



AUDIT ENERGETIQUE ET ELECTRIQUE DE LA STATION SHELL SITUEE AU ROND-POINT DES NATIONS UNIES A OUAGADOUGOU

MEMOIRE POUR L'OBTENTION DU

MASTER EN INGENIERIE DE L'EAU ET DE L'ENVIRONNEMENT

OPTION : GENIE ELECTRIQUE ET ENERGETIQUE

Présenté et soutenu publiquement le 4 Juillet 2016 par :

Alimou Adjitao TCHA-COROUDOU

Travaux dirigés par :

M. Henri KOTTIN :

Ingénieur en Génie énergétique, Enseignant
à 2iE.

M. Honoré Patrice TOE :

Expert Agréé près les Cours et Tribunaux du
Burkina Faso, Directeur Général de la
Société I.C.B.

Jury d'évaluation du stage :

Président : Pr. Yézouma COULBALY

Membres et correcteurs : Dr. Moussa SORO
M. Henri KOTTIN

Promotion [2014/2015]

DEDICACES

Je dédie ce document :

*A mon père, Adjitao TCHA-COROUDOU qui ne ménage aucun effort quand il s'agit de la
réussite scolaire de ses enfants ;*

*A ma mère, Zénabou TCHA-COROUDOU pour son amour inconditionnel et son soutien
moral ;*

A tous mes frères et sœurs, merci d'être là pour moi.

REMERCIEMENTS

Ce travail voit son aboutissement grâce à la contribution de personnes que je ne saurais assez remercier. Je voudrais, par le biais de cette publication, adresser mes sincères remerciements à :

- M. Honoré Patrice TOE, Directeur Général de la Société d'Ingénierie et de Contrôle du Burkina (I.C.B), de m'avoir accueilli dans sa structure et d'être un mentor pour moi ;
- M. Sanari FORO, Directeur Technique d'I.C.B, pour sa grande disponibilité et ses conseils avisés ;
- M. Henri KOTTIN, Enseignant à 2iE, pour son encadrement, son aide dans la collecte de données et la rédaction de ce mémoire ;
- M. Yézouma COULBALY, Enseignant à 2iE, pour m'avoir trouvé ce stage à I.C.B ;
- Steve KI, Patrick SALO, Paul BATIEBO, Techniciens à I.C.B, pour leur entière collaboration ;
- Dafoura MILOGO, Ingénieur à I.C.B, pour son aide dans la rédaction du mémoire ;
- Toute la famille ICB, pour l'ambiance conviviale qui règne au bureau ;
- Toute la promotion master génie électrique et énergétique 2014/2015.

RESUME

La mise en conformité de l'installation électrique, l'identification des pistes d'économies d'énergie et la proposition d'un projet d'énergie renouvelable pour la station Shell située au rond-point des Nations unies ont été les objectifs de cette étude. Elle s'inscrit dans la politique qualité du groupe Vivo Energy qui vise la sécurité de ses travailleurs, de son patrimoine et la diminution des impacts environnementaux néfastes de ses activités

En effet, l'étude a permis de détecter dans un premier temps des manquements graves dans l'installation électrique de la station et de proposer des actions correctives. Le coût de la mise en œuvre de ces actions correctives s'élève à 16.234.968 F CFA TTC, pour la réhabilitation électrique.

Dans un second temps, l'étude a permis d'identifier un potentiel d'économie d'énergie de 5,53 MWh par an sur une consommation annuelle de 42,44 MWh, soit une économie de 13%. Ce qui permet d'éviter 4 tonnes de CO₂ par an. Les actions proposées sont : le remplacement des lampes classiques par des lampes LED avec un investissement de 3.826.667 F CFA TTC, un temps retour sur investissement de 8 ans et un gain de 13 075 713 sur la durée de vie des lampes ; et le réajustement de la température de consigne de 18 à 24°C qui a un investissement nul.

Enfin, l'installation d'un champ PV de 16.6 kWc en autoconsommation a été proposé pour substituer une consommation annuelle de 19,2 MWh par une énergie renouvelable. Le montant de sa mise en œuvre s'élève à 21.211.637 F CFA TTC avec un temps de retour sur investissement de 7 ans. Le champ PV permet d'éviter 13,8 t de CO₂ par an et générera au bout de 20 ans un gain de 58.325.995 F CFA.

Mots Clés :

-
- 1 – Audit énergétique**
 - 2 – Diagnostic électrique**
 - 3 – Autoconsommation PV**
 - 4 – Efficacité énergétique**
 - 5 – Vivo Energy**

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

ABSTRACT

The compliance of the electrical system, the identification of energy saving tracks and the proposal for a renewable energy project for the Shell station at the roundabout of the United Nations were the objectives of this study. It is part of the political quality of Vivo Energy group that seeks the safety of its workers, its heritage and diminishing adverse environmental impacts of its activities

Indeed, the study allowed to detected initially serious deficiencies in the electrical installation of the station and to propose corrective actions. The cost of implementation of these corrective actions amounts to 16,234,968 F CFA VAT for electrical rehabilitation.

Secondly, the study identified a potential energy saving of 5.53 MWh of annual consumption of 42.44 MWh, a 13% saving. This prevents 4 tons of CO₂ per year. The proposed actions are: the replacement of conventional lamps with LED lamps with an investment of 3,826,667 FCFA VAT and a time back to 8 years; and adjustment of the set temperature of 18 to 24 ° C which has zero investment.

Finally, the installation of a PV field 16.6 kWp in consumption has been proposed to substitute an annual consumption of 19.2 MWh renewable energy. The amount of its implementation amounts to 21,211,637 F CFA VAT with a time of return on investment of 7 years. The PV array will prevent 13.8 tons of CO₂ per year and will generate after 20 years a gain of 58,325,995 CFA francs.

Key words:

-
- 1 - Energy audit**
 - 2 – Electrical diagnosis**
 - 3 - Internal consumption PV**
 - 4 - Energy Efficiency**
 - 5 - Vivo Energy**

LISTE DES ABREVIATIONS

A	: Ampère
AC	: Courant alternatif
Ah	: Ampère heure
CGE	: Cellule de Gestion de l'Energie
DC	: Courant continu
ICB	: Société d'Ingénierie et contrôle du Burkina
ICT	: Isolant cintrable transversalement annelé
kVA	: Kilo Volt Ampère
kW	: Kilo Watt crête
kWc	: Kilo Watt
LC	: Local Compteur
LED	: Diode Electroluminescente
mm²	: Millimètre carré
PV	: Photovoltaïque
PVC	: Polychlorure de Vinyle
RAS	: Rien à signaler
SNU	: Station Shell située au rond-point des nations unies
SONABEL	: Société Nationale d'Electricité du Burkina
u	: Unité
V	: Volt
VE	: Vivo Energy

SOMMAIRE

DEDICACES.....	i
REMERCIEMENTS	ii
RESUME	iii
ABSTRACT.....	v
LISTE DES ABREVIATIONS	vi
SOMMAIRE	vii
LISTE DES TABLEAUX	ix
LISTE DES FIGURES	xi
I. Introduction.....	1
II. Généralités et méthodologie de l'étude	3
II.1 Contexte	3
II.2 Présentation de la structure d'accueil	3
II.3 Présentation du groupe Vivo Energy et de la SNU.....	4
II.4 Méthodologie de l'étude.....	6
II.5 Outils de travail	6
II.6 Normes applicables.....	7
III. Etat des lieux et diagnostic des installations	8
III.1 Installations électriques de la SNU	8
III.2 Diagnostic et propositions de réhabilitation pour les installations électriques	13
III.3 Conclusion.....	21
IV. Proposition d'économie sur la facture électrique	22
IV.1 Analyse de la consommation énergétique	22
IV.2 Analyse de la facturation.....	27

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

IV.3	Propositions d'économies d'énergie	30
IV.4	Proposition d'énergie renouvelable	34
IV.5	Synthèse des actions d'économies sur la facture d'électricité	54
V.	Bilan des investissements	56
V.1	Exécution des travaux électriques.....	56
V.2	Solution d'économie d'énergie	56
V.3	Plan de mise en œuvre des propositions	57
VI.	Conclusions.....	58
VII.	Recommandations	59
	Bibliographie	60
VIII.	Annexes	61

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Mesures des paramètres électriques fournis par le réseau SONABEL	10
Tableau 2 : Caractéristiques du groupe électrogène	11
Tableau 3 : Tableau de diagnostic des installations de la SNU	14
Tableau 5 : Bilan de puissance de la SNU	22
Tableau 6 : Définition du nombre d'heures de fonctionnement de la SNU	24
Tableau 7 : Bilan énergétique de la SNU	25
Tableau 8 : Bilan énergétique de la SNU en fonction des types d'appareils consommateurs .	25
Tableau 9 : Répartition montant des factures d'électricité de la SNU	26
Tableau 10 : Tarif de type C triphasé pratiqué par la SONABEL	27
Tableau 11 : Analyse de l'abonnement de la SNU	28
Tableau 12 : Inventaire de l'éclairage de la SNU	30
Tableau 13 : Récapitulatif des lampes LED à installer	31
Tableau 14 : Récapitulatif des investissements	31
Tableau 15 : Récapitulatif des économies réalisables	32
Tableau 16 : Economie d'énergie par réajustement de la température de consigne	34
Tableau 17 : Avantages et inconvénients du Couplage DC	38
Tableau 18 : Avantages et inconvénients du couplage AC	40
Tableau 19 : Irradiation solaire moyenne mensuelle	42
Tableau 20 : Besoin énergétique de la SNU	43
Tableau 21 : Surface de captage disponible sur la SNU.	43
Tableau 22 : Données de calculs	44
Tableau 23 : Récapitulatif des principaux résultats de simulation de PVSYST	46
Tableau 24 : Calcul d'économie réalisable du scénario 1	47

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

Tableau 25 : Composants du système PV du scénario 1	48
Tableau 26 : Récapitulatif des principaux résultats du scénario 2	50
Tableau 27 : Calcul d'économie réalisable du scénario 2	51
Tableau 28 : Composants du système PV du scénario 2	52
Tableau 29 : Tableau récapitulatif des deux scénarii	53
Tableau 30 : Synthèse des actions d'économies	54
Tableau 31 : Coût des travaux d'électricité	56

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Photo de la SNU.	5
Figure 2 : Plan et localisation de la SNU	5
Figure 3 : Schéma synoptique de l'installation électrique de la SNU.....	8
Figure 4 : Intérieur du local compteurs.	9
Figure 5 : Bornier de jonction sortie coffret inverseur.	12
Figure 6 : Tableau électrique Piste	12
Figure 7 : Tableau électrique Boutique	12
Figure 8 : Tableau électrique Atelier.....	12
Figure 9 : Répartition de la puissance installée.....	23
Figure 10 : Répartition de la puissance des appareils de la SNU par type d'appareil.	23
Figure 11 : Evolution de la consommation énergétique sur 1 an de la SNU (source : facture d'électricité)	24
Figure 12 : Répartition du montant de la facture de décembre 2014 à septembre 2015.	29
Figure 13 : Schéma de principe de raccordement	35
Figure 14 : Principe de l'autoconsommation	35
Figure 15 : Schéma de BUS AC et DC	37
Figure 16 : Schéma de couplage DC des générateurs	37
Figure 17 : Schéma type de couplage	39
Figure 18 : Profil de consommation moyenne d'une journée de la SNU.	43
Figure 19 : Schéma de principe du scénario 1	46
Figure 20 : Diagramme de perte sur l'année entière du Scénario 1.	47
Figure 21 : Schéma de principe du scénario 2	49
Figure 22 : Diagramme des pertes sur l'année entière du Scénario 2.	50
Figure 23 : Répartition de la facture d'électricité après application des mesures	55

I. INTRODUCTION

En Afrique, le besoin d'accès aux produits pétroliers est croissant car indispensable au développement économique des entreprises et aux activités quotidiennes de la population. Aujourd'hui, plus de 80% de la population citadine du Burkina Faso dispose d'un moyen de déplacement motorisé. Aussi, la majeure partie des centrales électriques du Burkina Faso fonctionnent au fuel. Afin de répondre à ce besoin, les compagnies pétrolières telles que VIVO ENERGY (VE) sont installées dans la plupart des pays africains comme le Burkina Faso.

Depuis un certain nombre d'années, les entreprises ne se contentent plus de faire des bénéfices. Elles se soucient désormais beaucoup plus de leurs images vis-à-vis de la clientèle et de leur impact écologique sur l'environnement. Il en résulte des politiques qualité qui mettent en avant la responsabilité sociale des entreprises. Pour sa part, VE met un point d'honneur à assurer la sécurité des personnes, de son patrimoine et de son environnement de travail.

Pour y parvenir, le groupe VE a lancé une opération de diagnostic électrique et énergétique de toutes ses stations-services Shell sur le territoire burkinabè. Cette opération vise dans un premier temps à diagnostiquer l'existant afin d'identifier les défauts dans les installations électriques susceptibles de compromettre la sécurité des personnes et des biens. Dans un second temps, elle vise à identifier les gisements d'économies d'énergie et entrevoir les possibilités de leur mise en œuvre.

La mise en œuvre technique, économique et organisationnelle de cette étude a été confié au bureau d'études I.C.B. SARL (Société d'Ingénierie et de Contrôle du Burkina) qui est la structure d'accueil pour notre stage.

Le travail présenté dans ce rapport a pour objectif de répondre aux attentes de VE en prenant comme cas d'étude, la station Shell située au rond-point des Nations Unies à Ouagadougou (SNU). De façon spécifique, l'étude a pour but de :

- Faire un état des lieux et de diagnostiquer les installations électriques afin de proposer des solutions pour leur mise en conformité ;
- Proposer des pistes d'économies d'énergie ;
- Proposer un système d'énergie renouvelable pour réduire le rejet de CO₂ de la station ;
- Évaluer les coûts et délais indicatifs des travaux de mise en conformité.

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

Le travail réalisé dans ce rapport se structure en quatre parties principales. La première partie concerne les présentations générales et la méthodologie adoptée pour l'étude. La seconde donne un aperçu de l'état des lieux et des propositions de corrections. La troisième partie propose les pistes d'économies d'énergies visant la réduction de la facture d'électricité avec un système PV en autoconsommation. Enfin, une analyse financière des recommandations et propositions pour évaluer leur niveau d'investissement et leur rentabilité, vient achever le rapport.

II. GENERALITES ET METHODOLOGIE DE L'ETUDE

Dans cette partie sera faite une présentation de notre structure d'accueil I.C.B, et du groupe VE pour laquelle l'étude est réalisée.

II.1 CONTEXTE

Vivo Energy a rencontré des problèmes dans ses installations électriques et voudrait une étude approfondie de ses installations. Cela permettra de protéger son patrimoine et d'assurer la sécurité de son personnel d'une part. D'autre part, l'étude proposera des moyens pour réduire l'impact environnemental de ses activités.

II.2 PRESENTATION DE LA STRUCTURE D'ACCUEIL

La Société d'Ingénierie et de Contrôle du Burkina (I.C.B) est une Société à Responsabilité Limitée (SARL) de droit burkinabé au capital de 2 000 000 FCFA, créée en 1996 et dont le siège social est à Ouagadougou, en plein centre-ville. I.C.B Sarl est un cabinet d'ingénierie avec quatre principaux domaines d'intervention à savoir :

- l'audits énergétiques et en maintenance ;
- les contrôles techniques ;
- le conseil en maintenance ;
- l'expertise et la formation.

La société I.C.B est aujourd'hui connue sur le plan national et sous régional pour son expertise très éprouvée. I.C.B intervient dans les secteurs suivants :

- l'énergie et l'industrie ;
- le bâtiment et les travaux publics ;
- l'hydraulique et les biens de consommations.

En matière d'Ingénierie, I.C.B possède toutes les compétences nécessaires pour fournir des prestations qui s'étendent à toutes les phases du cycle des projets. L'expertise d'I.C.B en maintenance porte surtout sur le conseil. En effet, l'insuffisance de maintenance dans nos industries sous régionales est très grave et entraîne de nombreuses conséquences en termes de productivité, de coût de production, d'énergie, etc. D'où la justification du conseil en maintenance.

La société possède une longue expérience en matière de contrôle technique permettant de

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

conduire l'ensemble des opérations de vérification d'un équipement technique, d'une installation (ensemble d'équipements) ou d'un chantier afin de s'assurer de leur conformité aux normes réglementaires. Tous ces contrôles se font sur la base des normes internationales dites ISO (International Standard Organization), à moins que des normes nationales ne comportent des dispositions meilleures par rapport à celles-ci. La société réalise trois types d'Expertise : l'expertise judiciaire, l'expertise d'assurances et l'analyse des risques en amont ou en aval d'un sinistre et l'évaluation de patrimoine. I.C.B dispose d'un personnel permanent comprenant plusieurs cadres (Ingénieurs et techniciens multidisciplinaires) qui interviennent dans tous ses domaines principaux d'intervention. Ce personnel permanent est appuyé par un réseau d'experts indépendants spécialisés dans divers domaines comme le froid et la climatisation, l'environnement, la gestion et les finances, la sociologie etc. Enfin, I.C.B est équipé de moyens modernes informatique, logistique et de communication (Internet haut débit) ainsi que des équipements techniques lui permettant de réaliser aisément toutes ses missions.

Les principaux clients de I.C.B sont : SONABEL, UEMOA, les compagnies d'assurances, Vivo Energy et les promoteurs industriels.

II.3 PRESENTATION DU GROUPE VIVO ENERGY ET DE LA SNU

II.3.1 VIVO ENERGY

Vivo Energy, sous le nom de Shell auparavant, est présent au Burkina Faso depuis 1955. VE, en s'appuyant sur la réputation acquise par la marque Shell, fournit une grande gamme de carburants et lubrifiants Shell, ainsi que des services professionnels aux consommateurs, aux clients commerciaux et industriels, dont un grand nombre appartient au secteur minier en rapide expansion au Burkina Faso. VE dispose de 56 stations Shell sur l'étendue du territoire Burkinabè dont la SNU [1].

II.3.2 SNU

La SNU se trouve au secteur 5 de Ouagadougou en face de la direction générale de VE, dans la province du Kadiogo.

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*



Figure 1 : Photo de la SNU.

La SNU comprend : une boutique, un atelier de lavage automobile, un atelier de vidange automobile, deux bureaux, un magasin, un auvent principal abritant trois distributeurs, un auvent secondaire abritant un distributeur, un local groupe électrogène et un local SONABEL. La figure 2 est le plan de la SNU.

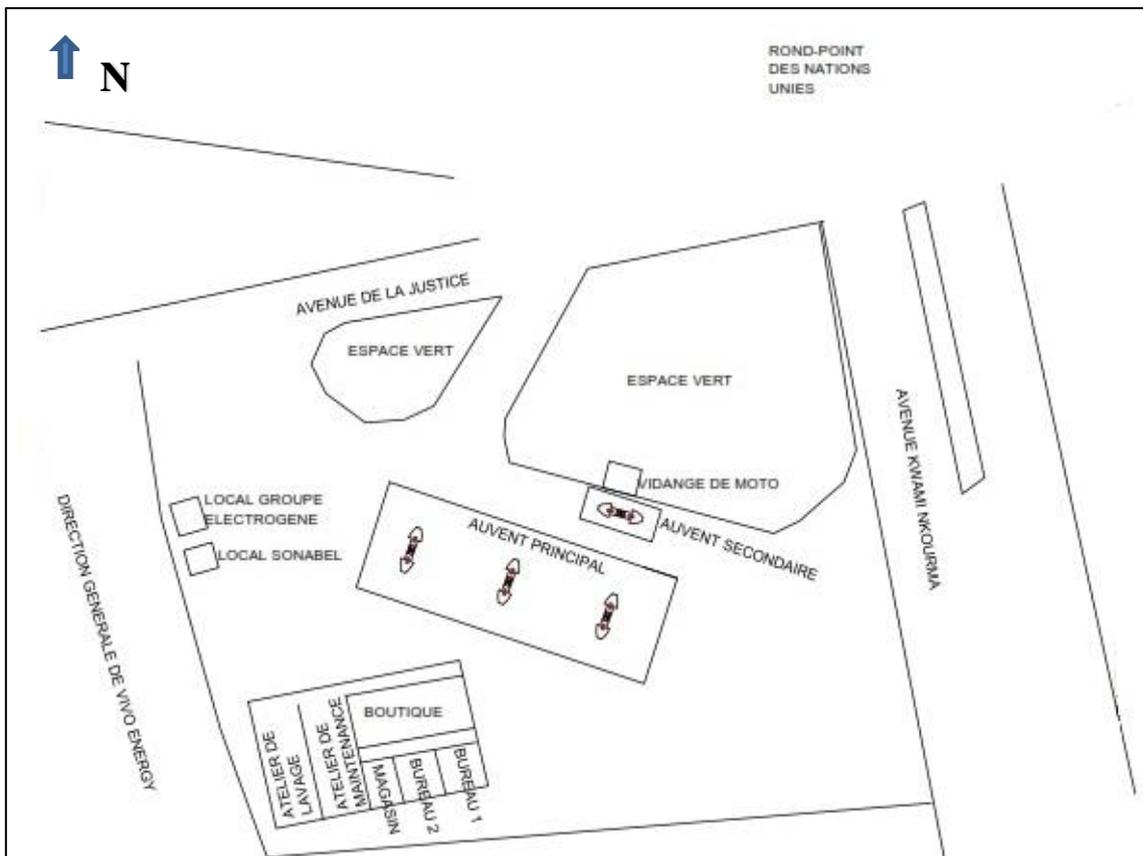


Figure 2 : Plan et localisation de la SNU

II.4 METHODOLOGIE DE L'ETUDE

La méthodologie utilisée pour la réalisation du travail s'est articulée autour des étapes suivantes :

Etape 1 : Préparation et recherche documentaires

Cette étape préliminaire a consisté en :

- Une prise de contact avec la direction générale de VE et les responsables de la gestion de la station SNU afin de nous faciliter l'accès au bâtiment, aux locaux techniques pour l'inventaire des équipements électriques et la réalisation des campagnes de mesures.
- Une recherche documentaire portant sur les factures d'électricité, les plans architecturaux et d'électricité et les contrats de maintenance des équipements énergétiques.

Etape2 : Visite de terrain

L'objectif était de recenser les divers appareils et équipements électriques dans chaque tableau électrique, bureau, boutique, atelier de lavage et de maintenance des voitures, et les distributeurs de carburant tout en notant l'état de fonctionnement de ces équipements.

Les interviews ont été réalisées en même temps que les inventaires. L'objectif principal visé par ces entretiens était d'avoir une meilleure connaissance du processus de suivi et de gestions des équipements.

Etape 3 : Analyse des données et proposition de solution

L'analyse, le traitement des données, les calculs, leurs interprétations ont permis ensuite d'identifier et de décrire les actions adéquates envisageable en termes de réhabilitation des installations électriques, d'économie d'énergie et d'évaluer le niveau d'investissement requis.

II.5 OUTILS DE TRAVAIL

Pour mener à bien cette étude, nous avons eu besoin d'un certain nombre d'outils tel que les appareils de mesures et les logiciels à savoir :

- **Excel** pour les notes de calcul ;
- **XL-Pro3** pour le dimensionnement des différents Tableaux électriques ;
- **Auto CAD** pour la réalisation des plans du bâtiment ;
- **PVSYST 5** pour le dimensionnement du champ photovoltaïque ;

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

- **DIALUX** pour les calculs et choix des lampes pour l'éclairage ;
- **Analyseur de réseau** pour l'enregistrement des paramètres électriques du réseau électrique ;
- **Appareil EUROTTEST 61557** pour la mesure de la résistance du puits de terre ;
- **Multimètre électronique** pour la mesure des tensions, les intensités, les résistances et la continuité des circuits.

II.6 NORMES APPLICABLES

Afin de diagnostiquer au mieux l'installation électrique de la SNU et de proposer les solutions de mise en conformité les plus idoines, l'étude a été réalisée conformément aux normes internationales européennes en la matière et à la réglementation au Burkina Faso. Ces référentiels sont :

- la norme C12-201 et ses additifs traitant de la protection contre l'incendie dans les établissements recevant du public;
- la norme C13-100 relative aux postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de distribution publique de 2^{ème} catégorie;
- la norme C15-100 traitant de l'exécution et de l'entretien des installations électriques Basse-Tension;
- la norme C15-102 portant sur les règles de protection contre la foudre et paratonnerre;
- la norme C15-401 relative aux installations des groupes moteurs thermiques générateurs ;
- la norme C15-520 concernant les canalisations et leurs modes de pose et connexion ;
- la norme C15-531 portant sur les règles de protection contre les surtensions d'origine atmosphérique par parafoudre ;
- l'arrêté du 22 décembre 1981 : dispositions générales de la sécurité contre l'incendie dans les bâtiments recevant du public ;
- les prescriptions des constructeurs du matériel à installer ;
- les prescriptions du distributeur d'énergie électrique « SONABEL ».

III. ETAT DES LIEUX ET DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS

Cette partie de l'étude sera consacrée à l'analyse de l'existant. Elle a pour but de faire l'état des lieux de la SNU afin d'identifier les défauts dans les installations électriques susceptibles de compromettre la sécurité des personnes et des biens. Pour y parvenir, nous avons diagnostiqué les installations électriques qui révèlent une importance capitale dans une station-service.

III.1 INSTALLATIONS ELECTRIQUES DE LA SNU

La station-service est alimentée à partir d'un disjoncteur d'abonné. La source d'alimentation électrique de la station-service est secourue par un groupe électrogène de secours de 40 kVA, en cas de défaillance de la source principale SONABEL. L'installation électrique de la station-service comprend : deux sources d'alimentation en énergie électrique, trois tableaux électriques, le réseau de mise à la terre et l'appareillage électrique. Elle est schématisée comme ci-après.

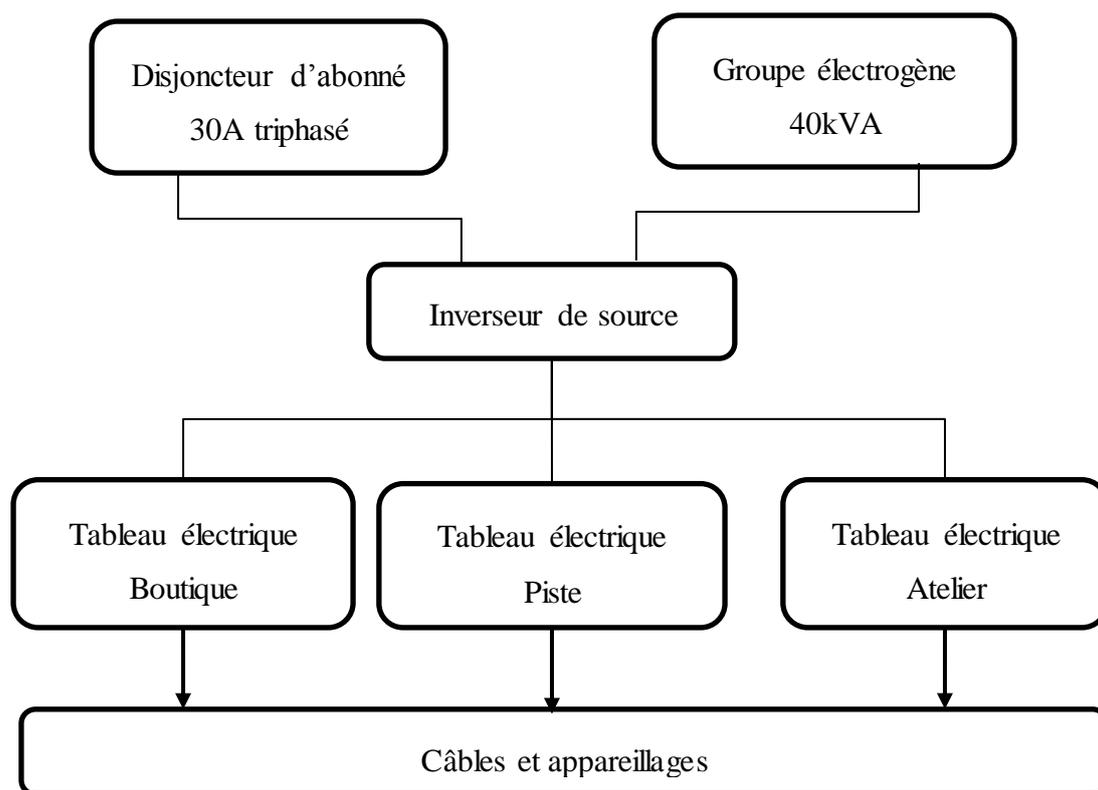


Figure 3 : Schéma synoptique de l'installation électrique de la SNU.

III.1.1 Les sources d'alimentation électrique

La SNU est alimentée par un compteur triphasé raccordé au réseau de distribution de la SONABEL et secouru par un groupe électrogène de 40 kVA.

III.1.1.1 Source principale

C'est la source SONABEL avec une puissance souscrite de 20 kVA (soit 30 A). On rencontre dans le local compteur trois tableaux d'abonnement appartenant à la SONABEL dont un non fonctionnel et le coffret inverseur.



Figure 4 : Intérieur du local compteurs.

Le compteur électrique de la SNU se trouve à l'extrême droite de la figure 4. Le second appartient à un abonné situé à côté de la Station. Le troisième est non fonctionnel. On remarque aussi les bouteilles de gaz encore pleine et l'extincteur à l'intérieur du local technique.

Les principaux paramètres électriques relevés de la source d'alimentation SONABEL le 18 Novembre 2015 sont récapitulés dans le tableau 1.

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

Tableau 1: Mesures des paramètres électriques fournis par le réseau SONABEL

Paramètre électrique	Mesures	Valeurs	Observations
Tension	Phase 1 / Phase 2	410V	Les valeurs des tensions sont bonnes car ils se situent dans les plages 230V±10% pour les tensions simples (phase/neutre) et 400V±10% pour les tensions composées (entre 2 phases)
	Phase 1 / Phase 3	408V	
	Phase 2 / Phase 3	408V	
	Phase 1 / Neutre	238V	
	Phase 2 / Neutre	233V	
	Phase 3 / Neutre	233V	
Intensités	Intensité phase 1	7,3 A	Le courant par phase dépend du taux de charge en marche sur la phase au moment de la mesure
	Intensité phase 2	8,9 A	
	Intensité phase 3	16,8 A	
	Neutre	4,3 A	
Fréquence	Moyenne	49,7 Hz	Bonne valeur, car la fréquence est comprise dans la plage de 50 Hz±5%

III.1.1.2 Source secours

La totalité de l'installation électrique est secourue par un groupe électrogène de 40 kVA. L'inversion de source se fait de façon automatique à travers un coffret inverseur fournie avec le groupe électrogène.

Les principales caractéristiques du groupe électrogène de secours sont récapitulées dans le tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques du groupe électrogène

N°	Désignation	Valeurs	Photo du groupe électrogène
1	Ensemble		
2	Marque :	GENELEC	
3	Type :	TC4CFIM	
4	Puissance :	40 kVA	
5	N° Série :	14975	
7	Moteur		
8	Marque :	IVECO AIFO	
9	Type :	SO41/05-55	
10	Vitesse de rotation	1500 tr/mn	
12	Alternateur		
13	Marque :	Meecc alte spa	
14	Puissance :	40KVA	
15	Tension :	230/400V	
16	Cosφ :	0,8	

III.1.2 Les tableaux électriques

Les installations électriques de la SNU sont protégées par trois tableaux alimentés à travers le coffret inverseur. Ce sont :

- le tableau électrique de la boutique et des bureaux ;
- le tableau électrique de la piste comprenant les pompes et l'éclairage de la piste ;
- le tableau électrique de l'atelier de lavage et maintenance alimentant les engins de lavage, le suppresseur, le compresseur d'air etc.

Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à Ouagadougou

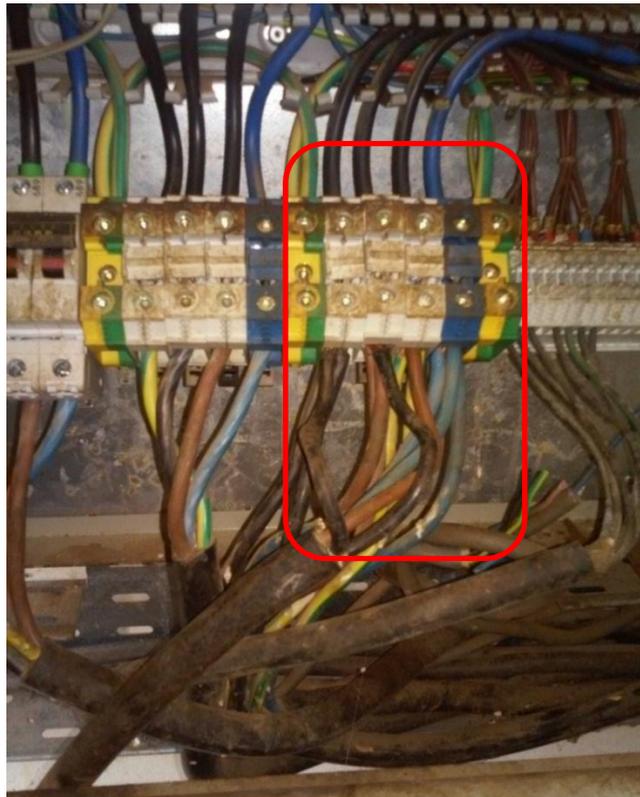


Figure 5 : Bornier de jonction sortie coffret inverseur.

On peut constater sur la figure 5, quatre borniers de jonctions surchargés chacun par trois conducteurs électriques dont deux de $4 \times 16 \text{mm}^2$ pour desservir la Boutique et la Piste et un $4 \times 10 \text{mm}^2$ pour l'Atelier. Les photos de ces trois tableaux sont présentées ci-dessous.



Figure 6 : Tableau électrique Piste



Figure 7 : Tableau électrique Boutique

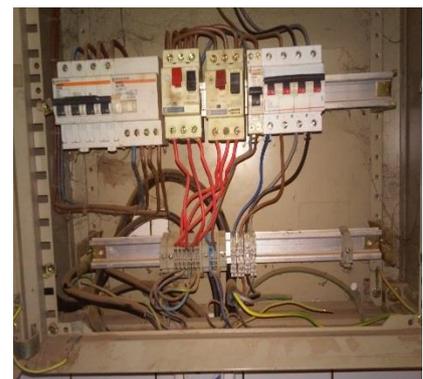


Figure 8 : Tableau électrique Atelier

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

Les détails des caractéristiques des appareils de protection contenus dans les tableaux électriques sont donnés dans la fiche d'inventaire dans l'annexe 1.

III.1.3 Les conduits électriques et connexes

Les conduits électriques et connexes sont l'ensemble des fourreaux et des conducteurs électriques utilisés pour alimenter les tableaux électriques et l'appareillage électrique de la station et ses annexes. Ils se composent principalement de :

- câbles de type U1000 R02V 4x2, 5mm² (noir) et U500 ARO 4x2,5mm² (gris) posés dans des conduites en PVC et alimentant les moteurs des pompes ;
- câbles de type U1000 R02V 3x2, 5mm² (noir) et U500 ARO 3x1.5mm² (gris) posés dans des conduites en PVC, alimentant les calculateurs ;
- câbles de type U500 ARO 3x1,5mm² (gris) et U1000 R02V 3x1.5mm² (noir) posés dans des conduites en PVC alimentant l'éclairage des pompes et des panneaux ;
- câble de terre pour la mise à la terre des masses métalliques ;
- fil de terre (vert / jaune) pour la mise à la terre des appareils électriques.

III.1.4 Les appareillages électriques

L'appareillage électrique est l'ensemble des appareils fonctionnant avec l'énergie électrique notamment les climatiseurs, les surpresseurs, les brasseurs d'air, les luminaires, les prises de courant, Dismatic, etc.

Les détails techniques de ces appareils seront donnés dans l'annexe 1.

III.1.5 Circuit de mise à la terre

L'installation électrique de la SNU comporte un puits de terre. La valeur de sa résistance mesurée à l'aide de l'appareil EUROTTEST 61557 est de 9 Ω. Cette valeur est bonne car elle est inférieure à la valeur recommandée qui est 10Ω. Il a été relevé que tous les appareils électriques de la station ne sont pas reliés à la terre. Le régime du neutre de la SNU est le régime TT.

III.2 DIAGNOSTIC ET PROPOSITIONS DE REHABILITATION POUR LES INSTALLATIONS ELECTRIQUES

Le tableau 3 récapitule les résultats du diagnostic effectué sur l'installation et les solutions pour son amélioration.

Tableau 3: Tableau de diagnostic des installations de la SNU

N°	DESIGNATION	DIAGNOSTIC	SOLUTIONS PRECONISEES
1	SOURCES D'ALIMENTATION		
1.1	Source SONABEL	<p>Les tensions fournies par la SONABEL sont bonnes. Par contre, on observe un stockage anormal de bouteilles de gaz dans le local compteur électrique (LC). L'extincteur, au lieu d'être fixé à l'extérieur est posé par terre à l'intérieur du LC. Les câbles ne sont pas rangés sur le chemin de câble. On note un mauvais serrage des câbles et la grille de dérivation n'a pas de cache bornes.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Mettre un cache-borne sur la grille de dérivation. • Eviter l'entreposage des bouteilles de gaz dans le local technique. • Ranger les câbles sur un chemin de câble. • Revoir le serrage des câbles.
1.2	Groupe électrogène	<ul style="list-style-type: none"> • Le groupe électrogène est fonctionnel, l'inversion se fait automatiquement. • La puissance du groupe qui est de 40 kVA, soit 32kW en surcharge et 26 kW en continu, permet de secourir les installations de la SNU (puissance installée de 12 kW). • Le groupe électrogène n'est pas relié à terre et l'éclairage de son local ne marche pas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Relier la masse du groupe a la terre. • Mettre un bac à sable à proximité du groupe. • Eclairer le local du groupe. • Protéger par un disjoncteur magnétothermique le câble de 8m reliant le groupe et le coffret inverseur.

Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à Ouagadougou

N°	DESIGNATION	DIAGNOSTIC	SOLUTIONS PRECONISEES
		<ul style="list-style-type: none"> • Le groupe est sous contrat d'entretien avec COBUTAM (dernier entretien réalisé en août 2015). • Il n'existe pas de bac à sable dans le local pour éteindre des éventuels feux. • Le câble reliant le groupe électrogène au coffret inverseur n'est pas protégé. 	
2	CANALISATIONS ELECTRIQUE ET CONNEXES		
2.1	Nature, section et couleurs des conducteurs	<p>Les sections et la nature des conducteurs sont bonnes.</p> <p>Les conducteurs ne chauffent pas Les couleurs des conducteurs sont conformes aux normes</p>	RAS

N°	DESIGNATION	DIAGNOSTIC	SOLUTIONS PRECONISEES
2.2	Conditions de pose	Les conditions de pose sont bonnes de façon générale à l'exception de l'atelier de maintenance et de nettoyage des automobiles, où les câbles sont posés dans des goulottes non étanches et le câble alimentant le moteur électrique du compresseur posé dans un fourreau ICT.	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacer les goulottes non étanches par des tubes PVC ou remplacer les câbles actuels par des câbles immersible. • Remplacer le fourreau ICT par un tube PVC pression de diamètre 3 fois supérieure au diamètre des câbles posés pour la protection mécanique.
2.3	Séparation des circuits	La séparation des circuits n'est pas totale.	Séparer tous les circuits par nature et sous nature.
3	PUITS DE TERRE ET EQUIPOTENTIALITE		
3.1	Terre des masses du bâtiment	Valeur mesurée = 9 Ω. Valeur acceptable car la valeur maximale recommandé par la norme est 10 Ω	RAS
3.2	Terre du neutre du groupe électrogène	Pas de puits de terre	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser un puits de terre pour le groupe électrogène. • Réaliser une liaison équipotentielle avec la terre du bâtiment, ce qui améliorera la valeur de la résistance.

N°	DESIGNATION	DIAGNOSTIC	SOLUTIONS PRECONISEES
4	TABLEAUX ELECTRIQUES		
4.1	Coffret inverseur	<ul style="list-style-type: none"> • L'inversion de source est automatique. • Les borniers de jonction de 16 mm² sortie utilisateur sont surchargés. On y compte parfois 3 fils par bornes • Le coffret n'est pas mis à la terre. • Il n'existe pas de schéma de câblage. 	<ul style="list-style-type: none"> • Réaliser un TGBT pour décharger le bornier et protéger les départs de circuit vers les tableaux divisionnaires. • Mettre à la terre le coffret inverseur. • Placer une copie du schéma de câblage dans le coffret électrique
4.2	Tableau électrique Boutique	<ul style="list-style-type: none"> • Les circuits ne sont pas repérés. • Il n'existe pas de protection contre les surtensions. • Cinq circuits sont reliés aux bornes des appareils de protection sans passer par des borniers de jonction. • Les appareils et conducteurs ne sont pas repérés. • Les circuits de prise sont protégés par des DPN de 10A au lieu de 16 A recommander par la 	<ul style="list-style-type: none"> • Repérer tous les circuits. • Poser un parafoudre dans le coffret pour la protection contre les surtensions. • Faire passer tous les circuits par les borniers de jonction. • Mettre l'enveloppe du tableau à la terre. • Réaliser une protection générale par un interrupteur tétra polaire différentiel de 4x25A/500mA • Réaliser une protection générale contre les surtensions d'origine atmosphérique avec un parafoudre de

N°	DESIGNATION	DIAGNOSTIC	SOLUTIONS PRECONISEES
		<p>norme.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il n'existe pas de protection générale • L'enveloppe du tableau électrique n'est pas mise à la terre. • Le coffret n'a pas de schéma de câblage 	<p>15kA associée à un disjoncteur triphasé de 16A</p> <ul style="list-style-type: none"> • Réaliser une protection des circuits d'éclairage intérieur, par deux (02) disjoncteurs différentiels de 10A/300mA • Réaliser une protection des circuits des prises de courant par huit (08) disjoncteur différentiel de 16A/30mA, dont un circuit pour chaque réfrigérateur, un pour la cafetière et un pour la caisse qui sont des circuits spécifiques. • Réaliser une protection des circuits des climatiseurs par trois (03) disjoncteur différentiel de 20A/300mA, dont un en réserve. <p>Le schéma du nouveau câblage est proposé dans l'annexe 3 des schémas de câblage</p>
4.3	<p>Tableau électrique Piste</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Le tableau est encombré donc pas de réserve pour de futures extensions. • Il n'existe pas de schéma de câblage. • Les bornes des appareils du tableau sont surchargées. 	<p>Remplacer le tableau électrique par un nouveau et refaire le câblage en repérant les circuits et en respectant les normes comme suit :</p> <ul style="list-style-type: none"> • une protection générale par un interrupteur tétra polaire différentiel de 4x40A/500 mA ;

Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à Ouagadougou

N°	DESIGNATION	DIAGNOSTIC	SOLUTIONS PRECONISEES
		<ul style="list-style-type: none"> • Plusieurs circuits sont reliés aux bornes des appareils de protection sans passer par des borniers de jonction. Les appareils et conducteurs ne sont pas repérés. • L'enveloppe du tableau électrique n'est pas mise à la terre. • La présence tension n'est pas signalée par des voyants. 	<ul style="list-style-type: none"> • une signalisation de la présence tension par trois (03) voyants ; • une commande de l'arrêt d'urgence par un bouton placé sur la façade du coffret et un autre sur la façade du bâtiment à un endroit facilement accessible ; • la mise sous tension et la coupure de l'alimentation électrique des distributeurs se fera par un contacteur commandé avec un bouton poussoir « marche » et un bouton poussoir « arrêt ». La mise sous tension des distributeurs sera signalée par un voyant « marche vert ». • la commande générale de l'éclairage de la station se fera à partir d'un commutateur à positions qui est placé sur la façade du tableau électrique. • tous les moteurs des distributeurs et tout l'éclairage sensible devront être protégés par des différentiels de 30 mA. • les circuits des moteurs des distributeurs seront protégés par des disjoncteurs moteurs de calibre adaptés à la

Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à Ouagadougou

N°	DESIGNATION	DIAGNOSTIC	SOLUTIONS PRECONISEES
			<p align="center">puissance des moteurs</p> <ul style="list-style-type: none"> • faire la séparation de tous les circuits par nature et sous nature. <p>Le schéma du nouveau câblage est proposé dans l'annexe 3 des schémas de câblage.</p>
4.4	<p align="center">Tableau électrique Atelier</p>	<ul style="list-style-type: none"> • le tableau n'est pas étanche. • les appareils ne sont repérés. • la sensibilité des différentiels n'est pas appropriée. Des différentiels de 300mA sont utilisés au lieu de 30mA. • L'enveloppe du tableau n'est pas reliée à la terre. • Il n'existe pas de schéma de câblage du tableau. 	<ul style="list-style-type: none"> • Remplacer le tableau électrique par un nouveau et faire le câblage en respectant la sensibilité de 30 mA pour les circuits de prise. • Relier l'enveloppe de tableau à la terre • Poser un collecteur de terre pour la mise à la terre.
5	APPAREILLAGE ELECTRIQUE		
5.1	<p>Les luminaires</p>	<p>Les luminaires sont en majorité en bon état de fonctionnement. Mais il existe des projecteurs énergivores de 250W.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Conserver et faire un entretien général de tous les luminaires qui sont dans un bon état physique et de fonctionnement.

N°	DESIGNATION	DIAGNOSTIC	SOLUTIONS PRECONISEES
			<ul style="list-style-type: none"> • Remplacer les lampes néons par des lampes LED équivalent et les projecteurs à décharge par des projecteurs LED.
5.2	Les prises de courant	Les prises sont en bon état mais ne sont pas mis à la terre.	Relier tous les prises à la terre
5.3	Les appareils à force motrice	Les distributeurs (pompes) de la station sont en bon état de fonctionnement. Ils ont aussi un bon état physique	RAS

NB : les nouveaux schémas électriques des tableaux électriques sont dimensionnés avec le logiciel XL Pro et présenté dans l'annexe 3 schémas électriques.

III.3 CONCLUSION

Le diagnostic a permis de relever sur les installations électriques de la SNU des problèmes graves et de nature à compromettre le bon fonctionnement des services, la sécurité des biens et des personnes qui la fréquente. Il convient donc de mettre en œuvre dans un bref délai les solutions correctives proposées.

IV. PROPOSITION D'ECONOMIE SUR LA FACTURE ELECTRIQUE

Afin de proposer quelques pistes d'économies d'énergies pour la SNU, nous avons étudié, dans cette partie, sa consommation énergétique. Cette phase nous a permis d'identifier les postes de consommation et de proposer les solutions adéquates.

IV.1 ANALYSE DE LA CONSOMMATION ENERGETIQUE

Un inventaire exhaustif des équipements consommateurs d'électricité a été réalisé. Lors de cet inventaire, les puissances des différents équipements ont été relevées et les renseignements nécessaires sur leur temps de marche et leur taux de charge ont été collectés, afin de permettre de faire les bilans de puissance électrique et énergétique de la SNU.

IV.1.1 Bilan de puissance

La puissance totale installée pour la station est estimée à 12 kW. La puissance totale foisonnée y comprise une réserve de 20% pour de futures extensions est estimée à 15 kW. Le résumé du bilan de puissance est donné dans le tableau 4 (voir annexe 4 pour les détails).

Tableau 4 : Bilan de puissance de la SNU

N°	Désignation	Puissance totale installée (W)	Coefficient de simultanéité ks	Prévision d'extension +20%		Puissance totale foisonnée (W)
1	Tableau Electrique Piste	5 616	0,8	1,2	1 123	6 739
2	Tableau Electrique Boutique	3 941	0,8	1,2	788	4 729
3	Tableau Electrique Atelier	3 216	0,8	1,2	643	3 859
PUISSANCE TOTALE (W)		12 773			2 555	15 328

La répartition de la puissance installée, illustrée par la figure 9, montre que la puissance installée au niveau de la Piste est la plus élevée (44%). Celle de la boutique et de l'atelier sont respectivement de 31% et 25%. Cela s'explique par le fait que l'on retrouve non seulement beaucoup plus de moteurs répartis entre les pompes et les compresseurs d'air, mais surtout les

lampes halogènes pour l'éclairage au niveau de la Piste.

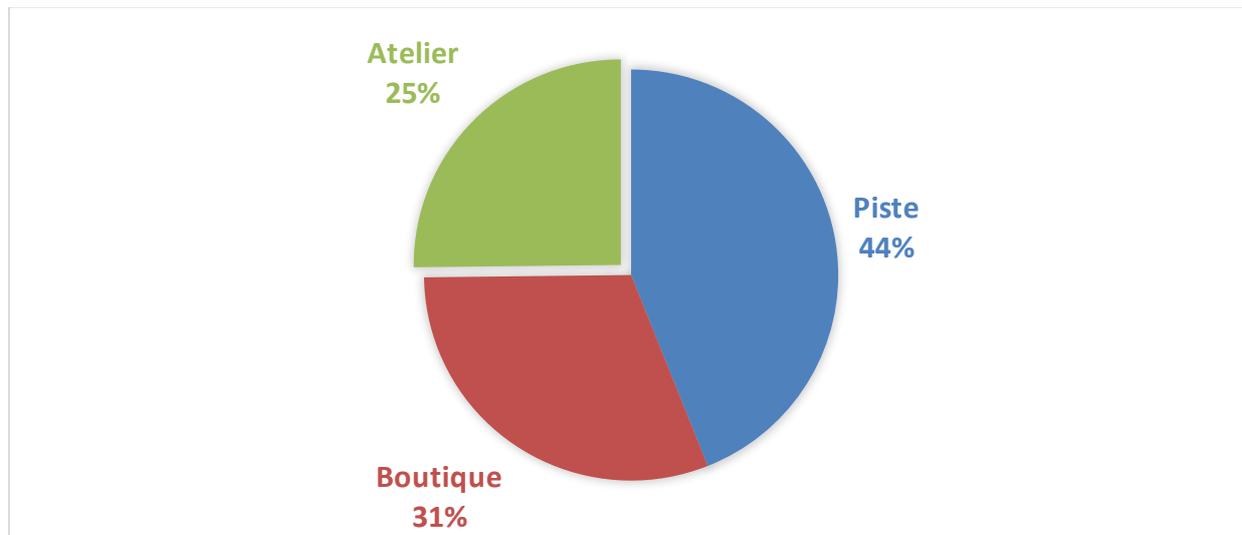


Figure 9 : Répartition de la puissance installée

Le diagramme de la figure 10 présente la répartition de la puissance des appareils de la SNU par type d'appareil.

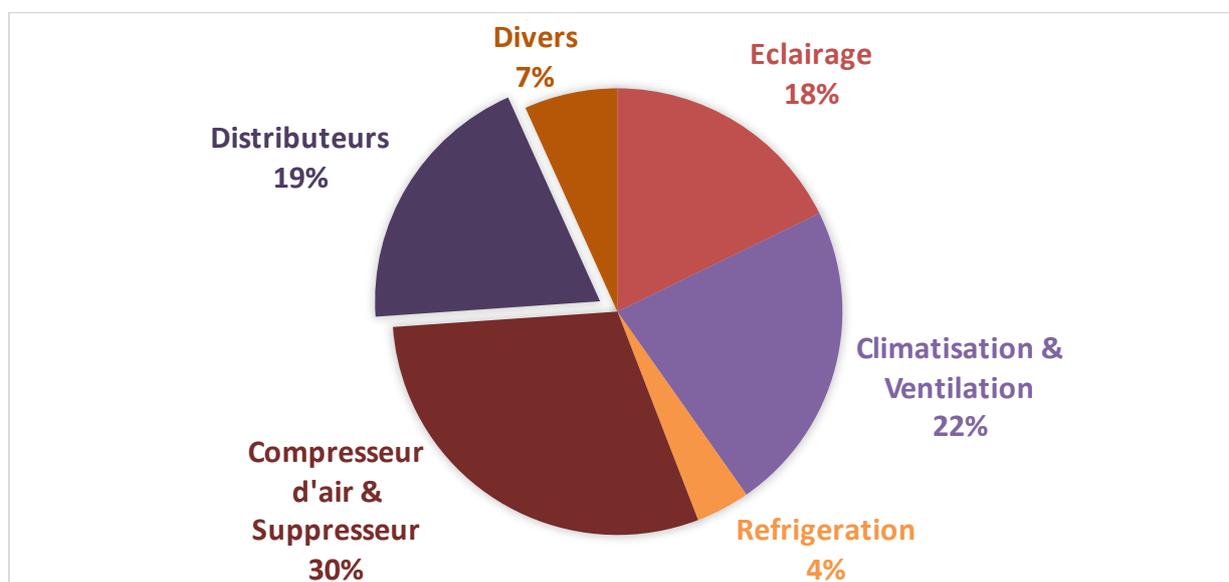


Figure 10 : Répartition de la puissance des appareils de la SNU par type d'appareil.

IV.1.2 Bilan énergétique

Un modèle énergétique a été construit à partir de factures électriques, du bilan de puissance et des informations collectées au cours de la campagne de mesures sur le terrain.

A partir des relevés de puissance, la puissance effective a été estimée en rajoutant un coefficient

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

de simultanéité. La modélisation de l'énergie consommée a été estimée en utilisant un coefficient de foisonnement et un coefficient de simultanéité pour l'énergie. Les différents coefficients ont été ajustés au mieux pour refléter les valeurs des factures électriques. Les statistiques des factures d'électricité ont donné une consommation mensuelle moyenne de 3 515 kWh. La figure 11 montre l'évolution de la consommation énergétique de décembre 2014 à novembre 2015.

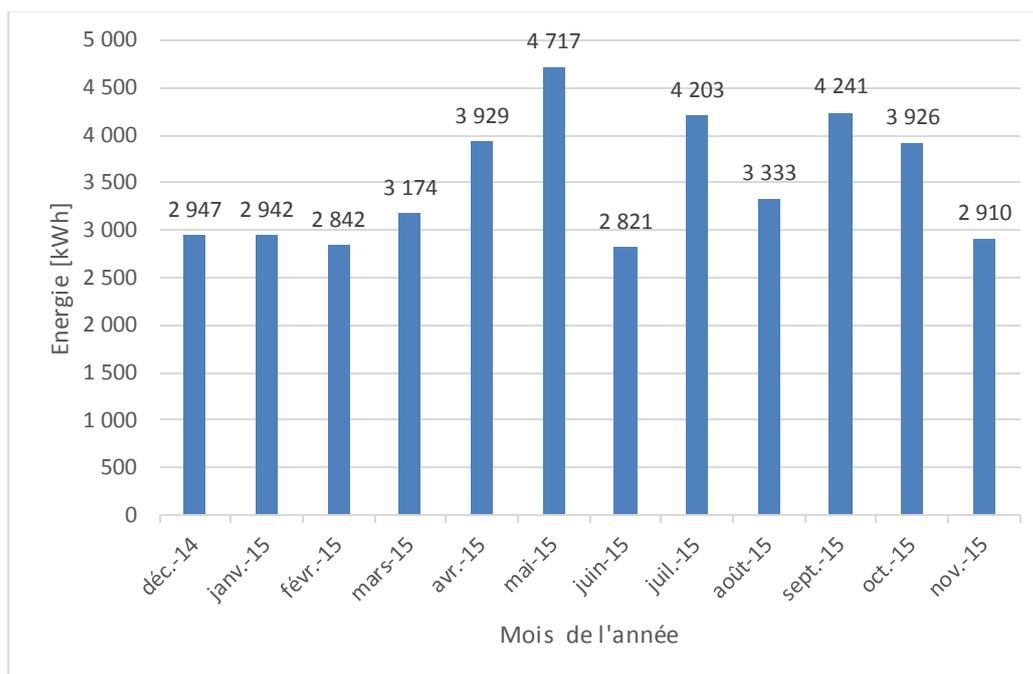


Figure 11 : Evolution de la consommation énergétique sur 1 an de la SNU (source : facture d'électricité)

Le tableau 5 présente l'estimation du nombre d'heures de fonctionnement de la SNU et le nombre d'heures moyennes de disponibilité du réseau SONABEL.

Tableau 5 : Définition du nombre d'heures de fonctionnement de la SNU

Désignation	Temps (heures)
Temps moyen de Maintenance par semaine	3
Temps moyen de pannes par mois	3
Jours par mois	30
Temps moyen de passage d'équipe par jour	0,5
Heures de fonctionnement par mois	690
Facteur disponibilité du réseau SONABEL	0,7
Heures de fonctionnement effectives par mois	483

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

Le tableau 6 présente la répartition de la consommation entre les entités (Boutique, Atelier, Piste), de la station.

Tableau 6 : Bilan énergétique de la SNU

Désignation	Puissance installée [W]	Coefficient de simultanéité	Consommation Mensuelle [KWh]	%
Boutique	5 616	0,75	2 034,4	58%
Atelier	3 940,8	0,3	571,0	16%
Piste	3 216,2	0,6	932,1	26%
Total	12 773,0		3 537,5	100%

Il ressort du tableau 6 que la boutique est la plus grosse consommatrice de l'énergie (58%). Ce résultat se justifie par le fait qu'elle dispose de la puissance installée la plus élevée. De plus, 80% de cette puissance fonctionne simultanément pendant 14 heures (7h-21h) et 50% pendant 10h (21h-7h).

Le tableau 7 présente la consommation énergétique par type d'appareils. Il en ressort que l'éclairage et les compresseurs d'air sont les plus grands consommateurs d'énergie électrique (26% et 25%). Ensuite la climatisation et les distributeurs (19%, 20%) et enfin les divers appareils.

Tableau 7 : Bilan énergétique de la SNU en fonction des types d'appareils consommateurs

Désignation	Puissance installée [W]	Coefficient de simultanéité	Consommation Mensuelle [KWh]	Fraction %
Eclairage	2 194,4	0,8	847,9	24
Climatisation & Ventilation	2 789,6	0,5	673,7	19
Réfrigération	480	0,8	185,5	5
Compresseur d'air & Suppresseur	3 680	0,5	888,7	25
Distributeurs	2 400	0,7	811,4	23
Divers	829	0,3	120,1	3
Total	12373		3537,5	100

IV.1.3 Répartition de la facture d'électricité

La répartition des factures d'électricité entre les entités a été faite conformément au bilan énergétique. Elle est estimée à 58% soit 3.034.691 F CFA par an pour la Boutique, 26% soit 1.390.351 F CFA par an pour la piste et 16% soit 851.789 F CFA par an. La répartition des montants de facture est consignée dans le tableau 8.

Tableau 8 : Répartition montant des factures d'électricité de la SNU

Entités	Moyenne mensuelle [F CFA]	Moyenne Annuelle [F CFA]	Pourcentage %
Boutique	303 469	3 641 628	58%
Atelier	85 179	1 022 148	16%
Piste	139 035	1 668 420	26%
Montant total des factures	527 683	6 332 146	100%

Du tableau 8, on déduit que la Boutique consomme beaucoup plus d'énergie que les autres entités de la station. Cette situation est due au fait que sa puissance installée représente 31% (voir figure 9) et que les charges de la boutique fonctionnent plus longtemps que celles de la piste.

IV.1.4 Synthèse de l'analyse de la consommation énergétique

A la suite de l'analyse de la consommation, il ressort que la puissance totale installée de la SNU est de 12 kW, la consommation moyenne est 3537 kWh par mois. Cette consommation peut être réduite en appliquant un certain nombre de mesures telles que :

- Le remplacement des lampes classiques par des lampes plus économiques TYPE LED ;
- La diminution de l'énergie fournie par la SONABEL par une production solaire PV ;
- La diminution de la puissance souscrite : l'intégration du solaire permettra d'effacer une partie du pic de consommation.

Les deux dernières n'ont pas pour objectif de diminuer la consommation de la SNU mais de réduire le coût de la facture d'électricité.

IV.2 ANALYSE DE LA FACTURATION

L'objectif de l'étude étant de réduire le coût de la facture d'électricité de la SNU, nous avons dans cette partie, analysé le type d'abonnement et la tarification associée afin de mieux comprendre les factures d'électricité.

IV.2.1 Fourniture et tarification

Le système de comptage de l'énergie électrique de la SNU comprend un compteur analogique et un disjoncteur d'abonné 30A triphasé.

De façon générale, le compteur est en bon état physique et fonctionnel.

- **Fourniture d'énergie électrique :** Le type de tarif de l'abonnement est C 30A correspondant à une puissance appelée de 20 kVA.
- **Tarification de l'énergie électrique**

L'énergie électrique consommée est facturée en fonction :

- de la prime fixe annuelle, payable par mensualité proportionnellement à la puissance souscrite ;
- des redevances ou frais de location et d'entretien de compteur ;
- des taxes (TSDAAE & TDE), proportionnellement au nombre de kWh consommés ;
- la TVA proportionnelle au montant de la facture d'électricité ;
- des tarifs en fonction du nombre de kWh consommés comme l'indique le tableau 9.

La tarification à laquelle est soumise l'abonné est un tarif de type C (triphases quatre fils 30 A à usage domestique, force motrice et administration).

Tableau 9 : Tarif de type C triphasé pratiqué par la SONABEL

	Tranche 1	Tranche 2	Tranche 3
Energie en kWh	0 - 50	51 - 200	Plus de 200
Prix du kWh F CFA	96	108	114

IV.2.2 Facturation

La période de référence retenue pour l'étude va de décembre 2014 à septembre 2015, soit dix mois de consommation. L'analyse des factures d'électricité correspondant à l'abonnement fait ressortir les éléments contenus dans le tableau 10.

Tableau 10 : Analyse de l'abonnement de la SNU

N°	Période de référence	Unité	Abonnement
1	N° Police		64524
2	N° Abonné		AB005003001
3	Courant de souscription	A	30
4	Consommation tranche 1 (10 mois)	kWh	500
5	Consommation tranche 2 (10 mois)	kWh	1 500
6	Consommation tranche 3 (10 mois)	kWh	33 149
7	Energie totale (10 mois)	kWh	35 149
8	Montant de la facture (10 mois)	F CFA	5 276 831
9	Prix moyen d'électricité	F CFA	150
10	Montant total des taxes	F CFA	951 069
11	Montant total de la prime fixe & la redevance	F CFA	332 100

Il ressort de ce tableau 10 que l'abonnement du client est adapté à sa consommation d'énergie électrique. La consommation moyenne d'énergie électrique est de 35 149 kWh pour une facture annuelle TTC de 5 276 831. Le coût de revient moyen du kWh est de 150 F CFA, ce qui reflète la moyenne de ce secteur d'activités.

La répartition de la facture d'électricité en fonction des postes de facturation est illustrée par la figure 12.

Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à Ouagadougou

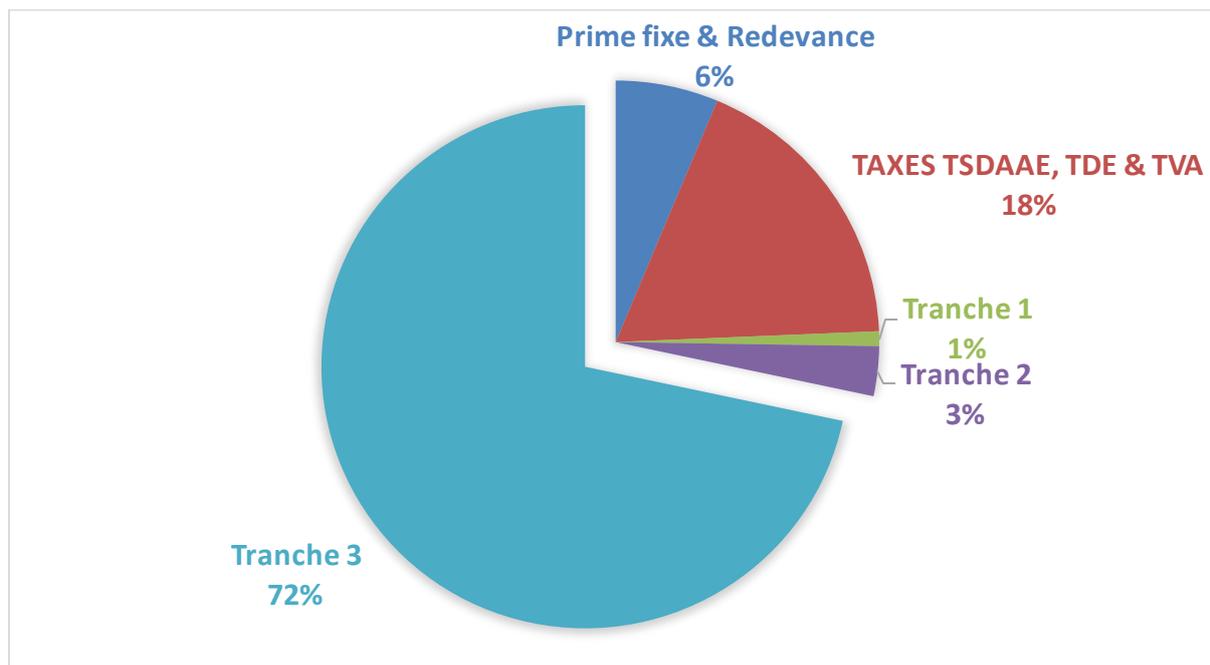


Figure 12 : Répartition du montant de la facture de décembre 2014 à septembre 2015.

L'analyse de cette dernière montre que 72 % du montant de la facture d'électricité se retrouve dans la troisième tranche qui est affectée du tarif le plus élevé (114 FCFA par kWh). Les deuxièmes plus gros postes de facturation sont la prime fixe et la redevance qui représentent 18% du coût de la facture d'électricité. Les 10% restants sont répartis entre les taxes, la consommation de la tranche 1 et de la tranche 2.

IV.3 PROPOSITIONS D'ECONOMIES D'ENERGIE

Au total, trois propositions d'économie d'énergie ont été faites dans cette partie. Les deux premières portant sur l'éclairage et la climatisation ont une incidence sur la diminution de la consommation. La troisième, portant sur l'intégration du solaire PV, ne diminue pas la consommation de la SNU, mais elle permet de substituer une partie de la consommation énergétique de la SNU par une énergie propre.

IV.3.1 Eclairage

L'objectif visé par cette proposition est le remplacement de l'éclairage classique de la SNU par un éclairage LED plus économique. Cette mesure permettra de réduire la puissance installée de l'éclairage, d'éclairer efficacement la station et de réaliser des économies d'énergies.

IV.3.1.1 Etat des lieux

Sur le site de la SNU, des efforts ont été faits dans ce sens dans le bâtiment de la Boutique où 7 ampoules sur 16 sont des LED. Le tableau 11 résume l'inventaire des lampes de la station.

Tableau 11: Inventaire de l'éclairage de la SNU

Lieux	DESIGNATION	Quantité	Puissance [W]	Flux lumineux [lm]
Boutique	Réglotte simple de 1,20m à grille	5	180	16 750
	Réglotte simple de 0,60m	11	198	14 850
Atelier	Réglotte simple de 1,20m à grille	10	360	33 500
Piste	Projecteur Philips 250W	10	2500	205 000
	Lampadaire équipé d'une lampe de 125W	2	250	20 500
TOTAL		38	3488	290 600

IV.3.1.2 Solutions préconisées

Le remplacement des lampes fluorescentes par des lampes LED T8 de PHILIPS ou équivalentes a été proposé. L'étude et le choix des puissances des lampes a été réalisé avec le logiciel DIALUX. Le rapport DIALUX complet se trouve à l'annexe 5.

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

En ce qui concerne les 10 projecteurs de 250 W installés sous l'auvent principal, nous proposons que l'on les remplace par des lampes « LUCI Series » fabriquées par BEVER INNOVATIONS. Ces lampes LED de 106 W peuvent économiser jusqu'à 90% de l'énergie en adaptant l'éclairage sous l'auvent en fonction des activités. Il est à noter que ce type de lampes est déjà installé dans les nouvelles stations d'essence construites par Shell.

Tableau 12: Récapitulatif des lampes LED à installer

Lieux	DESIGNATION	Quantité	Puissance [W]	Flux lumineux [lm]
Boutique	Tube à LED T8 18W	8	144	16750
	Tube à LED T8 9W	17	149	14850
Atelier	Tube à LED T8 18 W	16	287	33500
Piste	Projecteur à LED BEVER LUCI 106 W	10	1 060	120000
	Lampadaire à LED 80 W	2	160	16000
TOTAL		52	1799	

Tableau 13 : Récapitulatif des investissements

N°	Désignations	Unités	Valeur	Durée de vie [h]
1	Durée de simulation	h	50 000	
LAMPES CLASSIQUES				
1	Lampes Fluorescent Philips 36W	F CFA	97 500	15000
2	Lampes Fluorescent Philips 18W	F CFA	55 000	15000
3	Projecteurs Philips Sodium haute pression 250 W	F CFA	1 750 000	10000
	Projecteurs Philips Sodium haute pression 125 W	F CFA	150 000	10000
4	Coût de revient pour première installation	F CFA	2 052 500	
11	Coût des lampes classique sur durée de vie du projet	F CFA	9 611 667	
LAMPES LED				
5	Tube à LED Philips T8 18W	F CFA	180 000	50000
6	Tube à LED Philips T8 9W	F CFA	88 000	30000
7	Projecteur à LED BEVER LUCI 106 W	F CFA	3 250 000	50000
8	Projecteur à LED Philips 80 W	F CFA	250 000	50000
9	Coût de revient pour première installation	F CFA	3 768 000	
12	Coût des lampes LED sur durée de vie du projet	F CFA	3 826 667	

IV.3.1.3 Rentabilité de la proposition

Afin de dégager l'intérêt du remplacement des lampes classiques par des lampes LED, nous avons comparé leurs consommations sur une durée de 50 000 heures. Cette durée correspond à la durée de vie moyenne des lampes LED fournies par le fabricant Philips.

Tableau 14 : Récapitulatif des économies réalisables

Désignation	Valeur	Unité
Coût des lampes classique sur durée de vie du projet TTC (TVA=18%)	9 611 667	F CFA
Coût des lampes LED sur durée de vie du projet TTC (TVA=18%)	4 515 467	F CFA
Energie consommée par les lampes classiques en 50000 heures	110	MWh
Energie consommée par les lampes LED en 50000 heures	57	MWh
Economie sur consommation par an	3,08	MWh/an
Economie annuelle sur la facture électrique par an	462 492	F CFA/an
Coût du kWh	150	F CFA
Coût d'exploitation des lampes Classique	26 092 467	F CFA
Coût d'exploitation des lampes économiques	13 016 754	F CFA
Economie réalisable sur la durée de vie du projet	13 075 713	F CFA
Economie d'énergie annuelle réalisable sur la consommation de l'éclairage	48%	%
Quantité de CO ₂ (0,72Kg/KWh consommée) évitée par an	2,23	Tonnes

Cette proposition permettra d'économiser par an 3,08 MWh/an de la facture d'électricité soit 462.492 F CFA. La proposition permettra de réaliser 13.075.713 F CFA d'économie sur sa durée de vie en prenant en compte le remplacement de lampes. Elle permet aussi d'économiser 2,23 tonnes par an, soit 38 tonnes de CO₂ tout au long de la durée de vie du projet.

IV.3.2 Climatisation

L'objectif visé par cette proposition est de réduire le coût d'exploitation des climatiseurs de la SNU.

IV.3.2.1 Etat des lieux

La SNU dispose de trois climatiseurs de 1.5 CV dont un climatiseur en pannes. Les climatiseurs sont mal entretenus. Leur température de consigne est 18°C en permanence.

IV.3.2.2 Solution préconisée

Nous recommandons de réparer le climatiseur en panne situé dans la boutique. En effet la boutique dispose de deux climatiseurs. La panne de l'un des climatiseurs fait que le second fonctionne en plein régime sans atteindre le confort souhaité. Cette situation entraîne une surconsommation.

Idéalement, le climatiseur devrait pouvoir profiter d'une régulation de température de consigne compensée en fonction de la température extérieure. Ce lien doit être réalisé manuellement pour les climatiseurs. Il est donc conseillé de créer un écart de 6°C maximum entre la température extérieure et la température intérieure, afin de ne pas provoquer de "choc thermique" inconfortable lors de l'entrée dans le local [2]. Une augmentation de 1°C sur température de consigne peut permettre d'économiser 29% sur la consommation électrique. A I.C.B, un pourcentage de 5 % est utilisé pour les calculs d'économie d'énergie.

La température moyenne en été à Ouagadougou étant de 30°C, il est possible de réaliser des économies d'énergie en ramenant la température de consigne de 18°C à 24°C qui est une température de confort pour Ouagadougou. Il résultera de cette action une économie d'énergie de 30%, car la consommation énergétique des climatiseurs split diminue de 5% si on augmente leur température de consigne de 1°C.

IV.3.2.3 Rentabilité de la proposition

La proposition est rentable car elle ne nécessite pas un investissement financier. Mais une sensibilisation des exploitants sur l'intérêt de cette mesure sur leur santé et de l'économie d'énergie est nécessaire.

Tableau 15 : Economie d'énergie par réajustement de la température de consigne

Paramètres	Energie consommée par an	Unités
Consommation d'énergie actuelle des climatiseurs	8 084	kWh/an
Taux d'incidence de la température de consigne de 1°C sur la consommation	5	%
Economie d'énergie sur réajustement de la température de consigne de 18-20°C	2 425	kWh/an
Coût du kWh	150	F CFA/kWh
Economie réalisé par an	363 792	FCFA
Quantité de CO ₂ (0,72Kg/KWh consommée) évitée par an	1,7	Tonnes

Le réajustement de la température permet d'économiser 2 425 kWh, soit 6% de l'énergie annuelle totale consommée par an sans investissement et d'évité 1,7 tonne de CO₂ par an. L'économie financière réaliser par an s'élève à 363.792 F CFA.

IV.4 PROPOSITION D'ENERGIE RENOUVELABLE

L'objectif de cette partie est de proposer un projet vert pour la SNU. Le choix s'est porté sur un système PV en autoconsommation. Ce système permettra de réduire l'empreinte carbone de la station et aussi réduire le coût de la facture d'électricité.

Nous allons dans cette partie définir l'autoconsommation PV, les architectures de couplage possibles, proposer deux scénarii afin de choisir la configuration du système la plus intéressante pour la SNU.

IV.4.1 Généralité sur l'autoconsommation

L'autoconsommation Photovoltaïque consiste à raccorder une centrale solaire sur un réseau privé d'un abonné dans l'objectif de lui faire consommer localement la production solaire. Il reste nécessaire d'être raccordé au réseau puisqu'il ne s'agit pas d'une installation autonome [2].

Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à Ouagadougou

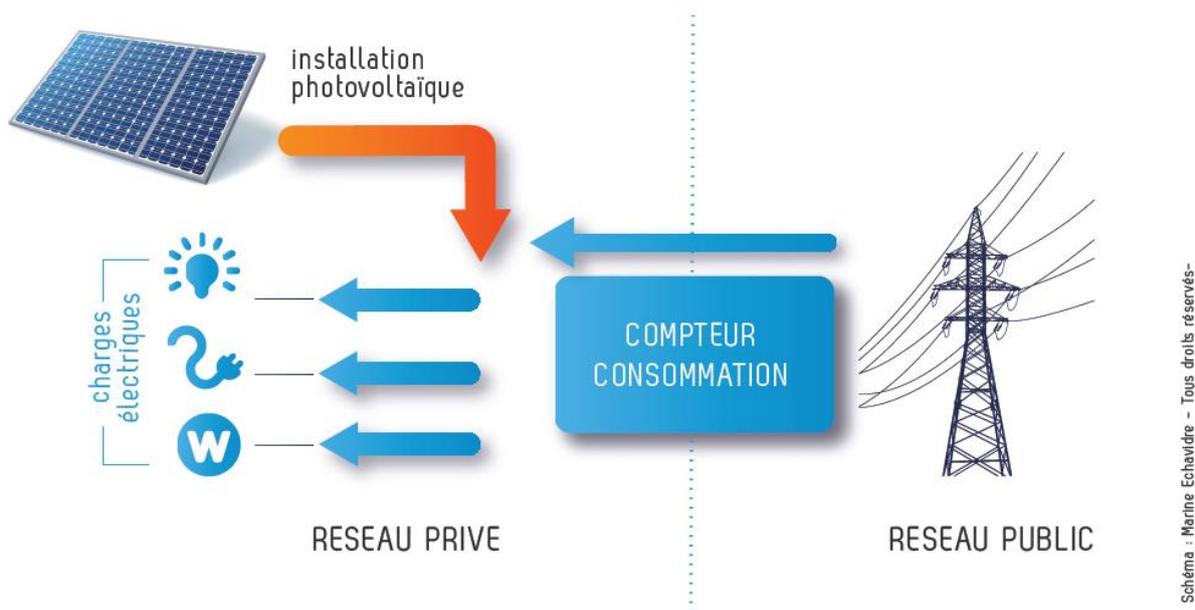


Figure 13 : Schéma de principe de raccordement [2]

A l'instar de la revente de production au réseau, l'objectif de l'autoconsommation photovoltaïque est d'alléger la demande en énergie en provenance du réseau public. Ce type de système est ainsi dimensionné en fonction des consommations du site et notamment du profil de charge au cours de la journée. L'enjeu du dimensionnement est donc de trouver la solution optimale pour maximiser les économies, tout en limitant la réinjection de surplus non valorisés [2].

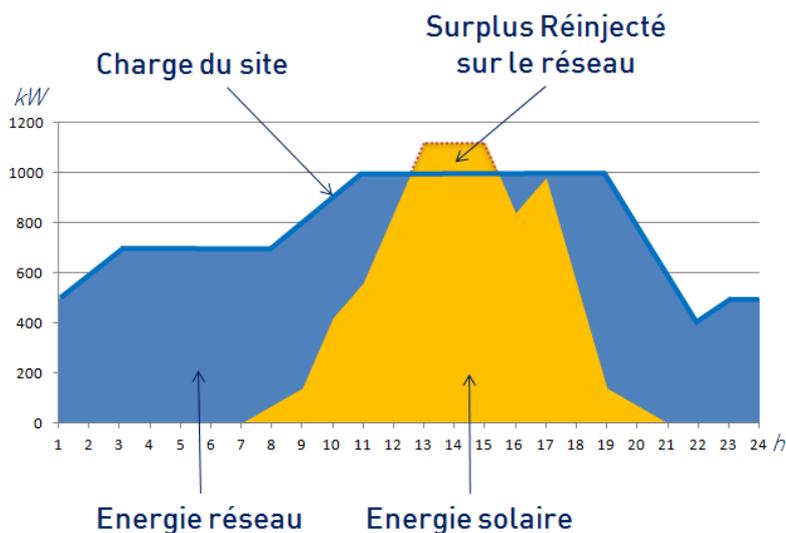


Figure 14 : Principe de l'autoconsommation [2]

On définit ainsi deux indicateurs clés pour ce type de projet :

- **Le taux de couverture solaire** : c'est la proportion de la consommation du site en provenance du solaire.
- **Le taux d'autoconsommation** : c'est la proportion de la production solaire totale consommée sur place.

Le principal avantage de l'autoconsommation photovoltaïque pour l'abonné est la réduction de sa facture d'électricité et un début d'indépendance énergétique : en effet une partie de la facture énergétique globale voit son coût fixé sur 20 ans (durée de vie moyenne d'une centrale PV) et ne subit pas les augmentations inévitables du coût de l'énergie conventionnelle (fossile) [3].

L'autoconsommation photovoltaïque est également une réponse à la problématique de l'intégration des installations au réseau : en effet, de par son dimensionnement, la production solaire est en adéquation avec la charge du site et la réinjection sur le réseau est ainsi limitée. Ce principe est donc à l'opposé des projets en « revente totale » qui sont dimensionnés pour produire au maximum sans considération pour les consommations de l'infrastructure recevant la centrale.

L'autoconsommation photovoltaïque est donc couramment employée dans les pays en voie de développement, où aucun dispositif de rachat de la production solaire n'est mis en place et où le coût de l'énergie locale est élevé. Ce qui est le cas pour le Burkina Faso.

IV.4.2 Description et architecture des systèmes PV hybrides

De façon générale, il existe deux grandes architectures de systèmes PV couplés au réseau. Le couplage DC (courant continu) et le couplage AC (courant alternatif). Le nom de chaque mode couplage fait référence au BUS sur lequel le générateur PV est raccordé.

Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à Ouagadougou

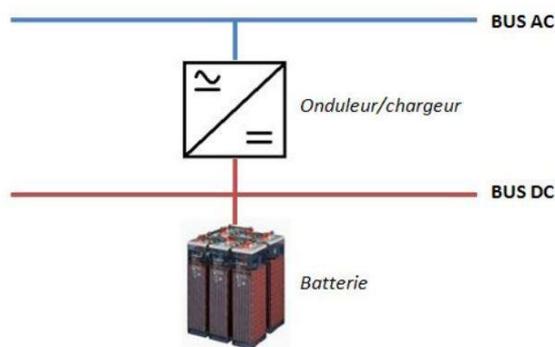


Figure 15 : Schéma de BUS AC et DC [3]

IV.4.2.1 Couplage DC

Description [3] :

Le couplage DC est le plus courant. Il consiste à raccorder le champ photovoltaïque sur le bus DC des batteries. Ce couplage trouve son sens dans le fait que le courant produit par les modules PV est continu. Le nombre de cellules photovoltaïques est adapté pour que la tension des modules corresponde à la tension des batteries.

Chaque générateur est donc raccordé sur les batteries via un régulateur qui a pour fonction de réguler la charge électrique de la batterie.

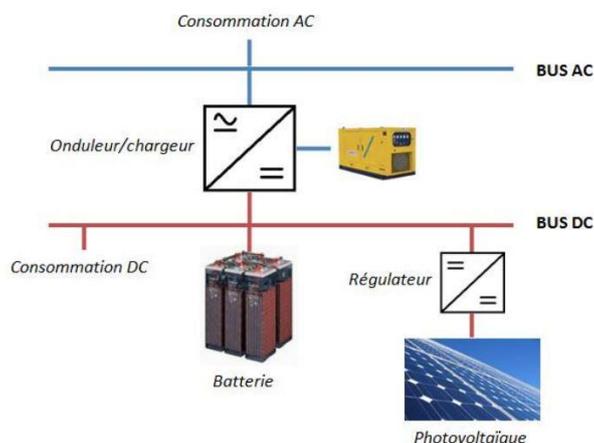


Figure 16 : Schéma de couplage DC des générateurs [3]

L'onduleur est très souvent associé à un chargeur, le tout assemblé dans un même boîtier appelé onduleur/chargeur. Ce convertisseur bidirectionnel permet :

- de produire du courant alternatif pour les récepteurs à partir du courant continu des

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

batteries (mode onduleur - décharge des batteries)

- de recharger les batteries à partir d'une source d'énergie alternative, comme un groupe électrogène ou le réseau électrique (mode chargeur)

L'onduleur/chargeur assure la gestion du système : il contrôle la décharge des batteries et appelle une source d'énergie conventionnelle en appoint de puissance ou d'énergie.

Fonctionnement et régulation [3] :

Les flux d'énergies de production et consommation transitent sur le BUS DC. Les différents appareils raccordés sur le BUS DC utilisent la tension du BUS, image de l'état de charge des batteries, pour faire la régulation.

Quand la tension du BUS DC est élevée, les batteries sont chargées et il y a un excès de puissance sur le BUS, les régulateurs PV réduisent donc la puissance solaire, voire la coupent totalement.

A l'inverse, quand la tension batterie est basse, l'onduleur/chargeur peut faire appel à une source d'énergie AC comme un groupe électrogène ou le réseau pour recharger les batteries. Si cette source est indisponible, l'ultime solution pour protéger les batteries d'une décharge trop profonde consiste à couper la fourniture d'énergie à la charge électrique.

En couplage DC, les batteries et le bus DC sont donc au cœur du système. Tout autre source de production, comme l'éolienne, pouvant être raccordée sur le bus DC est intégrée au système, moyennant une régulation adaptée.

Tableau 16 : Avantages et inconvénients du Couplage DC [3]

Avantages	Inconvénients
Grande variété de fabricants	Injection réseau possible mais peu développée et nécessite de mettre un système anti-îlotage
Possibilité de mixer des composants de différentes marques	Câblage DC plus complexe et onéreux que le câblage AC
Architecture historique, bien connue des installateurs et facile à mettre en œuvre	Le système doit être centralisé (difficulté de transport de l'énergie en courant DC)

Avantages	Inconvénients
La source d'énergie est raccordée directement sur les batteries ce qui rend la charge fiable en cas de défaillance des autres composants	Toute la puissance renouvelable passe à travers les onduleurs/chargeurs qui doivent être dimensionnés en conséquence.

NB : L'îlotage est le fait qu'une partie du réseau électrique comprenant des moyens de production et des charges est provisoirement déconnectée du réseau principal (séparée du réseau amont).

IV.4.2.2 Couplage AC

Description [3] :

Le couplage AC, plus récent, a pu se développer grâce à l'émergence de l'électronique de puissance dans les années 1990. Les onduleurs/chargeurs de plus en plus performants, robustes et bon marché, associés au développement rapide des onduleurs « raccordés réseaux » ont favorisé la naissance de cette solution, portée par les grands fabricants du secteur.

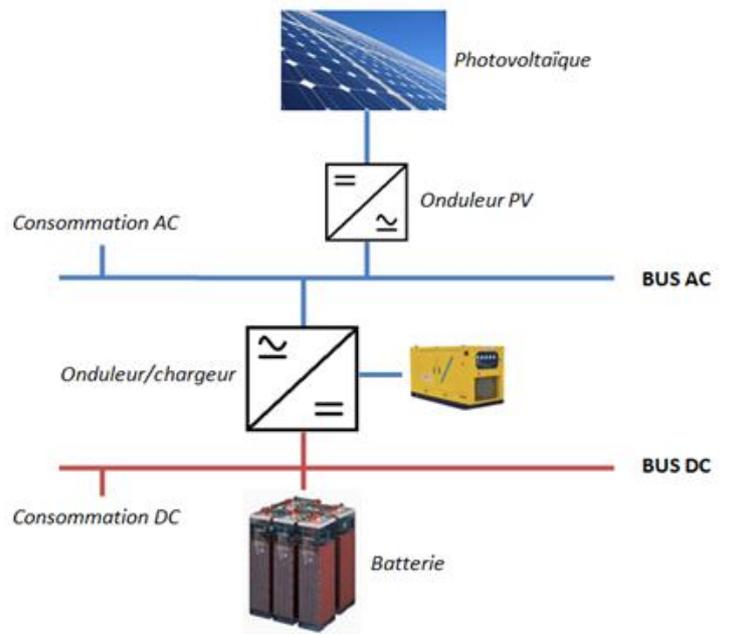


Figure 17 : Schéma type de couplage [3]

Les sources d'énergies sont raccordées sur le BUS AC, qui est lui-même généré et régulé par l'onduleur/chargeur depuis le parc batterie. Le BUS AC créé par l'onduleur/chargeur offre un support de tension alternative sur lequel l'onduleur de connexion réseau peut se connecter et

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

réinjecter, à l'image du fonctionnement classique en « raccordé réseau ».

Des sources d'énergie AC comme par exemple un groupe électrogène ou le réseau électrique public peuvent être intégrées sur le BUS AC. En pratique, ces sources sont branchées sur l'onduleur/chargeur qui se charge de contrôler la synchronisation des phases avant de les raccorder sur le BUS AC.

Fonctionnement et régulation [3] :

La puissance des sources d'énergie PV alimente directement la charge électrique. Le surplus de puissance sur le BUS AC recharge les batteries à travers l'onduleur/chargeur (mode chargeur), et en cas de manque de puissance ou la nuit, Le complément est fourni par l'onduleur/chargeur à l'aide des batteries (mode onduleur).

Dans le cas où la puissance produite est supérieure à la puissance consommée et les batteries sont chargées, les batteries ne peuvent plus accepter la charge. L'onduleur/chargeur élève alors volontairement la fréquence de sortie pour signifier aux onduleurs photovoltaïques de réduire leur puissance. La puissance photovoltaïque est ainsi régulée en dégradant volontairement le point de fonctionnement du champ photovoltaïque.

Tableau 17 : Avantages et inconvénients du couplage AC [3]

Avantages	Inconvénients
Raccordement photovoltaïque simplifié en courant AC	Faible nombre de fabricants d'onduleurs/chargeurs compatibles avec la variation de fréquence
Avantageux pour les mini réseaux (extension de puissance et extension géographique simplifiée)	Faible nombre d'onduleurs « raccordés réseau » compatibles avec la variation de fréquence
La puissance renouvelable fournie aux consommateurs peut être supérieure à la puissance des onduleurs/chargeurs	Programmation des composants plus complexe

Avantages	Inconvénients
Bénéficie des baisses de prix et des augmentations de rendement des onduleurs « raccordé réseau »	Risque de réinjection de puissance non régulée dans le groupe électrogène ou le réseau (sans protection anti-îlotage).
	Nécessité de surdimensionner les onduleurs/chargeurs pour offrir une capacité de charge suffisante pour écouler la puissance renouvelable+ groupe
	Présence d'un convertisseur supplémentaire entre le champ photovoltaïque et la batterie : risque supplémentaire à gérer en cas de défaillance de cet intermédiaire.

A la lumière des avantages et inconvénients des deux types de couplage, nous avons retenu le couplage AC. Ce choix repose non seulement sur la simplicité de sa mise en œuvre, mais surtout sur la possibilité d'extension de la puissance crête installée. Cela permettrait de mettre en œuvre la revente du surplus de la production dans l'avenir si le cadre réglementaire venait à évoluer. De plus, tous les appareillages électriques de la SNU étant en AC, les pertes de conversion seraient trop importantes si l'on utilisait un couplage DC.

IV.4.3 Etude photovoltaïque

La production d'électricité à partir du soleil requiert la connaissance du potentiel en ressource solaire et les conditions susceptibles d'influencer cette ressource.

IV.4.3.1 Ressource énergétique

Il est nécessaire de connaître les conditions météorologiques du site d'implantation du champ photovoltaïque. Dans le cadre du présent travail, les données météorologiques de la ville de Ouagadougou (Burkina Faso) utilisées sont obtenues à partir du logiciel PVGIS. Ces données sont résumées dans le tableau 18.

Tableau 18 : Irradiation solaire moyenne mensuelle [4]

Latitude : 12°22'17" Nord,		
Longitude : 1°31'10" Ouest		
L'angle d'inclinaison optimal est : 16°.		
Irradiation annuelle perdue à cause des ombres (horizontale) : 0.0 %		
Mois	Irradiation sur un plan horizontal (Wh/m2/jour)	Irradiation sur un plan avec l'inclinaison optimale (Wh/m2/jour)
Janvier	5800	6680
Février	6280	6880
Mars	7090	7300
Avril	6380	6200
Mai	6320	5850
Juin	6140	5560
Juillet	5720	5260
Août	5430	5190
Septembre	5790	5820
Octobre	6200	6610
Novembre	5930	6730
Décembre	5650	6620
Année	6060	6220

Le logiciel donne les valeurs de l'irradiation moyenne que l'on peut recevoir en kWh sur un plan horizontal d'un m² par jour. Ces valeurs sont introduites dans le logiciel PVSYST pour des simulations sur une année. Par contre, le mois d'août étant le moins ensoleillé, il a été retenu comme mois de référence dans tous nos calculs.

IV.4.3.2 **Besoin énergétique**

L'analyseur de réseau utilisé pour les mesures est de marque CHAUVIN ARNAUX. Les données sont enregistrées toutes les 5 minutes pendant trois semaines (18 Novembre 2015 au 09 Décembre 2015).

Le traitement de données a permis de tracer l'histogramme horaire de la puissance instantanée moyenne d'une journée sur la figure 18.

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

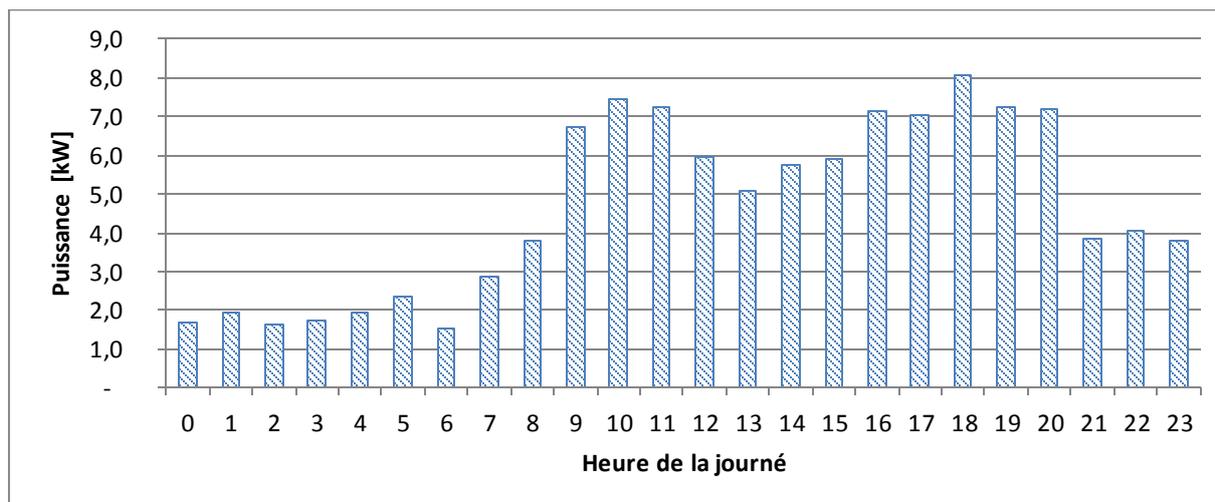


Figure 18 : Profil de consommation moyenne d'une journée de la SNU.

Afin de dimensionner au mieux une installation PV en autoconsommation, il est nécessaire de définir les besoins énergétiques de façon à être proche de la réalité. Pour ce faire, les factures d'électricité, le bilan énergétique et le résultat de l'analyseur de réseau ont été recoupés et ont permis d'estimer un besoin de 116,69 kWh par jour pour la station. Le tableau 19 résume les valeurs obtenues pour chaque cas.

Tableau 19 : Besoin énergétique de la SNU

Désignation	Energie mensuelle moyenne [kWh/mois]	Energie journalière moyenne [kWh/j]	Moyenne [kWh/j]
Facture d'électricité	3515	117,17	116.69
Bilan énergétique	3537,5	117,92	
Analyseur de réseau	-	115	

IV.4.3.3 Surface disponible

L'une des contraintes au projet de centrale PV est la surface exploitable. Il convient donc de faire un inventaire des surfaces disponibles et non ombragées pour l'installation des panneaux PV. Le paramètre à prendre en compte dans le choix de la surface exploitable est l'accessibilité pour la maintenance. Les surfaces retenues sont résumées dans le tableau 20.

Tableau 20 : Surface de captage disponible sur la SNU.

Toitures	Longueur [m]	Largeur [m]	Surface [m ²]	Reserve pour circulation 30%	Surface Utile
Boutique et Atelier	20	11,25	225	0,3	157,5
Avent principal	20	10	200	0,3	140
Total					297.5

IV.4.4 Dimensionnement du système PV

Il est question dans cette partie de recouper les résultats des études de la consommation énergétique et photovoltaïque. Cette manœuvre permettra de définir les hypothèses de dimensionnement optimisé de la central PV. Les simulations sont faites à l'aide du logiciel PVSYST.

Dans le cadre de l'autoconsommation, la puissance crête du champ PV n'est pas dimensionner pour prendre en charge la totalité des besoins énergétiques. Il convient de définir la puissance crête de manière à optimiser le taux d'autoconsommation et à minimiser les injections dans le réseau SONABEL. Les données de calcul sont résumées dans le tableau 21.

Tableau 21 : Données de calculs

Donnée	Valeur
Surface utile	140 m ²
Besoin énergétique journalier	116.69 kWh/jours
Orientation des panneaux	15° plus Sud
Irradiation minimale	5430 Wh/m ² /jours

Dans nos simulations nous avons choisi d'intégrer le champ PV à l'auvent principal. Afin d'optimiser le taux d'autoconsommation. Nous estimons qu'une extension de la station peut se faire par une construction sur le toit de la boutique et l'atelier afin d'augmenter ou améliorer le service rendu au client.

Les formules de calculs utilisées sont les suivantes [6] :

- Nombre d'onduleur chargeur :

$$N_{oc} = \frac{P_{max}}{P_{oc}} \quad \text{Équation 1}$$

Avec :

Noc : le nombre d'onduleur chargeur **Poc** : la puissance maximum en AC de l'onduleur chargeur

Pmax : la puissance maximum en AC de la charge total.

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

- Capacité des batteries :

$$C_{Bat} = \frac{\left(\frac{E_a}{365}\right) \times N_j}{\eta_{Bat} \times P_D \times U_{Bat}} [Ah] \quad \text{Équation 2}$$

Avec :

Ea : la production annuelle solaire non consommée **Nj** : le nombre de jours d'autonomie

η_{Bat} : le rendement de stockage des Batteries [80%] **Pd** : la profondeur de décharge [80%]

CBat : Capacité des batteries

Ubat : tension des batteries [48V]

- Choix de l'onduleur réseau :

$$P_{Or} \leq 2 \times P_{oc} \quad \text{Équation 3}$$

Avec :

Por : la puissance maximum en AC de l'onduleur réseau **Poc** : la puissance maximum en AC de l'onduleur chargeur

IV.4.4.1 Scénario 1 : Autocconsommation au fil du soleil

Description :

Le champ PV est raccordé au réseau de la SONABEL à travers un onduleur réseau. L'onduleur réseau se connecte sur la tension alternative fournie par la SONABEL pour injecter la production PV. Les deux sources constituent alors la source principale qui est secourue par un groupe électrogène de 40 kVA dont dispose déjà la SNU. Le schéma de ce principe est illustré par la figure 19.

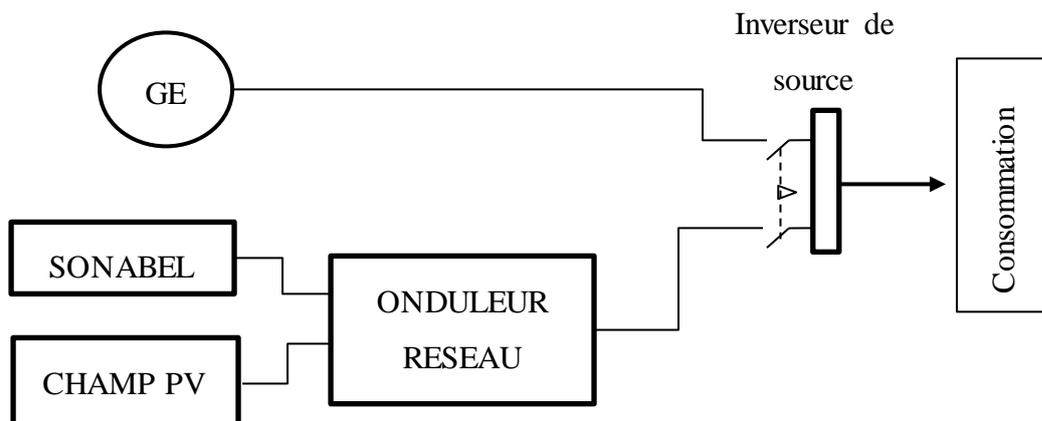


Figure 19 : Schéma de principe du scénario 1

Dans cette configuration le réseau SONABEL vient en appont à la production du champ PV. En cas d'absence du réseau SONABEL, l'onduleur réseau s'arrête car il n'existe plus de support de tension alternatif. Le groupe électrogène démarre pour secourir la totalité de l'installation. La production solaire est donc consommée directement et le surplus de production est non inutilisé ou perdu dans le réseau SONABEL.

Résultat de simulation

A partir des données du tableau 21 et du profile de consommation journalière, nous avons pu simuler la puissance crête du champ et sa production sur une année. Les résultats principaux de cette simulation sont résumés dans le tableau 22 (le rapport complet se trouve dans l'annexe 5).

Tableau 22: Récapitulatif des principaux résultats de simulation de PVSYST

Désignation	Valeur	Unité
Surface utile	140	m ²
Puissance crête	16,6	kWc
Onduleur Réseau	15	kVA
Besoin Energétique	42	MWh/an
Production solaire consommée directement	19,21	MWh/an
Energie Fournie par SONABEL	22,77	MWh/an
Production solaire inutilisée	7,85	MWh/an
Taux d'autoconsommation	45,8	%

On constate qu'avec un champ PV de 16.6 kWc installé sur le toit de l'auvent principal, l'on peut couvrir en moyenne 45.8% des besoins énergétiques de la SNU. Le diagramme des pertes du système est illustré par la figure 20.

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

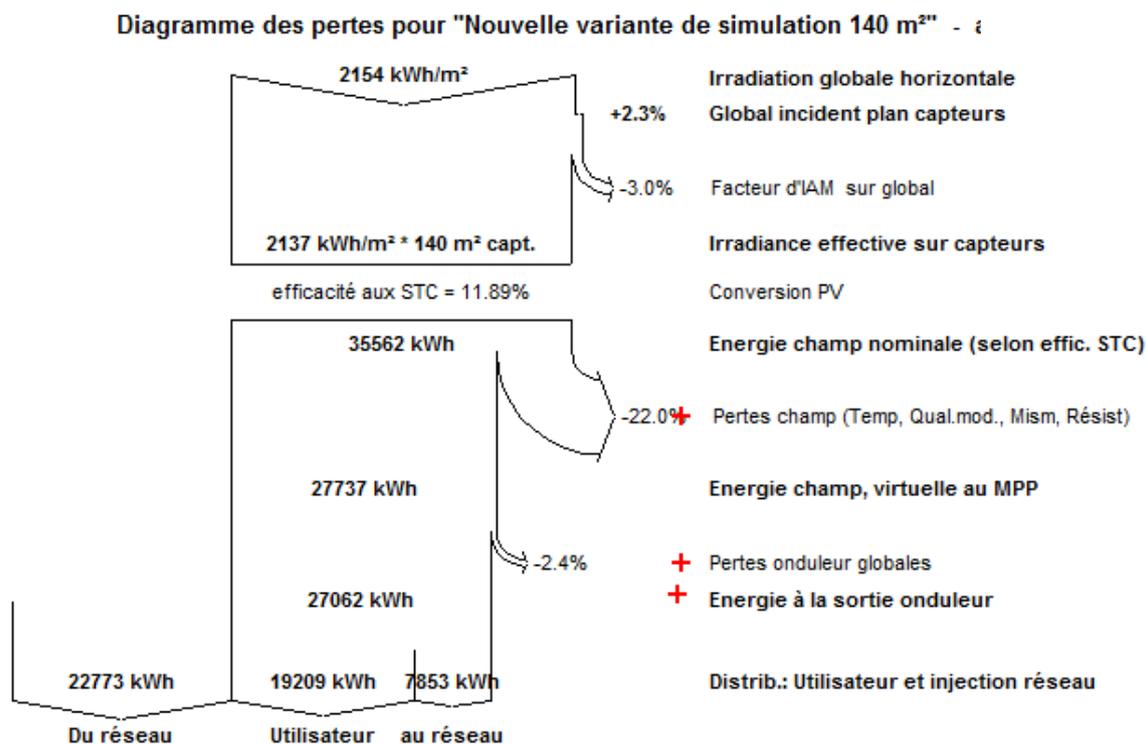


Figure 20 : Diagramme de perte sur l'année entière du Scénario 1.

Dans le tableau 23, nous avons calculé les économies réalisables sur la facture d'électricité.

Tableau 23 : Calcul d'économie réalisable du scénario 1

Désignation	Valeur	Unité
Productibilité annuelle du système PV	27 060	kWh
Productibilité mensuelle du système PV	2 255	kWh
Consommation mensuelle modélisée sans PV	3 537,48	kWh
Consommation annuelle modélisée sans PV	42 449,78	kWh
Taux de couverture solaire	63,7%	
Taux d'autoconsommation	45,8%	
Consommation mensuelle pendant la journée sans PV	2 122,49	kWh
Consommation mensuelle pendant la nuit sans PV	1 414,99	kWh
Marge annuelle fournie par la SONABEL	23 007,78	kWh
Nouvelle facture annuelle	23 007,78	kWh
Nouvelle facture mensuelle	1 917,31	kWh
Tarif effacé	150,00	F CFA/kWh
Économie mensuelle avec effacement PV	243 025	F CFA
Moyenne mensuelle de Facture (KWh seulement)	527 683	F CFA
Facture mensuelle modélisée avec PV	284 658	F CFA
Économies grâce aux PV	46%	
Économie sur la tranche 3	68%	

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

Le scénario 1 permet d'économiser 46% de la facture d'électricité, soit 243.025 F CFA TTC par mois.

Le calcul des différents éléments du système en autoconsommation du scénario 1 est résumé dans le tableau 24. L'onduleur intègre dans son enveloppe un parafoudre DC et un dispositif de déconnexion du champ PV.

Tableau 24 : Composants du système PV du scénario 1

Puissance	Puissance Crête	16,63	kWc
	Puissance Sortie de l'onduleur	15	kW
Champ PV	Nombre de module en série	11	u
	Nombre de branche en parallèle	6	u
	Nombre total de module de 252 Wc 48 V	66	u
	Courant sortie par branche	4,4	A
Onduleur SMA	Onduleurs ST 15000 TL	15	kVA
	Tension à l'entrée de l'onduleur	342	V
	Courant sortie onduleur	24	A
	Nombre de strings/Entrée A	3	u
	Nombre de strings/Entrée B	3	u
Protection	Nombre de Boîtes de Jonction DC	2	u
	Nombre Parafoudres Type 2 Triphasés	1	u
	Disjoncteurs Triphasés pour le parafoudre	16	A
	Interrupteur-sectionneur Général	32	A
Section des câbles	Champ PV -Boite de jonction	1,5	mm ²
	Boite de jonction DC - onduleur	2,5	mm ²
	Onduleurs TGBT	4	mm ²

IV.4.4.2 Scénario 2 : Autoconsommation avec stockage

Description

Le champ PV est raccordé au réseau électrique de la SNU à travers un onduleur PV. Un second onduleur chargeur charge les batteries avec le surplus de production solaire et vient en appoint à la production solaire lorsqu'elle est insuffisante en faisant appel au réseau de la SONABEL. L'onduleur chargeur crée le support de tension alternative sur lequel l'onduleur PV se connecte pour injecter la production PV. L'installation sera secourue par un groupe électrogène de 40 kVA que dispose déjà la SNU.

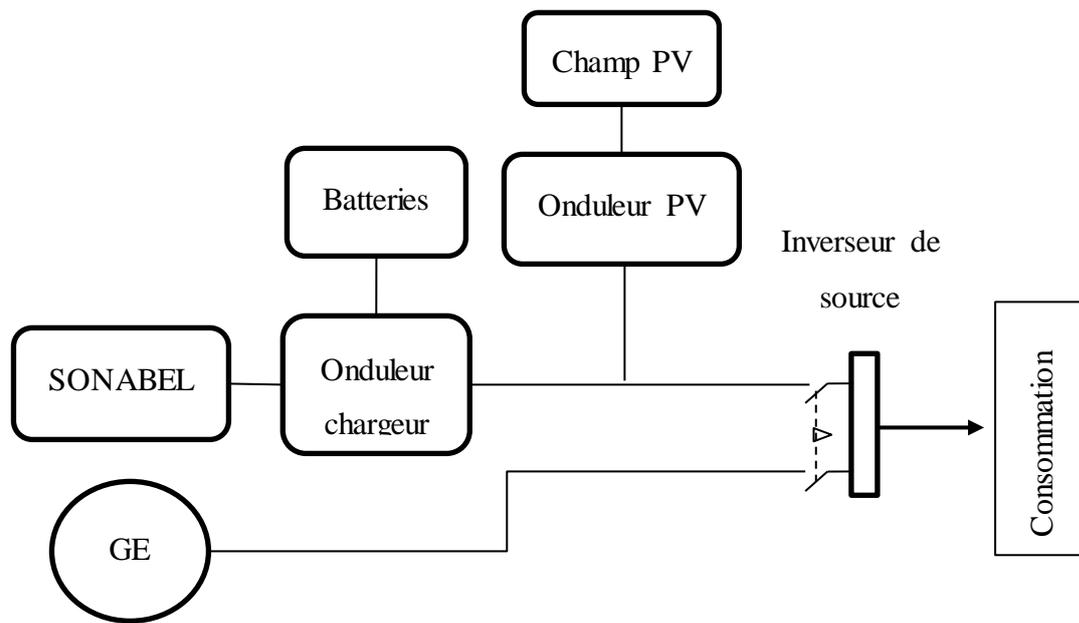


Figure 21 : Schéma de principe du scénario 2

Cette configuration est élaborée pour augmenter le taux de couverture du champ PV. En fonctionnement normal, la production solaire est directement consommée par l'utilisateur. Le réseau de SONABEL vient en appoint à la production solaire lorsqu'elle est insuffisante ; dans le cas contraire, le surplus est utilisé pour charger les batteries.

Lorsque le soleil est absent, l'énergie stockée dans les batteries est utilisée pour alimenter la charge et est complétée par la SONABEL.

Lorsque la SONABEL est absente, l'inverseur de source change de position, le champ PV charge les batteries s'il continue à produire et le groupe électrogène démarre pour secourir l'installation.

Principaux résultats de simulation

L'objectif est d'augmenter le taux de couverture de la production solaire en stockant l'énergie non consommée directement par la charge.

L'option de stockage permet d'augmenter de 13,7 % le taux d'autoconsommation. Les résultats de simulation sur PVSYST sont récapitulés dans le tableau 25.

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

Tableau 25 : Récapitulatif des principaux résultats du scénario 2

Désignation	Valeur	Unité
Surface utile	140	m ²
Puissance crête	16,6	kWc
Onduleur Réseau	15	kVA
Besoin Energétique	42	MWh/an
Production solaire consommée directement	14,8	MWh/an
Production solaire stocké	10,14	MWh/an
Energie Fournie par SONABEL	17	MWh/an
Taux d'autoconsommation	59,5	%

Le diagramme des pertes du scénario 2 est illustré par la figure 22. On remarque une perte supplémentaire de 10,6% de la production solaire due au rendement de stockage et de conversion.

Diagramme des pertes pour "Nouvelle variante de simulation 16.6 avec batterie"

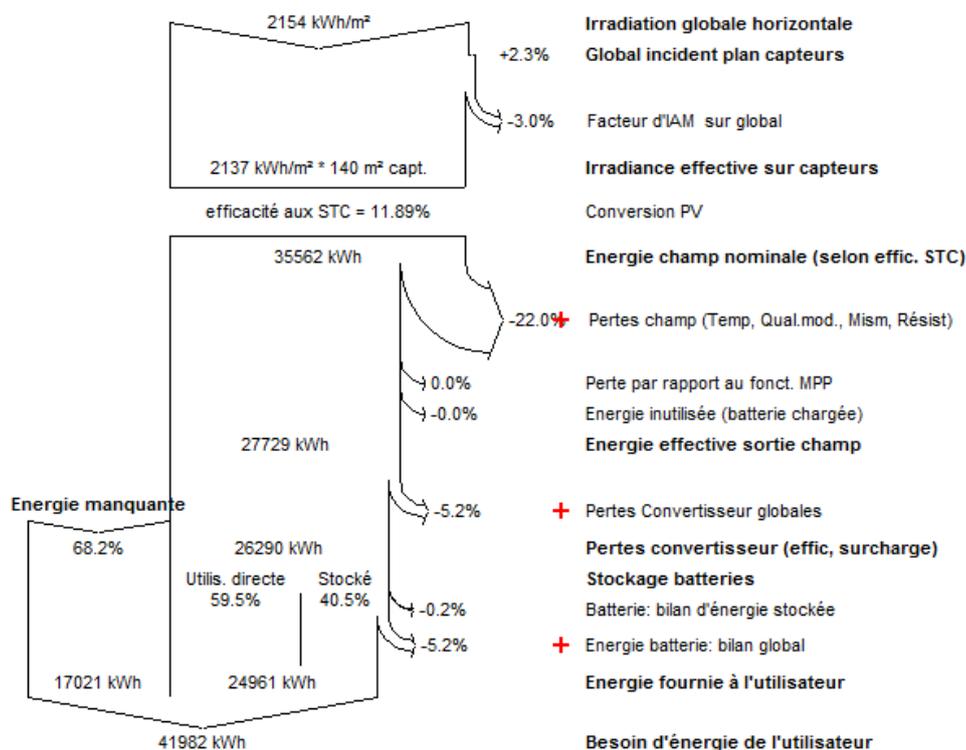


Figure 22 : Diagramme des pertes sur l'année entière du Scénario 2.

Nous nous sommes basé sur la production solaire non consommée par l'utilisateur simulée dans le scénario 1, pour déterminer la capacité de stockage nécessaire. Le taux d'autoconsommation

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

qui en résulte est égal au taux de couverture.

Tableau 26 : Calcul d'économie réalisable du scénario 2

Désignation	Valeur	Unité
Productibilité annuelle du système PV	26 021	kWh
Productibilité mensuelle du système PV	2 168	kWh
Consommation mensuelle modélisée sans PV	3 537	kWh
Consommation annuelle modélisée sans PV	42 450	kWh
Consommation mensuelle pendant la journée sans PV	2 122	kWh
Consommation mensuelle pendant la nuit sans PV	1 415	kWh
Energie non utilisée par an	7 850	kWh
Energie moyenne non utilisée par jour	21,51	kWh
Nombre de jour d'autonomie	3,00	j
Décharge profonde	80%	%
Rendement de stockage	80%	%
Capacité minimale des batteries	2 100	Ah
Taux d'autoconsommation	59,34%	
Taux de couverture solaire	59,38%	
Energie annuelle importée de la SONABEL	17 259	kWh
Nouvelle facture annuelle	17 259	kWh
Nouvelle facture mensuelle	1 438	kWh
Tarif effacé	150	F CFA/kWh
Économie mensuelle avec effacement PV	314 884	F CFA
Moyenne mensuelle de Facture (KWh seulement)	527 683	F CFA
Facture mensuelle modélisée avec PV	212 799	F CFA
Économies grâce aux PV	60%	
Économie sur la tranche 3	84%	

Le scénario 2 permet d'économiser 60% de la facture d'électricité, soit 314.884 F CFA TTC par mois.

Le calcul des différents éléments du système en autoconsommation du scénario 1 est résumé dans le tableau 27.

Tableau 27 : Composants du système PV du scénario 2

Puissance	Puissance Crête	16,63	kWc
	Puissance Sortie de l'onduleur	15	kW
Champ PV	Nombre de module en série	11	u
	Nombre de branche en parallèle	6	u
	Nombre total de module de 252 Wc 48 V	66	u
	Courant sortie par branche	4,4	A
Onduleur Réseau SMA	Onduleurs ST 15000 TL	15	kVA
	Tension à l'entrée de l'onduleur	342	V
	Courant sortie onduleur	24	A
	Nombre de strings/Entrée A	3	u
	Nombre de strings/Entrée B	3	u
Onduleur chargeur SMA	3 Onduleur Sunny Island 5048	5	kVA
	Courant nominal AC	21	A
	Puissance max entrée Réseau Electrique	12,8	kW
	Courant de charge continu	100	A
	Capacité de la batterie	100 -10 000	Ah
Batterie	6 OPzV solar.power 750	682	Ah
	Nombres de batterie en série	8	u
	Nombre de batterie en parallèle	4	u
Protection	Nombre de Boîtes de Jonction DC	2	u
	Nombre Parafoudres Type 2 Triphasés	1	u
	Disjoncteurs Triphasés pour le parafoudre	16	A
	Interrupteur-sectionneur Général	32	A
	Protection DC pour batterie	2	u
Section des câbles	Champ PV -Boîte de jonction	1,5	mm ²
	Boîte de jonction DC - onduleur	2,5	mm ²
	Onduleurs TGBT	4	mm ²
	Onduleur chargeur-Batterie	2,5	mm ²

IV.4.5 Comparaisons des scénarii

Les deux scénarii seront comparés sur trois points : la configuration, l'investissement nécessaire et les économies réalisables. Les résultats de la comparaison sont récapitulés dans le tableau 28.

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

Tableau 28 : Tableau récapitulatif des deux scénarii

DÉSIGNATION	SCÉNARIO 1	SCÉNARIO 2	UNITÉ
CONFIGURATION			
Puissance crête installée	16,6	16,6	kWc
Onduleur réseau	15,0	15,0	kVA
Onduleur Chargeur		15,0	kW
Batterie		2 728,0	Ah
Fraction solaire	45,8%	59,6%	%
Energie utilisée	19,21	26,29	MWh
INVESTISSEMENT			
Total investissement brut	15 145 455	21 691 300	F CFA
Taxes sur investissement (TVA=18%)	2 726 182	3 904 434	F CFA
Total investissement TTC	17 871 637	25 595 734	F CFA
Coût d'exploitation annuel	200 000	200 000	F CFA
Coût total Investissement sur 20 ans (remplacement onduleur 1 fois, remplacement batterie 3fois)	21 211 637	49 611 734	F CFA
ECONOMIES			
Economie annuelle	2 916 300	3 778 609	F CFA
Economie sur 20 ans	58 325 995	75 572 179	F CFA
Economie sur 20 ans moins l'investissement	37 114 358	25 960 445	F CFA
Temps de retour sur investissement	7	13	An
Quantité de CO ₂ (0,72Kg/KWh consommée) évitée par an	13,8	18,9	Tonnes

Il ressort de la comparaison que le scénario 1 est plus intéressant sur les points configuration du système et économie de CO₂. En effet le scénario 2 permet de couvrir 59,6% des besoins énergétiques de la SNU par une énergie propre contre 45.8% pour le Scénario 1.

Le scénario 1 par contre, est plus intéressant sur le point de vue investissement et économie financière. Elle revient moins chère non seulement à la mise en œuvre, mais surtout à la fin du projet, elle permet de gagner 37.114.358 F CFA contre 25.960.445 F CFA pour le scénario 2.

Ce désavantage du scénario 2 est dû aux coûts supplémentaires de remplacement des batteries et des onduleurs chargeur. On peut déduire que l'ajout des batteries dans l'autoconsommation n'est pas justifié si on veut être rentable sur le plan économique. Mais il devient intéressant si l'on veut plus d'autonomie et être plus « vert ».

Nous avons donc retenu le scénario 1 pour la SNU qui combine la rentabilité économique et la diminution de l'impact environnementale de la SNU.

IV.5 SYNTHÈSE DES ACTIONS D'ÉCONOMIES SUR LA FACTURE D'ÉLECTRICITÉ

Nous avons résumé les actions d'économie d'énergie dans le tableau 29. La quantité de CO₂ est calculée sur la durée de vie de chaque action.

Tableau 29 : Synthèse des actions d'économies

Actions	Economie sur :			Investissement (F CFA)	CO ₂ évitée (t/an)	Temps de retour sur investissement (an)
	Consommation (kWh/an)	Puissance souscrite (kW)	Facture (FCFA/an)			
Remplacement des lampes	3 106	1	465 900	3 826 667	2,2	8
Réajustement de la température de consigne de 18 à 22°C	2 264	0	363 792	0	1,7	0
Intégration du solaire	19 210	6	2 916 300	21 211 637	13,8	7
Diminution de la puissance souscrite	-	0	127 356	0	0	-
TOTAL	24 580	7	3 873 347	25 038 304	17,8	6

La consommation moyenne d'énergie électrique réduite par les propositions d'économie est de 24.580 kWh par an, soit une diminution de la facture d'électricité de 3.873.347 F CFA TTC par an. La nouvelle facture annuelle sera de 1.403.484 F CFA TTC. L'ensemble des actions permet d'éviter 17,8 tonnes de CO₂ par an.

L'économie sur la puissance souscrite de 6 kW par le solaire est une moyenne donnée par la simulation sur PVSYST.

Le remplacement de lampes et l'intégration du solaire permettent de réduire 6 kW sur la puissance souscrite. On peut, envisager de réduire la puissance souscrite de 30 A à 20A. Ce qui permet d'économiser 127.356 F CFA par an sur la prime fixe annuelle.

L'investissement de remplacement de lampes et de l'intégration du solaire généreront à la fin de leur durée de vie un gain 50 190 070 F CFA. Le temps de retour global si toute les mesures sont réalisées en même temps est de 6 ans.

La répartition de la facture d'électricité en fonction des postes de facturation après application des mesures est illustrée par la figure 23.

Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à Ouagadougou

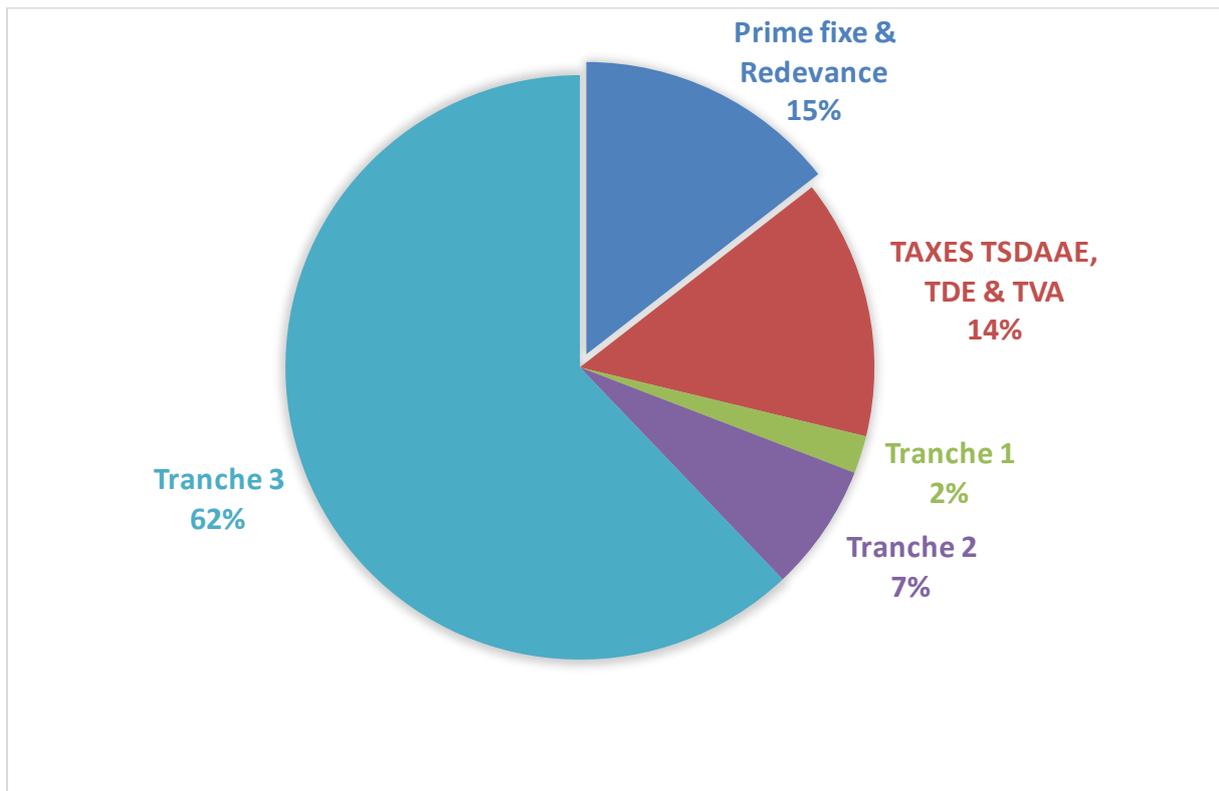


Figure 23 : Répartition de la facture d'électricité après application des mesures

V. BILAN DES INVESTISSEMENTS

Le bilan des investissements nécessaire pour l'application de chaque action, est présenté dans cette partie.

V.1 EXECUTION DES TRAVAUX ELECTRIQUES

Tableau 30 : Coût des travaux d'électricité

N°	Désignation	SHELL NATIONS UNIES	
		Prioritaire F CFA	Non prioritaire F CFA
A	Source d'alimentation	210 000	370 000
B	Tableaux électriques	5 421 000	0
C	Filerie et connexes	1 959 480	0
D	Réseau de mise à la terre	553 750	0
E	Appareillage	658 450	3 335 000
F	Divers 10%	880 268	370 500
Total		9 682 948	4 075 500
Montant total HT		13 758 448	
Montant total TTC (18%)		16 234 968	

V.2 SOLUTION D'ECONOMIE D'ENERGIE

Désignation	Coût (F CFA)
Remplacement Lampes économique	3 826 667
Réajustement de la température de consigne de 18 à 22°C	-
Solaire en PV en autoconsommation	21 211 637
Total volet énergétique	25 038 304

V.3 PLAN DE MISE EN ŒUVRE DES PROPOSITIONS

N°	Actions	Coûts en F CFA			Observations
		Immédiat	Court terme (avant 2ans)	Total	
A	Sécurité Electrique				
A 1	Source d'alimentation	210 000	370 000	580 000	Consulter les entreprises d'électricité
A 2	Tableaux électriques	5 421 000	-	5 421 000	Consulter les entreprises d'électricité
A 3	Filerie et connexes	1 959 480	-	1 959 480	Consulter les entreprises d'électricité
A 4	Réseau de mise à la terre	553 750	-	553 750	Consulter les entreprises d'électricité
A 5	Appareillage	658 450	3 335 000	3 993 450	Consulter les entreprises d'électricité
A 6	Divers 10%	880 268	370 500	1 250 768	Consulter les entreprises d'électricité
A 7	TOTAL INVESTISSEMENT A	9 682 948	4 075 500	13 758 448	Consulter les entreprises d'électricité
B	Economie d'énergie				
B 1	Remplacement des lampes classique par des lampes LED		3 826 667	3 826 667	Consulté un Spécialiste
B 2	Réajustement de la température de 18 à 22°C	Coût nul			Sensibilisation interne
B 3	Solaire en PV en autoconsommation		21 211 637	21 211 637	Consulté un Spécialiste
B 4	TOTAL INVESTISSEMENT A	-	25 038 304	25 038 304	
	TOTAL GENERALE	9 682 948	29 113 804	38 796 752	

VI. CONCLUSIONS

Le travail réalisé concerne l'audit électrique et énergétique de la SNU demandé par la direction de VE. Il ressort de cet audit qu'il existe des problèmes graves sur les installations électriques de nature à compromettre la sécurité des personnes et des biens tels que :

- L'encombrement du local technique avec des bouteilles de gaz butane ;
- La non-conformité aux normes des tableaux électriques.

La correction dans un bref délai de ces insuffisances est recommandée et nécessitera un investissement de 16 234 968 F CFA TTC.

Par ailleurs, l'étude a permis d'identifier un potentiel d'économie d'énergie de 5,53 MWh par an sur une consommation annuelle de 42,44 MWh, soit une économie de 13%. Ce qui permet d'éviter 4 tonnes de CO₂ par an. Les actions proposées sont :

- le remplacement des lampes classiques par des lampes LED avec un investissement de 3.826.667 F CFA TTC, un temps retour sur de 8 ans et un gain de 13 075 713 sur la durée de vie des lampes;
- et le réajustement de la température de consigne de 18 à 24°C qui a un investissement nul.

Enfin, l'installation d'un champ PV de 16.6 kWc en autoconsommation a été proposée pour substituer une consommation annuelle de 19,2 MWh par une énergie renouvelable. Le montant de sa mise en œuvre s'élève à 21.211.637 F CFA TTC avec un temps de retour sur investissement de 7 ans. Le champ PV permet d'éviter 13,8 t de CO₂ par an et générera au bout de 20 ans un gain de 58.325.995 F CFA.

L'ensemble des actions permettront de ramener la facture moyenne annuelle d'électricité de 5.276.831 à 1.403.484 F CFA avec un investissement globale de **25 038 304 F CFA TTC**, et génèreront à la fin de leur durée de vie un gain de 50 190 070 F CFA. Le retour d'investissement global est de 6 ans.

VII. RECOMMANDATIONS

Les recommandations à la fin de cet audit électrique et énergétique de la SNU sont les suivantes :

- **Audit électrique :**

Tout au long des travaux effectués, des défauts sur l'installation électrique ont été détectés et des propositions en vue de leur correction ont été faites. Nous recommandons :

- d'enlever toutes les bouteilles de gaz du local compteur et de procéder à son nettoyage ;
- de procéder à la mise aux normes des différents tableaux électriques ;
- de poser un TGBT afin de protéger les différents départs de câbles vers les tableaux électriques et débrancher les borniers du coffret inverseur ;
- de procéder au nettoyage régulier des locaux du compteur électrique et du groupe électrogène et à la maintenance de tous les appareillages électriques.

- **Audit énergétique :**

L'audit énergétique de la SNU a permis de proposer le remplacement des lampes classiques de type néon par les lampes LED plus économiques et le réajustement de la température de consigne des climatiseurs de 18 à 24°C. Nous recommandons :

- La mise en œuvre de ces propositions non dans la SNU mais aussi dans toutes les stations Shell ;
- La sensibilisation du personnel au réflexe d'économie d'énergie en arrêtant tous les appareils électriques non utilisés et de contacter la Cellule de Gestion de l'Énergie (CGE, tel : 25 30 10 65), afin d'avoir les affiches de sensibilisation qui existent déjà ;

- **Énergie renouvelable :**

L'étude propose l'intégration du champ PV à l'auvent principale de la SNU. Nous recommandons pour sa réalisation une étude complémentaire pour vérifier si la structure de l'auvent pourra supporter le poids du champ PV.

L'intégration du solaire dans les autres stations Shell est recommandée car elle permettra de réduire les émissions de CO₂ des activités du groupe VE. Les stations Shell pourront devenir plus tard des microcentrales électriques, qui renforceront le réseau de la SONABEL, lorsque la revente de la production solaire sera autorisée au Burkina.

Bibliographie

- [1] V. ENRGY, «VIVO ENERGY BURKINA,» [En ligne]. Available: <http://www.vivoenergy.com/fr-fr/nossites/burkinafaso/vivoenergy.aspx>. [Accès le 12 Janvier 2016].
- [2] A. e. C. U. c. d. Louvain et S. P. d. Wallonie, «Conception et rénovation énergétique des bâtiments tertiaires,» [En ligne]. Available: <http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=11027>. [Accès le 02 juin 2016].
- [3] S. O. GRID, «SYSTEME OFF GRID,» [En ligne]. Available: <http://www.systemoffgrid.com/index.php?P=104&Titre=autoconsommation-photovoltaique>. [Accès le 4 Fevrier 2016].
- [4] C. BROSSARD et C. JOULAIN, «Systèmes Photovoltaïques Autonomes : Couplage DC ou AC,» SYSTEME OFF GRID, ROCHE, 2014.
- [5] J. R. C. European Commission, «JEC EUROPEAN COMMISSION,» Février 2012. [En ligne]. Available: <http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis/>. [Accès le 14 Janvier 2016].
- [6] S. COMMUNAL, «Sunny Island en installation Off Grid et Backup,» SMA France.
- [7] Nashjean, «Wikipédia,» [En ligne]. Available: <https://fr.m.wikipedia.org/wiki/ouagadougou>. [Accès le 3 fevrier 2016].

VIII. ANNEXES

Annexe I : Fiches des inventaires	62
Annexe II : Planche des photos	70
Annexe III : Schémas électriques	71
Annexe IV : Bilan de puissance	89
Annexe V : Rapports de simulations.....	91

Annexe I : Fiches des inventaires

TABLEAU N°1 : DIAGNOSTIC DU TABLEAU ELECTRIQUE DE LA PISTE

Cal = calibre ; fonct. = fonctionnement ; phys = état physique ; B = Bon ; P=Passable ; M= mauvais

Dj = Disjoncteur ; F = Fusible ; TL = Télérupteur ; SF = sectionneur à fusible ; CC = Coupe-circuit à fusible

RT = Relais thermique ; PF = Parafoudre ; BP = bouton poussoir ; CT = contacteur

N°	Désignation et caractéristiques	Affectation ou circuit	Cal	Fonct.	Phys.	Observations
1	Coffret 750x550x150					A remplacer
2	Interrupteur sectionnaire INS40	Général	4x40A	Bon	Passable	Récupérable
3	Disjoncteur	Eclairage, calculateurs	4x20A	Bon	Passable	Récupérable
4	Contacteur LC1 D25	Commande distributeur		Bon	Passable	Récupérable
5	Disjoncteur	5 Distributeurs	3x25A/300Ma	Bon	Passable	Récupérable
6	Disjoncteur	3 Distributeurs	3x25A/300Ma	Bon	Passable	Récupérable
7	DPN V	Alimentation Stabilisateur	16A/30Ma	Bon	Passable	Récupérable
8	Disjoncteur Moteur GV2-M14	Pompe Super 91	6-10A	Bon	Passable	Récupérable
9	Disjoncteur Moteur GV2-M14	Pompe Essence/Gasoil	6-10A	Bon	Passable	Récupérable
10	Disjoncteur Moteur GV2-M06	Pompe Gasoil/Super 91	6-10A	Bon	Passable	Récupérable
11	Disjoncteur Moteur GV2-M06	Pompe Gasoil/Super 91	6-10A	Bon	Passable	Récupérable
12	Disjoncteur Moteur GV2-M06	Pompe Super 91	6-10A	Bon	Passable	Récupérable
13	Disjoncteur Moteur GV2-M14		6-10A	Bon	Passable	Récupérable
14	Disjoncteur Moteur GV2-M08		6-10A	Bon	Passable	Récupérable
15	Disjoncteur Moteur GV2-M06		6-10A	Bon	Passable	Récupérable
16	Parafoudre Up :1,5KV In :5KA			Bon	Passable	A remplacer
17	Disjoncteur déclic multi9 DPN U3A	Calculateur	3A	Bon	Passable	Récupérable
18	Disjoncteur déclic multi9 DPN U3A	Calculateur	3A	Bon	Passable	Récupérable
19	Disjoncteur déclic multi9 DPN U3A	Calculateur	3A	Bon	Passable	Récupérable
20	Disjoncteur déclic multi9 DPN U3A	Calculateur	3A	Bon	Passable	Récupérable
21	Disjoncteur déclic multi9 DPN U6A	Eclairage Distributeur	6A	Bon	Passable	Récupérable
22	Disjoncteur déclic multi9 DPN U6A	Eclairage Distributeur	10A	Bon	Passable	Récupérable
23	Disjoncteur déclic multi9 DPN U6A	Eclairage Distributeur	10A	Bon	Passable	Récupérable
24	Disjoncteur déclic multi9 DPN U6A	Eclairage Distributeur	10A	Bon	Passable	Récupérable
25	Disjoncteur déclic multi9 DPN U6A	Eclairage Distributeur	10A	Bon	Passable	Récupérable

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

N°	Désignation et caractéristiques	Affectation ou circuit	Cal	Fonct.	Phys.	Observations
26	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Eclairage Auvent 3	10A	Bon	Passable	Récupérable
27	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Eclairage Auvent 4	10A	Bon	Passable	Récupérable
28	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Spiders, mélange, Essence, Panneau	10A	Bon	Passable	Récupérable
29	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Eclairage Auvent 3	10A	Bon	Passable	Récupérable
30	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Eclairage Auvent 4	10A	Bon	Passable	Récupérable
31	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Spiders, mélange, Essence, Panneau	10A	Bon	Passable	Récupérable
31	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Spiders, mélangé, Essence, Panneau	10A	Bon	Passable	Récupérable
32	Disjoncteur	Eclairage Piste	20A/30mA	Bon	Passable	Récupérable

TABLEAU N°2 : DIAGNOSTIC DU TABLEAU ELECTRIQUE DE LA BOUTIQUE

Cal = calibre ; fonct. = fonctionnement ; phys = état physique ; B = Bon ; P=Passable ; M= mauvais

Dj = Disjoncteur ; F = Fusible ; TL = Têlêrupteur ; SF = sectionneur à fusible ; CC = Coupe-circuit à fusible

RT = Relais thermique ; PF = Parafoudre ; BP = bouton poussoir ; CT = contacteur

N°	Désignation et caractéristiques	Affectation ou circuit	Cal	Fonct.	Phys.	Observations
1	Coffret 750x550x150					
2	Interrupteur Général IG	Général	100A	Bon	Passable	Récupérable
3	Disjoncteur Différentiel	Général Eclairage	4x20A 300mA	Bon	Passable	Récupérable
4	Répartiteur	Répartiteur général	4x100A	Bon	Bon	Récupérable
5	Disjoncteur différentiel	Général Prise de courant	4x25A 30Ma	Bon	Bon	Récupérable
6	DPN V		25A 30Ma	Bon	Bon	Récupérable
7	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°1	10A	Bon	Passable	Récupérable
8	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°2	10A	Bon	Passable	Récupérable
9	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°3	10A	Bon	Passable	Récupérable
10	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°4	10A	Bon	Passable	Récupérable
11	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°5	10A	Bon	Passable	Récupérable
12	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°6	10A	Bon	Passable	Récupérable
13	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°7	10A	Bon	Passable	Récupérable
14	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°8	10A	Bon	Passable	Récupérable
15	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°9	10A	Bon	Passable	Récupérable
16	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°10	10A	Bon	Passable	Récupérable
17	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°11	10A	Bon	Passable	Récupérable
18	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit d'éclairage N°12	10A	Bon	Passable	Récupérable
19	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit prise de courant N°1	10A	Bon	Passable	Récupérable
20	Disjoncteur déclic multi9 DPN U10A	Circuit prise de courant N°2	10A	Bon	Passable	Récupérable
21	Disjoncteur déclic multi9 DPN U20A	Circuit climatiseur N°1	20A	Bon	Passable	Récupérable
22	Disjoncteur déclic multi9 DPN U20A	Circuit climatiseur N°2	20A	Bon	Passable	Récupérable
23	Disjoncteur déclic multi9 DPN U20A	Circuit climatiseur N°3	20A	Bon	Passable	Récupérable

TABLEAU N°3 : DIAGNOSTIC DU TABLEAU ELECTRIQUE DU ATELIER

Cal = calibre ; fonct. = fonctionnement ; phys = état physique ; B = Bon ; P=Passable ; M = mauvais Dj = Disjoncteur ; F = Fusible ; TL = Têlêrupteur ; SF = sectionneur à fusible ; CC = Coupe-circuit à fusible RT = Relais thermique ; PF = Parafoudre ; BP = bouton poussoir ; CT = contacteur

N°	Désignation et caractéristiques	Affectation ou circuit	Cal	Fonct.	Phys.	Observations
1	Coffret 750x550x150					
2	Interrupteur sectionnaire INS	Général	40A	Bon	Passable	Récupérable
3	Disjoncteur Moteur GV2-M1	Moteur 1	6-10A	Bon	Passable	Récupérable
4	Disjoncteur Moteur GV2-M2	Moteur 2	6-10A	Bon	Passable	Récupérable
5	DPN	Luminaire	10A	Bon	Passable	Récupérable

TABLEAU N°4 : DIAGNOSTIC DES LUMINAIRES

N°	Lieu ou sous lieu	Désignation et caractéristiques techniques	Qté	Fonct.	Phys.	Observations (que faire ?)
1	Couloir bureau Gérant	Réglette simple de 1,20m à grille	02	B	M	A remplacer
2	Bureau Gérant	Réglette simple de 1,20m à grille	01	B	P	Récupérable
3		Réglette double de 1,20m à grille	01	B	P	Récupérable
4	Toilettes	Applique hublot rond	01	B	B	Récupérable
5	Toilettes	Applique sanitaire	01	M	M	Récupérable
6	Magasin	Réglette simple de 1,20m à grille	01	B	P	Récupérable
7	Boutique	Réglette 0.60m à LED	07	5B/2M	P	Cinq sont récupérables
		Réglette simple de 0,60m	04	B	P	Trois sont récupérables
8	Toilettes Atelier	Applique hublot rond	01	M	M	A remplacer
		Applique sanitaire	01	M	M	A remplacer
9	Local compresseur	Réglette simple de 1,20m	02	M	M	A remplacer par des luminaires étanches
10	Atelier 1	Réglette simple de 1,20m	04	B	P	A remplacer par des luminaires étanches
11	Atelier 2	Réglette simple de 1,20m	04	B	P	A remplacer par des luminaires étanches
12	Piste	Lampadaire équipé d'une lampe de 100w	02	M	M	A remplacer par des luminaires équipés de lampes à LED 40W
13	Auvent principal	Projecteur Philips 500W	10	9B/1M	P	A remplacer par des luminaires à LED de 165W
14	Jardin	Luminaire de jardin équipé de lampe économique de 8w	04	3B/1M	P	A nettoyer et remplacer lampe défectueuse

TABLEAU N°5 : DIAGNOSTIC DES CABLES ELECTRIQUES

N°	Circuit alimenté	Caractéristiques techniques du câble (nature et section)	Long (m)	Observations
01	Eclairage Pompe N°1	U500 R02V 3x1, 5mm ²	45	A remplacer
02	Calculateur Pompe N°1	U500 R02V 3x1.5mm ²	45	A remplacer
03	Eclairage Pompe N°2	U500 R02V 3x1, 5mm ²	35	A remplacer
04	Calculateur Pompe N°2	U500 R02V 3x1.5mm ²	35	A remplacer
05	Calculateur Pompe N°3	U500 R02V 3x1.5mm ²	37	A remplacer
07	Eclairage auvent principal	U1000 R02V 3x1.5mm ²	130	A remplacer
08	Logo SHELL	U1000 R02V 3x1, 5mm ²	65	A remplacer
09	Bandeau lumineux sur auvent principal	U1000 R02V 3x1.5mm ²	100	A remplacer
10	Pompe N°4	U500 R02V 4x2.5mm ²	36	A remplacer
11	Calculateur pompe N°4	U500 R02V 3x1.5mm ²	36	A remplacer
12	Eclairage pompe N°4	U500 R02V 3x1.5mm ²	36	A remplacer
13	Pompe N°5	U500 R02V 4x2.5mm ²	39	A remplacer
14	Calculateur pompe N°5	U500 R02V 3x1.5mm ²	39	A remplacer
15	Eclairage pompe N°5	U500 R02V 3x1.5mm ²	39	A remplacer
16	Eclairage auvent secondaire	U100R 02V 3x1.5mm ²	49	A remplacer
17	Compresseur vidangeur moto	U1000 R02V 4x2.5mm ²	45	A prévoir
18	Eclairage lampe du jardin	U1000 R02V 3x1.5mm ²	137	A remplacer
19	Lampadaire situé coté Ouest	U1000 R02V 3x1.5mm ²	79	A remplacer
20	Mat principal	U1000 R02V	66	A remplacer
21	Lampadaire situé coté Est	U1000 R02V	77	A remplacer
22	Panneau directionnel lumineux	U1000 R02V	79	A remplacer

TABLEAU N°6 : MESURE DES NIVEAUX D'ECLAIREMENT

N°	Lieu ou sous lieu	Niveau d'éclairage moyen (Lux)	Niveau d'éclairage moyen recommandé par la norme EN 12464-1 (Lux)	Observations (que faire ?)
1	Auvent principal (Distributeur N°1)	22	150	Remplacer les luminaires existants par des luminaires à LED de 106W
2	Auvent principal (Distributeur N°2)	34.63	150	Remplacer les luminaires existants par des luminaires à LED de 106W
3	Auvent principal (Distributeur N°3)	49	150	Remplacer les luminaires existants par des luminaires à LED de 106W
4	Auvent secondaire (Distributeur N°4)	630	150	A nettoyer
5	Auvent secondaire (Distributeur N°5)	804	150	A nettoyer

TABLEAU N°7 : DIAGNOSTIC DES INTERRUPTEURS

Qté = quantité ; fonct. = fonctionnement ; phys = état physique ; B = Bon ; P=Passable M = mauvais

N°	Lieu ou sous lieu	Désignation et caractéristiques techniques	Qté	Fonct.	Etat Phys.	Observations (que faire ?)
1	Couloir bureau Chef de piste	Interrupteur simple allumage	01	B	P	Récupérable
2	Bureau Gérant	Interrupteur simple allumage	01	B	P	Récupérable
		Rhéostat	01	B	P	Récupérable
		Dismatic	01	B	P	Récupérable
3	Toilettes	Interrupteur simple allumage	01	B	P	A remplacer par un interrupteur étanche
4	Magasin	Interrupteur simple allumage	01	B	P	Récupérable
5	Boutique	Interrupteur double allumage	01	B	P	Récupérable
		Interrupteur simple allumage	01	B	P	Récupérable
		Rhéostat	03	B	P	Récupérable
		Dismatic	02	B	P	Récupérable
6	Arrière-boutique	Interrupteur double allumage	03	P	M	A remplacer
7		Bouton poussoir Arrêt d'urgence	01	P	M	A remplacer
8	Toilettes Atelier	Interrupteur simple allumage	01	B	P	A remplacer par un interrupteur étanche
9	Local compresseur	Interrupteur simple allumage	01	M	M	A remplacer par un interrupteur étanche le
10	Atelier 1	Interrupteur simple allumage étanche	02	M	M	A remplacer
11	Lavage	Interrupteur simple allumage étanche	02	M	M	A remplacer
12	Atelier 2	Interrupteur simple allumage étanche pour la mise en marche du sur presseur	01	M	M	A remplacer par un boîtier étanche équipé de boutons poussoirs marche arrêt
13	Atelier 2	Contacteur de mise en marche du sur presseur et du compresseur	02			A prévoir
14	Jardin	DRT pour compresseur du vidangeur moto	01			A prévoir

TABLEAU N°8 : DIAGNOSTIC DES PRISES DE COURANT

Qté = quantité ; fonct. = fonctionnement ; phys = état physique ; B = Bon ; P=Passable M = mauvais

N°	Lieu ou sous-lieu	Désignation et caractéristiques techniques	Qté	Fonct.	Phys.	Observations (que faire ?)
1	Bureau Chef de piste	Prise encastrée 2P+T	01	B	P	Récupérable
2	Bureau Gérant	Prise encastrée 2P+T	01	B	P	Récupérable
3	Boutique	Prise encastrée 2P+T	06	B	P	Prévoir 03 prises supplémentaires pour alimenter les cafetières
4	Atelier	Prise encastrée 2P+T	01	M	M	A remplacer
		Prise encastrée 3P+T	03	B	B	
5	Local compresseur	Prise encastrée 2P	02	B	P	A remplacer par des prises étanches
6		Prise encastrée 2P étanche	01	B	P	A remplacer par des prises étanches
7	Fosse Atelier 1	Prise encastrée 2P+T étanche	01	B	P	Récupérable

TABLEAU N°9 : DIAGNOSTIC DU MATERIEL DE FROID ET DE VENTILATION

Qté = quantité ; fonct. = fonctionnement ; phys = état physique ; B = Bon ; P=Passable M = mauvais

N°	Lieu ou sous lieu	Désignation et caractéristiques techniques	Qté	Fonct.	Phys.	Observations (Que faire ?)
1	Bureau Chef de piste	Ventilateur SMC	01	B	P	Récupérable
2	Bureau Gérant	Climatiseur Split ; Marque : Sharp	01	B	P	Récupérable
3	Boutique	Brasseur d'air	03	B	P	Récupérable
		Climatiseur	02	P	P	Remédier aux écoulements d'eau constatés à l'intérieur de la boutique

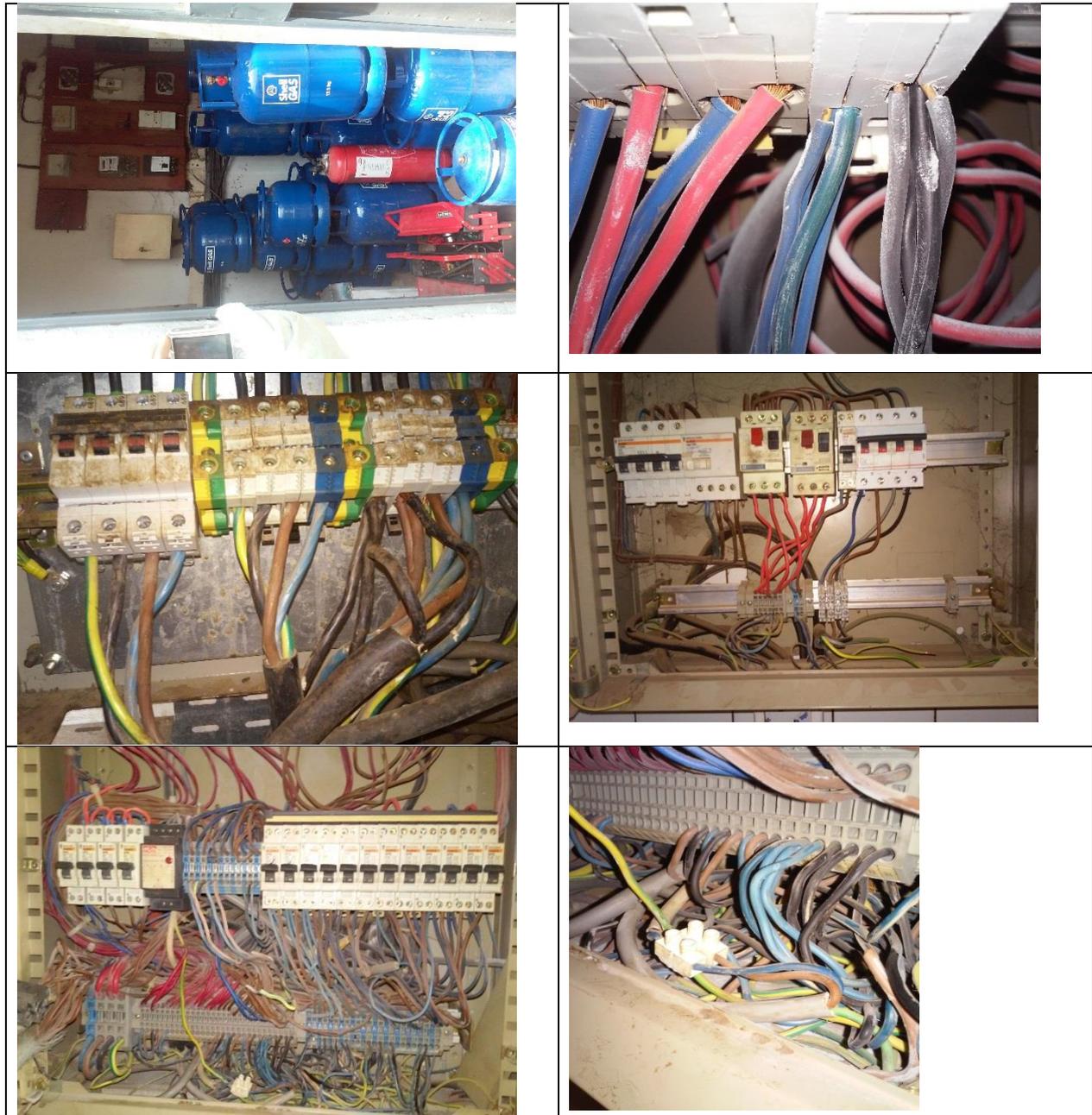
*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

TABLEAU N°10 : DIAGNOSTIC DES DISTRIBUTEURS

Qté = quantité ; fonct. = fonctionnement ; phys = état physique ; B = Bon ; P=Passable M = mauvais

N°	Lieu ou sous lieu	Désignation et caractéristiques techniques	Qté	Fonct.	Phys.
1	Pompe N°1	Moteur : Marque : REAL ; P=1KW ; $\cos\phi=0,8$ N°717916	02	B	P
2	Pompe N°2	Moteur : Marque : REAL ; P=0,55KW ; $\cos\phi=0,75$	02	B	P
3	Pompe N°3	Moteur : Marque : REAL ; P=0,55KW ; $\cos\phi=0,75$ N°182892	01	B	P
		Moteur : Marque : ATAV; Type :F63DSTC ; P=0,55KW ; $\cos\phi=0,6$ N° 30583 ; RPM :1450	01	B	P
4	Pompe N°4	Marque REAL ; Type :V80TC4 ; P=0,55KW ; $\cos\phi=0,75$; N° :502683	01	B	P
5	Pompe N°5	Marque REAL ; P=0,55KW ; N° :654391	01	B	P

Annexe II : Planche des photos



Annexe III : Schémas électriques

TABLEAU ELECTRIQUE DE LA BOUTIQUE

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

TABLEAU ELECTRIQUE DE LA PISTE

TABLEAU ELECTRIQUE DE L'ATELIER

Annexe IV : Bilan de puissance

	DESIGNATION	P T (W)	Ku	Ks0	P T F1 (W)	Ks1	P T F2 (W)	Ks2	P T F3 (W)	EXTENSION 20%	P T F (W) / COFFRET	P T F (W)	S T F (kVA)
	<u>TABLEAU GENERAL BASSE TENSION TGBT</u>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
CIRCUITS ELECTRIQUES BOUTIQUE													
CIRCUITS LUMINAIRES BOUTIQUE													
Couloir bureau Gérant	2 Réglette simple de 1,20m à grille 1x36W	72	1	1	72	1	339	0,8	3 941	788	4 729	15 328	19,16
Bureau Gérant	2 Réglette simple de 1,20m à grille 1x36W	72	1	1	72								
Toilettes	1 Applique hublot rond+1 Applique sanitaire	24	1	1	24								
Magasin	1 Réglette simple de 1,20m à grille 1x36W	36	1	1	36								
Boutique	4 réglettes de 1x18W + 7 réglettes de 1xW	135	1	1	135								
CIRCUITS PRISES BOUTIQUE						1	500						
Bureau Gérant & boutique	2 Ordinateur de bureau	500	1	1	500,00								
Autre circuits													
Bureau Chef de piste	1 Ventilateur SMC 75W	75	1	1	4 087	1	4 087						
Bureau Gérant	1 Climatiseur 1,5 CV	1104											
Boutique	2 Climatiseurs 1,5 CV + 2 Ventilateurs 50W	2 308											
Boutique	4 réfrigérateurs de 150 W	600											
TABLEAU ELECTRIQUE ATELIER													
CIRCUITS LUMINAIRES ATELIER													

Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à Ouagadougou

	DESIGNATION	P T (W)	Ku	Ks0	P T F1 (W)	Ks1	P T F2 (W)	Ks2	P T F3 (W)	EXTENSION 20%	P T F (W) / COFFRET	P T F (W)	S T F (kVA)
Toilettes Atelier	1 Applique hublot rond 11 W+ 1 Applique sanitaire 13 W	24	1	1	24	1	384						
Local compresseur	2 Réglette simple de 1,20m 36 W	72	1	1	72								
Atelier 1	4 Réglette simple de 1,20m 36 W	144	1	1	144								
Atelier 2	4 Réglette simple de 1,20m 36 W	144	1	1	144								
CIRCUITS PRISES ATELIER													
Local compresseur	2 Prises de courant 2P+T +1 Prises de courant 2P+T étanche	8 448	0,2	0,4	675,84	0,8	1 036	0,8	3 216	643	3 859		
Fosse Atelier 1	2 Prises de courant 2P+T	5 632	0,2	0,55	619,52								
CIRCUITS DIVERS													
Local compresseur	1 Compresseur d'air de 4 kW+ 1 supprimeur 2,5 kW	6 500	0,5	1	3 250,00	0,8	2 600						
TABLEAU ELECTRIQUE PISTE													
CIRCUITS LUMINAIRES PISTE													
Piste	2 Lampadaires équipé d'une lampe de 100W	200	1	1	200	1	1 732						
Auvent principal	10 Projecteurs Philips 150W	1 500	1	1	1500								
Jardin	4 Luminaires de jardin équipé de lampe économique de 8 W	32	1	1	32								
CIRCUITS DIVERS													
Piste	1 Compresseur d'air de 4 kW	4 000	0,5	1	2 000,00	1	5 288	0,8	5 616	1 123	6 739		
Auvent principal	8 distributeurs 750 W	6 000	1	0,5	3 000,00								
Piste	Mat principal	288	1	1	288,00								

Annexe V : Rapports de simulations

RAPPORT DE SIMULATION PVSYST

*Audit énergétique et électrique de la station Shell située au rond-point des nations unies à
Ouagadougou*

RAPPORT DE SIMULATION DIALUX