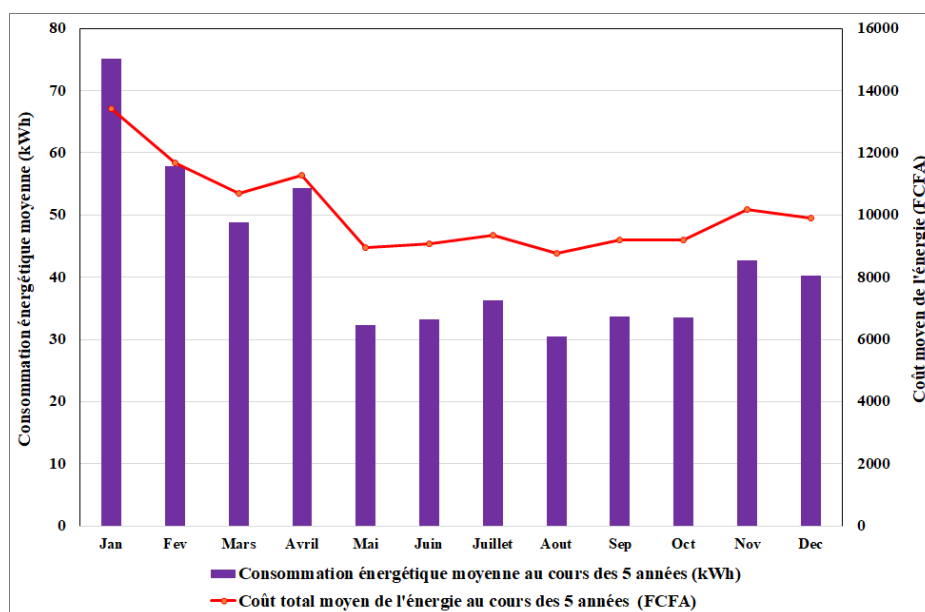


Figure 23. Evolution de la consommation et du coût mensuel d'énergie du Sc.

Août, juin et mai sont les mois durant lesquels il y a la plus basse consommation d'énergie contrairement à janvier et février.

2.1.3.4. Analyse de l'évolution de la facture au secteur D

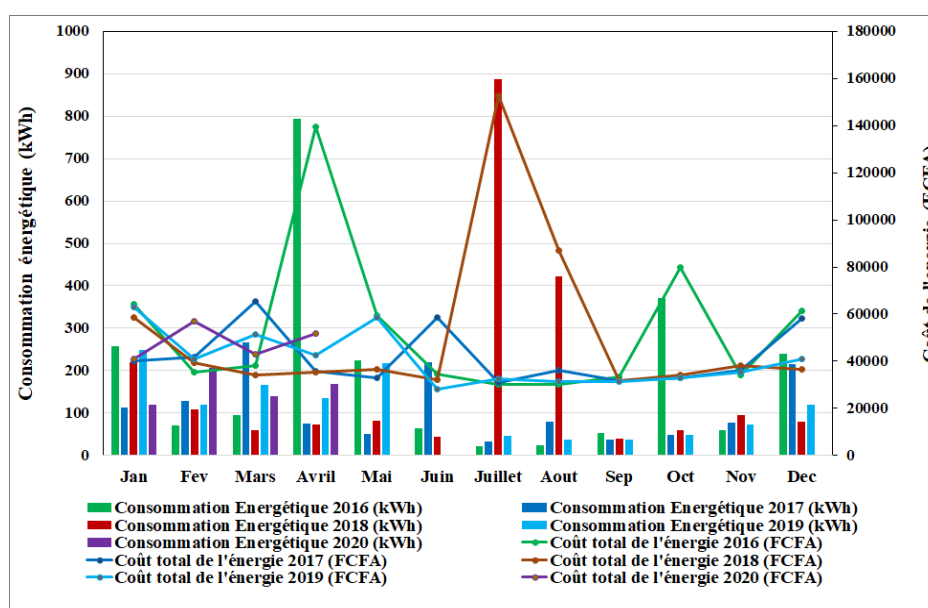


Figure 24. Evolution de la consommation et du coût mensuel de l'énergie du secteur D.

➡ La remarque flagrante faite à la **Figure 24** ici est celle des pics d'énergie consommée en avril 2016 et en juillet 2018. Ces pics sont peut-être dus à la présence effective des parrains dans le bâtiment F durant ces moments ce qui signifierait forte usage de la climatisation etc.

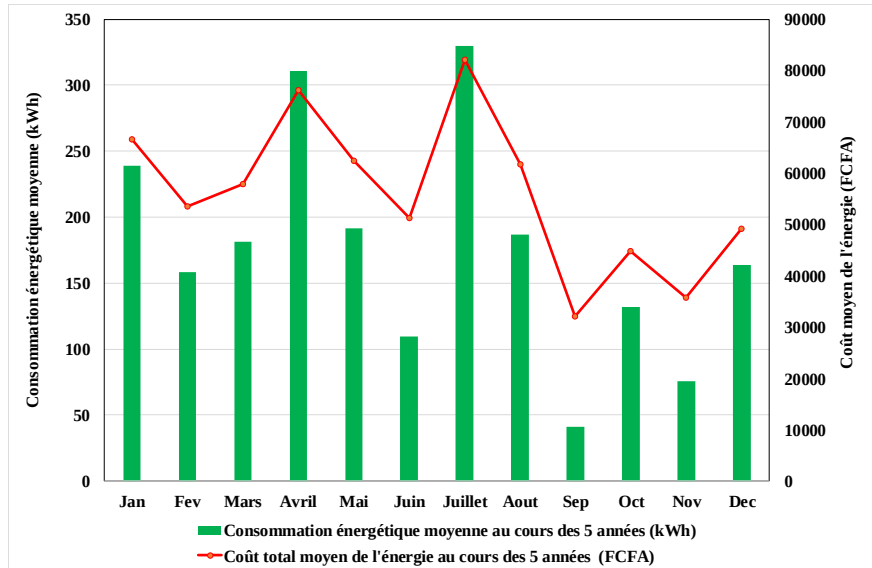


Figure 25. Evolution de la consommation et du coût mensuel d'énergie du SD.

La **Figure 25** dénote de la faible consommation d'énergie durant le mois de septembre, de novembre et de juin respectivement. Ce qui se justifierait par l'absence des visites de parrains ou d'étrangers résidant dans ce secteur. Avril et juillet demeurent les mois durant lesquels il y a la plus forte consommation d'énergie.

2.2. Optimisation des factures d'électricité de l'ASIC

Les factures du site étant toutes issues d'un abonnement simple tarif BT, l'optimisation se situerait dans ce cas dans la proposition d'un nouvel abonnement à partir de la puissance réelle donnée par les bilans de puissance et en proposant des moyens d'économies d'énergie pour diminuer la consommation d'énergie [13]. Nous donnerons juste des préconisations en fonction de l'abonnement et pour l'anticipation de la consommation énergétique.

En fonction des puissances actives obtenues à partir des bilans de puissance radiaux nous préconisons les abonnements suivants :

Tableau 9. Optimisation de la facture d'électricité de l'ASIC à partir de leurs abonnements.

Secteurs	Abonnement actuel	Puissance souscrite (kW)	Puissance active et courant issu du bilan de puissance (kW/A)	Abonnement préconisé et puissance (W)
Communauté (A)	Catégorie C/25 A	13,9	29,9 / 43 A	Aucun changement
Sœurs de Tampouy (B)	Catégorie C/30 A	16,6	18,6 / 35,1	Aucun changement
Shalom (C)	Catégorie B/20 A	4,6	1,29 / 7,40	10 A
SEN-BF (D)	Catégorie C/25 A	13,9	8,45 / 15,7	Aucun changement

Nous conseillons le changement tarifaire du secteur C. Le secteur C fonctionne aujourd'hui majoritairement avec le PV et à partir de l'étude de l'évolution des factures d'électricité de ce secteur, nous nous sommes rendus compte qu'il paye majoritairement la prime fixe et la redevance ajouté des fois des taxes. Changer l'abonnement réduirait considérablement les coûts. Exemple de la prime fixe et la redevance sous la souscription de 20 A qui sont respectivement de 7 097 FCFA et 764 FCA contrairement à la souscription de 10 A qui a 3 548 FCFA de prime fixe et 457 FCFA de redevance.

3. Audit énergétique du site

3.1. Analyse des postes de consommation d'énergie

3.1.1. Inventaire des postes de consommation d'énergie

En ce qui concerne les postes de consommations nous en avons recensés 6 à savoir ; les postes d'éclairage (intérieur et extérieur), de climatisation, de bureautique, de télécommunication, de ventilation et des biens de consommations (moteurs, congélateurs, machine à laver etc.).

3.1.2. Estimation de la demande énergétique

Le résultat de l'estimation faite est graphiquement représenté sur la **Figure 26**. Le tableau récapitulatif de la demande énergétique sur le site est en annexe (**Tableau C. 15**).

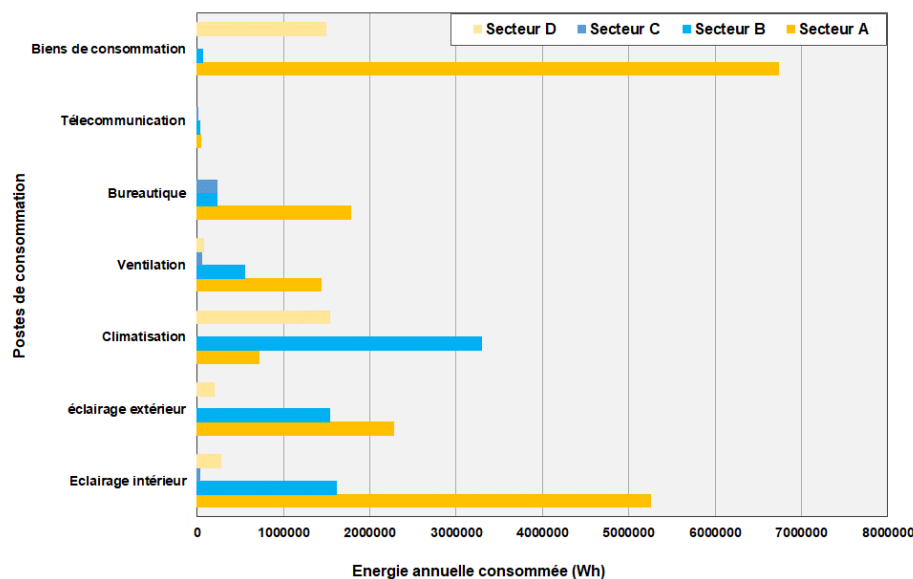


Figure 26. Demande énergétique annuelle par poste de consommation et par secteur sur le site.

On note qu'en fonction du secteur, le poste de consommation le plus énergivore varie. Notamment, ce sont les biens de consommation et l'éclairage intérieur et extérieur qui sont les plus énergivores du secteur communauté (S_A). Au secteur Sœur de Tampouy (S_B), la climatisation suivit de l'éclairage intérieur et extérieur sont les plus énergivores. Au secteur Shalom (S_C), la bureautique, l'éclairage intérieur et la ventilation sont les plus énergivores et enfin on a la climatisation, les biens de consommation et l'éclairage intérieur comme étant les plus énergivore au secteur SEN-BF (S_D). Il ressort que la demande énergétique annuelle des secteurs A, B, C et D s'élèvent respectivement à : **18 226 kWh**, **7 139 kWh**, **313 kWh** et **3 573 kWh** pour un total de **29 432 kWh**.

3.1.3. Vérification de l'estimation de la demande énergétique faite

Pour la vérification nous avons pris comme année de référence l'année **2019** car elle est celle la plus récente et durant cette année il y'a eu peu d'imprévus contrairement à 2020 qui avec la crise sanitaire, ne pourrait refléter au mieux la réelle consommation d'énergie sur le site. Nous avons obtenu le tableau comparatif suivant :

Tableau 10: Comparaison entre l'estimation de la consommation énergétique et celle de 2019 sur le site.

	Secteur A	Secteur B	Secteur C	Secteur D	Site entier
Estimation de la demande énergétique (kWh)	18 226	7 319	313	3 573	29 432
Consommation énergétique du site en 2019 (kWh)	19 441	5 420	321	1 252	26 434

On constate des similarités au niveau des consommations sur les secteurs. La différence entre les consommations annuelles sur le site s'élève à **10,2 %**. Cette différence est logique car une similarité parfaite demandera une analyse précise en étant sur les lieux tous les jours de l'année. Ce pourcentage nous laisse croire que nos estimations se rapprochent de la réalité du site et donc la demande énergétique peut être considérée comme bien estimée.

3.1.4. Diagnostic des postes de consommation

3.1.4.1. Diagnostic de l'éclairage

➡ Répartition des types de lampes

En nous référant au **Tableau C.16** en annexe, on constate que l'éclairage du site est constitué en majorité des modèles de lampes PHILIPS TL-D-36 W de 1200 mm, PHILIPS TL-D-18 W de 600 mm, des réglettes MADZA, des projecteurs LED, les réglettes OSRAM, des ampoules PHILIPS, des lampes incandescentes enfin des modèles PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS, PHILIPS MAS LEDtube 600mm UO 9 W 865 T8 RS et les réglettes LED-TO, pour les LEDs.

La répartition des puissances installées des différents types de lampes est contenue en en annexe (**Tableau C.16**) et de cela découle la **Figure 27**.

Nous constatons que les lampes fluorescentes représentent plus de 50% de la puissance installée des lampes sur chaque secteur excepté le secteur C qui est totalement couvert par les lampes LEDs, avec respectivement 9 030 W, 3 092 W et 1000 W de puissance installée de lampes fluorescentes, LEDs et incandescentes. Nous constatons que l'Aspirât est essentiellement éclairé par des lampes non économiques d'où la nécessité de les remplacer par des LEDs.

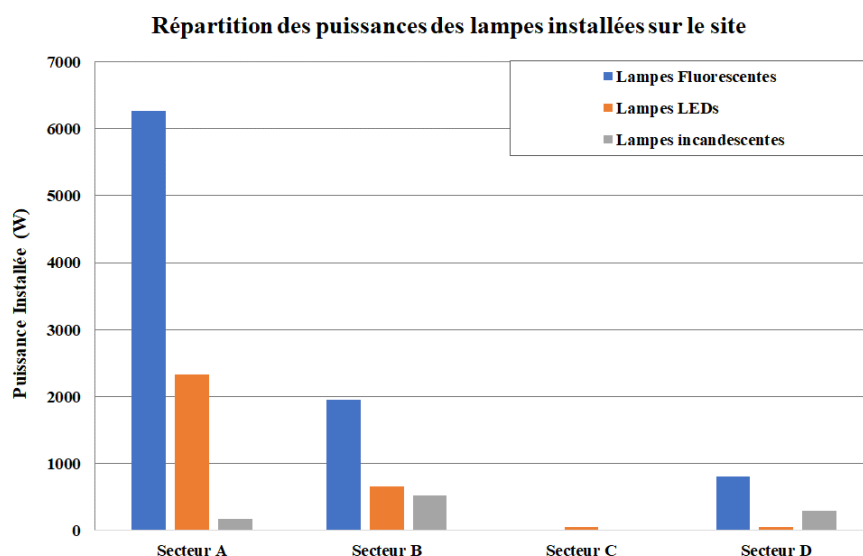


Figure 27. Répartition des puissances installées sur le site.

Nous avons remarqué dans certains bâtiments du site comme les chambres des filles, leur réfectoire, leur douche et les salles de classe que certaines lampes restaient allumées sans occupants à l'intérieur et cela en journée comme illustré en annexe (**Figure C.6**). Ce constat nécessitera une sensibilisation que nous présenterons dans la partie mesures d'économie.

En outre, on a constaté un sous éclairage dans certaines salles. L'analyse de l'éclairage est de ce fait nécessaire.

➡ Analyse de l'éclairage

En ce qui concerne l'éclairage nous avons mis un accent particulier sur la détermination de l'éclairage dans les lieux comme les salles de classe, les chambres, les magasins et les bureaux. En nous basant sur la norme [14] illustré en annexe. Il en ressort le tableau comparatif qui suit (**Tableau 11**) :

Tableau 11. Eclairages obtenus et celles de la norme.

Zones (Activités)	Eclairage moyen sur le site (lux)	Eclairage selon la norme (lux)
Bureaux (lecture, dactylographie)	504	500
Salles de classe	512	500
Magasins (entrepôts)	18	50-100
Chambres des filles/ étrangers	35/89	100-200 300 (Tête du lit)

Il ressort donc que les chambres des filles sont très sous éclairées à cause du fait d'être peu aérées et aussi d'avoir peu de luminaires (Un exemple palpable : pour une chambre de 24 m² on a un luminaire de 18 W). Les magasins aussi le sont du fait du non nettoyage des luminaires. Il faudrait de ce fait augmenter les nombres de luminaires dans ces salles pour combler le déficit et préconiser des nettoyages de certaines lampes. Les salles de classe par contre sont suffisamment éclairées. En outre l'éclairage, la climatisation fût analysée.

3.1.4.2. Diagnostic de la climatisation

➡ Bilan thermique

❑ Paramètres des conditions climatiques internes et externes

Les tracés sur le diagramme de l'air humide sont en annexe (**Figure C.9, Figure C.10**).

Les résultats sont consignés dans le **Tableau 12**.

Tableau 12. Paramètres de points sous des conditions climatiques internes et externes.

Point externe		Point interne	
Points	Valeurs	Points	Valeurs
T° Sèche (°C)	39	T° Sèche (°C)	26
Hygrométrie en %	30	Hygrométrie en %	50
Humidité g/kgas	13,14	Humidité g/kgas	10,5
Enthalpie (kJ/kgas)	73,04	Enthalpie (kJ/kgas)	52,92
Volume (m3/kgas)	0,9025	Volume (m3/kgas)	0,8613
T° Humide (°C)	24,45	T° Humide (°C)	18,75
T° de rosée (°C)	18,23	T° de rosée (°C)	14,77
Pression Atm (Pa)	101325	Pression Atm (Pa)	101325

- Détermination de la Position du soleil le 15 avril à 14h

Orientation du soleil : Nord Ouest
Azimut = 93 °
Hauteur du soleil = 60 m

Les parois des bâtiments plus exposés sont ceux du **Nord** et de l'**Ouest**.

- Résultats du bilan thermique

Le tableau des résultats détaillés est en annexe (**Tableau C. 18**). Une répartition des charges a été fait par secteur (**Tableau 13**) et il apparait que la puissance frigorifique de l'Aspirât s'élève à **45 584 W** avec respectivement les parts de 3 022 kW, 25 404 W et 17 158 W pour les secteurs A, B et D.

Tableau 13. Répartition des charges par secteur

Gains de chaleur thermique	Chaleur au S _A (W)	Chaleur au S _B (W)	Chaleur au S _D (W)	Chaleur totale par poste (W)
Gains par conduction des murs	1 413	8 881	9 353	19 647
Gains par rayonnement des murs	1 036	9 701	5 001	15 738
Gains par conduction du vitrage	224	2 979	550	3 753
Gains dus aux équipements	72,0	1 140	830	2 042
Gains par rayonnement du vitrage	43,4	598	255	896
Gains dus aux Occupants	116	1 044	580	1 740
Gains dus au renouvellement d'air	118	1 061	589	1 768
Total	3 022	25 404	17 158	45 584

Nous constatons que le secteur possédant les équipements les plus énergivores est le secteur B. Cette conclusion était prévisible car le secteur B possède à lui seul 9 chambres sur les 14 chambres climatisées sur le site. Nous déduisons aussi que les murs sont les sièges du plus important gain de chaleur ceci s'expliquant par les grandes surfaces que possèdent les chambres du site.

- ➡ Couverture de la demande en froid par les climatiseurs installés sur le site
 - Type et performance des climatiseurs installés sur le site.

Il existe plusieurs types de climatiseurs, celui utilisé à l'aspirât est un split system classique ou TOR (tout ou rien) plus précisément le mono-split (une unité intérieure et une unité extérieure). La marque des climatiseurs est SHARP, climatiseurs muraux fonctionnant avec du Réfrigérant 22 (R22) comme fluide frigorigène (FF) avec des coefficients de performances (COP) variant entre 1,76 et 3.

Selon le rapport du projet PNUD/FEM RAF/93/G32 dans le cadre de la mise en place d'une réglementation énergétique et thermique des bâtiments neufs en Côte d'Ivoire, le COP minimum des climatiseurs de fenêtre est de 2,8 [15, p. 130]. Ce qui nous impose d'après le **Tableau 15** et d'un point de vue environnemental à proposer leur remplacement. La **Figure 28** donne une illustration du type de climatiseur sur le site et le **Tableau C.17** en annexe donne un aperçu de la réglementation issu du projet PNUD/FEM RAF/93/G32.



Figure 28. Illustration du type de climatiseur de l'ASIC.

❑ Puissance des mono-splits installés

Soit consignées dans le **Tableau 15** les puissances des mono-splits installés sur le site.

Tableau 14. Couverture de la puissance frigorifique et performance des mono-splits installés sur le site.

Secteurs de l'ASIC	Désignation Pieces	Charge totale de climatisation (W)	Puissance Frigorifique du climatiseur installé (W)	Couverture des mono-splits installés (%)	Puissance absorbée (W)	COP
Secteur A	Chambre 2	3022	3618	119	1320	2.7
Secteur B	Chambre A13	2863	3600	126	1500	2,40
	Chambre A14	2546	3600	141	1500	2,40
	Chambre A15	2600	2880	111	1500	1,92
	Chambre A16	3394	3600	106	1200	3,00
	Chambre A17	2970	2880	97	1500	1,92
	Chambre A18	2340	2880	123	1200	2,40
	Chambre A19	2575	3600	140	1200	3,00
	Chambre privée 1	3058	2640	86	1500	1,76
	Chambre 7	3058	3600	118	1100	3,27
Secteur D	Chambre B3	3393	2640	78	1100	2,40
	Chambre B5	3573	2640	74	1100	2,40
	Chambre B6	3284	2640	80	1100	2,40
	Chambre B7-8	6908	5760	83	2400	2,4
Totaux		45 584	46 560	-	19 220	-

On constate d'après le tableau précédent que les chambres sont en majorités bien climatisées. Néanmoins, on remarque que toutes les chambres du secteur D sont sous climatisées et que la puissance électrique absorbée totale par les climatiseurs est de **19 220 kW**, une puissance susceptible d'être revue à la baisse.

3.1.4.3. Diagnostic de la ventilation et des biens de consommation

➡ Diagnostic de la ventilation

En ce qui concerne la ventilation, les salles du site sont majoritairement ventilées par les brasseurs de marque PANASONIC, SMC et NATIONAL et des ventilateurs Everal (**Tableau C.19**) avec des puissances installées respectivement de 2 700 W, 1 885 W, 495 W et 110 W soit un total de **5 190 W**. Nous avons constaté dans les salles de classe que les jeunes filles laissaient allumer les brasseurs de temps à autre sans être y être. Une proposition de remplacement de ces brasseurs et une sensibilisation pourrait faire diminuer la puissance installée et les heures d'utilisation, de ce fait la consommation d'énergie de la ventilation.

➡ Diagnostic des biens de consommation

Les biens de consommations recensés sur le site sont les moulins, pompes, congélateurs, machines à laver etc. conformément à la répartition contenue en annexe (**Tableau C.20**), il apparaît qu'à eux seuls ils ont une puissance installée de **35 210 W**, les moulins étant les plus

énergivores sur l'ensemble du site avec 26 000 W de puissance installée.

Après diagnostic des postes de consommation, les moyens d'économie peuvent être de ce fait proposés et les économies en découlant seront évaluées.

3.2. Mesures d'économie d'énergie proposées

3.2.1. Mesures à investissement faible ou nul

3.2.1.1. Sensibilisation (sobriété énergétique)

Nous recommandons la pose d'étiquettes devant les locaux du site pour la sensibilisation. Une attention particulière est à donner au bâtiment C (salle de classes des filles), au bâtiment A (chambres et réfectoires des filles) car elles ne prêtent pas une attention particulière en ce qui concerne l'arrêt des lampes (**Figure C.6**) et des brasseurs.

Les étiquettes énergétiques que nous proposons sont consignées dans la **Figure 29**.

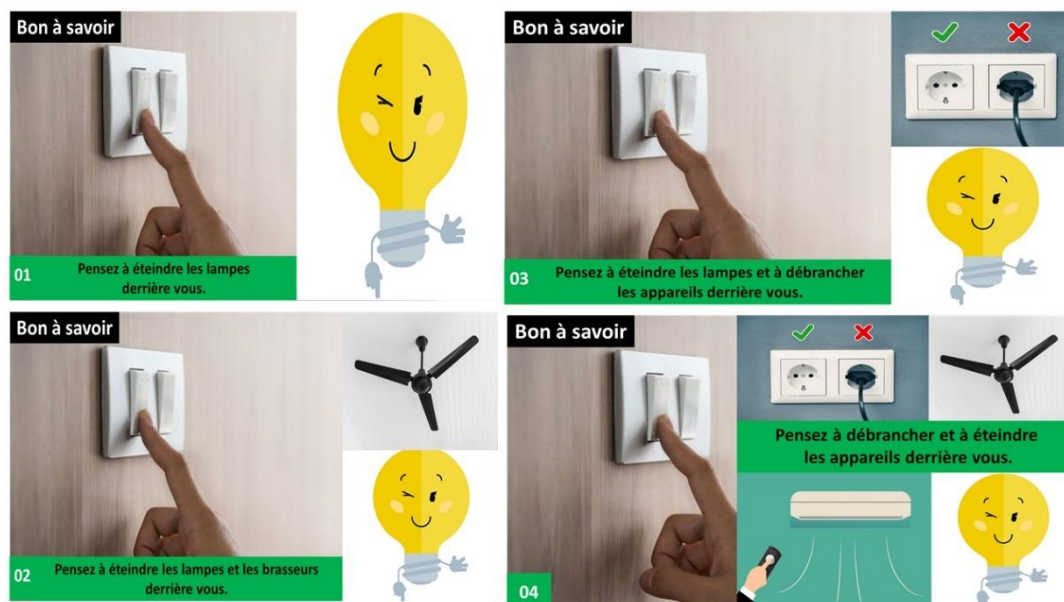


Figure 29. Etiquettes de sensibilisation à la sobriété énergétique.

Nous recommandons l'affichage de l'étiquette 1 devant les douches des filles, leurs réfectoires, l'église, le coin d'études des filles et devant leurs chambres. L'étiquette 2, devant les portes de chaque salle de classe, la bibliothèque et la salle des professeurs. L'étiquette 3 devant les chambres des sœurs, la salle d'informatique et devant le bâtiment G et enfin l'étiquette 4 sera mis devant les chambres climatisées. En outre, nous suggérons que ces étiquettes soient plastifiées avant d'être accrocher sur les portes et murs. L'investissement qui sera fait consiste à faire des impressions et plastifications des étiquettes de sensibilisation, il s'élève à **15 000 FCFA**. L'économie d'énergie annuelle est déterminée en considérant en moyenne 1 h de temps d'économie sur l'éclairage, la climatisation, la ventilation et la bureautique. L'économie financière est obtenue en prenant le coût moyen de l'énergie à 106 FCFA en simple

tarif BT triphasé et 102 FCFA en simple tarif BT monophasé (Secteur C). On obtient une économie d'énergie est de **5 217 kWh** soit une économie financière de **552 859 FCFA**. D'où un TRI de **11 jours**. Soit le **Tableau 15** détaillant les économies faites sur chaque secteur.

Tableau 15. Economies d'énergie et financière pour la sensibilisation.

	Avant optimisation	Après optimisation	Économies annuelles		Investissement estimé (FCFA)	TRI
Secteurs	Consommation (Wh)	Consommation (Wh)	Consommation (kWh)	Coûts (FCFA)	15 000	6 jours
Secteur A	11 130 482	8 282 084	2 848	301 930		
Secteur B	7 066 272	5 369 034	1 697	179 907		
Secteur C	150 512	121 440	29	2 965		
Secteur D	2 084 415	1 442 374	642	68 056		
Totaux	20 431 681	15 214 932	5 217	552 859		

3.2.1.2. Suivi des factures d'électricité

Pour le suivi nous préconisons de ce fait qu'un relevé de la consommation électrique soit fait **chaque 17^{ème} jour des mois** par un des ouvriers du site et celui-ci se fera aider par le un **pro-logiciel de facturation électrique basse Tension simple Tarif** pour un meilleur suivi et une base de données convaincante. Le pro-logiciel est précis à hauteur de 700 FCFA à 1000 FCFA suite aux différents tests effectués et du fait d'une valeur de la TVA différente de celle fixée par l'état. L'économie ne peut être quantifié de façon précise dans ce cas de figure. En annexe se trouve une illustration de la fenêtre de ce Prologiciel (**Figure C.12**).

3.2.2. Mesures à investissement moyen

3.2.2.1. Remplacement des luminaires

Nous proposons de remplacer les tubes fluorescents, les ampoules incandescentes et les hublots à lampe à incandescence par des luminaires LEDs. Nous avons opté pour les modèles PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS et PHILIPS MAS LEDtube 600mm UO 9 W 865 T8 RS, les ampoules OSRAM de 6 W et les hublot LED IP65 pour luminaires de substitution. La **Figure 30** donne un aperçu de ces luminaires.



Figure 30. Illustration des luminaires de substitution.

Les caractéristiques techniques de luminaires de substitution en comparaison avec ceux du site sont répertoriées dans le **Tableau 16**.

Tableau 16. Comparaison des caractéristiques techniques des luminaires existants à ceux de substitution.

	Réglette PHILIPS TL- D-36 W	Réglette OSRAM	Réglette MADZA	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	PHILIPS MAS LEDtube 600 mm UO 9 W 865 T8 RS
Puissance électrique (W)	45	20	45	22,5	22,5	9
Puissance lumineuse (lm)	2500	850	2 000	2500	1050	1050
Durée de vie (h)	10 000	10 000	10 000	50 000	10 000	50 000
Nombre	146	22	3	171	68	68
	Ampoule à incandescence	Ampoule OSRAM	Hublot à lampe incandescente	Hublot LED IP65		
Puissance électrique (W)	50	6	75	20		
Puissance lumineuse (lm)	500	470	750	1600		
Durée de vie (h)	1 000	15 000	1 200	17 520		
Nombre	3	3	12	12		

Toutes les colonnes bleues précédant une colonne verte sont les caractéristiques des luminaires à changer et vertes celles des luminaires de substitution. On constate donc qu'avec une meilleure puissance lumineuse, les luminaires proposés consomment 2 fois voir 3 fois moins que ceux qui sont actuellement sur le site et ont une durée de vie parfois 17 fois supérieure à celle des luminaires in situ. Ce remplacement engendrera une diminution de la consommation de l'éclairage de l'ordre de **57,2 %**. La répartition des lampes à remplacer par secteur est en annexe (**Tableau C. 21**). Le **Tableau 17** récapitule les économies engendrées ici.

Tableau 17. Economies d'énergie et financière pour le remplacement des luminaires.

	Avant optimisation	Après optimisation	Economie annuelle		Investissement estimé (FCFA)	TRI
Secteurs	Consommation (Wh)	Consommation (Wh)	Consommation (kWh)	Coûts (FCFA)	2 372 425	4 ans 9 mois 5 jours
Secteur A	5 222 858	2 119 256	3 104	328 982		
Secteur B	2 365 628	1 089 852	1 276	135 232		
Secteur D	431 865	222 408	209	22 202		
Totaux	8 020 350	3 431 516	4 589	486 416		

Nous obtenons une économie annuelle d'énergie de **4 589 kWh** et une économie financière de **486 416 FCFA** moyennant un investissement estimé à hauteur de **2 372 425 FCFA** et un TRI d'environ 5 ans. Les détails de l'investissement réalisé sont en annexe (**Tableau C. 22**)

3.2.3. Mesures à investissement élevé

3.2.3.1. Remplacement des brasseurs d'air

Les brasseurs d'air actuellement installés sur le site sont de marques PANASONIC (75 W), SMC (65 W) et National (55 W). Nous préconisons de les substituer par les brasseurs de marque **MONA DC Ø 142 cm** de puissance variable en fonction de la vitesse de rotation des pâles (5 W, 11 W et 35 W). C'est une technologie commandable par téléphone, par commande murale et dotée d'autres kits supplémentaires. Sa fiche technique est en annexe (**Figure C.13**). La **Figure 31** donne un aperçu de ce brasseur.



Figure 31. Illustration du brasseur de modèle MONA DC Ø 142 cm

Les caractéristiques techniques du brasseur de substitution en comparaison avec ceux du site, sont répertoriées dans le **Tableau C. 25**.

Tableau 18: Comparaison des puissances des brasseurs existants à celui de substitution.

	Brasseur PANASONIC	Brasseur SMC	Brasseur NATIONAL	Brasseur MONA DC Ø 142 cm
Puissance électrique (W)	75	65	55	17
Nombre	36	29	9	74

Les économies obtenues sont les suivantes (**Tableau 19**) :

Tableau 19. Economies d'énergie, financière et TRI pour le remplacement des brasseurs.

	Avant optimisation	Après optimisation	Economie annuelle		Investissement estimé (FCFA)	TRI
Secteurs	Consommation (Wh)	Consommation (Wh)	Consommation (kWh)	Coûts (FCFA)	7 717 160	47 ans 13 jours
Secteur A	1 407 113	340 043	1 067	113 109		
Secteur B	529 200	134 640	395	41 823		
Secteur C	47 840	12 512	35	3 603		
Secteur D	74 250	22 950	51	5 438		
Totaux	2 058 403	510 145	1 548	163 974		

Les détails de l'investissement effectué sont en annexe (**Tableau C. 24**). Pour cette mesure on a un TRI de 47 ans 13 jours, temps très grand pour implémenter cette mesure une seule fois.

3.2.3.2. Remplacement des climatiseurs Mono-splits

En ce qui concerne le domaine de la climatisation, nous proposons à la place des mono- splits classiques, des invertis. C'est une technologie permettant d'économiser au moins 25% de la consommation d'énergie [16] du fait de son excellent COP et de sa particularité de faire varier la vitesse et la puissance du système empêchant l'arrêt du système à l'atteinte de la température de consigne limitant de ce fait les appels de puissances au démarrage du compresseur. En outre elle est protectrice de l'environnement.

Pour la proposition d'un modèle de climatisation nous avons choisi le modèle **GTKL** de Daikin d'étiquette énergétique A+++ fonctionnant au réfrigérant 32 (R-32) du fait de son COP de **3,2**, de son efficacité (basse consommation énergétique), son aptitude à ne pas dégrader la couche d'ozone, ses différents modes de fonctionnement (mode éco, mode silencieux etc.), sa disponibilité au Burkina Faso et sa fiabilité. La **Figure 32** illustre le modèle GTKL de Daikin. La fiche technique complète quant à elle est contenue à la **Figure C. 14** en annexe.



Figure 32. Climatiseur Daikin, modèle GTKL

3.2.3.3. Remplacement des climatiseurs Mono-splits

Une comparaison des 2 technologies (inverter et mono-splits) a été faite dans le **Tableau C.1**. En ce qui concerne les économies réalisées et le TRI, le récapitulatif est contenu dans le **Tableau 20**.

Tableau 20. Economies d'énergie, financière et TRI pour le remplacement des climatiseurs.

	Avant optimisation	Après optimisation	Economie annuelle		Investissement estimé (FCFA)	TRI
Secteurs	Consommation (Wh)	Consommation (Wh)	Consommation (kWh)	Coûts (FCFA)	7 183 000	81 ans 7 mois 9 jours
Secteur A	715 770	601 898	114	12 070		
Secteur B	3 294 000	2 694 600	599	63 536		
Secteur D	1 539 000	1 422 900	116	12 307		
Totaux	5 548 770	4 719 398	829	87 913		

Le TRI est très long conformément à l'investissement fait pour que cette mesure soit préconisée, nous conseillerons donc un remplacement progressif de ces climatiseurs tous les 5 ans afin de minimiser les dépenses.

3.3. Récapitulatif des résultats issus des mesures proposées

Soit le **Tableau 21** récapitulant les mesures d'économie que nous avons proposées et les paramètres en découlant (EE, EF, Coût d'investissement et TRI).

Tableau 21. Récapitulatif des mesures d'économie.

Mesures d'économie		Economie annuelle d'énergie (kWh)	Economies financières annuelles (FCFA)	Coût d'investissement (FCFA)	Temps de retour sur investissement
A investissement faible/nul	Suivi de la facturation	-	-	-	-
	Sensibilisation	5 217	552 859	15 000	6 jours
A investissement moyen	Remplacement de luminaires	4 589	486 416	2 372 425	4 ans 9 mois 5 jours
A investissement élevé	Remplacement de brasseurs	1 548	163 974	7 717 160	47 ans 13 jours
	Remplacement de climatiseurs	829	87 913	7 183 000	87 ans 7 mois 9 jours
Total		12 183	1 291 163	17 287 585	-

De la réalisation de ces mesures d'économies découlera une économie annuelle d'énergie de l'ordre de **12 182 kWh** équivalent à une économie financière de **1 291 163 FCFA** moyennant un investissement de **17 287 585 FCFA**. Ces mesures sont à implémenter progressivement en

commençant par celui à un faible investissement et aussi conformément au calendrier budgétaire du pensionnat.

3.4. Impact environnemental de notre étude

La technologie des climatiseurs SHARP installée sur le site utilise pour fluide frigorigène le HCFC R-22 considéré comme très nocif pour la couche d'ozone et contribue au réchauffement climatique. Celle que nous avons proposée utilise le HFC R-32 comme FF. En annexe (**Tableau C.26**) se trouve un tableau comparatif entre les 2 fluides. Le **Tableau 22** récapitule les résultats obtenus après applications de la méthode présentée plus haut.

Tableau 22. Récapitulatif de la quantité de CO₂ épargnée.

Mesures d'économies	PRG	Masse du FF R-32 (kg)	Gains d'énergie électrique (kWh)	Référence du taux d'émission de CO ₂ au Burkina (kg/kWhe)	Emission de CO ₂ due à l'énergie électrique/ épargnée (kgeq CO ₂)	Emission de CO ₂ due au PRG (kgeq CO ₂)/ épargnée	Emission de CO ₂ annuelle (kgeq CO ₂) / épargnée	Emission annuelle totale CO ₂ (tonne eq CO ₂) /épargnée
Sensibilisation	-	-	5 217	0,469	2 446,77	-	2 446	6,09
Eclairage			4 589		2 152,24	-	2 152	
Ventilations	-	-	1 548		726,01	-	726	
Climatisation	675	0,56	829		388,80	378,00	766	

Donc, les mesures d'économies nous donnent d'avoir une réduction annuelle d'émission de CO₂ de l'ordre de **6,09 tonnes_{eq} CO₂**. Quantité considérable et bénéfique à l'environnement.

4. Analyse des installations de solaire thermique du site

4.1. Diagnostic des installations de solaire thermique

Une inspection de ces installations nous a donné de remarquer des défauts sur celles-ci, ci-dessous nous les avons énumérés tout en les illustrant. Les différents défauts répertoriés ont trait au masque solaire (ombrage d'obstacle), à la défaillance du vitrage, à la poussière etc. En fonction des installations nous avons spécifiquement les défauts suivants (**Tableau 23**) :

Tableau 23. Les défauts des installations 2,3,4 et 5.

Les installations	Défauts	Illustrations des défauts
Installation 2	La poussière Des débris de feuilles de mortes.	
Installation 3	La vitre brisée, la fragilité du support des tuyauteries sous les capteurs, les Masque solaires (tissus séchés sur les capteurs).	  
Installation 4	La poussière et Les feuilles mortes.	
Installation 5	La vitre brisée et la poussière.	

On constate que l'installation 3 n'a pas véritablement de problème de poussière cela étant dû à son nettoyage régulier par les ménagères à savoir 2 fois par mois. Ces défauts agissent sur la performance des installations et doivent de ce fait être corrigés pour l'obtention de meilleures performances. En ce qui concerne l'installation 1, nous vous ressortirons les points intéressants de son analyse dû au fait qu'elle soit instrumentée.

4.2. Collecte et analyse des données de l'installation instrumentée

4.2.1. Analyse des données les jours les moins et le plus ensoleillé

D'après **Tableau B. 1**, il ressort que le jour le plus ensoleillé est le **06 février 20120** et le jour le moins ensoleillé est le **28 août 2019**. De l'analyse des données collectées ces jours découlent les figures ci-dessous :

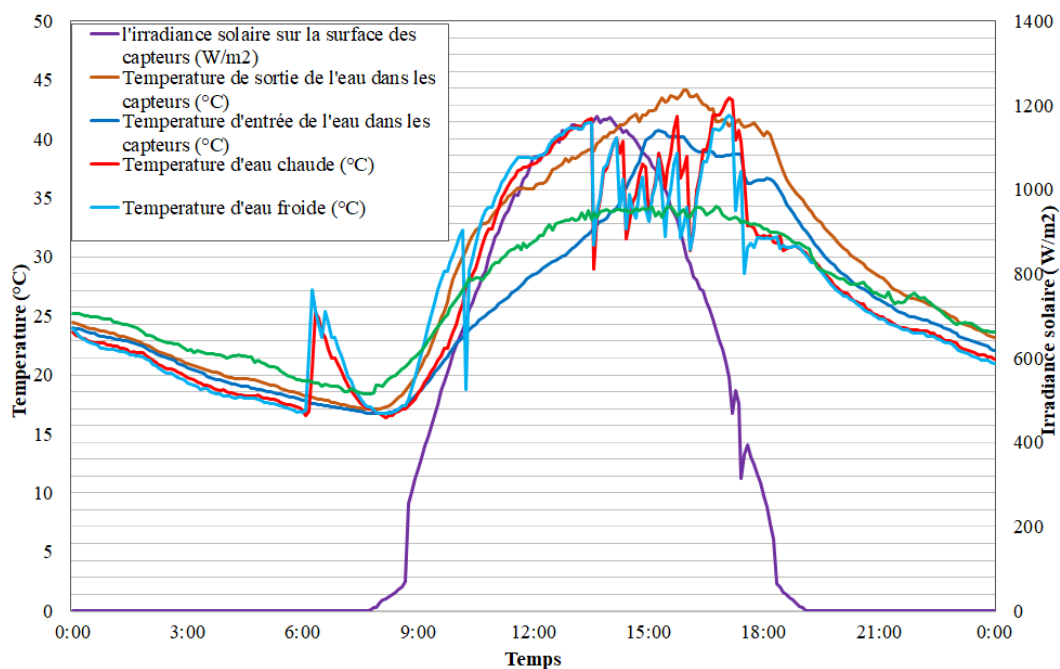


Figure 33. Données de l'installation instrumentée le jour le plus ensoleillé (06/02/2020).

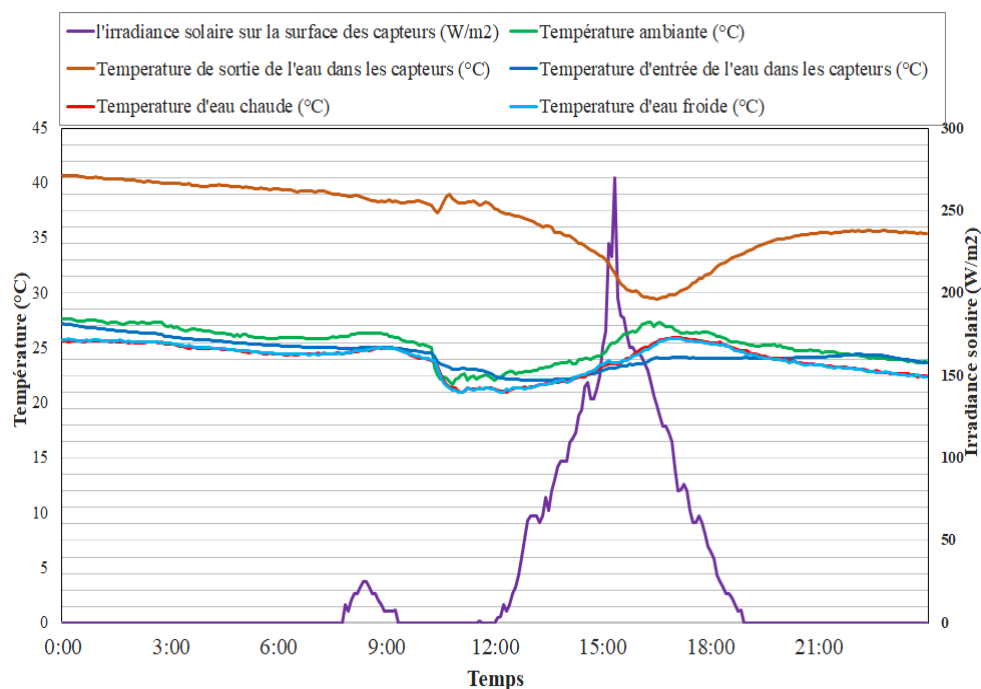


Figure 34. Données de l'installation instrumentée le jour le moins ensoleillé (28/08/2020).

On constate d'après la figure précédente (**Figure 33**) qu'au cours du jour le plus ensoleillé, l'irradiation solaire sur les plans des capteurs à 13h30 s'élève à 1198 W/m^2 , qui est une valeur relativement grande. En outre, la température d'eau à la sortie des capteurs atteint 43°C avec une température d'eau chaude de 41°C sous une ambiance avoisinant 34°C .

En ce qui concerne le jour le moins ensoleillé (**Figure 34**), le solarimètre a enregistré aux environs de 15h05 une irradiation de 270 W/m^2 et l'eau à la sortie des capteurs fut de 32°C ce

jour avec une température d'eau chaude de 23°C. On constate de même une superposition des courbes des températures d'eau chaude et d'eau froide ce qui dénote du faible ensoleillement ce jour donc une faible température de l'eau stockée.

4.2.2. Bilan énergétique de l'installation 1

Les valeurs du bilan énergétique sont consignées en annexe (**Tableau C. 30**) et de cela découle la **Figure 35**.

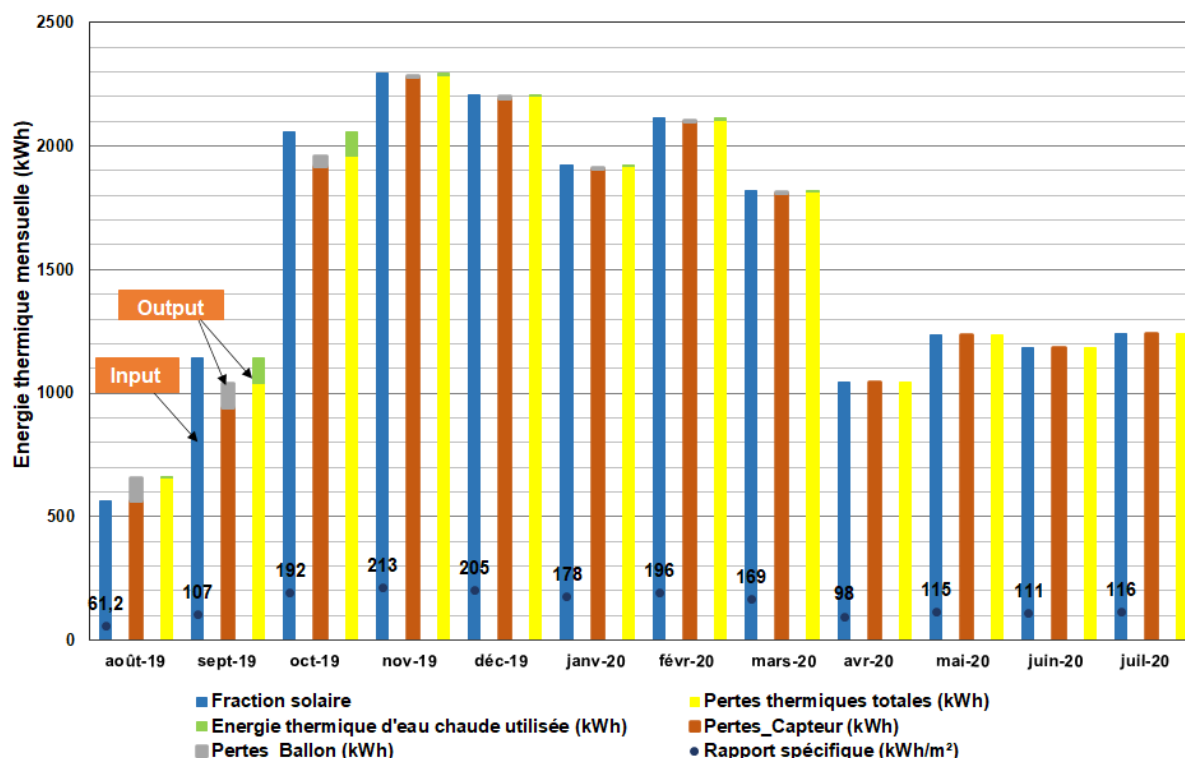


Figure 35. Bilan énergétique de l'installation 1.

On constate que la majeure partie de l'énergie solaire reçue au circuit primaire est perdue. Ces pertes sont majoritairement observées au niveau des capteurs et sont minimales au niveau du ballon de stockage. Du fait des pertes on a un rendement global de l'installation de 1,29%, rendement insignifiant rendant donc improductif thermiquement l'installation. Les pertes au niveau des capteurs seraient dues à la détérioration de l'isolation des capteurs qui est dans notre cas le vide et aussi le principe d'effet de serre ayant pris un coup. Ces défauts s'expliquent du fait des vitres qui sont brisées.

On a de ce fait une énergie solaire thermique annuelle reçue à la surface des capteurs de l'ordre de 1761 kWh/m². D'après le logiciel Retscreen l'irradiation annuelle à Ouagadougou est de l'ordre de 2160 kWh/m² soit de ce fait un rendement au niveau à la surface des capteurs solaires thermiques de l'ordre de 81,5 %, rendement satisfaisant. En revanche, ce rendement fût lors de

précédentes études évaluées à hauteur de 14 % durant la période d'Août 2018 à juillet 2019. Cette grande différence dénote sûrement du mauvais fonctionnement des équipements de mesures.

4.2.3. Evaluation de l'utilisation de l'installation d'eau chaude

4.2.3.1. Evaluation de la satisfaction des besoins en eau chaude du site

En effet, l'enquête a révélé l'utilisation de **20 l/jour** pour chaque fille, **30 l/jour** pour chaque sœur et chaque parrain et enfin **60 l/jour** pour besoin des ménagères, d'où le **Tableau C.31**. Conformément à cette enquête auprès des résidentes, leurs besoins en eau chaude sont **satisfaits**.

4.2.3.2. Evaluation de la consommation d'eau chaude sur le site

Des données de volume d'eau chaude analysées, découle la **Figure 36** qui représente l'évolution du volume cumulé d'eau chaude consommée et du volume d'eau chaude consommée par les jeunes filles entre le 1^{er} Août 2019 et le 31 juillet 2020.

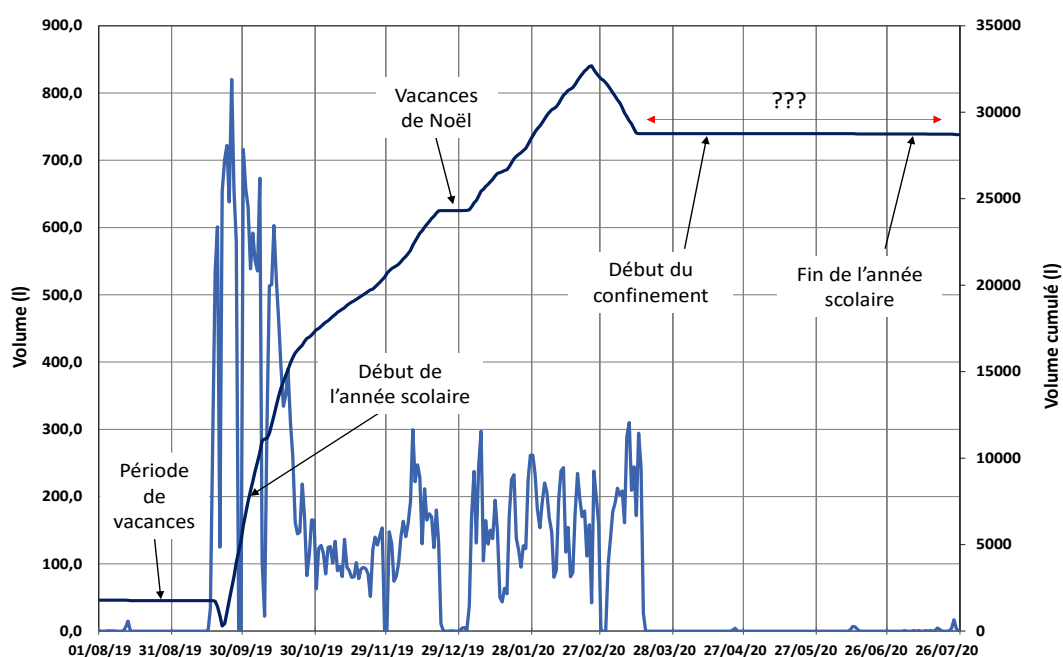


Figure 36. Profil de la consommation d'eau chaude à l'ASIC.

On constate que l'utilisation importante d'eau se situe au mois de septembre dès le début des cours des filles, pendant les périodes de vacances on constate une faible utilisation d'eau ce qui croit de nouveau en janvier jusqu'en mars.

De fin mars à juillet, on remarque une très faible utilisation de l'eau chaude. Cette situation est explicable du fait de la crise sanitaire internationale qu'a connue le monde à savoir la Covid-19, ce qui a obligé le confinement des jeunes filles en fin mars exceptées celles qui étaient en

salle d'examen d'où la petite utilisation.

En outre, on note une décroissance du volume cumulé d'eau chaude consommée à partir de mi- mars ce qui dénoterait de la défaillance du système.

L'évaluation de la qualité des données est présentée en **Annexe C**.

4.2.4. Etude d'une possibilité de délocalisation de l'installation 1

Nous avons pris le 21 décembre comme référence. Les résultats obtenus sont les suivants (**Figure 37**) :

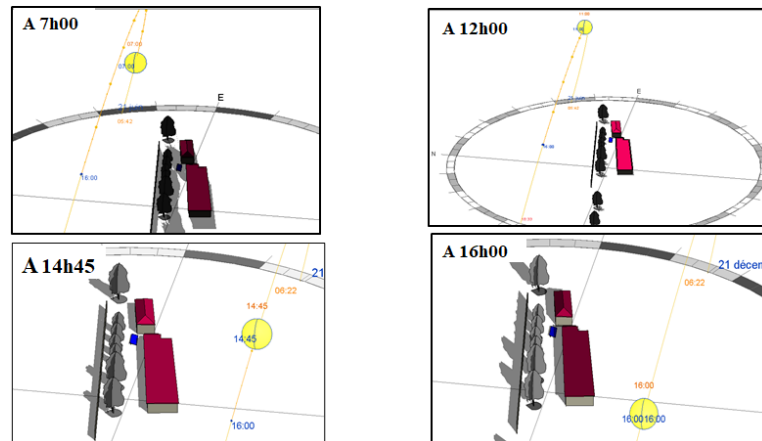


Figure 37. Scénario de la simulation de l'ombrage sur l'installation 1, le 21 décembre.

On remarque après simulation que l'installation est ombragée à partir de 7h et à 12 h, il n'y a pas d'ombre sur celle-ci. A 14h45, elle est légèrement ombragée par une partie de la façade du bloc technique. A 16h elle ne l'est plus. Ces remarques sont valables pour les surfaces libres qui sont proches de l'installation. De ce fait, nous ne préconisons pas la délocalisation de l'installation.

Par contre, la partie Ouest de l'installation après la surface occupée par les arbres est quant à elle toujours bien éclairée car à peu d'obstacles en son sein. Une faisabilité technico- économique devrait être effectuée avant une éventuelle délocalisation car elle est à plus de 20 m des toilettes des filles donc nécessitera un ajout important au niveau de la tuyauterie ce qui entrainera l'augmentation des pertes thermiques.

4.2.5. Proposition d'un planning de maintenance des installations de ST

Une enquête sur le terrain nous a révélé que les installations de ST n'étaient pas entretenues régulièrement ceci étant dû au fait qu'aucune autorisation n'a été donnée aux jeunes filles de le faire et aussi par peur de les endommager. Néanmoins l'installation 3 est régulièrement nettoyée par les bonnes sœurs ou les ménagères.

Dans le souci de mettre cet entretien dans le quotidien des jeunes filles et des résidentes du site, nous avons mis sur pieds un planning de maintenance illustré après avoir appris aux jeunes

filles comment faire l'entretien au cours d'un apprentissage. L'apprentissage fût réalisé sur l'installation 1 et l'installation 2 et sera présenté ci-dessous.

➡ Apprentissage de l'entretien des installations de ST

Une fiche en annexe d'entretien a été réalisée et décrit succinctement les étapes de l'entretien effectuées in situ pour faciliter la tâche aux jeunes filles et ouvriers (**Tableau C.35**). Illustration du travail fait sur le site avec les jeunes filles (**Figure 38**).



Figure 38. Illustration de la séance d'apprentissage aux jeunes filles.

Les jeunes filles effectuant des travaux manuels chaque jeudi et samedi, nous avons trouvé judicieux d'instaurer le nettoyage des capteurs dans leur programme de travaux manuels d'où le planning dans le **Tableau C.33**. L'identité des apprenantes est en annexe (**Tableau C. 36**).

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Au terme du travail qui fût nôtre, le diagnostic effectué nous a permis de mettre en lumière des problèmes sur le site en l'occurrence les mauvaises installations électriques, la présence d'équipements peu efficaces sur le site (énergivores) mais aussi la difficulté certaine d'évaluer la performance d'une installation de solaire thermique localisée dans un endroit peu avantageux du fait des masques solaires.

Le diagnostic nous a permis de proposer des schémas électriques conformes à la norme avec une possibilité d'amélioration de ceux-ci nécessitant une étude plus poussée. Il nous a aussi permis d'élucider les raisons de l'augmentation des factures d'électricité sur le site notamment d'où la proposition des mesures d'économie fût faite. Ces mesures ont globalement consisté en la sensibilisation des résidentes du site, au suivi des factures, aux remplacements des luminaires, brasseurs et climatiseurs. En outre nous avons proposé une prologiciel qui permettra un meilleur suivi des factures d'électricité.

L'ensemble des mesures prises nous ont permis d'avoir une économie annuelle d'énergie de l'ordre de 12 183 kWh avec un gain financier d'environ 1 292 000 FCFA. Ces mesures seront rentabilisées en fonction de leur TRI, ceci dit nous proposons une mise en œuvre progressive de celles-ci en fonction du coût de l'investissement et un calendrier propre aux résidentes du site.

Le bilan énergétique de l'installation solaire instrumentée sur le site nous atteste du mauvais fonctionnement de l'installation avec des pertes importantes dues à l'isolation, à l'état des équipements et aussi au bloc d'instrumentation (solarimètre, capteurs etc.). Les comparaisons des valeurs d'irradiance du bloc d'instrumentation et celles obtenues manuellement avec un solarimètre numérique confirment le mauvais fonctionnement de l'instrumentation du chauffe-eau solaire, biaisant de ce fait les résultats y découlant. Nous avons préconisé un entretien des installations de solaire thermique du site selon un protocole bien établi et appris aux filles.

En guise de perspective, nous recommandons un rebobinage des moteurs du site ou un remplacement de ceux-ci, nous proposons qu'une installation PV soit faite devant le bâtiment C pour couvrir ses besoins, nous proposons une étude complète électrique du site et nous finirons par leur demander d'envisager une possibilité d'utiliser des pompes solaires à la place de celles actuellement sur le site.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] International Energy Agency, « Africa Energy Outlook 2019 », 2019.
- [2] Institut Montaigne, Énergie solaire en Afrique : un avenir rayonnant ? 2019.
- [3] MINISTERE DE L'ENERGIE DU BURKINA FASO, « STRATÉGIE DANS LE DOMAINE DE L'ÉNERGIE 2019-2023 ». nov. 2018.
- [4] PNUD, « Rapport sur le développement humain 2019 Au-delà des revenus, des moyennes et du temps présent : les inégalités de développement humain au XXI^e siècle », 2019.
- [5] K. E. N'TSOUKPOE, B. BAMBARA, et M. GAYE, « RAPPORT DE L'ETUDE DU MARCHÉ DU SOLAIRE THERMIQUE : PRODUCTION D'EAU CHAUDE ET DU SECHAGE DES PRODUITS AGRICOLES. », déc. 2015.
- [6] « Norme française NF C 15-100 Installations électriques à basse tension. » .
- [7] J.-B.Verbeke, « RAPPORT TECHNIQUE ENERGIE », août 2018.
- [8] Équipe de l'Institut de la Francophonie pour le Développement Durable (IFDD), « Guide du bâtiment durable en régions tropicales Tome 1 : Stratégies de conception des nouveaux bâtiments en régions tropicales. » .
- [9] Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie, EFFICACITE ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION EN MILIEU TROPICALE. TOME 1 : CONCEPTION DES NOUVEAUX BATIMENTS. .
- [10] Y. Pr COULIBALY, ECONOMIE D'ENERGIE DANS LE BATIMENT, ZONES TROPICALES ET REGIONS CHAUDES. Tome2 Pratique de l'évaluation des économies d'énergie dans le bâtiment. 2017.
- [11] Nations Unies Volontaires, « Les objectifs de développement durable ». .
- [12] Direction RSE & Compliance, « NOTE METHODOLOGIQUE DE CALCUL DES EMISSIONS DE GAZ A EFFET DE SERRE DU GROUPE VIVENDI. » Février 2018.
- [13] BASSOLE Justin, « Optimisation de la facture électrique ». nov. 2013.
- [14] « LUX cahier technique Les normes européennes de l'éclairage », n° LUX n° 228, juin 2004.
- [15] Institut de l'énergie et de l'environnement de la Francophonie, EFFICACITE ENERGETIQUE DE LA CLIMATISATION EN REGION TROPICALE TOME 2 : EXPLOITATION DES INSTALLATIONS EXISTANTES. .
- [16] M. de Royer, Le guide la climatisation., Comprendre choisir.com. 2011.
- [17] EPF - S. Thiers, « L'énergie solaire et ses applications ». 2010.

ANNEXES

Annexe A.....	.iii
Annexe B.....	.vii
Annexe C.....	.x

Annexe A. Présentation des structures d'accueil et du site

A.1. Présentation du projet

➡ Architecture des locaux de l'ASIC

Le plan de masse de notre site est le suivant :

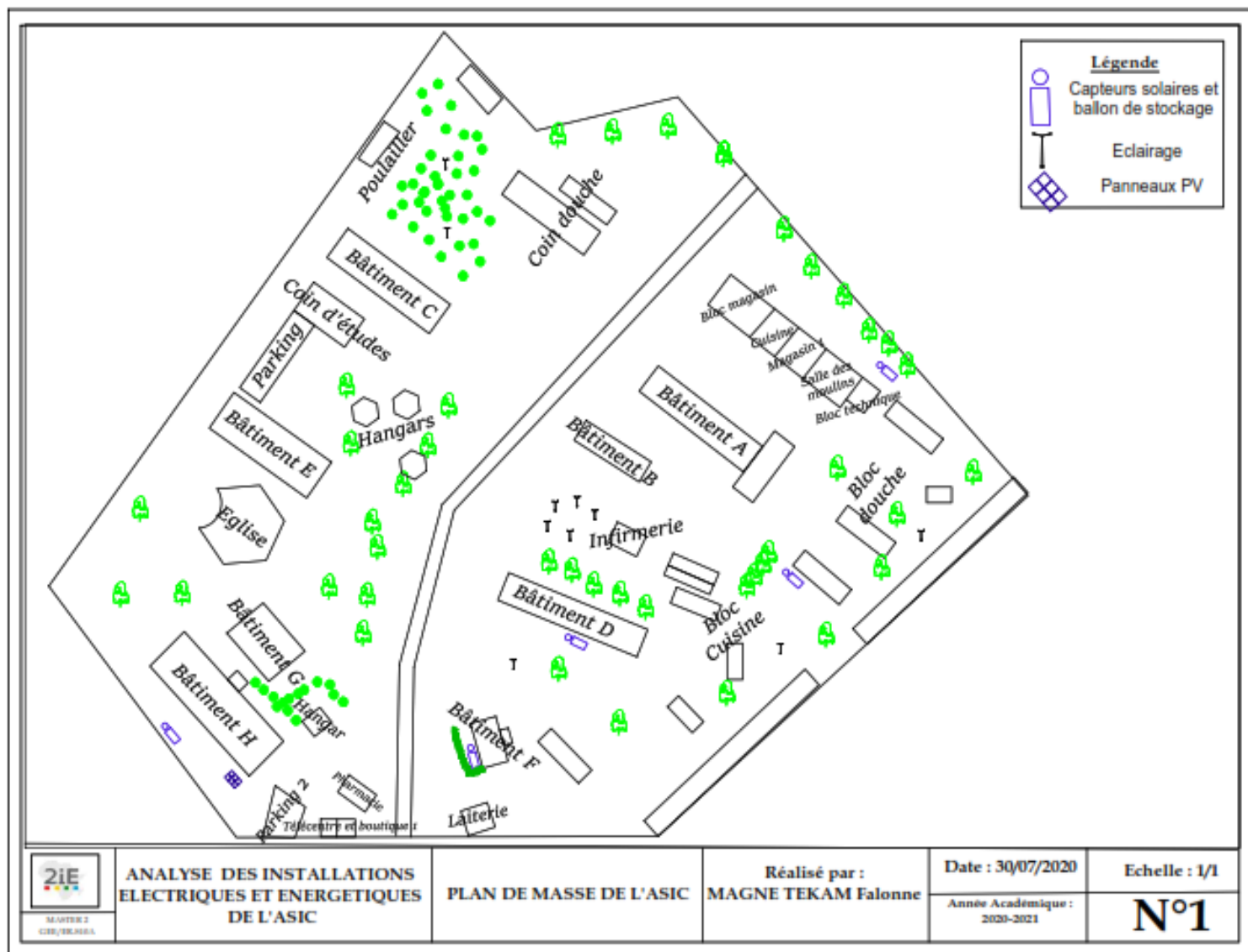


Figure A.1. Plan de masse l'ASIC.

➡ Présentation des installations du site

□ Les installations PV du site

Soit consigné ci-après les caractéristiques techniques de l'installation de PV du secteur C.

Tableau A.1. Caractéristiques techniques de l'installation de PV du secteur C.

Champ PV avec Stockage			
Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W/kVA)
Module FU 250 P	6	250 W	1500
Onduleur chargeur	1	1600	1600
Régulateur	2		
Batteries	4		

Caractéristiques du module PV (FUN 250P)	P(max) (W)	250
	Vmpp (V)	30,3
	Impp (A)	8,26
	Voc (V)	37,55
	Isc (A)	8,83
	NOCT	45± 2°C

Caractéristiques de la batterie (OBFirstPower)	V (V)	12
	C (Ah)	200

□ Les installations de solaires thermiques du site

La figure qui suit donne l'évolution du rendement de 3 types de capteurs en fonction de la température.

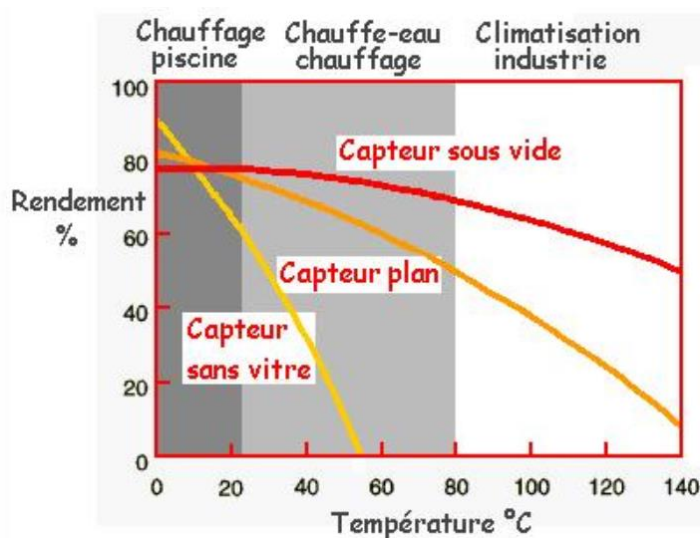


Figure A.2. Evolution du rendement des capteurs thermique en fonction de la température.

➤ Schéma réel de l'installation 1

Soit le schéma réel suivant de l'installation 1 :



Figure A.3. Schéma illustratif de l'installation de ST instrumentée sur le site.

A.2. Les éléments de l'installation instrumentée

➤ Les capteurs solaires

Ils permettent de capter le rayonnement du soleil et de le transformer en chaleur par l'absorbeur. Ceux utilisés sur notre site d'étude sont des capteurs à tubes sous vides, ils ont la particularité de fonctionner à de hautes températures (150 °C) tout en ayant un bon rendement[17] comme présenté en annexe (**Figure A.2**). En effet, le vide créé dans ces capteurs joue un rôle d'isolant limitant les pertes thermiques par conduction.

On dénombre 6 capteurs avec une surface utile de $(6 \times 1,78 \text{ m}^2)$ soit $10,7 \text{ m}^2$ et ils sont inclinés d'un angle de 15° suivant l'orientation SUD.

➤ Le ballon de stockage

Il permet de faire le stockage d'eau chaude. Celui-ci est intégré d'un échangeur thermique permettant d'assurer les échanges de chaleur entre l'eau qu'il contient et celle qui sera distribuée. Il est équipé à son sommet d'une purge permettant de contrôler son trop plein et possède une isolation pour diminuer les déperditions thermiques. Il est important de noter qu'il

Il y a une stratification des températures d'eau dans ce ballon. En effet du fait de sa densité basse, l'eau chaude a tendance à monter dans le ballon et l'eau froide reste en bas. En plus, le ballon est posé sur un support conférant le caractère **thermosiphon** à l'installation (au-dessus des capteurs).

➤ La tuyauterie

La tuyauterie reliant le stockage et les capteurs solaires est faite en acier galvanisé et a été recouverte d'isolant thermique.

➤ Le système d'acquisition des données

Il est connecté au solarimètre, aux mesureurs de chaleur (heat meter).

Une illustration détaillée du schéma sur le site est contenue en annexe (**Figure A.3**).

➡ Les éléments constitutifs de l'instrumentation

Ces éléments sont essentiellement (**Tableau A. 2**) :

Tableau A. 2. Les éléments constitutifs de l'instrumentation de l'installation 1.

Désignation	Quantité	Grandeur mesurée	Illustration
Heat Meter (HM ₁) (Il est sur le circuit des capteurs solaires)	1	Température d'eau chaude (°C) Température d'eau froide (°C) Débit d'eau (l/h) Energie (kWh)	
Heat Meter (HM ₂) (Il est sur le circuit de distribution d'eau froide /eau chaude)	1	Température d'eau chaude (°C) Température d'eau froide (°C) Débit d'eau (l/h) Energie (kWh) La consommation d'eau (l)	
Capteur de température PT 100 (placé dans l'ambiance)	1	la température ambiante (°C)	
Solarimètre (placé sur le grillage protecteur des capteurs)	1	l'irradiance (W/m ²) (puissance du soleil par unité de surface)	

Le box de stockage des données est dans la salle technique et est équipé d'une ASI pour assurer la collecte de données en continu. Ces données sont obtenues localement à partir d'un câble

RJ45 ou à distance (en ligne). En effet, ce box possède un CMI datalogger, un M-bus gateway et un modem permettant d'assurer la collecte locale et en ligne des données.

C'est donc sur ce système au travers des données qu'il restitue que portera toute l'analyse détaillée de l'installation 1 de ST.

Annexe B. Matériels et méthodes

B.1. Etude des factures d'électricité du site

➔ Grille tarifaire du Burkina et clichés des factures de l'ASIC

Soit ci-dessous la grille tarifaire du Burkina :



Site web : www.sonabel.bf

GRILLE TARIFAIRE



Arrêté n°2015-00-014/MME/MEF/MICA du 06 octobre 2015 et Arrêté n°06-089/MCPEA/MMCE/MFB du 23 août 2006 et son modificatif n°08-013/MMCE/MEF/MCPEA du 16 octobre 2008

TENSION		Catégories et tranches tarifaires	FACTURATION DES CONSOMMATIONS (en FCFA)				FRAIS D'ABONNEMENT (en FCFA)						
			Tarifs du kWh			Redevance	PRIME FIXE	Avance sur Consommation	Frais ETS police et de pose	Timbres	Liasses	TOTAL Abonnement	
B A S S E	MONOPHASE 2 FILS	I) USAGE DOMESTIQUE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION											
		Tarif type A (monophasé)	Tranche 1 0 à 75 kWh	Tranche 2 76 à 100 kWh	Tranche 3 plus de 100 kWh								
		1 à 3A	75	128	138	1 132	0	3 375	691	400	108	4 574	
		Tarif type B (monophasé)	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 200 kWh	Tranche 3 plus de 200 kWh								
		5A	96	102	109	457	1 774	8 175	691	400	108	9 374	
		10A	96	102	109	457	3 548	16 350	691	400	108	17 549	
		15A	96	102	109	457	5 322	24 525	691	400	108	25 724	
		20A	96	102	109	764	7 096	32 700	691	400	108	33 899	
		25A	96	102	109	764	8 870	40 875	691	400	108	42 074	
		30A	96	102	109	764	10 644	49 050	691	400	108	50 249	
		TRIPHASE 4 FILS	II) USAGE DOMESTIQUE ET FORCE MOTRICE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION	Tranche 1	Tranche 2	Tranche 3							
			Tarif type C (triphasé)	0 à 50 kWh	51 à 200 kWh	plus de 200 kWh							
	10A		96	108	114	1 226	10 613	51 300	1 380	400	108	53 188	
	15A		96	108	114	1 226	15 915	76 950	1 380	400	108	78 838	
	20A		96	108	114	1 373	21 224	102 600	1 380	400	108	104 488	
	25A		96	108	114	1 373	26 531	128 250	1 380	400	108	130 138	
	DOUBLE TARIF	III) B.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION	Heures de pointe (0h à 14 h et 16h à 19h)		Heures pleines (0h à 10h, 14h à 16h et 19h à 0h)								
		Tarif type D1 Non Industriel	165		88		8 538	34 582 FCFA par kW par an	PS X 100 X 165	1 380	4 000	108	
Tarif type D2 Industriel		140		75		7 115	28 818 FCFA par kW par an	PS X 100 X 140	1 380	4 000	108		
MOYENNE TENSION (MT)		IV) M.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION	Heures de pointe (0h à 14 h et 16h à 19h)		Heures pleines (0h à 10h, 14h à 16h et 19h à 0h)								
		Tarif type E1 Non Industriel	139		64		8 538	70 826 FCFA par kW par an	PS X 100 X 139	1 380	4 000	108	
		Tarif type E2 Industriel	118		54		7 115	64 387 FCFA par kW par an	PS X 100 X 118	1 380	4 000	108	
	INDUSTRIES EXTRACTIVES ET HAUTE TENSION (HT)	V) H.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS	Heures de pointe (0h à 24 h)		Heures pleines (0h à 10h)								
Tarif type G		140		70		7 115	64 387 FCFA par kW par an	PS X 100 X 118	1 380	4 000	108		
ECLAIRAGE PUBLIC Tarif type F	20A et plus triphasé	5A - 15A mono	122	381									
		20A et plus mono	122	637									
		10A - 15A triphasé	122	1 022									
		20A et plus triphasé	122	1 144									

ENSEMBLE, AU SERVICE D'UNE GRANDE AMBITION!

- PS = Puissance Souscrite

- Pour la BT double tarif, la MT et la HT : Penalisation si Cos phi < 0,8 et Bonification si Cos phi > 0,9

- L'administration est dispensée du versement de l'avance sur consommation

- Pour la BT double tarif, la MT et la HT : les frais de timbres sont de 400 FCFA par jeu de page en double du contrat soit au total 800 FCFA

Figure B.1. Grille tarifaire du Burkina Faso.

Secteur A/Sept.2016

SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DU BURKINA (SONABEL)

Autres Infos :

SIÈGE SOCIAL : 55 AVENUE DE LA NATION - 01 BP 54 OUAGADOUGOU 01 - Tél : 25 30 61 00

N° IFU : 00 000 496R - N° RCCM : M3212 - Régime : Régie / Normal d'imposition

Division Fiscale de rattachement : DGE

E-mail : courriel@sonabel.bf - Site web : www.sonabel.bf

FACTURE

Exploitation de : 302 OUAGADOUGOU DISTRIBUTION				
Type abonné	N° Police	N° Abonné	Nom et adresse de l'abonné	
00			ABIRANAT TAMPOLY	

Période : 9/16 Type Facture : N Remise le : 17/10 Index relevé ce jour : 13283

Index	Ancien	Nouveau	Consommation Totale (kwh)	Montant électricité	TDSAE	TDE
					Taxe de Société au Développement des Activités Industrielles et Commerciales de l'Etat	Taxe de Société au Développement des Activités Industrielles et Commerciales de l'Etat
11261	14048	7286	10553	17435	17435	17435
DETAIL DE LA FACTURATION						
Code Tarif	N° de Compteur	Tranche	Tarif	Montant	Montant TVA 18%	TOTAL A PAYER
17062	1	1--> 50	96	4800		
	2	2--> 150	108	16200		
	3	3--> 532	114	60648		
1373	26531					130647

Secteur D/Août.2017

SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DU BURKINA (SONABEL)

SIÈGE SOCIAL : 55 AVENUE DE LA NATION - 01 BP 54 OUAGADOUGOU 01 - Tél : 25 30 61 00

N° IFU : 00 000 496R - N° RCCM : M3212 - Régime : Régie / Normal d'imposition

Division Fiscale de rattachement : DGE

E-mail : courriel@sonabel.bf - Site web : www.sonabel.bf

FACTURE

Exploitation de : 302 OUAGADOUGOU DISTRIBUTION				
Type abonné	N° Police	N° Abonné	Nom et adresse de l'abonné	
00			S E N E F	

Période : 8/17 Type Facture : N Remise le : 15/18 Index relevé ce jour : 15148

Index	Ancien	Nouveau	Consommation Totale (kwh)	Montant électricité	TDSAE	TDE
					Taxe de Société au Développement des Activités Industrielles et Commerciales de l'Etat	Taxe de Société au Développement des Activités Industrielles et Commerciales de l'Etat
15365	15944	579	5538	153	153	153
DETAIL DE LA FACTURATION						
Code Tarif	N° de Compteur	Tranche	Tarif	Montant	Montant TVA 18%	TOTAL A PAYER
17062	1	1--> 50	96	4800		
	2	2--> 150	108	16200		
	3	3--> 532	114	3132		
1373	26531					36231

Secteur B/Jan.2020

SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DU BURKINA (SONABEL)

SIÈGE SOCIAL : 55 AVENUE DE LA NATION - 01 BP 54 OUAGADOUGOU 01 - Tél : 25 30 61 00

N° IFU : 00 000 496R - N° RCCM : M3212 - Régime : Régie / Normal d'imposition

Division Fiscale de rattachement : DGE

E-mail : courriel@sonabel.bf - Site web : www.sonabel.bf

FACTURE

Exploitation de : 302 OUAGADOUGOU DISTRIBUTION				
Type abonné	N° Police	N° Abonné	Nom et adresse de l'abonné	
00			ABIRANAT TAMPOLY	

Période : 1/20 Type Facture : N Remise le : 16/19 Index relevé ce jour : 32198

Index	Ancien	Nouveau	Consommation Totale (kwh)	Montant électricité	TDSAE	TDE
					Taxe de Société au Développement des Activités Industrielles et Commerciales de l'Etat	Taxe de Société au Développement des Activités Industrielles et Commerciales de l'Etat
32018	32759	741	79432	1269	1269	1269
DETAIL DE LA FACTURATION						
Code Tarif	N° de Compteur	Tranche	Tarif	Montant	Montant TVA 18%	TOTAL A PAYER
17062	1	1--> 50	96	4800		
	2	2--> 150	108	16200		
	3	3--> 532	114	25422		
1373	11912					33198

Secteur C/Jan.2018

SOCIÉTÉ NATIONALE D'ÉLECTRICITÉ DU BURKINA (SONABEL)

SIÈGE SOCIAL : 55 AVENUE DE LA NATION - 01 BP 54 OUAGADOUGOU 01 - Tél : 25 30 61 00

N° IFU : 00 000 496R - N° RCCM : M3212 - Régime : Régie / Normal d'imposition

Division Fiscale de rattachement : DGE

E-mail : courriel@sonabel.bf - Site web : www.sonabel.bf

FACTURE

Exploitation de : 302 OUAGADOUGOU DISTRIBUTION				
Type abonné	N° Police	N° Abonné	Nom et adresse de l'abonné	
00			SHALIM	

Période : 1/18 Type Facture : N Remise le : 15/18 Index relevé ce jour : 15148

Index	Ancien	Nouveau	Consommation Totale (kwh)	Montant électricité	TDSAE	TDE
					Taxe de Société au Développement des Activités Industrielles et Commerciales de l'Etat	Taxe de Société au Développement des Activités Industrielles et Commerciales de l'Etat
23099	23304	205	6059	153	153	153
DETAIL DE LA FACTURATION						
Code Tarif	N° de Compteur	Tranche	Tarif	Montant	Montant TVA 18%	TOTAL A PAYER
17062	1	1--> 50	96	4800		
	2	2--> 150	108	16200		
	3	3--> 532	114	3132		
1373	26531					36231

Figure B.2. Clichés des factures d'électricité de l'ASIC.

B.2. Analyse des installations de solaire thermique du site

Tableau B. 1. Valeurs moyennes journalières de l'irradiance du 1er Août au 31 juillet.

Irradiance (W/m ²)												
Jours/ Mois	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
1	93,3	88,3	160	296	311	269	323	285	192	82,0	183	171
2	113	71,7	240	323	312	232	327	267	231	84,9	178	171
3	85,6	69,1	250	285	303	219	339	250	216	86,9	191	171
4	107	72,0	284	323	299	230	336	268	216	79,7	187	139
5	112	78,8	267	314	284	240	334	281	230	73,9	155	166
6	101	79,7	219	298	244	225	344	283	192	111	166	156
7	87,6	66,1	303	298	154	212	336	276	179	197	109	181
8	112	84,3	178	287	246	222	274	261	157	186	189	180
9	116	54,9	301	296	285	232	183	238	124	171	107	189
10	84,6	93,8	164	279	292	226	140	255	139	186	163	143
11	105	77,3	100	250	297	237	242	267	163	167	185	122
12	118	77,8	171	313	304	233	201	206	155	187	155	151
13	85,7	95,7	224	265	310	249	281	222	159	177	167	177
14	102	89,1	307	311	310	253	309	202	63,8	186	90,7	154
15	84,3	80,3	314	248	310	244	327	188	120	188	175	27
16	67,2	56,9	333	302	312	245	330	222	139	194	160	101
17	69,6	66,3	247	289	291	253	307	226	123	191	169	137
18	63,8	65,5	262	308	249	255	301	218	96,1	185	95,4	183
19	76,3	205	289	303	245	237	285	222	68,0	155	147	117
20	57,9	262	204	308	253	199	283	223	91,7	197	166	147
21	63,0	223	249	292	273	191	255	248	97,8	196	162	204
22	62,4	268	306	237	287	196	264	105	102	197	175	204
23	57,8	273	294	318	300	217	256	83,4	98,6	183	176	180
24	66,1	251	314	317	298	246	277	206	79,4	140	110	151
25	62,0	266	328	319	289	260	261	216	80,0	170	123	199
26	77,1	245	316	317	254	238	228	170	81,4	132	143	159
27	82,8	223	260	308	209	251	255	228	86,1	87,1	141	178
28	27,7	264	254	285	232	294	287	218	85,3	149	135	113

29	54,0	287	302	304	262	314	298	186	78,5	193	148	167
30	55,4	298	297	278	281	292		204	74,9	193	142	202
31	92,1		246		299	316		213		193		201
TOTAUX	2541	4432	7983	8871	8596	7529	8183	6937	3920	4919	4593	4939
Irradiance du Mois le plus ensoleillé		8871 W/m ²	Novembre									
Irradiance du Mois le moins ensoleillé		2541 W/m ²	Août									
Irradiance du Jour le plus ensoleillé		344 W/m ²	06/02/2020									
Irradiance du Jour le moins ensoleillé		27,7 W/m ²	28/08/2019									

➔ Evaluation de la qualité des données d'irradiance

❑ Recalibrage du solarimètre su site



Figure B. 3. Solarimètre utilisé pour le recalibrage.

➔ Etude d'une possibilité de délocalisation de l'installation 1

❑ Technique de bucheron

Elle se résume au théorème de **Thalès** et suit les étapes qui suivront.

Pour le faire, il faut 2 bâtons de 20 ou 30 cm

- Former un angle droit avec ces 2 bâtons ;
- Mettre le bout d'un des bâtons près de l'œil et avec le second faire coïncider le bas et le haut de l'arbre ;
- Se placer à une distance adéquate sans déformer l'angle droit ;
- Une fois que l'objectif de l'œil voit le haut et le bas de l'arbre, on considère **un pas** comme 1 m et on mesure la distance de l'observateur jusqu'à l'arbre : c'est la **hauteur** de l'arbre. L'illustration est contenue dans la **Figure B. 4**.

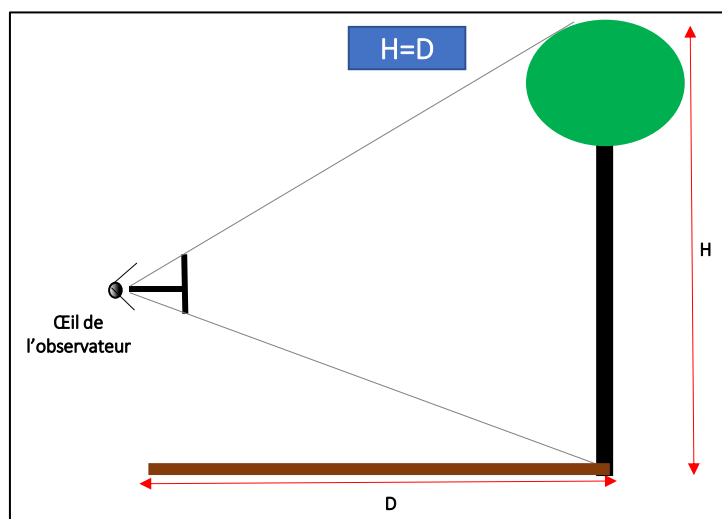


Figure B. 4. Illustration de la technique de bucheron.

Annexe C. Résultats et discussions

C.1. Audit électrique du site

- ➔ Installation électrique générale et inventaire des équipements électriques du site
 - ❑ Inventaire des équipements électriques du site par secteur
 - Secteur A

Tableau C.1. Inventaire des équipements du secteur A (1/9).

Bâtiments	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/ constats
Bâtiment A	Rez-de-chaussée	Réfectoire 1	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	3	36	108	1
			Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
			Prise de courant	2			
		Réfectoire 2	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	4	36	144	2
			Réglette PHILIPS TL-D-18 W	2	18	36	
			Prise de courant	1			
		Bibliothèque	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
			Réglette PHILIPS TL-D-18 W	2	18	36	
			Brasseurs Panasonic	2	75	150	
		Salle des professeurs	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
			Prise de courant	3			2
			Brasseurs Panasonic	1	75	75	

			Cafetière	1	1500	1500	
			Réfrigérateur LIEBHERR	1			
		Douches des professeurs	Réglette PHILIPS TL- D-36 W	1	36	36	
			Ampoule	2	9	18	
			Douille vide				Une ampoule à mettre
		Chambre	Réglette PHILIPS TL- D-36 W	4	36	144	
			Prise de courant	1			
		Réfectoire 3	Réglette PHILIPS TL- D-36 W	4	36	144	
			Prise de courant	1			1
		Salle d'études	Réglette PHILIPS TL- D-36 W	4	36	144	
			Prise de courant	1			
		Extérieur	Réglette ballast 1,2m	4	36	144	
			Réglette PHILIPS TL- D-18 W	1	18	18	
	R+1	Chambre 1	Réglette PHILIPS TL- D-18 W	1	18	18	Sous éclairée
			Prise de courant	1			
		Chambre 2	Réglette PHILIPS TL- D-18 W	1	18	18	Sous éclairée
			Prise de courant	1			
		Chambre 3	Réglette PHILIPS TL- D-18 W	1	18	18	Sous éclairée
			Prise de courant	1			1
		Chambre 4	Réglette PHILIPS TL- D-18 W	1	18	18	Sous éclairée
			Prise de courant	1			
		Chambre 5	Réglette PHILIPS TL- D-36 W	2	36	72	1
			Prise de courant	1		0	
		Chambre étranger	Réglette PHILIPS TL- D-36 W	1	36	36	
			Prise de courant	1			
			Brasseur Panasonic	1	75	75	
		Douche	Réglette PHILIPS TL- D-18 W	1	18	18	
		Chambre 6	Réglette PHILIPS TL- D-18 W	1	18	18	Sous éclairée
			Prise de courant	1			
		Chambre 7	Réglette PHILIPS TL- D-18 W	1	18	18	Sous éclairée
			Prise de courant	1			
		Chambre 8	Réglette PHILIPS TL- D-18 W	1	18	18	Sous éclairée
			Prise de courant	1			
		Chambre 9	Réglette PHILIPS TL-	1	18	18	Sous éclairée

			D-18 W				Sous éclairée
			Prise de courant	1			
		Chambre 10	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
			Prise de courant	1			
		Extérieur	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	3	36	108	

Tableau C.2. Inventaire des équipements du secteur A (2/9).

Bâtiments	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W)
Bâtiment B	Rez-de-chaussée	Chambre 1	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	12	18	216
			Prise de courant	8		0
		Chambre 2	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	12	18	216
			Prise de courant	8		0
		Bureau	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18
			Prise de courant	2		
			Brasseur PANASONIC	1	75	75
		Extérieur	PHILIPS MAS LEDtube 600 mm UO 9 W 865 T8 RS	9	18	162

Tableau C.3. Inventaire des équipements du secteur A (3/9).

Bâtiments	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Nombre de pièces identiques	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/ constats
Bâtiment C	Rez-de-chaussée	Toilettes enseignants	Réglette LED-TO	1	11		11	
			Hublot à lampe incandescente	1	75		75	
			Prise de courant	1			0	
		Salles de classe	Réglette tube OS RAM	9	16	4	576	
			Prise de courant	4		4		
			Brasseur PANASONIC	6	75	4	1800	
		Couloir	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	4	18		72	
			Prise de courant	5				
		Salles de classe	Prise de courant	2		2		
			Brasseurs PANASONIC	1	75	2	150	
			Réglette tube OS RAM	9	16	4	576	
	R+1							

			Prise de courant	4		4		
			Brasseurs PANASONIC	6	75	4	1800	
		Couloir	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	4	18		72	
			Prise de courant	5				
		Escalier	Réglette tube OS RAM	2	16		32	
		Bureaux	Réglette tube OS RAM	2	16	2	64	
			Prise de courant	2		2		
			Brasseur PANASONIC	1	75	2	150	
		Extérieur	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	6	18		108	
			Projecteur LED IP66	2	30		60	
Toilettes et Coin d'études		Toilettes	Ampoules Phillips	1	11	5	55	
			Réglette MADZA	1	36			
		Coin d'études	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	16	18		288	11

Tableau C.4. Inventaire des équipements du secteur A (4/9).

Bâtiments	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Nombre de pièces identiques	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/ constats
Bâtiment D	R0	Bureau de l'intendante	Réglette PHILIPS TL- D-36W	2	36		72	
			Prise de Courant	1				
			Ventilo Eternal	1	55		55	
			Desktop HP	1	44			
			Imprimante HP	1	828			
			Routeur CL TP link	1	5		5	
			Téléphone fixe Panasonic	1	10	10		
		SALLE 1	PHILIPS TL- D-36W	2	36		72	
			PHILIPS TL- D-18W	2	18		36	1
			Prise de courant	1				
			Brasseur	1	65		65	

	R+1		SMC					
		Chambre 1	PHILIPS TL-D-36W	2	36		72	
			Prise de courant	1				
		Chambre 2	PHILIPS TL-D-36W	2	36		72	
			Climatiseur SHARP	1	1320		1320	
			Prise de courant	1				
		Salle 2	PHILIPS TL-D-18W	1	18		18	
			PHILIPS TL-D-18W	1	9		9	
			Prise de courant	3				
		Salle 3	PHILIPS TL-D-36W	3	36		108	
			PHILIPS TL-D-18W	1	18		18	
			Brasseur SMC	2	65		130	
		Salle 4	PHILIPS TL-D-36W	4	36		144	
			Prise de Courant	1				
			Brasseur SMC	2	65		130	1
		Salle 5	PHILIPS TL-D-36W	3	36		108	
			PHILIPS TL-D-18W	1	18		18	
			Prise de Courant	3				1
		Cuisine	PHILIPS TL-D-36W	1	36		36	
			Prise de Courant	2				
			Congélateur THERMA	1	400			
		Extérieur	PHILIPS TL-D-36W	2	36		72	
			PHILIPS TL-D-18W	1	18		18	
			Ampoule (douche)	1	9		9	
		13 Chambres						
		Chambres	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	13	234	

			Prise de courant	13				
		Extérieur	PHILIPS TL-D-36W	3	18		54	
			Hublo PHILIPS TL-D-36W t	2	36		72	

Tableau C.5. Inventaire des équipements du secteur A (5/9).

Bâtiments	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/ constats
Bâtiment E	Rez-de-chaussée	Salle de confession	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	2	18	36	
			Prise de courant	1			
			Brasseur PANASONIC	1	75	75	
		Extérieur	Prise de courant	1			
			PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
		Chambre	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
			Brasseur PANASONIC	1	75	75	
			Prise de courant	3			
		Salle privée	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	18	18	324	
			Brasseur PANASONIC	16	75	1200	
			Hauts parleurs	2		0	
			Prise de courant	20			
		Salle d'informatique	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	15	18	270	
			Prise de courant	30		0	
			Desktop HP	40	40	1600	
		Extérieur	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	4	18	72	
			Réglette ballast 1,2 m	4	36	144	2

Tableau C.6. Inventaire des équipements du secteur A (6/9).

Bâtiments/Zones	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/constats
ZONE INITIALE	Rez-de-chaussée	Douche A	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	1
			Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
		Douche B	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	6	36	216	
		Douche C	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
			Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	1
		Douches provisoires	Réglette Madza 1,2 m	2	36	72	Pas Opérationnels
			Ampoule Philips	6	11	66	2
		Coin groupe électrogène	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
		Local technique	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
		Salle Moulin	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
			Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
			Moulin VIKING 10 HP	1	11000	11000	
			Moulin VIKING 15 HP	1	15000	15000	
			Prise de courant	1			
		Cuisines	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
		Douches	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	6	36	216	2
			Réglette PHILIPS TL-D-18 W	2	18	36	
			Ampoule Philips	6	11	66	2
		Magasin 1	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
		Cours	Pompe SP5A-17 (QRUNDFOS)	1	1500	1500	

Tableau C.7. Inventaire des équipements du secteur A (7/9).

Bâtiments	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Nombre de pièces identiques	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/ constats
Infirmierie et grotte	Rez-de-chaussée	Salle de consultation et Son magasin	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	3	18		54	
			Prise de courant	1				
			Brasseurs SMC	1	65			
		Douche	Ampoule Philips	1	9		9	
		Salles	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	2	36	
			Brasseurs SMC	1	65	2	130	
			Prise de courant	2		2		
		Couloirs et extérieur	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	3	36		108	
			Prise de courant	1				
		Grotte	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	10	18		180	1
			Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18		18	

Tableau C.8. Inventaire des équipements du secteurs A (8/9).

Bâtiments	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/ constats
ZONE CUISINE	Rez-de-chaussée	Magasin1	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
			Boite de dérivation	1			
		Magasin2	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	Sous éclairé
		Cuisine externe1	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
		Cuisine 1	Réglette PHILIPS TL-D-	1	18	18	

			18 W				
			Boite de dérivation	1			
			Prise de courant	1			
		Cuisine 2	Ampoule incandescente	1	50	50	
			Boites de dérivation	1			
		Cuisine 3	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
			Boite de dérivation	1			
		Cuisine 4	Ampoule incandescente	1	50	50	
			Congélateur NASCO 270L Type T HNAS-350	1	500	500	
			Congélateur SOLSTAR 540L	1	1500	1500	
		Chambre1	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
			Prise de courant	1			
		Chambre2	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
			Prise de courant	1			
		Toilettes	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	Une douche Non éclairée
		Extérieur	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
		Parking	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	

Tableau C.9. Inventaire des équipements du secteurs A (9/9).

Bâtiments	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/ constats
EGLISE	Rez-de-chaussée	Eglise	Amplificateur XR8600	1	1200	1200	
			Brasseur PANASONIC	6	75	450	
			Prise de courant	4			1
			Réglette PHILIPS TL-D-36 W	8	36	288	
		Magasin	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
			Prise de courant	1			
			Brasseur SMC	1	65	65	
		Extérieur	PHILIPS MAS LEDtube 600 mm UO 18 W 865 T8 RS	2	9	18	
			Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	1
			Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	

□ Secteur B

Tableau C. 10. Inventaires des équipements des équipements du secteur B (1/2).

Bâtiments	Niveau	Salles	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/ constats
Bâtiment H	R0	Salle A'	Salle A'1	Prise de courant	1			
				Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Brasseur SMC	1	65	65	
			Salle A'2	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Prise de courant	1			
			Salle A' principale	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
				Prise de courant	2			
				PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	18	2	36	
				Brasseur New National	2	55	110	
				Routeur CL Tp Link	1	5	5	
		Salle A13		Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Hublot à lampe incandescente	1	75	75	
				Prise de courant	1			
				Climatiseur SHARP	1	1500	1500	
				Brasseur PANASONIC	1	75	75	
		Salle A	Salle A14	PHILIPS MAS LEDtube 600 mm UO 9 W 865 T8 RS	2	9	18	
				PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
				Climatiseur	1	1500	1500	

				SHARP				
				Brasseur PANASONIC	1	75	75	
				Prise de courant	1			
			Salle A15	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
				Hublot à lampe incandescente	1	75	75	
				Prise de courant	1			
				Climatiseur SHARP	1	1200	1200	
				Brasseur PANASONIC	1	75	75	
			Salle A16	Prise de courant	2			
				PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
				Climatiseur SHARP	1	1500	1500	
				Brasseur PANASONIC	1	75	75	
			Salle A17	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Hublot à lampe incandescente	1	75	75	
				Prise de courant	2			
				Climatiseur SHARP	1	1200	1200	
				Brasseurs SMC	1	65	65	
		Salle A18		Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Hublot à lampe incandescente	1	75	75	
				Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
				Prise de courant	2			
				Climatiseur SHARP	1	1200	1200	
				Brasseur PANASONIC	1	75	75	
		Salle A 19		Réglette	1	36	36	

				PHILIPS TL-D-36 W				
				Climatiseur SHARP	1	1500	1500	
				Prise de courant	1			
		Extérieur	Couloirs	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	7	18	126	
				PHILIPS MAS LEDtube 600 mm UO 9 W 865 T8 RS	1	9	9	
			Douche	Hublot à lampe incandescente	1	75	75	Défectueux
				Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	Défectueuse
			Escaliers vers R1	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 9 W 865 T8 RS	2	9	18	

Bâtiment H	R+1	Salle 1	Chambre 1	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Prise de courant	1			
				Brasseur SMC	1	65	65	
			Chambre 2	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Hublot à lampe incandescente	1	75	75	
				Prise de courant	1			
				Brasseur SMC	1	65	65	
		Salle 2		Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
				Prise de courant	2			
				Brasseur SMC	1	65	65	
		Salle 3	Chambre 3	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Prise de courant	1			
				Brasseur SMC	1	65	65	
			Chambre 4	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Hublot à lampe incandescente	1	75	75	
				Prise de courant	1			A refixer
				Brasseur SMC	1	65	65	
		Salle 4	Chambre 5	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Prise de courant	1		0	
				Brasseur SMC	1	65	65	

			Chambre 6	Réglette Ballast 1,2 m	1	36	36	
				Prise de courant	1		0	
				Brasseurs SMC	1	65	65	
		Salle 5	Chambre 7	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
				Prise de courant	1			
				Brasseur SMC	1	65	65	
				Climatiseur SHARP	1	1100	1100	
		Toilettes	Douche commune	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	3	36	108	Mauvaise position du disjoncteur de la machine à laver (Il a été connecté à circuit d'interrupteur)
				Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
				Machine à Laver CANDY	1			
			Douche devant	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
				Hublot à lampe incandescente	1	75	75	Défectueux
			Douche derrière	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
				Hublot douche	1	75	75	
		Extérieur	Devant	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	3	36	108	
				Hublot à lampe incandescente	1	75	75	
			Derrière	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	3	36	108	
				Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
		Chambres privées	Chambre privée 1	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
				Prise de courant	1			
				Brasseur SMC	1	65	65	
				Climatiseur SHARP	1	1500	1500	
			Chambre privée 2	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
				Prise de courant	1			
				Brasseur SMC	1	65	65	
			Chambre privée 3	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
				Prise de courant	1			
				Brasseur SMC	1	65	65	
Bâtiment G	Rez-de-chaussée		Grande salle	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	3	36	108	

				Brasseur PANASONIC	4	75	300	
				Prise de courant	4			
			Cuisine 1	Prise de courant	1			Défectueux
				Ventilateur Everal	1	55	55	
				Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
			Cuisine 2	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
				Prise de courant	1			
			Douche + extérieur	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	3	36	108	
				Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18		Défectueuse
				PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
	R+1	Réfectoire		Réglette PHILIPS TL-D-18 W	6	18	108	
				Projecteur Hublot	1	100	100	
				Prise de courant	3			

Tableau C.11. Inventaires des équipements des équipements du secteur B (2/2).

Locaux	Salles	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/ constats
Pharmacie		Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
		Réglette PHILIPS TL-D-18 W	2	18	36	
		Desktop HP	2	44	88	
		Imprimante	1	828	828	
		Brasseur SMC	1	65	65	
Hangar		PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	2	18	36	Défectueuses
Magasins	Magasin 1	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
		Prise de courant	1			
	Magasin 2	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
		Prise de courant	1			
	Magasin 3	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
		PHILIPS MAS LEDtube 600 mm UO 9 W 865 T8 RS	1	9	9	
Garage		Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
		PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
Télécentre	Intérieur	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	1	18	18	
	Extérieur	Prise de courant	2			
Portail Aspirât		Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	

□ Secteur C

Tableau C.12. Inventaire des équipements du secteurs C.

Bâtiments	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W)
Bâtiment H	R0	Bureau	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	3	18	54
			Prise de courant	3	-	-
			Desktop HP	3	44	132
			Imprimante HP	2	828	1656
			Brasseurs SMC	2	65	130
			Routeur CL TP link	1	5	5

Tableau C.13. Inventaires des équipements du secteur D.

Bâtiments	Niveau	Locaux	Equipements	Quantité	Puissance (W)	Puissance totale (W)	Nombre d'équipements défectueux (ED)/ constats
Bâtiment F	Rez-de-chaussée	Jardin	Pompe SP5A-17 (QRUNDFOS)	1	1500	1500	L'installation est à refaire
		Magasin 1	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
			Prise de courant	2		0	
		Magasin 2	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
			Prise de courant	1		0	
		Magasin 3	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
			Prise de courant	1		0	
		Extérieur	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
			Hublot PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
			Réglette PHILIPS TL-D-36 W	2	36	72	
			Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
			Projecteur LED	1	50	50	
	R+1	Chambre B2	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	

			Machine à laver	1	2100	2100	
			Réfrigérateur SANCY	1	110	110	
			Brasseur National	1	55	55	
			Prise de courant	2		0	
		Chambre B3	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	2	18	36	
			Prise de courant	1		0	
			Climatiseur Sharp	1	1100	1100	
			Brasseur National	1	55	55	
			Hublot à lampe incandescente	1	75	75	
		Chambre B5	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	2	18	36	
			Prise de courant	2		0	
			Climatiseur Sharp	1	1100	1100	
			Brasseurs National	1	55	55	
			Hublot à lampe incandescente	1	75	75	
		Chambre B6	Réglette PHILIPS TL-D-18 W	2	18	36	
			Prise de courant	2		0	
			Climatiseur Sharp	1	1100	1100	
			Brasseur National	1	55	55	
			Hublot à lampe incandescent	1	75	75	
		Chambre B7-8	Climatiseur Sharp	1	2400	2400	
			Brasseur National	2	55	110	
			Prise de courant	4		0	
			Hublot à lampe incandescent	2	75	150	
			Réglette PHILIPS TL-D-18 W	4	18	72	1
		Douche externe	Hublot à lampe incandescente	1	75	75	
			Réglette PHILIPS TL-D-36 W	1	36	36	
		Couloirs	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	3	36	108	
			Réglette PHILIPS TL-D-18 W	1	18	18	
			Réglette PHILIPS TL-D-18 W	2	18	36	

➡ Bilan de puissance des différents secteurs

Illustration d'une des fenêtres de travail lors du calcul des bilans de puissance.

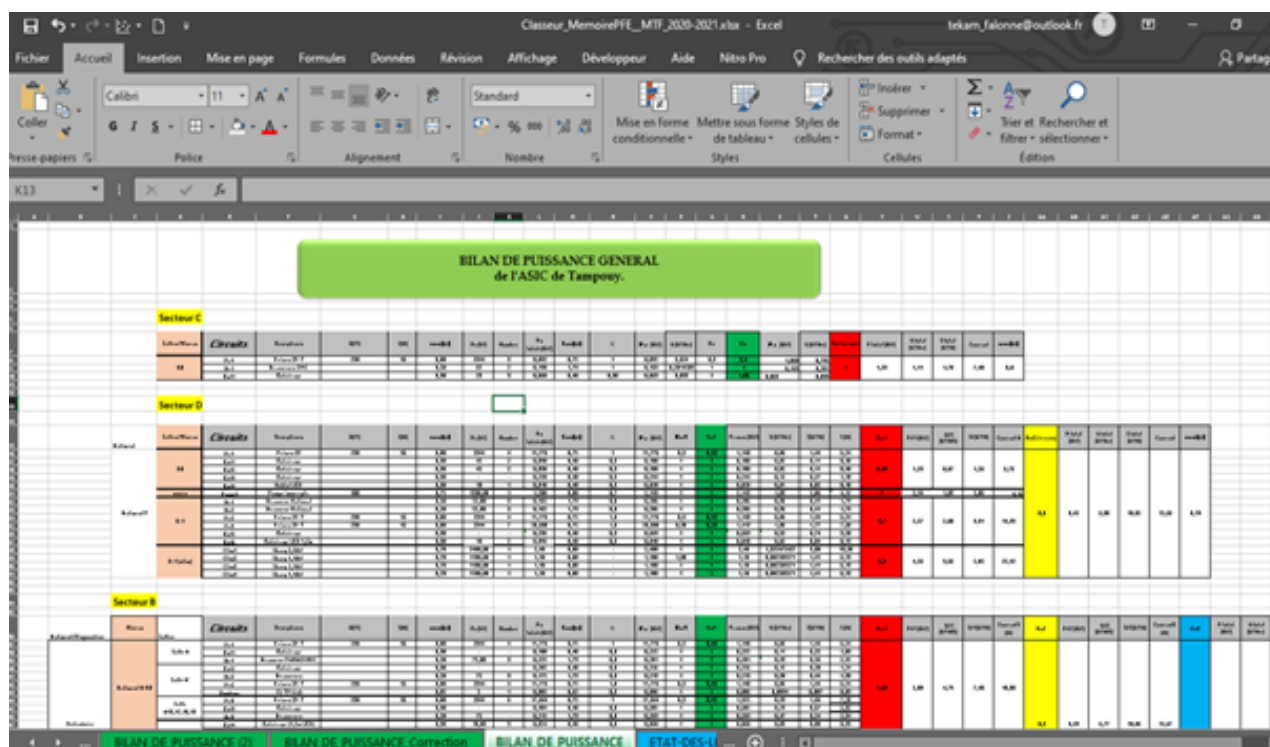


Figure C. 1. Illustration d'une fenêtre de travail lors du calcul des bilans de puissance du site.

➔ Répertoire des défauts des installations

Tableau C. 14. Récapitulatif des défaillances techniques recensées sur le site.

Bâtiments	Défauts/ inconformités	Propositions de solutions
Bâtiment A	Equipements défectueux (lampes, prises de courants)	Remplacements des équipements
	Mauvais branchement du tableau divisionnaire (TD)	Repartir les circuits selon la norme NFC 15-100
	Mauvaise répartition des circuits	Repartir les circuits selon la norme NFC 15-100
	Salles sous éclairées	Remplacement des volets Augmentation des luminaires
Bâtiment C et G	Mauvais branchement des TD	Repartir les circuits selon les recommandations de la norme NFC 15-100
Bâtiment D et Zone initiale	Absence de TD	Installer un TD pour assurer la protection des biens et des personnes et aussi assurer l'isolation des circuits en cas de maintenance.
Zone Cuisine	Absence de TD	IDEM qu'au précédent avec une urgence particulière car la cuisine est alimentée par une phase des 3 câbles via une boîte de dérivation exposée.
Bâtiment F	Mauvais branchement du TD	Repartir les circuits selon les recommandations de la norme NFC 15-100
		Repartir les circuits selon les

		recommandations de la norme NFC 15-100
Bâtiment H	Absence de TD au R+1 et au R0	Installer un TD pour assurer la protection des biens et des personnes et aussi assurer l'arrêt des circuits en cas de maintenance.

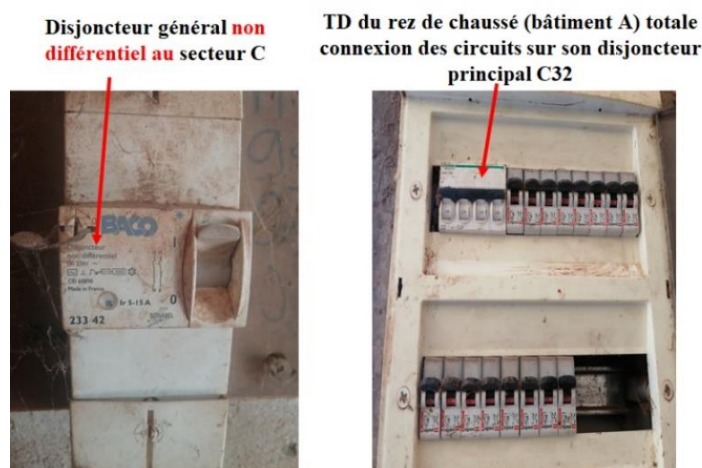


Figure C.2. Illustration de quelques défauts/inconformités des installations du site.

C.2. Etude des factures d'électricité du site

➔ Analyse de l'évolution des factures d'électricité à l'ASIC

Classeur_MemoirePFE_MTF_2020-2021.xlsx - Excel

Fichier Accueil Insertion Mise en page Formules Données Révision Affichage Développeur Aide Nitro Pro Rechercher des outils adaptés

Calibri 11 A A Standard % 000 +,00 -,00 Mise en forme conditionnelle Mettre sous forme de tableau Styles de cellules Insérer Supprimer Format Cellules

N55

MÉMOIRE DE FIN D'ETUDES
Thème : Analyse des installations électriques et énergétiques de l'ASIC de Tampouy
MAGNE TEKAM Falonne
S10B-GEE/ENERGIES RENOUVELABLES

ETATS DES LIEUX de l'ASIC de Tampouy:
les factures d'électricité du SecteurB

Date de facturation	Index de jour de remise de la facture	Ancien Index (kWh)	Nouveau Index (kWh)	Consommation d'énergie(kWh)	Coût de l'électricité (FCFA)	TSDAAE (FCFA)	TDE (FCFA)	TVA (FCFA)	Taxes Totales	coût total (FCFA)
janv-16	12417	10729	10729	0	33210	0	0	0	0	33210
févr-16	12825	10729	12417	1688	223842	3064	3376	38868	47308	271180
mars-16	13673	12417	12825	408	17922	1224	836	11450	13490	31412
avr-16	14304	12825	13673	848	128082	2544	1636	20875	25115	153197
mai-16	15047	13673	14304	631	103344	1833	1262	16227	19362	122726
juin-16	15415	14304	15047	743	116112	2223	1486	19426	22241	139453
juil-16	15811	15047	15415	368	73362	1104	736	10533	12433	85795
août-16	16178	15415	15811	396	76554	1188	732	11193	13173	89727
sept-16	16535	15811	16178	367	73248	1101	734	10572	12407	85655
oct-16	17167	16178	16535	417	78348	1251	834	11543	13728	92676
nov-16	18027	16535	17167	572	96618	1716	1144	14363	17823	114441
déc-16	18775	17167	18027	860	123450	2500	1720	21132	25432	154882
janv-17	19465	18027	18775	748	116682	2244	1436	19753	22473	139305
févr-17	20035	18775	19465	690	110070	2070	1380	17491	20941	131011
mars-17	20538	19465	20035	570	103230	1830	1260	16205	19355	122585
avr-17	21032	20035	20538	443	91912	1329	896	12200	14495	106327
mai-17	22011	20538	21032	554	94566	1662	1109	14577	17347	111973
juin-17	22742	21032	22011	919	136176	2757	1838	22336	26931	163167
juil-17	23084	22011	22742	731	114744	2193	1462	18369	22024	136768
août-17	23373	22742	23084	342	103358	1026	684	10036	11745	121444
sept-17	23973	23084	23373	360	95390	1630	1120	9809	12809	118039
oct-17	24778	23373	23973	525	68916	987	655	7758	11403	80519
nov-17	25206	23973	24778	805	123180	2415	1610	19454	23379	147159
déc-17	25819	24778	25206	428	80202	1284	856	11879	14019	142221

Conso_SA Evolution mensuelle Sans Données-Consommation-energie_SB Conso-Cout_SB C ...

Figure C.3. Illustration d'une fenêtre de travail lors de l'analyse des factures d'électricité de l'ASIC.

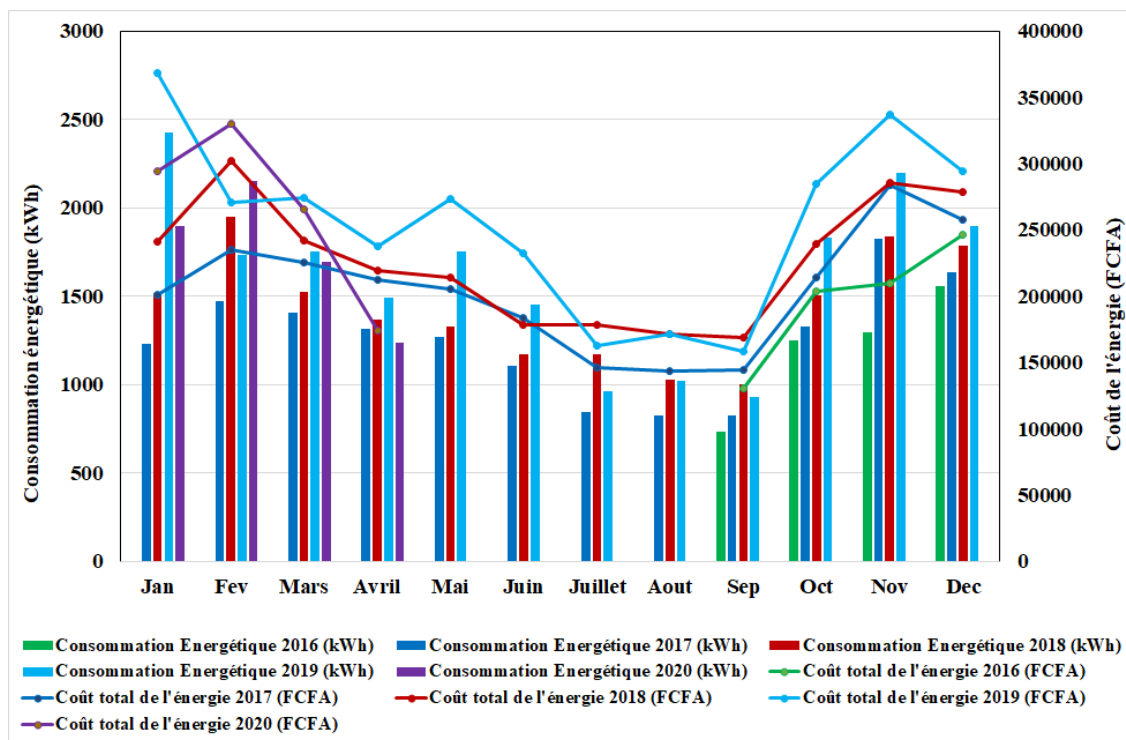


Figure C. 4. Consommation et coût mensuels de l'énergie du SA après pondération.

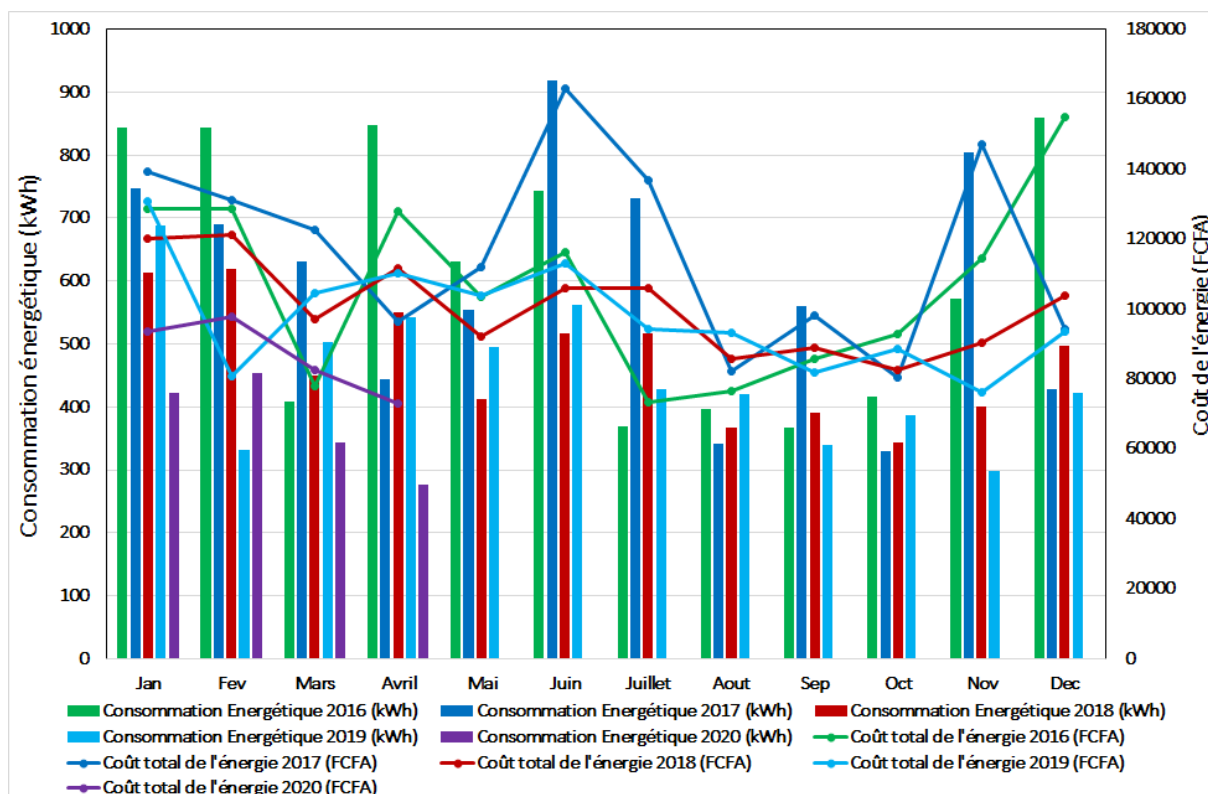


Figure C.5. Consommation et coût mensuels de l'énergie du SB après pondération.

C.3. Audit énergétique du site

➔ Estimation de la demande énergétique de l'ASIC

Tableau C. 15. Estimation de la demande énergétique annuelle par poste de consommation et par secteur.

Secteurs	Postes de consommations d'énergie	Désignation	Quantité	Puissance (W)	Temps de fonctionnement journalier (h)	Energie (Wh)	Nombre de jours d'utilisation par an	Energie annuelle totale consommée (Wh)	Energie annuelle Totale par poste de consommation (Wh)
Secteur A	Eclairage Intérieur	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	80	45	4	14 400	196,5	2 829 600	5 248 567
		Réglette PHILIPS TL-D-18 W	32	22,5		2 880	196,5	565 920	
		PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	94	18		6 768	196,5	1 329 912	
		PHILIPS MAS LEDtube 600 mm UO 9 W 865 T8 RS	1	9		36	196,5	7 074	
		Réglette MADZA	3	45		540	196,5	106 110	
		Réglette OSRAM	20	20	2	800	196,5	157 200	
		Réglette LED-TO	1	11		22	196,5	4 323	
		Hublot à lampe incandescente	1	75		150	273,8	41 063	
		Ampoule Philips	13	13,75		358	273,8	97 866	
		Ampoule Incandescente	2	50		400	273,8	109 500	
	Eclairage Extérieur	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	23,0	45,0	6	6 210	196,5	1 220 265	2 276 391
		Réglette PHILIPS TL-D-18 W	5,0	22,5		675	273,8	184 781	
		PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	30,0	18,0		3 240	196,5	636 660	
		PHILIPS MAS LEDtube 600 mm UO 9 W 865 T8 RS	2,0	9,0		108	196,5	21 222	
		Ampoule Philips	3,0	13,75		248	273,8	67 753	
		Réglette OSRAM	2,0	20,0		240	196,5	47 160	

		Projecteur LED	2,0	30,0		360	273,8	98 550	
	Climatisation	Climatiseur SHARP	1,0	1 320,0	3	3 960	180,8	715 770	715 770
	Ventilation	Brasseur National	2,0	55,0	2	220	273,8	60 225	1 437 225
		Ventilateur Everal	1,0	55,0		110	273,8	30 113	
		Brasseur SMC	13,0	65,0		1 690	273,8	462 638	
		Brasseur PANASONIC	30,0	75,0		4 500	196,5	884 250	
	Bureautique	Desktop HP	42,0	44,0	4	7 392	196,5	1 452 528	1 777 932
		Imprimante	2,0	828,0	1	1 656	196,5	325 404	
	Télécommunication	Téléphone fixe	1,0	10,0	2	20	196,5	3 930	36 780
		Routeur	1,0	5,0	24	120	273,8	32 850	
	Biens de consommations	Congélateur NASCO 270L Type T HNAS-350	1,0	500,0	4	2 000	273,8	547 500	6 733 650
		Congélateur SOLSTAR 540L	1,0	1 500,0		6 000	273,8	1 642 500	
		Congélateur Iberma	1,0	400,0		1 600	273,8	438 000	
		Amplificateur	1,0	1 200	3	3 600	196,5	707 400	
		Moulin VIKING 10 HP	1,0	11 000	1	5 500	196,5	1 080 750	
		Moulin VIKING 15 HP	1,0	15 000	1	7 500	90,0	675 000	
		Pompe SP5A-17 (QRUNDFOS)	1,0	1 500	4	6 000	273,8	1 642 500	
Secteur B	Éclairage intérieur	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	25,0	45,0	4	4 500	196,5	884 250	1 615 082
		Réglette PHILIPS TL-D-18 W	9,0	22,5	4	810	196,5	159 165	
		PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	18,0	18,0	4	1 296	196,5	254 664	
		PHILIPS MAS LEDtube 600 mm UO 9 W 865 T8 RS	3,0	9,0	4	108	273,8	29 565	

		Hublot à lampe incandescente	7,0	75,0	2	1 050	273,8	287 438	
	Éclairage extérieur	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	10,0	45,0	6	2 700	273,8	739 125	1 539 023
		Réglette PHILIPS TL-D-18 W	8,0	22,5	6	1 080	273,8	295 650	
		PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	10,0	18,0	6	1 080	273,8	295 650	
		PHILIPS MAS LEDtube 600 mm UO 9 W 865 T8 RS	3,0	9,0	6	162	273,8	44 348	
		Projecteur LED	1,0	100	6	600	273,8	164 250	
	Climatisation	Climatiseur SHARP	1,0	1 100	3	3 300	90,0	297 000	3 294 000
			3,0	1 200		10 800	90,0	972 000	
			5,0	1 500		22 500	90,0	2 025 000	
	Ventilation	Brasseur National	2,0	55	4	440	90,0	39 600	549 000
		Ventilateur Evernal	1,0	55	4	220	90,0	19 800	
		Brasseur SMC	14,0	65	4	3 640	90,0	327 600	
		Brasseur PANASONIC	6,0	75	4	1 800	90,0	162 000	
	Bureautique	Desktop HP	2,0	44	4	352	196,5	69 168	231 870
		Imprimante	1,0	828	1	828	196,5	162 702	
	Télécommunication	Routeur	1,0	5	24	120	273,8	32 850	32 850
	Biens de consommations	Machine à laver	1,0	1 600	1	1 600	36,0	57 600	57 600
Secteur C	Éclairage intérieur	PHILIPS MAS LEDtube 1200 mm UO 18 W 865 T8 RS	3,0	18	6	324	92,0	29 808	29 808
	Bureautique	Desktop HP	3,0	44	6	792	92,0	72 864	224 480
		Imprimante HP	2,0	824	1	1 648	92,0	151 616	
	Télécommunication	Routeur CL TP Link	1,0	5	24	120	92,0	11 040	11 040
Secteur D	Éclairage intérieur	Réglette PHILIPS TL-D-36 W	8,0	45	4	1 440	90,0	129 600	272 700

		Réglette PHILIPS TL- D-18 W	11,0	22,5	4	990	90,0	89 100	
		Hublot à lampe incandescente	4,0	75	2	600	90,0	54 000	
	Éclairage extérieur	Réglette PHILIPS TL- D-36 W	3,0	45	4	540	196,5	106 110	198 465
		Réglette PHILIPS TL- D-18 W	3,0	22,5	4	270	196,5	53 055	
		Projecteur LED	1,0	50	4	200	196,5	39 300	
	Climatisation	Climatiseur SHARP	3,0	1 100	3	9 900	90,0	891 000	1 539 000
			1,0	2 400	3	7 200	90,0	648 000	
	Ventilation	Brasseurs National	5,0	55	3	825	90,0	74 250	74 250
	Biens de consommations	Réfrigérateur SANCY	1,0	110	3	330	90,0	29 700	1 488 375
		Machine à laver	1,0	2 100	3	6 300	36,0	226 800	
		Pompe SP5A- 17 (QRUNDFOS)	1,0	1 500	3	4 500	273,8	1 231 875	
Totaux	Secteur A	Secteur B	Secteur C	Secteur D					
	18 226 316	7 319 424	313 168	3 572 790					
Consommation énergétique de l'ASIC (Wh)									
29 431 698									

➡ Diagnostic de l'éclairage

❑ Répartition de la puissance installée des types de lampe

Tableau C.16. Répartition des puissances installées des lampes sur le site.

Puissance Installée(W) Secteurs	Lampes Fluorescentes	Lampes LEDs	Lampes incandescentes
Secteur A	4 658	2682	175
Secteur B	1 566	658	525
Secteur C	0	54	0
Secteur D	648	50	300
Totaux	6 872	3 444	1 000
Total	11 316		

Soit la figure illustrative les lampes allumées en journée en absence d'occupants dans la salle.



Figure C.6. Images de lampes allumées.

□ Analyse de l'éclairage

Les exigences d'éclairage par pièce selon la norme européenne et le centre scientifique et technique de la construction sont consignées dans la figure ci-dessous :

Zones, tâches, activités	Eclairage moyen à maintenir (lux) Valeur minimale
Zone de circulation et couloirs	100
Escaliers, quai de chargement	150
Magasins, entrepôts	100
Magasins de vente, zone de vente	300
Zone de caisse	500
Espaces publics, halls d'entrée	100
Guichets	300
Restaurants, hôtels	300
Réception, caisse, concierge	300
Cuisines	500
Bâtiments scolaires, salle de classe en primaire et secondaire	500
Salle de conférences	500
Salle de dessin industriel	750
Eclairage des bureaux :	
– classement	300
– dactylographie, lecture	500
– poste CAO	500
– réception	300
– archives	200

Local et activité	Eclairage moyen	Living – salon	
Hall d'entrée et couloirs		Zone de repos (bureau, etc.) Lecture	50 - 200 lx 300 lx
		Salle à manger	
Hall d'entrée	100 lx	Eclairage général	100 lx
Couloir et circulation	50 - 100 lx	Eclairage de la table	100 - 300 lx
Escalier	100 lx	Chambre	
Sanitaires		Eclairage général	100 - 200 lx
Eclairage ambiant	200 lx	Zone de lecture (litre de lit)	300 lx
Eclairage du miroir et du lavabo	300 - 500 lx	Débaras, buanderie, caves, garage, etc.	
Toilettes	100 lx	Eclairage général	50 - 100 lx
Cuisine		Zone de travail (repassage, brochage, etc.)	300 lx
Eclairage ambiant	200 - 300 lx		
Eclairage du plan de travail	300 - 500 lx		

Figure C.7. Les exigences en matière d'éclairage.

PERFORMANCES DES DIFFÉRENTES LAMPES						
Type de lampe	Puissance (W)	Flux lumineux (lm)	Efficacité lumineuse (sans ballast) (lm/W)	Indice de rendu des couleurs (IRC)	Température de couleur (K)	Durée de vie moyenne (h)
Incandescente	25 à 500	220 à 8 200	9 à 16	100	2 700	1 000
Halogène	40 à 2 000	500 à 50 000	12,5 à 25	100	3 000	2 000
Tube fluorescent	14 à 58	1 150 à 5 200	64 à 104	60 à 90	2 700 à 6 500	14 000 à 18 000
Fluocompacte	5 à 55	200 à 4 800	39 à 87	80	2 700 à 4 000	8 000 à 13 000
Led	2 à 7	5 à 20	50	70 à 85	2 700 à 6 500	50 000 à 100 000

Figure C.8. Les performances des lampes.

➔ Diagnostic de la climatisation

❑ Détermination des paramètres des conditions climatiques internes et externes

➤ Point interne

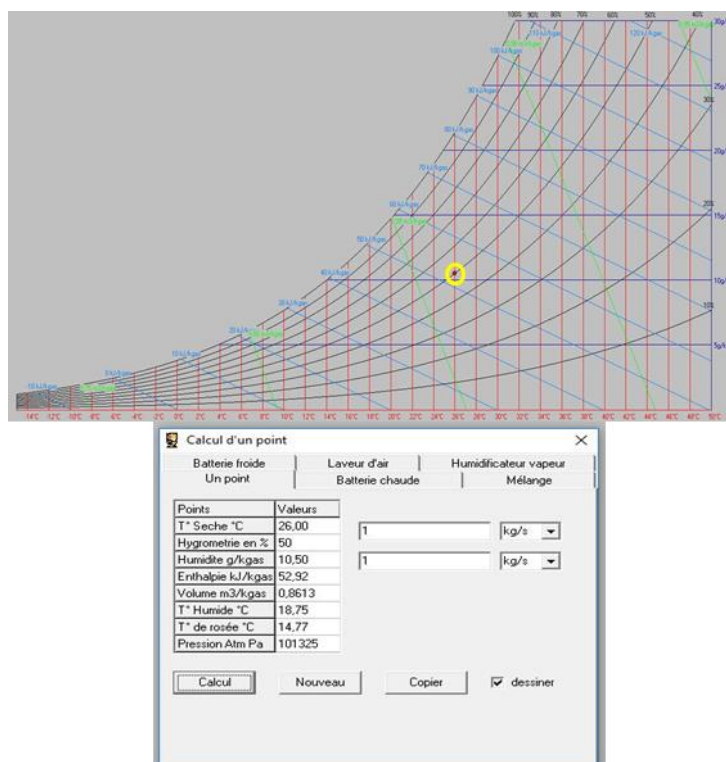


Figure C.9. Diagramme d'air humide et paramètres du point correspondant aux conditions climatiques internes.

➤ Point externe

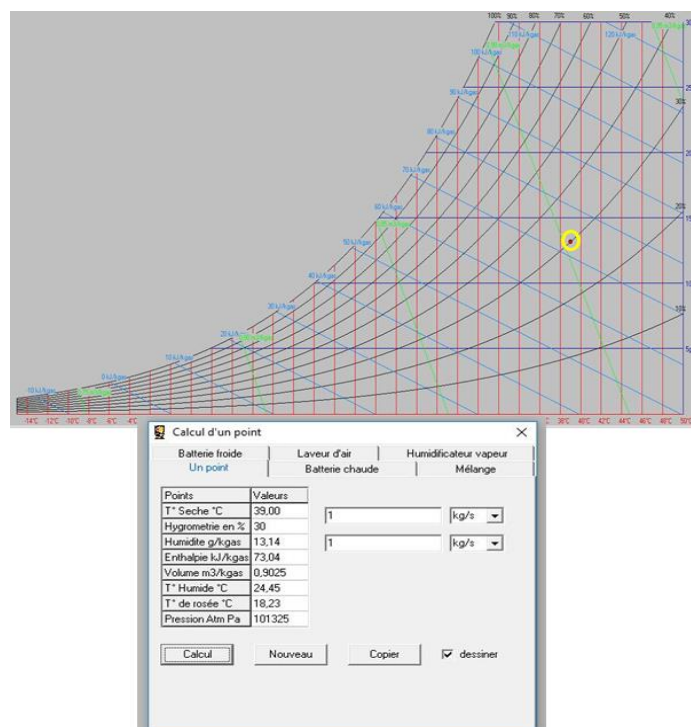


Figure C.10. Diagramme d'air humide et paramètres du point correspondant aux conditions climatiques externes.

❑ Détermination de la position du soleil le 15 avril à 14h

L'étoile jaune et le trait rouge sur le diagramme permettent respectivement de repérer la position du soleil et d'obtenir son azimut et sa hauteur.

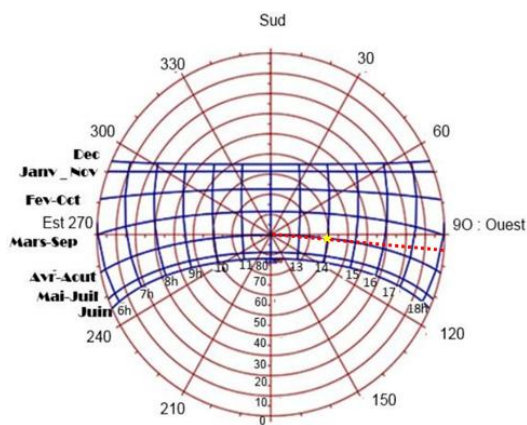


Figure C.11. Position du soleil le 15 avril à 14 h à Ouagadougou.

❑ Résultats détaillés du bilan thermique

Les résultats sont consignés dans le **Tableau C. 18**.

❑ Couverture de la demande en froid par les climatiseurs du site

Les exigences en matière de COP des climatiseurs sont :

Tableau C.17. COP minimum des climatiseurs institués lors du projet PNUD/FEM RAF/93/G32.

Type d'équipement	COP minimum recommandé [kW _r /kW _e]
Climatiseurs de fenêtre	2,8
Split systèmes :	
- Jusqu'à 4 kW _r	2,8
- Supérieur à 4 kW _r	3,0
Conditionneurs d'air monobloc :	
A refroidissement par air	
- Jusqu'à 10 kW _r	2,5
- Supérieur à 10 kW _r	2,9
A refroidissement par eau	3,5

Tableau C. 18. Résultats détaillés du bilan thermique.

Secteurs de l'ASIC	Désignation Pieces	Surface d'échanges des murs (m2)						Gains par conduction mur	Gains par rayonnement mur	Surface vitrage (m2)				Gains par conduction vitrage	Gains par rayonnement vitrage	Gains dûs au Occupants (W)				Renouvellement d'air			Charges dûes aux équipements électriques	Totale de Chaleur sensible	Totale de Chaleur Latente	Puissance Totale	Puissance Totale par secteurs
		Sud	Ouest	Nord	Est	Plafond	Plancher	Puissance (W)	Puissance (W)	Sud	Ouest	Nord	Est	Puissance (W)	Puissance (W)	Nbre de personnes	Chaleur latent	Chaleur sensible	Puissance Totale	Débit volumique (m3/h)	Chaleur Latente	Chaleur Sensible	Puissances totales				
Secteur A	Chambre 2	8,55	15,0	8,55	15,0	14,3	14,3	1413	1036	2,44	0,00	2,44	0,00	224,0	43,4	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	72,0	2930	92,5	3022	3022
Batiment H	Chambre A13	7,95	16,5	7,95	16,5	14,6	14,6	1057	1096	3,17	0,00	3,17	0,00	291,2	0	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	186	2771	92,5	2863	
	Chambre A14	8,76	12,0	8,76	12,0	11,7	11,7	878	886	0,00	1,79	3,98	0,00	278,3	158,1	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	111	2453	92,5	2546	
	Chambre A15	10,22	14,0	10,22	14,0	11,7	11,7	799	1034	3,98	1,79	0,00	0,00	278,3	87,2	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	168	2508	92,5	2600	
	Chambre A16	8,28	16,7	8,28	16,7	15,9	15,9	1394	1116	3,98	0,00	3,98	1,79	485,1	70,9	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	93,0	3301	92,5	3394	
	Chambre A17	7,95	16,5	8,55	16,5	14,6	14,6	1071	1104	3,17	0,00	3,17	0,00	329,2	56,4	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	176	2878	92,5	2970	
	Chambre A18	8,28	16,7	8,28	16,7	15,9	15,9	400	1116	3,17	0,00	3,17	0,00	329,2	56,4	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	204	2247	92,5	2340	
	Chambre A19	8,28	16,7	8,28	16,7	15,9	15,9	803	1116	3,17	0,00	3,17	0,00	329,2	56,4	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	36,0	2483	92,5	2575	
	Chambre privée 1	8,28	16,7	8,28	16,7	15,9	15,9	1239	1116	3,17	0,00	3,17	0,00	329,2	56,4	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	83,0	2966	92,5	3058	
	Chambre 7	8,28	16,7	8,28	16,7	15,9	15,9	1239	1116	3,17	0,00	3,17	0,00	329,2	56,4	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	83,0	2966	92,5	3058	25404
Batiment F	Chambre B3	12,5	11,7	12,45	11,7	16,2	16,2	1879	982	1,50	0,00	0,94	0,00	115,4	16,7	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	166	3300	92,5	3393	
	Chambre B5	12,0	14,4	12,00	14,4	19,2	19,2	1911	1108	0,00	0,94	0,00	1,50	108,6	45,7	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	166	3481	92,5	3573	
	Chambre B6	12,0	14,4	12,00	14,4	19,2	19,2	1621	1108	0,00	0,94	0,00	1,50	108,6	45,7	1,00	53,4	62,6	116	18,0	39,1	78,7	166	3191	92,5	3284	
	Chambre B7-8	14,4	26,4	14,40	26,4	42,2	42,2	3942	1803	0,00	3,00	0,00	1,87	217,2	146,6	2,00	107	125	232	36,0	78,3	157	332	6723	185	6908	17158
Hauteur des murs 3																								Total		45584	

- ➔ Diagnostic de la ventilation et des biens de consommation
☐ Diagnostic de la ventilation

Tableau C.19. Répartition de la puissance installée des équipements de ventilation sur le site.

Puissance Installée(W) Secteurs	Brasseur SMC	Brasseur PANASONIC	Brasseur NATIONAL	Ventilateur Eternal
Secteur A	845	2250	110	55
Secteur B	910	450	110	55
Secteur C	130	0	0	0
Secteur D	0	0	275	0
Totaux	1885	2700	495	110
Total	5190			

- ☐ Diagnostic des biens de consommation

Tableau C.20. Répartition de la puissance installée des biens de consommation sur le site.

Puissance Installée(W) Secteurs	Moulins	Pompes	Congélateur	Machine à laver	Amplificateur
Secteur A	26000	1500	2400	0	1200
Secteur B	0	0	0	1600	0
Secteur C	0	0	0	0	0
Secteur D	0	1500	110	2100	0
Totaux	26 000	3 000	2 510	3 700	1 200
Total	35 210				

➔ Mesures d'économie d'énergie proposées

☐ Suivi des factures d'électricité

Prologiciel Facture BT-Simple Tarif SONABEL

SOCIETE NATIONALE D'ELECTRICITE DU BURKINA FASO

SIEGE SOCIAL - 55 AVENUE DE LA NATION-01BP OUAGADOUGOU 01 Tél. : 25 30 6100

N° IFU : 0000 499/R-N° RCCM : M3212-Régime : Réel/ Normal d'imposition

Division Fiscale de Rattachement : DGE

Email : courrier@sonabel.bf - Site Web : www.sonabel.bf

FACTURE

Exploitation : 302 OUAGADOUGOU DISTRIBUTION

Type d'abonné	N° Police	N° Abonné	Nom et Adresse de l'abonné		Groupe
00	3981 J	1X0930010	ASPIRANAT TAMPOUY		1
Période :	Type de facture N		Rémise le :	Indexe relevé ce jour (kwh):	
Index		Consommation Totale en (kWh)	Montant de l'électricité	TSDAAE (taxe du Soutien au Développement des Activités Audio visuelles de l'Etat)	TDE (taxe de développement de l'Electrification)
Ancien	Nouveau				
38861	41207	2346	293548	7038	4692

DETAIL DE LA FACTURATION

Cb de tarif	N° de comp	Tranche	Tarif	Montant	TOTAL A PAYER		
17062			50	96		357285	
Rédevance	Prime fixe		150	108			Motant timbres de cas de règlement
1373	26531	2146	114	244644			
Ceder l'électricité à un Tiers est un infraction passible de pénalités et de suspension de la fourniture d'électricité.					Date limite de paiement		
période	N° Abonné		TOTAL A PAYER			Domiciliation Bancaire	
			357285				
N° police	Exploitation						
	OUAGADOUGOU DISTRIBUTION						

Figure C.12. Prologiciel de suivi de facture BT-Simple Tarif.

☐ Remplacement des luminaires

Tableau C. 21. Répartition du nombre de luminaires à changer sur le site.

Désignation	Nombre de lampes par secteur		
	Secteur A	Secteur B	Secteur D
Tubes LED PHILIPS-MAS LEDtube 120 cm 18W	125	35	11
Tubes LED PHILIPS-MAS LEDtube 60 cm 9W	37	17	14
Hublot LED IP65	1	7	4
Ampoule OSRAM	3	0	0
Total	166	59	29

Tableau C. 22. Détails de l'investissement pour le remplacement des luminaires.

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
Tubes LED PHILIPS-MAS LEDtube 120 cm 18W	U	171	9 000	1 539 000
Tubes LED PHILIPS-MAS LEDtube 60 cm 9W	U	68	8 000	544 000
Hublot LED IP65	U	12	10 400	124 800
Ampoule OSRAM	U	3	4 875	14 625
Total matériel			2 222 425	
Prestation de service			150 000	
Maintenance			0	
Total général TTC (FCFA)			2 372 425	

☐ Remplacement des brasseurs d'air

Modèle MONA
EAN 3 760158 353867

142 cm / 56"

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

Référence	MONA	Nb. Vitesses	6	Emballage	Boîte coulour
Diamètre	142 cm / 56"	Minuterie	Avec (8h max)	Dimensions	60 x 27 x 25,5 cm
Tension	100-240V~	Pales	3	Volumer	0,0475 m3
Fréquence	50/60 Hz	Type	Aluminium	Poids brut	9,38 Kg
Moteur	DC Courant Continu	Inclinaison	11°	Poids net	8,18 Kg

Vitesse	Consommation	Niveau sonore	Rotation	Debit d'air	Efficacité énergétique
1	5 W	27 dB	120 t/min	4360 m3/h	996 m3/h.W
3	11 W	—	165 t/min	6848 m3/h	623 m3/h.W
6	35 W	45 dB	240 t/min	9960 m3/h	285 m3/h.W

A PROPOS

- Ventilateur de plafond DC Courant Continu 142 cm
- Trio faible consommation (5 à 35 W), très silencieux (27 à 45 dB)
- 6 vitesses
- Télécommande + support mural (programmable sur plusieurs brasseurs)
- Lumière LED 30W / 3 couleurs dimmables (8000°K / 4000°K / 3000°K)
- Compatible WIFI (APP Tuya, Google Assistant, Amazon Alexa)
- Mode d'hibernation (changement sens de rotation)
- Fonction minuterie (8h max)
- 3 pales aluminium
- Tubes 13 et 25 cm (rallonges de 90 ou 120 cm disponibles en option)
- Fonction mémoire Marche/Arrêt (gestion par interrupteur...)
- Installation sur plafond incliné jusqu'à 25°
- Connecteurs de fils, connecteurs simplifiés, installation facile

INCLUS

- Télécommande et récepteur
- Support et kit de fixation
- 3 pales aluminium
- Tubes 13 et 25 cm
- Kit LED

EN OPTION

- Rallonge 90 cm (diamètre 21 mm)
Ref : RA90GR
- Rallonge 120 cm (diamètre 21 mm)
Ref : RA120GR
- Ventilateur mural 6 vitesses (40 x 40)
Ref : INTCC

LED 3 COULEURS 30W INTENSITE DIMMABLE

8000°K 2000 Lumens	4000°K 1500 Lumens	3000°K 1620 Lumens
-----------------------	-----------------------	-----------------------

Contrôle vocal : Amazon Alexa, Google Assistant, Apple HomeKit

Compatibilité WIFI, application TUYA

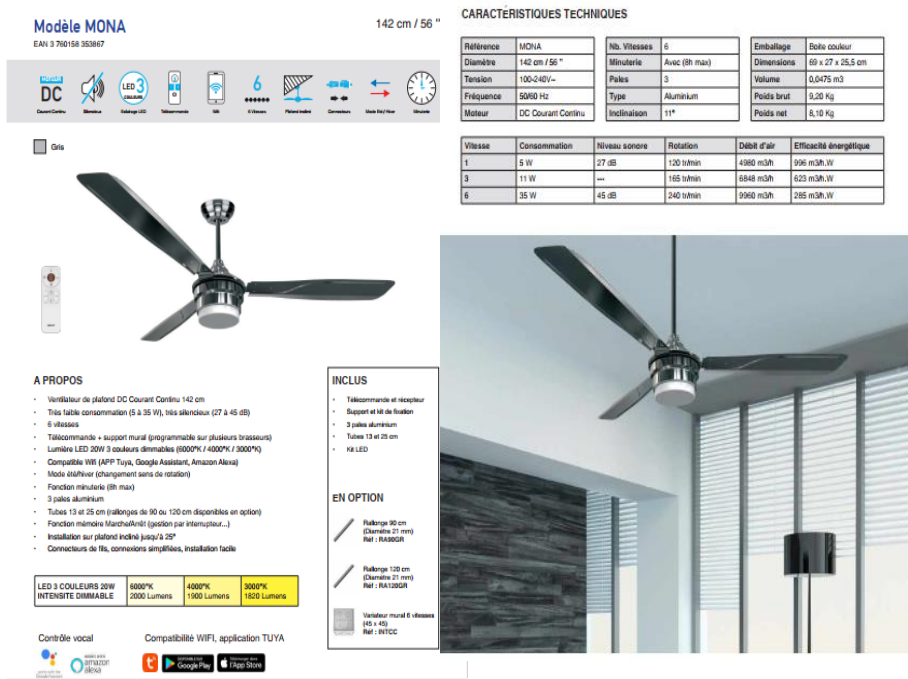


Figure C.13. Fiche technique du brasseur MONA.

Tableau C.23. Répartition du nombre de brasseurs changés sur le site.

Désignation	Nombre de brasseurs par secteur			
	Secteur A	Secteur B	Secteur C	Secteur D
Brasseur SMC	13	14	2	0
Brasseur PANASONIC	30	6	0	0
Brasseur National	2	2	0	5
Total	45	22	2	5

Tableau C. 24. Détails de l'investissement pour le remplacement des brasseurs.

Désignation	Unité	Quantité	Prix unitaire (FCFA)	Prix total (FCFA)
Brasseur MONA DC Ø 142 cm	U	74	89 400	6 615 600
Total matériel	6 615 600			
Prestation de service	400 000			
Maintenance	0			
Total général TTC	7 717 160			

- Remplacement des climatiseurs Mono-splits

Principaux avantages

Split

	CER				Potentialité encastrement général	Unité murale <i>Sense</i>		Unité murale						
	FRTZ-N	FRTZ-MMS	CERTIZM-A	FRTZ-KV	FDRM-F	ATDZM-N	ATDZK-IV	FRTG-CMS	CRTS-K	FRTS-K	FRTS-G	FRTX-K	FRTS-D	FRTG-VI
Moderne économique	x	x	x	x		x		x	x	x	x	x	x	x
Capturage intelligent d'énergie Capteur Intelligent Eye blanc			x	x		x		x		Class RACB				
Capteur Intelligent Eye blanc	x									Class RACB				
Détecteur de mouvements			x			x			x	Class RACB				x
Economie d'énergie en mode veille fonctionnement en mode absence	x	x	x	x		x		x	x	x				x
Mode nuit		x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Ventilation seule	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Filtre autonettoyant	x								x	x	x			x
Mode confort	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Mode puissance	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Communication automatique réglable chauffage fonctionnement ultra silencieux (jusqu'à un minimum de 18 dB(A))	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Chaleur rayonnante	x					x		x	x	x	x		x	x
Fonctionnement silencieux de l'unité intérieure	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Mode confort nocturne	x					x		x	x	x	x		x	x
Fonctionnement silencieux des unités extérieures	x					x		x	x	x	x		x	x
Humidification Ultra	x					x		x	x	x	x		x	x
Déshumidification Sahara	x					x		x	x	x	x		x	x
Mode déshumidification	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x	x
Flash Streamer	x					x		x	x	x	x		x	x
Filtre purificateur d'air photocatalytique à 3 étapes de filtration	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Filtre désodorisant photocatalytique	x					x		x	x	x	x		x	x
Filtre à air					x									
Dispositif de commande en ligne	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Minuterie hebdomadaire	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Minuterie sur 24 heures	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Télécommande infrarouge	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Télécommande câblée	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Télécommande centralisée	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Régulation automatique	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Autodiagnostic	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
Application multi	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x
VVI pour applications résidentielles fonctionnement garanti jusqu'à maximum 10°C en mode refroidissement	x	x	x	x		x		x	x	x	x		x	x

FTXZ-N + RXZ-N

Unité murale

Conditionnement de l'air complet intégrant (dés)humidification, purification de l'air et ventilation, et permettant des efficacités optimales en modes chauffage et rafraîchissement

- SEER + SCOP = A++ sur l'intégralité de la gamme.
- Aucune nécessité de nettoyage des filtres grâce au filtre autonettoyant.
- Composant unique en 1^{ère} série système de fonctions d'humidification, de déshumidification, de ventilation, de purification de l'air et de chauffage et rafraîchissement.
- Le système est très silencieux, le bruit de l'air est dirigé vers une zone de la pièce où aucune présence n'est détectée. La détection est réalisée dans 3 directions, à savoir sur la gauche, devant et sur la droite.
- Aucune présence n'est détectée dans toute la pièce, vous pouvez basculer l'unité sur la fonction "écouter".
- Unité récompensée par le prix « Red Dot Design Award - 2013 ».
- Dispositif de commande en ligne (en option) : commande à distance par smartphone.
- Unité conçue pour être installée facilement à l'aide d'une application, via votre réseau local ou internet.
- Première pompe à chaleur air-air du marché européen à fonctionner à -25°C.



R-32



Performances relatives à l'efficacité		FTX2 + KX2	25N + 35N	35N + 35N	50N + 50N
Performance typographique	Mini_Norm_A4at	SW	0,6/2,59,9	0,6/1,5/1,3	0,6/1,5/0,8
Performance colorimétrique	Mini_Norm_A4at	SW	0,9/0,6/2,1	0,9/0,6/2,0	0,9/0,6/1,4
Précision absolue	Rafaelux+changement	SW	0,3/0,4/0,2	0,3/0,4/0,2	0,3/0,4/0,2
Précision	Chaufage	SW	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01
Précision	Rafaelux+changement	SW	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01
Précision	Energie-électronique	SW	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01
Précision	Reseau d'énergie (à côté)	SW	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01
Précision	SEER	SW	2,54	9,00	8,00
Précision	Consommation énergétique annuelle	SW	92	136	203
Précision	Energie-électronique	SW	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01
Précision	Libéral (température)	SW	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01	0,3/0,6/2,01

	SCOP	5,90	5,73	5,50
	Consommation énergétique annuelle kWh	831	1.100	1.427
Efficacité nominale EER		6,10	5,30	4,55
COP		5,80	5,00	4,47
Consommation énergétique annuelle kWh		205	330	550
Étiquette-énergie Refroidissement/Chauffage			A/A	

Unité d'intervalle		FTZ2	25N	35N	50N
Dimensions	Unité	M x L x P	mm	295/788/372	
Poids	Unité	kg		15	
Filtre à air	Type			Filtre autohygiénisant	
Ventilation-Débit d'air	Rafalissement Haut/Nom./Bas/ Silence	m³/min	10,3/7,5/4,5/4,0	12,1/8,4/5,4/4,0	15,0/9,2/6,6/4,8
	Chauffage Haut/Nom./Bas/ Silence	m³/min	17,8/8,6/7,4/6,8	13,3/8,2/6,9/6,8	14,4/10,7/7,7/5,9
Niveau de puissance sonore	Rafalissement	dBA	54	57	60
	Chauffage	dBA	56	57	59
Niveau de pression sonore	Rafalissement Haut/Nom./Bas/ Silence	dBA	38/33/26/19	42/35/27/19	47/38/30/23
	Chauffage Haut/Nom./Bas/ Silence	dBA	39/35/26/19	42/35/27/19	44/38/32/24

Système de commande Télécommande infrarouge	ARC477A1
Alimentation électrique Phase / Fréquence / Tension	1~ / 50 / 220-240

Unité extérieure		R22	25N	35N	50N
Dimensions	Unité	11 x L x P		693x795x300	
Poids	Unité	kg		50	
Niveau de puissance sonore	Rafraichissement	dBA	59	61	63
Niveau de pression sonore	Chauffage	dBA	59	61	64
Niveau de pression sonore	Rafraichissement Haut	dBA	46	48	49
Niveau de pression sonore	Chauffage Haut	dBA	46	48	50
Plage de fonctionnement	Rafraichissement Temp. ext. Min.-Maxi	°C/°F		-10/-13	
Fonctionnement	Chauffage Temp. ext. Min.-Maxi	°C/°F		-20/-8	
Refrigerant	Type/Charge kg/lbs CO2/PPF			8-12/18,1/35,5	
Raccords de tuyauterie	Liquide	mm		6,35	
	Gaz	mm		9,5	
	Longueur de tuyauterie UE - UE Maxi	m		10	
	Dérivée UE - UE Maxi	m		10	
Alimentation électrique	Voltage / Fréquence / Tension	Volt/Hz		1-Phase / 220-240	
Consommation - SO H10	Intensité maximale de fusible (MFA)	A		8	

(1) IECOP selon la norme Eurovent 202, pour utilisation hors UE uniquement (2) La valeur MRA est utilisée pour sélectionner le digoniseur et le digoniseur de fuite à la terre. Pour obtenir des informations plus détaillées sur chaque combinaison, voir le schéma de données électriques.

Figure C. 14. Fiche technique des climatiseurs Inverter Daikin.

Tableau C. 25. Comparaison des climatiseurs in situ et ceux de substitution.

Secteurs de l'ASIC	Désignation Pieces	Charge totale de climatisation (W)	Puissance Frigorifique du climatiseur installé (W)	COP Des TOR	Couverture des mono-splits installés (%)	Puissance absorbée (W)	Puissance frigorifique des inverters	Puissance absorbée des inverters (W)	COP inverters	Couverture des Inverters (%)	Unité intérieure et extérieure du Modèle Daikin GTKL de climatiseur
Secteur A	Chambre 2	3022	3 564	2,70	118	1320	3500	1110	3,2	116	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
Secteur B	Chambre A13	2863	3600	2,40	126	1500	3500	1110	3,2	122	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre A14	2546	3600	2,40	141	1500	3500	1110	3,2	137	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre A15	2600	2304	1,92	89	1200	3500	1110	3,2	135	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre A16	3394	4500	3,00	133	1500	3500	1110	3,2	103	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre A17	2970	2304	1,92	78	1200	3500	1110	3,2	118	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre A18	2340	2880	2,40	123	1200	3500	1110	3,2	150	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre A19	2575	4500	3,00	175	1500	3500	1110	3,2	136	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre privée 1	3058	1936	1,76	63	1100	3500	1110	3,2	114	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre 7	3058	4905	3,27	160	1500	3500	1110	3,2	114	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
Secteur D	Chambre B3	3393	2640	2,40	78	1100	3500	1110	3,2	103	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre B5	3573	2640	2,40	74	1100	3500	1110	3,2	98	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre B6	3284	2640	2,40	80	1100	3500	1110	3,2	107	GTKL35TV16XZ / RKL35TV16XZ
	Chambre B7-8	6908	5760	2,40	83	2400	6000	1970	3,0	87	GTKL60TV16UZ / RKL60TV16UZ
Totaux		45 584	47 773		-	19 220	51 500	16 400		-	

- ➡ Impact environnemental de notre étude
- ❑ Comparaison des effets des fluides frigorigènes R-22 et R-32 sur l'environnement

Tableau C.26. Comparaison des effets des fluides frigorigènes R22 et R32 sur l'environnement.

Technologie de climatiseur	Pouvoir d'appauvrissement de l'Ozone (PAO)	Pouvoir de Réchauffement Global (PRG)
Climatiseur classique SHARP R-22	0,04	1780
Climatiseur inverter Daikin R-32	0	675

- ❑ Le Pouvoir de Réchauffement Global du R-22

Tableau C.27. Effets radiatifs et nocifs de certains FF.

Gaz	Bilan radiatif ($\text{Wm}^{-2} \text{ppbv}^{-1}$)	PAO	PRG /100 ans	Temps de vie
CFC11	0,242	1,0	4 500	45
CFC12	0,321	0,82	10 600	100
HCFC-123	0,141	-	80	1,4
HCFC-124	0,193	-	540	6,1
HCFC-142b	0,163	-	1900	18,5
HCFC-21	0,140	-	170	2
HCFC-22	0,208	0,04	1 800	11,8

C.4. Analyse des installations de solaire thermique du site

➔ Collecte et analyse des données de l'installation instrumentée

Le box de collecte de données lié à une ASI est sur le site comme suit :



Figure C.15. Le box de collecte des données.

Soit ci-dessous une fenêtre du logiciel Winsol :

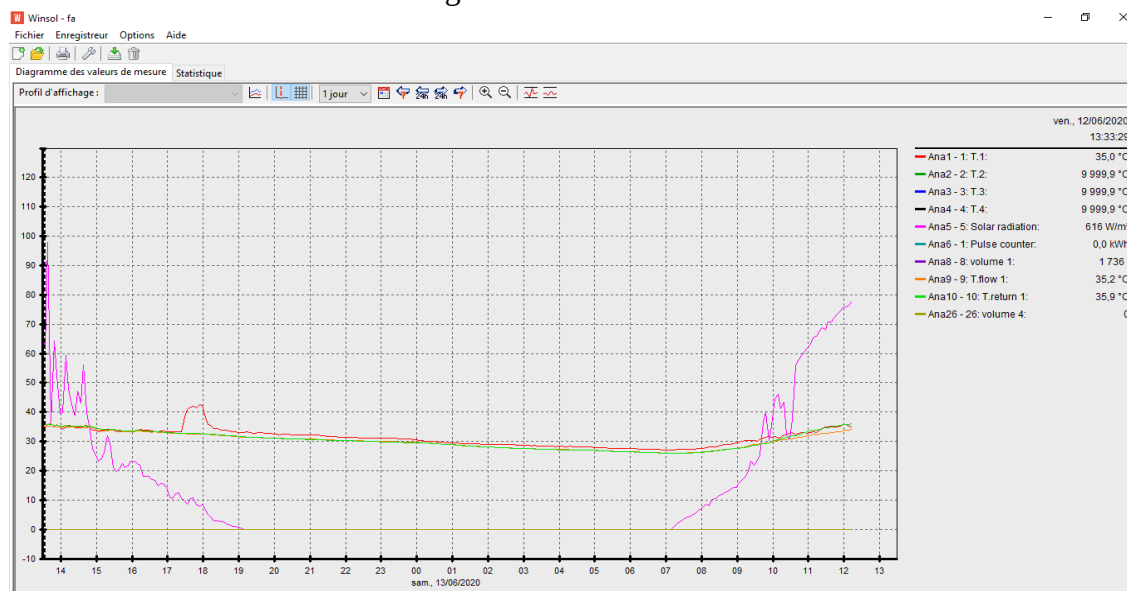


Figure C.16. Fenêtre du logiciel Winsol.

Tableau C.28. Les paramètres ayant servis à l'analyse des données du système.

Paramètres Winsol	Ana1 - 1 : T.1	Ana5 - 5 : T.5	Ana7 - 7 : Energy 1	Ana8 - 8 : volume 1	Ana9 - 9 : T.flow 1	Ana10 - 10 : T.return 1	Ana11 - 11 : Output 1
Désignation	Température ambiante (°C)	L'irradiance solaire sur la surface des capteurs (W/m2)	Heat meter 1 (circuit des capteurs solaires), Energie thermique cumulée extraite des capteurs (kWh)	Heat meter 1 (circuit des capteurs solaires) Volume d'eau circulant dans les capteurs (l)	Heat meter 1 (circuit des capteurs solaires) Température de sortie de l'eau dans les capteurs (°C)	Heat meter 1 (circuit des capteurs solaires) Température d'entrée de l'eau dans les capteurs (°C)	Heat meter 1 (circuit des capteurs solaires) Puissance extraite des capteurs (kW)
Paramètres Winsol	Ana12 - 12 : flow 1	Ana13 - 13 : Energy 2	Ana14 - 14 : volume 2	Ana15 - 15 : T.flow 2	Ana16 - 16 : T.return 2	Ana17 - 17 : Output 2	Ana18 - 18 : flow 2
Désignation	Heat meter 1 (circuit des capteurs solaires) Débit d'eau dans les capteurs (l/h)	Heat meter 2 (circuit d'eau froide/chaude), Energie thermique cumulée extraite d'eau chaude utilisée (kWh)	Heat meter 2 (circuit d'eau froide/chaude) volume d'eau chaude consommée (l)	Heat meter 2 (circuit d'eau froide/chaude) Température d'eau chaude (°C)	Heat meter 2 (circuit d'eau froide/chaude) Température d'eau froide (°C)	Heat mètre 2 (circuit d'eau froide/chaude) Puissance thermique d'eau chaude utilisée (kW)	Heat mètre 2 (circuit d'eau froide/chaude) Débit d'eau chaude utilisée (l/h)

Tableau C.29. Valeurs moyennes journalières de l'irradiance du 1er Août au 31 juillet.

Irradiance (W/m ²)												
Jours/ Mois	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet
1	93,3	88,3	160	296	311	269	323	285	192	82,0	183	171
2	113	71,7	240	323	312	232	327	267	231	84,9	178	171
3	85,6	69,1	250	285	303	219	339	250	216	86,9	191	171
4	107	72,0	284	323	299	230	336	268	216	79,7	187	139
5	112	78,8	267	314	284	240	334	281	230	73,9	155	166
6	101	79,7	219	298	244	225	344	283	192	111	166	156
7	87,6	66,1	303	298	154	212	336	276	179	197	109	181
8	112	84,3	178	287	246	222	274	261	157	186	189	180
9	116	54,9	301	296	285	232	183	238	124	171	107	189
10	84,6	93,8	164	279	292	226	140	255	139	186	163	143
11	105	77,3	100	250	297	237	242	267	163	167	185	122
12	118	77,8	171	313	304	233	201	206	155	187	155	151
13	85,7	95,7	224	265	310	249	281	222	159	177	167	177
14	102	89,1	307	311	310	253	309	202	63,8	186	90,7	154
15	84,3	80,3	314	248	310	244	327	188	120	188	175	27
16	67,2	56,9	333	302	312	245	330	222	139	194	160	101
17	69,6	66,3	247	289	291	253	307	226	123	191	169	137
18	63,8	65,5	262	308	249	255	301	218	96,1	185	95,4	183
19	76,3	205	289	303	245	237	285	222	68,0	155	147	117
20	57,9	262	204	308	253	199	283	223	91,7	197	166	147
21	63,0	223	249	292	273	191	255	248	97,8	196	162	204
22	62,4	268	306	237	287	196	264	105	102	197	175	204
23	57,8	273	294	318	300	217	256	83,4	98,6	183	176	180
24	66,1	251	314	317	298	246	277	206	79,4	140	110	151
25	62,0	266	328	319	289	260	261	216	80,0	170	123	199
26	77,1	245	316	317	254	238	228	170	81,4	132	143	159

27	82,8	223	260	308	209	251	255	228	86,1	87,1	141	178
28	27,7	264	254	285	232	294	287	218	85,3	149	135	113
29	54,0	287	302	304	262	314	298	186	78,5	193	148	167
30	55,4	298	297	278	281	292		204	74,9	193	142	202
31	92,1		246		299	316		213		193		201
TOTAUX	2541	4432	7983	8871	8596	7529	8183	6937	3920	4919	4593	4939
Irradiance du Mois le plus ensoleillé	8871 W/m ²	Novembre										
Irradiance du Mois le moins ensoleillé	2541 W/m ²	Août										
Irradiance du Jour le plus ensoleillé	344 W/m ²	06/02/2020										
Irradiance du Jour le moins ensoleillé	27,7 W/m ²	28/08/2019										

➔ Bilan énergétique de l'installation 1

Tableau C. 30. Données du bilan énergétique de l'installation 1.

Mois	Pertes thermiques totales (kWh)	Rapport spécifique (kWh/m ²)	Energie thermique d'eau chaude utilisée (kWh)	Fraction solaire (kWh)	Pertes_Ballon (kWh)	Pertes_Capteur (kWh)
Août-19	655	61,2	0,008	566	89,8	565
Sept-19	1038	107	104	1142	94,7	943
Oct-19	1957	192	100	2057	42,0	1915
Nov-19	2286	213	7,35	2293	7,35	2278
Déc-19	2201	205	7,73	2208	7,73	2193
Janv-20	1915	178	7,33	1922	7,33	1907
Févr-20	2106	196	9,63	2115	9,45	2096
Mars-20	1814	169	5,96	1820	5,90	1808
Avr-20	1046	97,7	0	1046	0	1046
Mai-20	1233	115	0	1233	0	1233
Juin-20	1186	111	0	1186	0	1186
Juil-20	1242	116	0	1242	0	1242
Surface des capteurs (m ²)	10,7					

➡ Evaluation de l'utilisation de l'installation 1

☐ Evaluation de la satisfaction des besoins en eau chaude sur le site

Tableau C.31. Evaluation de la satisfaction des besoins d'eau chaude des résidents de l'ASIC.

Secteurs	Installations	Nombres d'utilisateurs	Volume total d'eau (l)	Satisfaction ou pas ?
Secteur A	1	103 filles	2060	Oui
	2	103 filles	2060	
	3	13 sœurs et 5 femmes de ménage	600	Oui
Secteur B	5	20 parrains 3 sœurs et 2 ménagères	750	Oui
Secteur D	4	6 parrains	180	Oui

➡ Evaluation de la qualité des données d'irradiance sur le plan des capteurs solaires

Tableau C.32. Les données d'irradiance obtenues manuellement et celles issues de l'instrumentation.

Date 10/07/2020	Heures	Irradiance sur le plan des capteurs (W/m²)	
		Irradiance obtenue manuellement (W/m²)	Irradiance issue de l'instrumentation (W/m²)
	15h25	91,3	152
	15h30	102	185
	15h35	95,5	240
	15h40	99,5	160
	15h45	115	142
	15h50	118	152
	15h55	105	145
	16h00	119	125
	16h05	104	111
	16h10	120	122
	16h15	102	115
16h20	99	109	
16h25	111	108	

Date 17/07/2020	Heures	Irradiance sur le plan des capteurs (W/m²)	
		Irradiance obtenue manuellement (W/m²)	Irradiance issue de l'instrumentation (W/m²)
	12h25	243	243
	12h30	250	236
	12h35	197	269
	12h40	199	280
	12h45	320	348
	12h50	485	566
	12h55	340	573
	13h00	195	618
	13h05	445	591
	13h10	248	649
	13h15	410	946
13h20	200	312	
13h25	342	1111	

➡ Proposition d'un planning de maintenance des installations de ST

Tableau C.33. Planning annuelle de nettoyage et de maintenance de l'installation 1.

Mois/ Semaine	Jan	Fev	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct.	Nov.	Déc.
Semaine 1												
Semaine 2												
Semaine 3												
Semaine 4												

Légende :	
Nettoyage des capteurs Jeudi par les filles	
Nettoyage des capteurs Samedi par les filles	
Nettoyage des capteurs par un ouvrier ou les filles	
Maintenance des capteurs par l'ouvrier Jeudi ou samedi	

❑ Procédure de nettoyage des capteurs thermiques

Soient consignées ci-dessous dans le **Tableau C.34**, les étapes d'entretien des installations de ST de l'ASIC appris aux jeunes filles.

Tableau C.34. Procédure d'entretien des capteurs thermiques des installations de solaires thermiques de l'ASIC.

PROCEDURE DE NETTOYAGE DES CAPTEURS THERMIQUES		
Matériels		
	Désignations	Quantité
	Sceau de 10 l	2
	Balai artisanal	1
	Raclette	1
	Troncs d'arbres solides et légers à déplacer	2
	Sachet de détergeant (35 g)	1
	Serpillère	1
Numéro	Les différentes étapes pour le nettoyage des capteurs sont :	
1.	Désherbage de toute plante qui couvre les capteurs avec ses feuilles	
2.	Préparation de l'eau savonnée et l'eau du rinçage	
	2.1	Mettre 5 l / 3 l d'eau chaude dans un seau de 10 l (*1)
	2.2	Compléter le seau avec de l'eau du froide du robinet jusqu'à 8 l ou 9 l (*2)
	2.3	Ajouter le tiers ou le quart d'un sachet de détergeant dans cette eau et remuer jusqu'à apparition de la mousse
	2.4	Puier de l'eau du robinet
3.	Nettoyage et mise en équilibre du grillage	
	3.1	Avec un balai artisanal nettoyer le grillage de l'installation
	3.2	Utiliser 2 morceaux de bois solides et les placer aux extrémités du cadre du grillage après l'avoir soulevé (*3)
4.	Nettoyage des capteurs	
	4.1	Avec un balai artisanal nettoyer la surface des capteurs (Retrait des dépôts de feuilles, sachets, excréments d'animaux, poussière etc.)
	4.2	Tremper la serpillère dans l'eau savonnée et l'enrober sur la raclette
	4.3	Verser l'eau savonnée et nettoyer progressivement les vitres avec cette eau munie de la raclette et de la serpillère (*4) (*5)
	4.4	Rincer les vitres à de l'eau froide directement après que le nettoyage à la raclette soit fini
	4.5	Faire descendre le cadre du grillage
Commentaires		
(*1)	3 l en période chaude et 5 l en période froide	
(*2)	Le seau n'a pas à être plein pour éviter tout gaspillage lors du transport du récipient jusqu'au lieu de maintenance.	
(*3)	Assurez-vous que le bois n'est pas en contact avec le grillage pour éviter sa détérioration	
(*4)	Appuyer sur la raclette pour bien nettoyer les vitres	
(*5)	L'évaporation se fait rapidement à cause de l'eau qui est chaude donc il ne faut pas laisser l'eau savonneuse longtemps sans rincer les vitres	
FIN		

☐ Protocole de maintenance

Tableau C.35. Protocole de maintenance des installations de solaire thermique.

Protocole de maintenance des installations de Solaire Thermique			
Pour le propriétaire : L'Aspirât des Sœurs de l'Immaculée Conception de Tampouy			N° Installation
1. CIRCUIT SOLAIRE (Capteurs solaires)	O.K.	Mesures de correction des défauts	Effectué le
Vérification visuelle des capteurs			
Dépôt de poussière			
Dépôt de feuilles mortes			
Présence des herbes autour des capteurs			
La stabilité du support des capteurs			
L'état des vitres protectrices (brisées ou pas ?)			
L'état de grillage protecteur (déchiré ou pas ?)			
Vérification des isolations de la tuyauterie			
La présence de l'isolant sur la tuyauterie			
2. BALLON DE STOCKAGE	O.K.	Mesures de correction des défauts	Effectué le
Son état (a-t-il des trous sur ses parois ?)			
3. Groupe/personnes assurant la Date			INFORMATIONS maintenance
<u>Remarque : Appeler le responsable du projet s'il y' a des défauts compliqués.</u>			

❑ Identités des apprenantes

La formation fût réalisée par **MAGNE TEKAM Falonne** étudiante en S10-A GEE/ER à 2iE avec la participation de :

Tableau C. 36. Identité des apprenantes.

Noms et prénoms des apprenantes	Classe
MAKOUMA Wendkouni Noêla	2nde C
ZONGO Divine Grâce	2nde C
BONKOUNGOU Noelle Gwladys	2nde A4
KABORE Micheline	2nde A4

❑ Illustration de l'apprentissage



Figure C.17. Photos d'apprentissage des filles.

C.5. Evaluation de la qualité des données d'irradiance sur le plan des capteurs thermiques

➡ Recalibrage du solarimètre du site

Les données collectées le 10 et 17 juillet sont contenues dans le **Tableau C.32**. De ces données découlent les figures ci-dessous (**Figure C. 18**, **Figure C. 19**) :

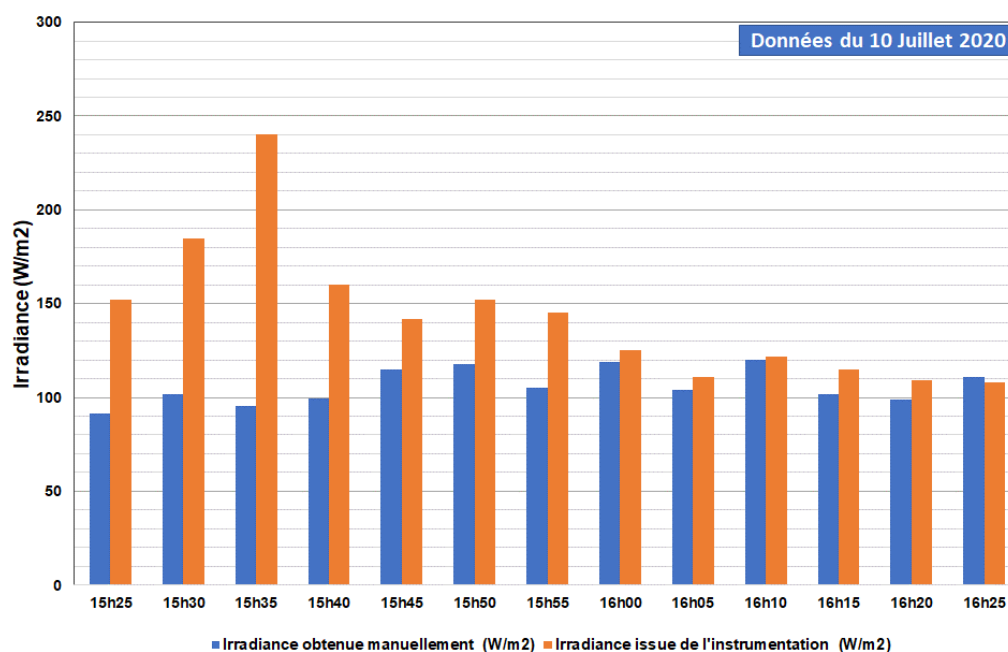


Figure C. 18. Comparaison des irradiances obtenues manuellement et celles de l'instrumentation du 10 juillet 2020.

On constate globalement une surestimation des valeurs d'irradiance issues du datalogger du site, constat nous laissant perplexe en ce qui concerne les données que nous avons analysées plus haut. Cette situation supposerait 2 scénarios celui de l'instabilité du solarimètre utilisé manuellement ou l'existence d'une défaillance du solarimètre installé sur le site. Pour juger de l'instabilité ou pas du solarimètre en autre possession nous avons relevé des données une semaine après et les résultats.

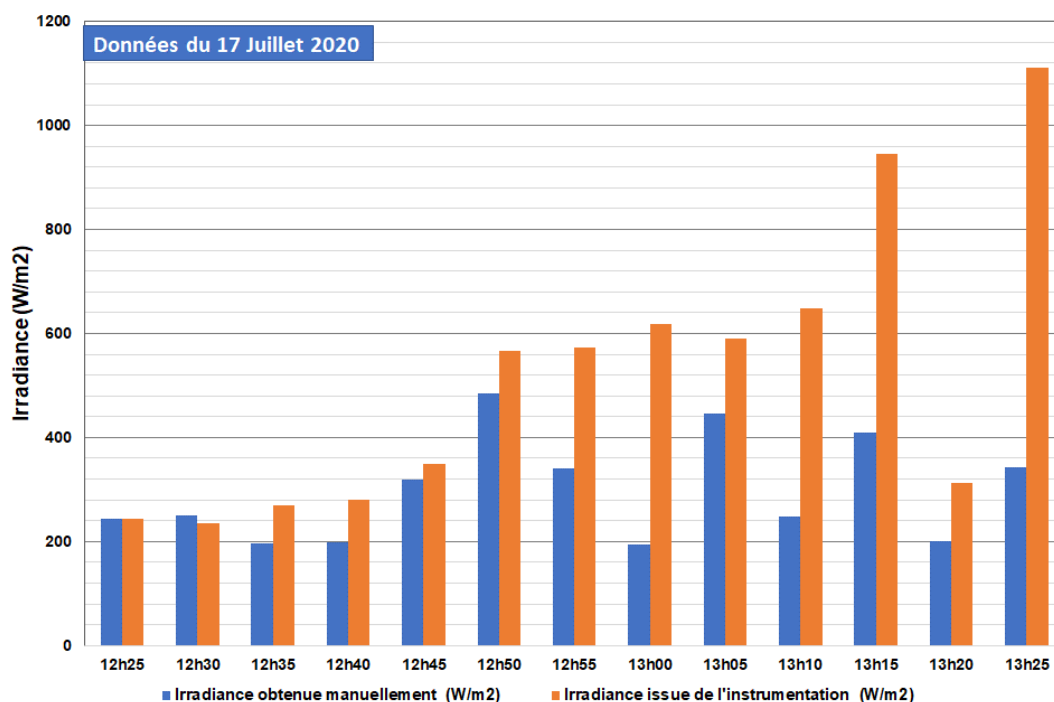


Figure C. 19. Comparaison des irradiances obtenues manuellement et celles de l'instrumentation du 17 juillet 2020.

Il apparait le même constat fait précédemment, attestant de la stabilité du solarimètre qui fût en autre possession et remettant donc en cause la fiabilité des données d'irradiance obtenues à partir du solarimètre installé sur le site.

Pour élargir notre étude en vue de juger de la fiabilité des données d'irradiance sur le site, nous avons comparé les données d'irradiance de la station météo de 2iE à Kamboincin durant la période d'Août 2019 et juillet 2020 avec celles obtenues sur le site.

➡ Comparaison des irradiances de la centrale météo de Kamboincin à celle du site.

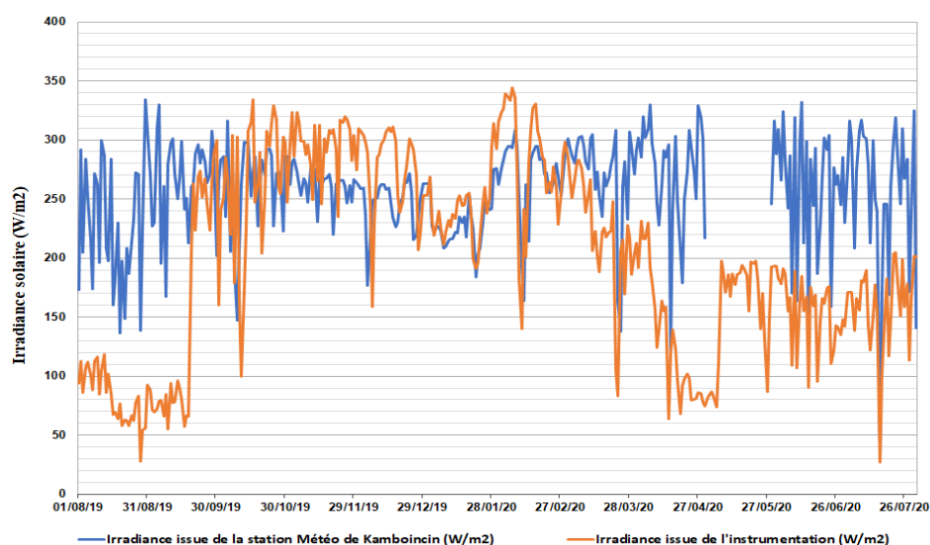


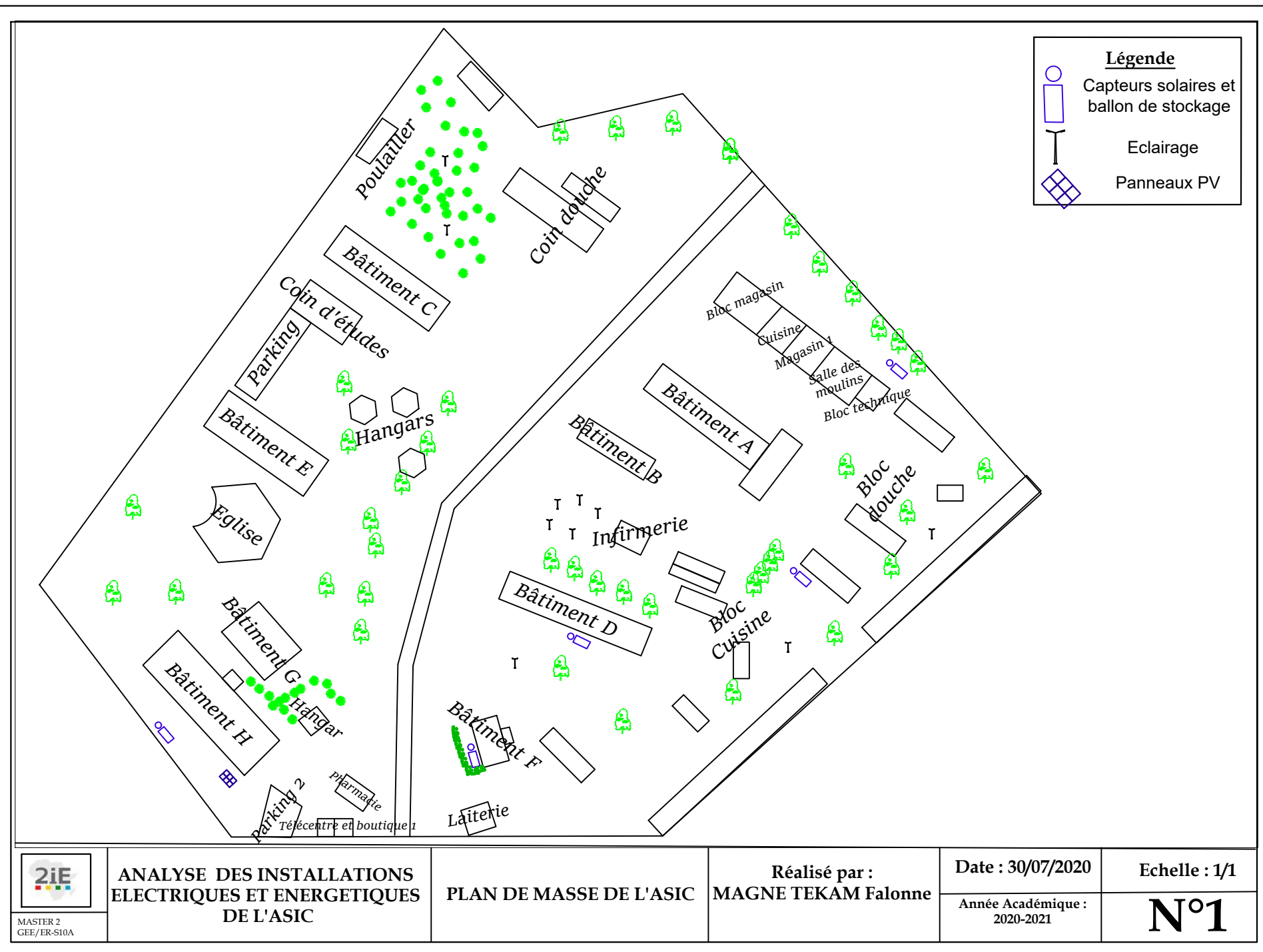
Figure C. 20. Comparaison des irradiances obtenues à la station météo de Kamboincin 2iE et celles de l'instrumentation.

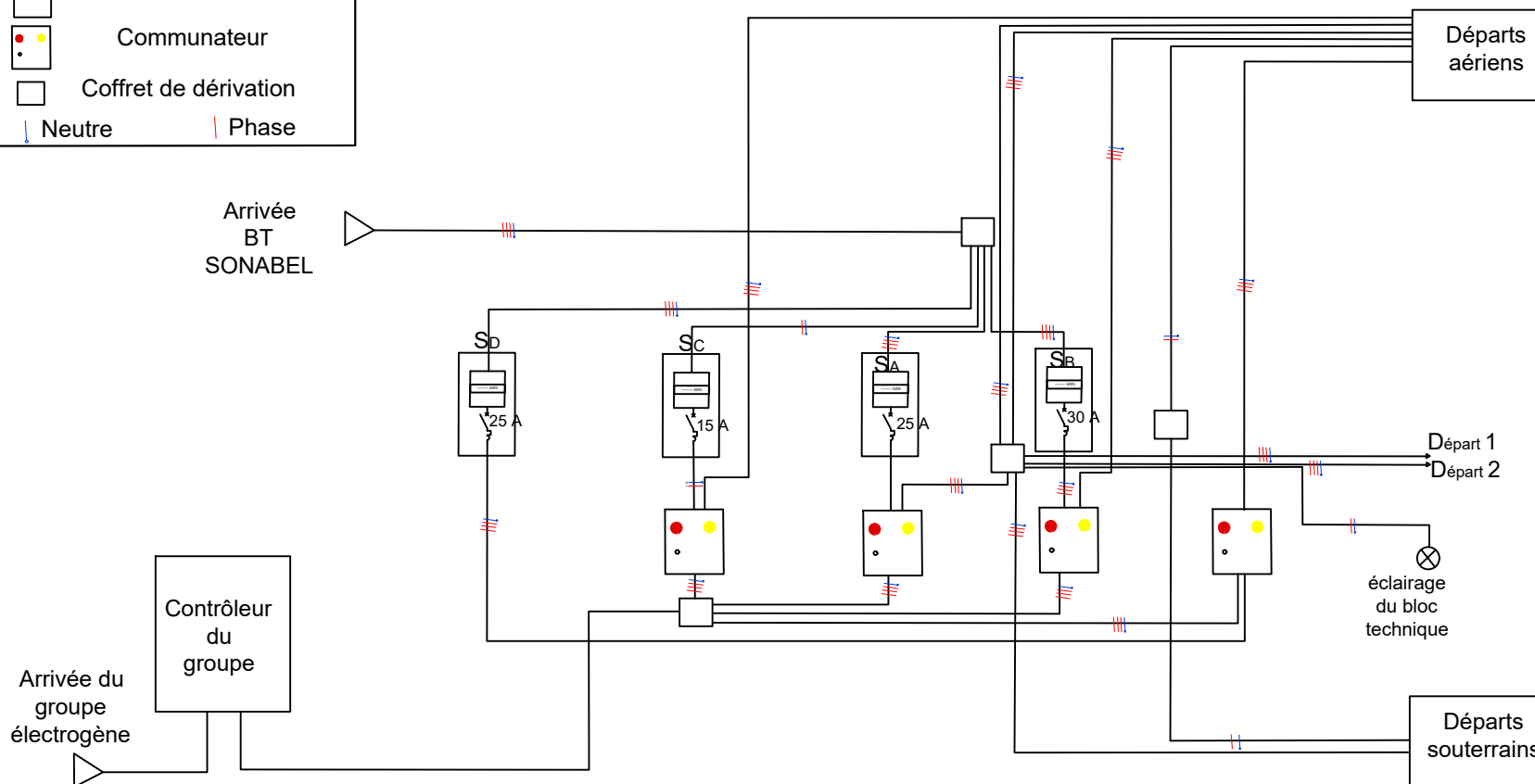
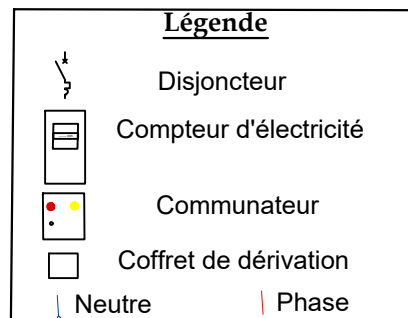
De la **Figure C. 20**, nous constatons une évolution régulière de l'irradiance issue de la centrale météo contrairement à celle du site qui est très irrégulière. En plus, notons que durant les périodes du 01/08/2019 au 30/09/2019, du 29/02/2019 au 26/07/2020, l'irradiance obtenue sur le site est inférieure à celle de la centrale de météo. Cette situation pourrait être causée par l'ombre créé sur le solarimètre par certaines plantes autour de l'installation ou alors tout simplement par la défaillance du solarimètre ou du système d'instrumentation installé. En revanche, nous remarquons une similarité des valeurs d'irradiance sur ces 2 sites pendant la période du 01/10/2020 au 27/02/2020. Les différences observées pourraient être dues à la situation géographique des 2 sites qui sont différentes (Kamboincin et Tampouy).

Il apparait donc au bout de cet étude une nécessité de remplacement du solarimètre actuellement présent sur le site ou alors un changement de position de celui-ci en vue d'obtenir d'autres conclusions.

C.6. Plan de masse et schémas électriques

Seront respectivement présentés plus bas, le plan de masse de l'installation, le schéma de l'installation générale et les schémas électriques des installations par secteur.





MASTER 2
GEE/ER-S10A

ANALYSE DES INSTALLATIONS
ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES
DE L'ASIC

SCHEMA SYNOPTIQUE
DE L'INSTALLATION
GENERALE

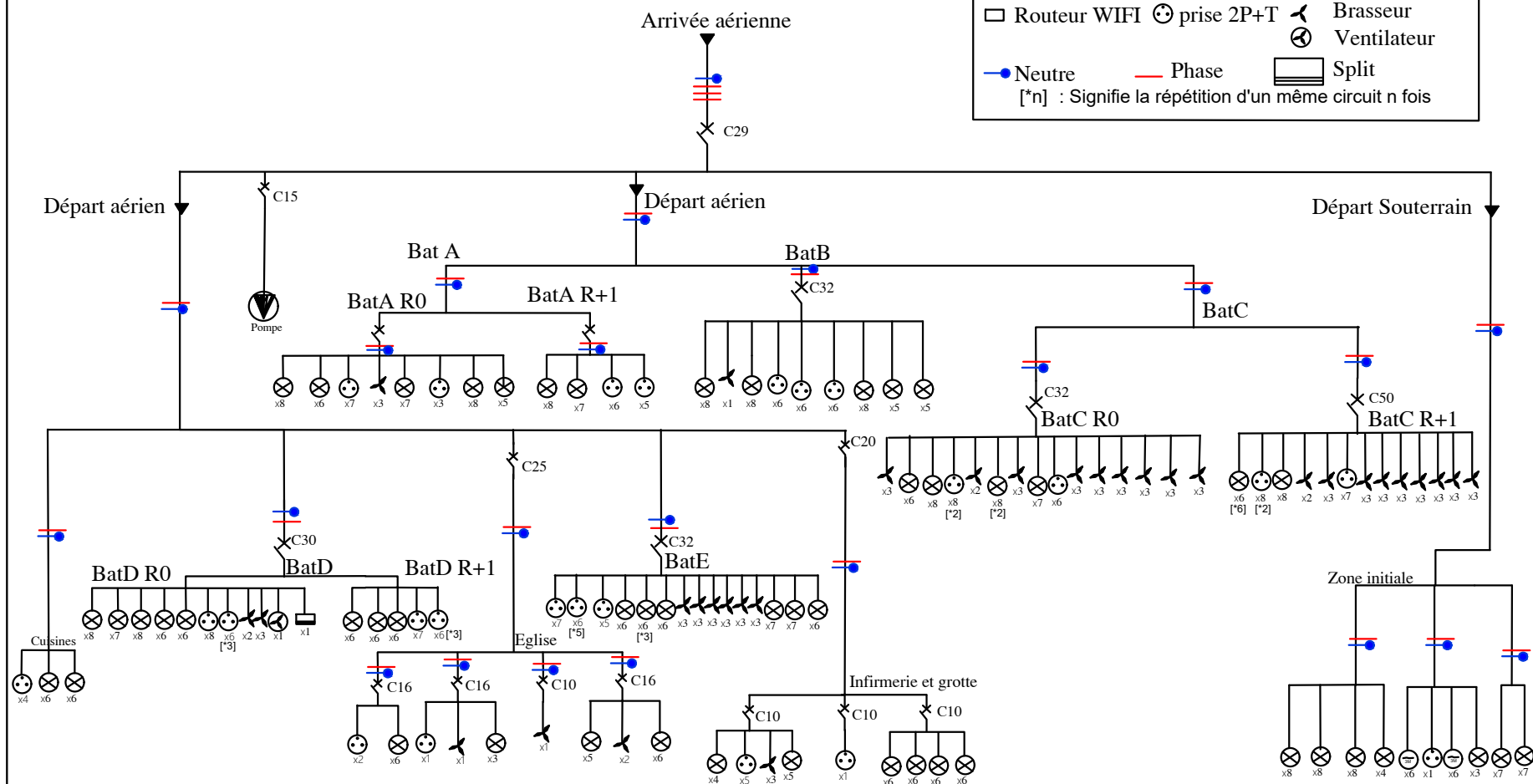
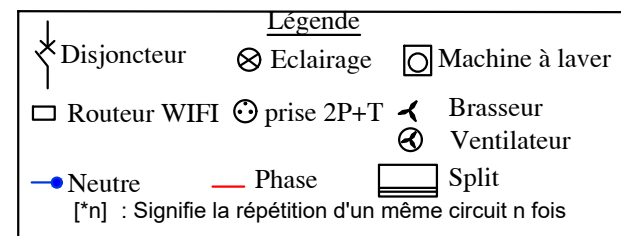
Réalisé par :
MAGNE TEKAM Falonne

Date : 30/07/2020

Année Académique :
2020-2021

Echelle : 1/1

N°2



ANALYSE DES INSTALLATIONS
ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES
DE L'ASIC

SCHEMA ELECTRIQUE
DU SECTEUR A

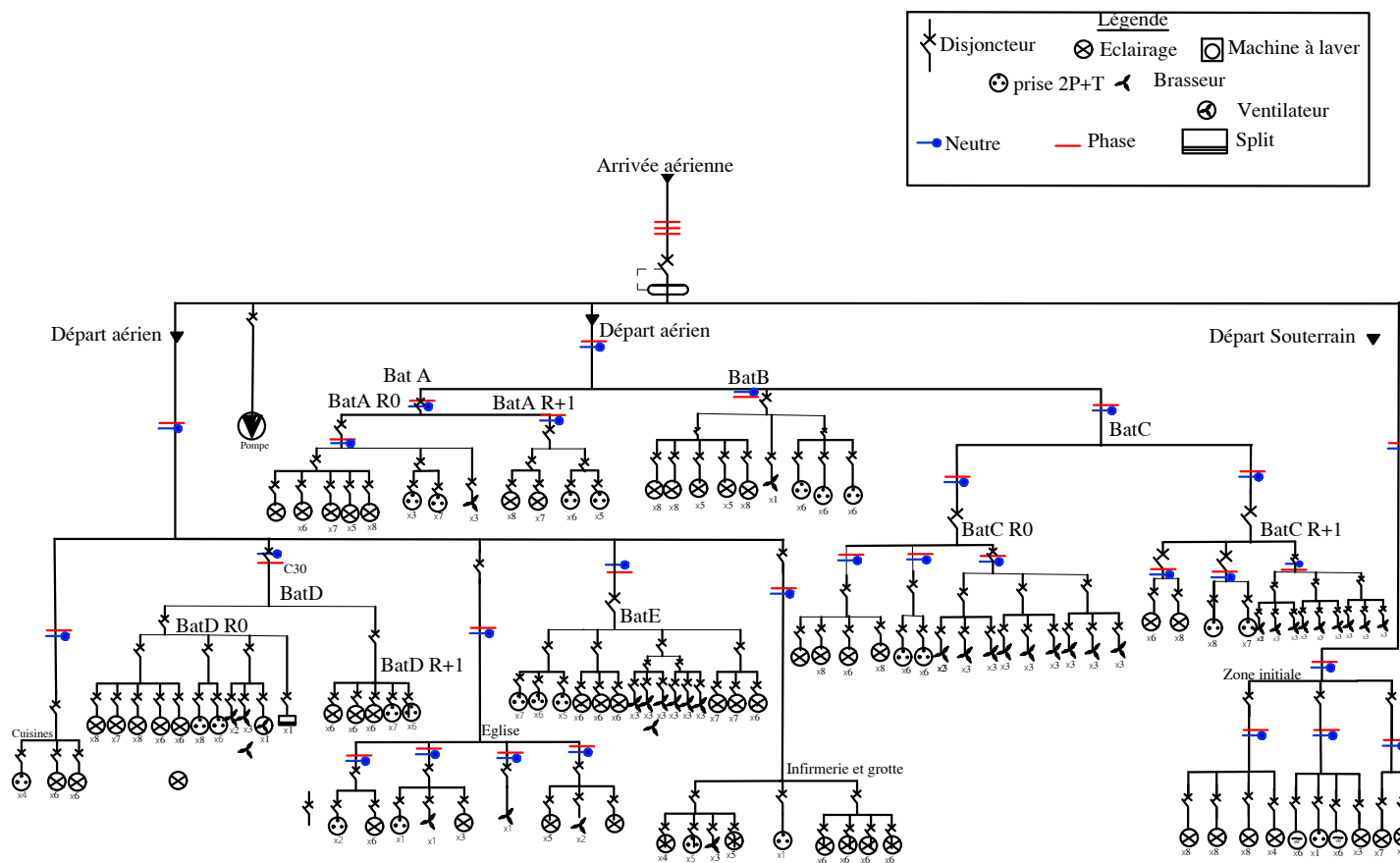
Réalisé par :
MAGNE TEKAM Falonne

Date : 30/07/2020

Année Académique :
2020-2021

Echelle : 1/1

N°3



MASTER 2
GEE/ER-S10A

**ANALYSE DES INSTALLATIONS
ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES
DE L'ASIC**

**SCHEMA ELECTRIQUE
DU SECTEUR A**

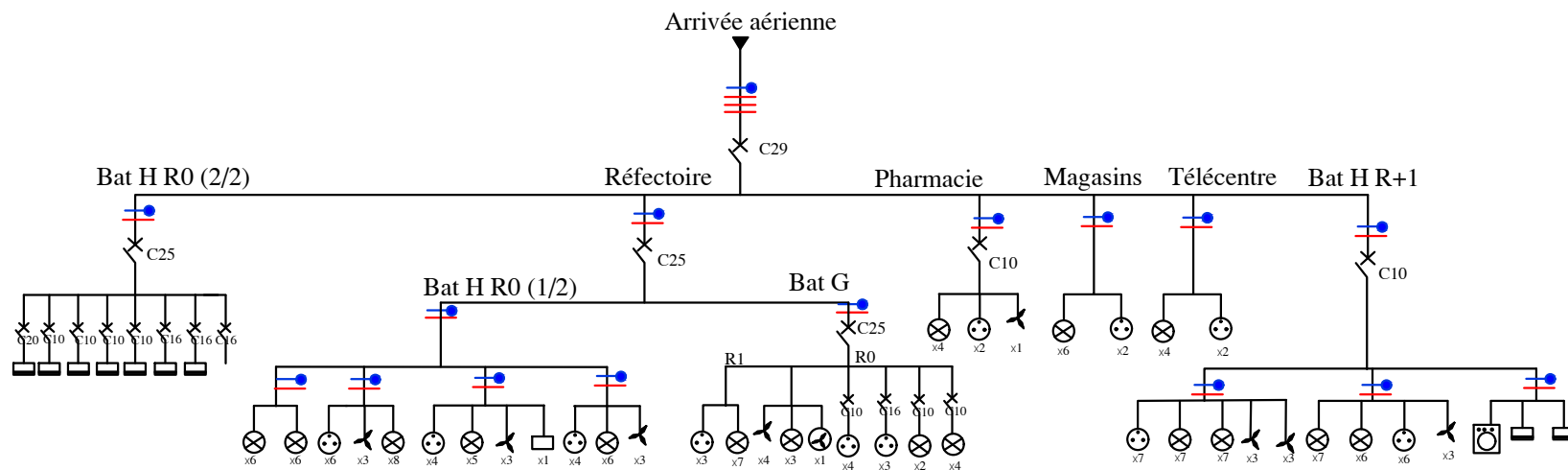
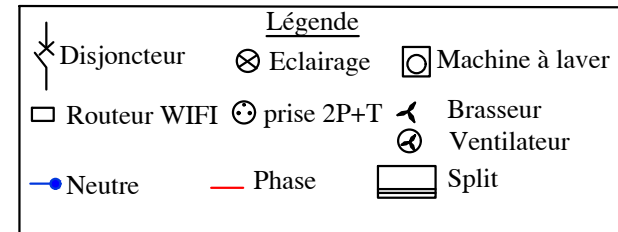
**Réalisé par :
MAGNE TEKAM Falonne**

Date : 30/07/2020

**Année Académique :
2020-2021**

Echelle : 1/1

N°7



ANALYSE DES INSTALLATIONS
ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES
DE L'ASIC

SCHEMA ELECTRIQUE
DU SECTEUR B

Réalisé par :
MAGNE TEKAM Falonne

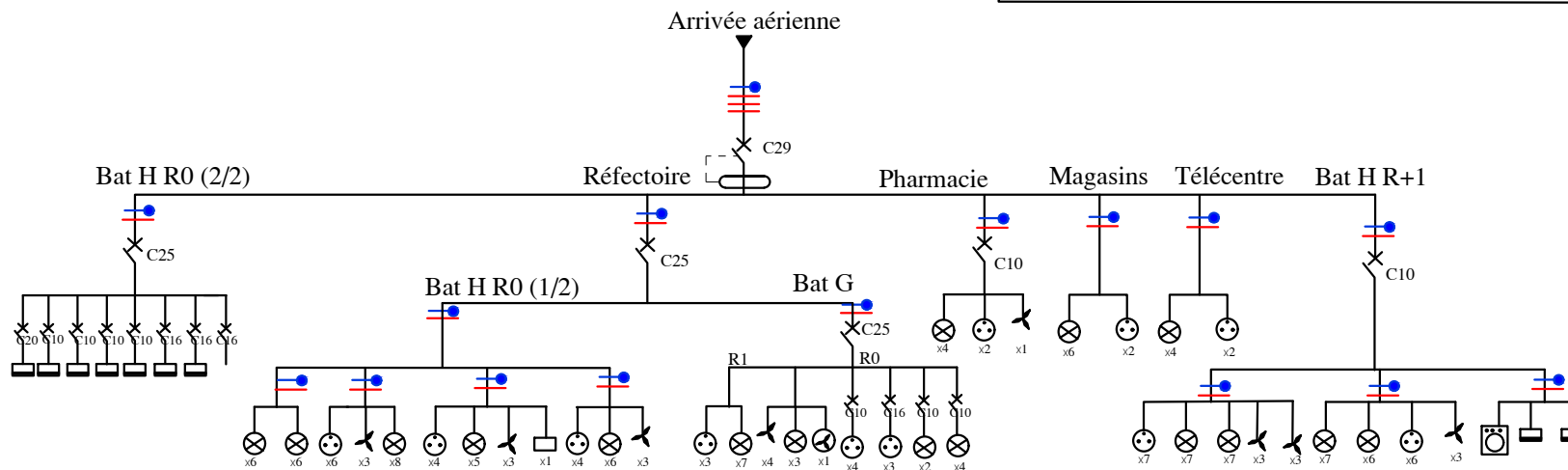
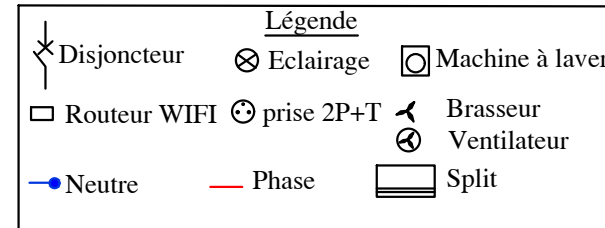
Date : 30/07/2020

Année Académique :
2020-2021

Echelle : 1/1

N°4

MASTER 2
GEE/ER-S10A



MASTER 2
GEE/ER-S10A

**ANALYSE DES INSTALLATIONS
ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES
DE L'ASIC**

**SCHEMA ELECTRIQUE
DU SECTEUR B**

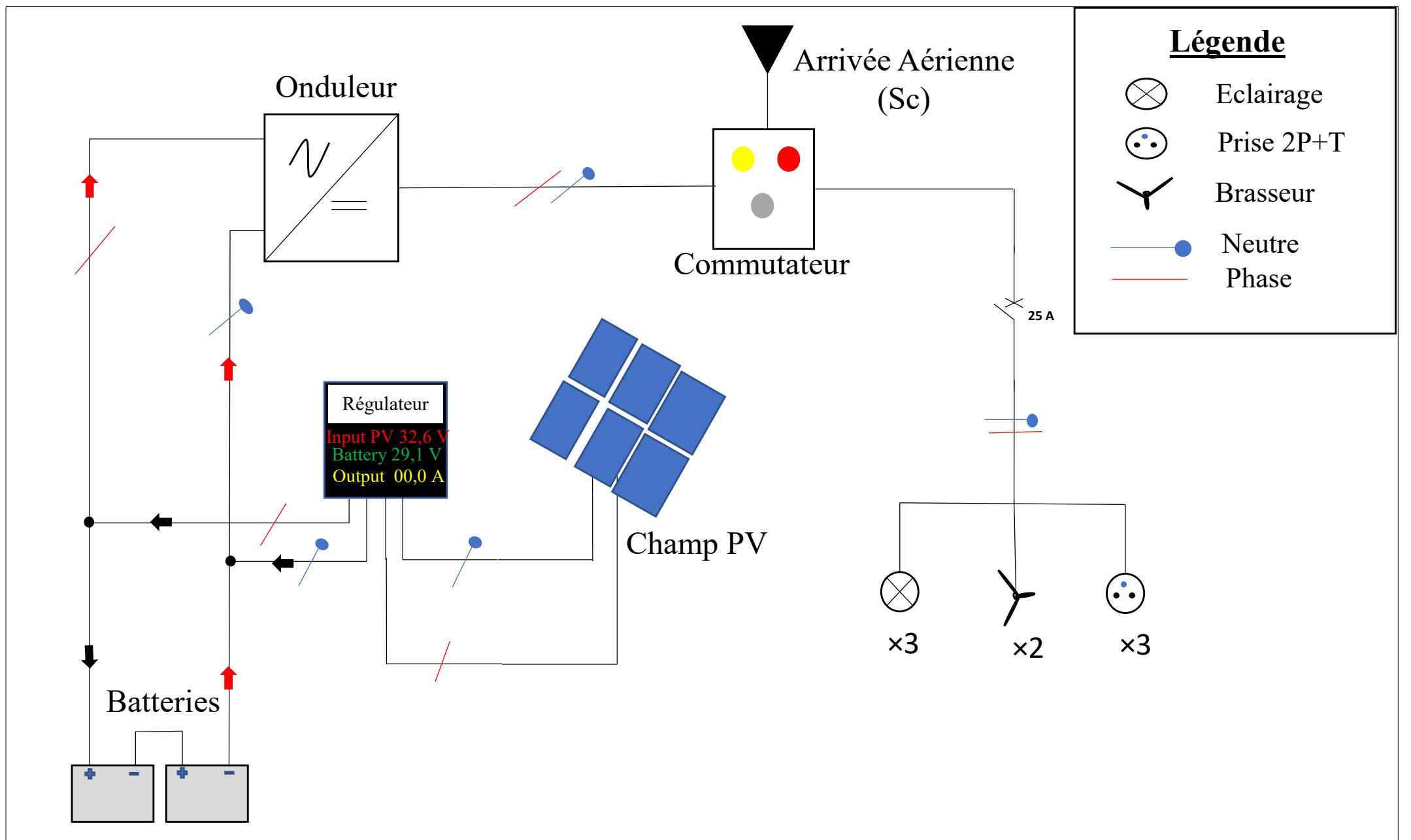
**Réalisé par :
MAGNE TEKAM Falonne**

Date : 30/07/2020

**Année Académique :
2020-2021**

Echelle : 1/1

N°8



MASTER2 GEE/ER-S10A

ANALYSE DES INSTALLATIONS
ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES
DE L'ASIC DE TAMPOUY.

SCHEMA ELECTRIQUE
DU SECTEUR C.

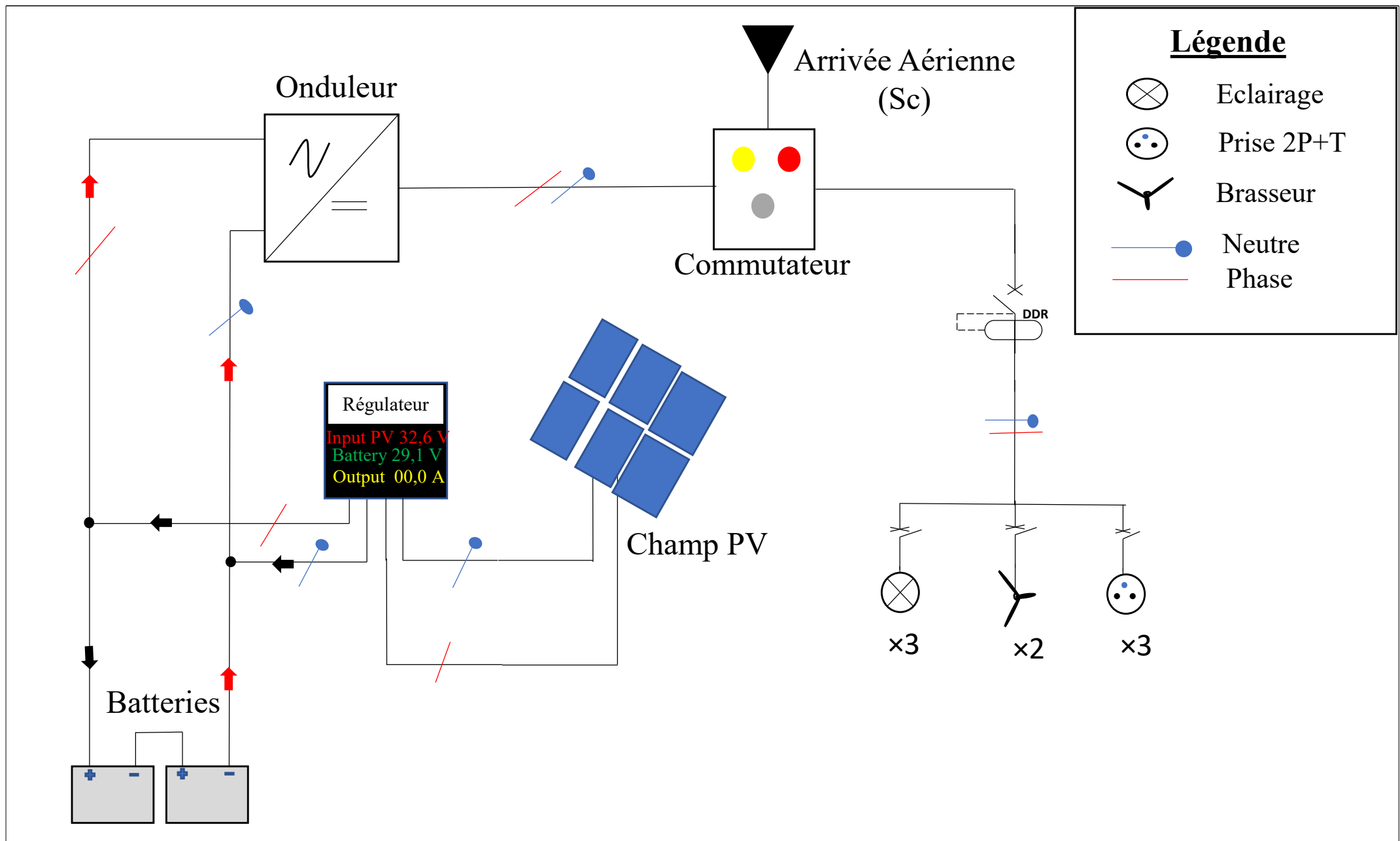
Réalisé par :
MAGNE TEKAM Falonne

Date : 30/07/2020

Année Académique:
2020/2021

Echelle: 1/1

N°5



MASTER2 GEE/ER-S10A

ANALYSE DES INSTALLATIONS
ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES
DE L'ASIC DE TAMPOUY.

SCHEMA ELECTRIQUE
DU SECTEUR C.

Réalisé par :
MAGNE TEKAM Falonne

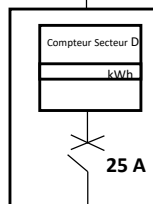
Date : 30/07/2020

Année Académique:
2020/2021

Echelle: 1/1

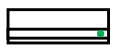
N°9

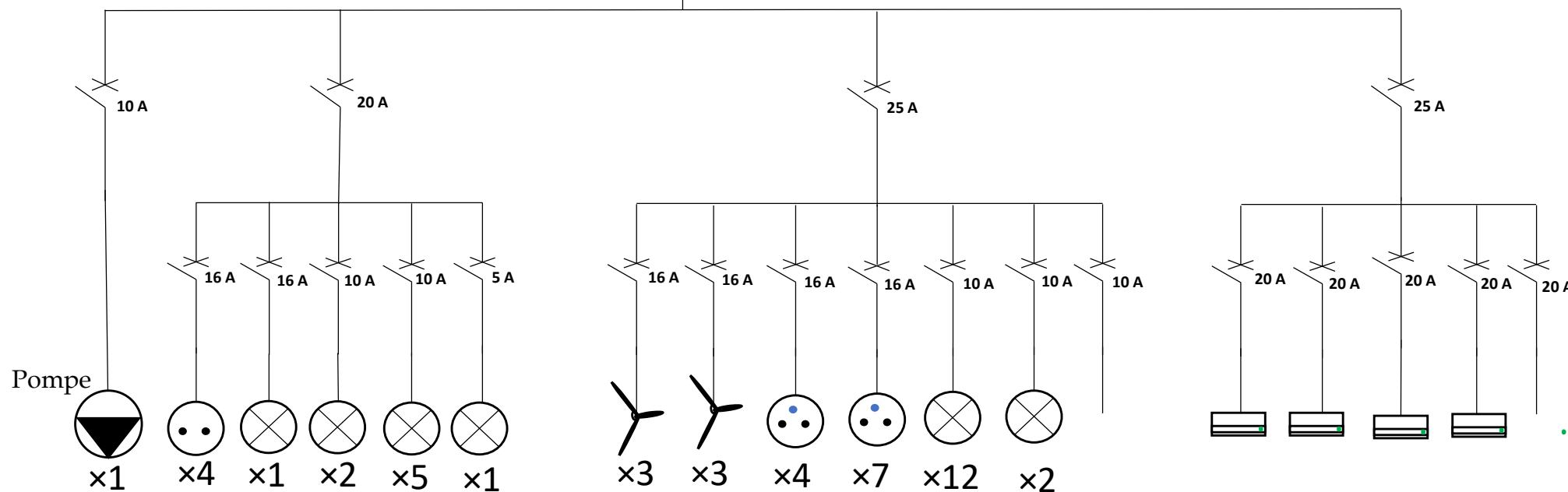
Départ aérien



25 A

Légende

-  Eclairage
-  Prise 2P+T
-  Prise 2P
-  Brasseur
-  Split system
-  Neutre
-  Phase



MASTER2 GEE/ER-S10A

ANALYSE DES INSTALLATIONS
ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES
DE L'ASIC DE TAMPOUY.

SCHEMA ELECTRIQUE
DU SECTEUR D.

Réalisé par :
MAGNE TEKAM
Falonne

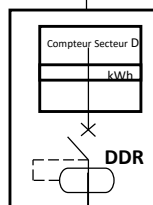
Date : 30/07/2020

Année Académique:
2020/2021

Echelle: 1/1

N°6

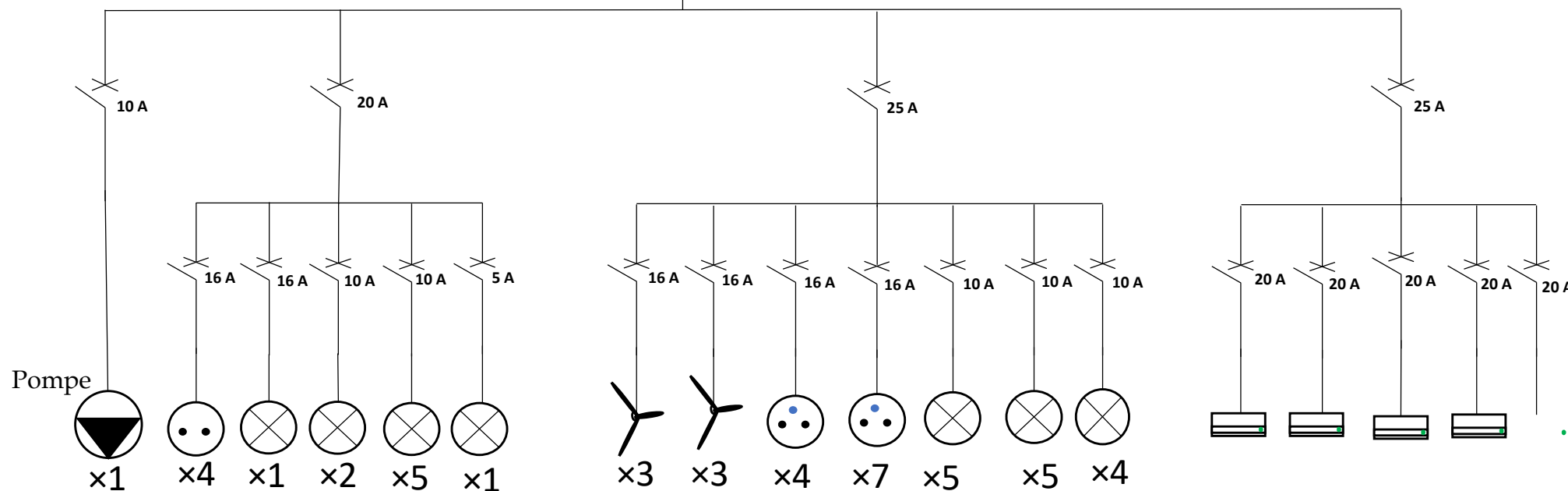
Départ aérien



25 A

Légende

- Eclairage
- Prise 2P+T
- Prise 2P
- Brasseur
- Split system
- Neutre
- Phase



MASTER2 GEE/ER-S10A

ANALYSE DES INSTALLATIONS
ELECTRIQUES ET ENERGETIQUES
DE L'ASIC DE TAMPOUY.

SCHEMA ELECTRIQUE
DU SECTEUR D.

Réalisé par :
MAGNE TEKAM
Falonne

Date : 30/07/2020

Année Académique:
2020/2021

Echelle: 1/1

N°10