



# **CONCEPTION D'UNE STATION SERVICE TOTAL ECOLOGIQUE**

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU  
MASTER D'INGENIERIE EN EAU ET ENVIRONNEMENT-INGENIEUR ZIE  
**OPTION : ENERGIE ET PROCEDES INDUSTRIELS**

Présenté et soutenu publiquement le 13 juin 2011 par :

**Pascal Blaise GNIMPIEBA DONGMO**

**Travaux dirigés par :**

- **Pr Yezouma COULIBALY**, Enseignant-chercheur, Chef UTER GEI
- **Dr Yao AZOUMAH**, enseignant chercheur et Responsable du laboratoire énergie solaire et économie d'énergie (LESEE)
- **M Henri KOTTIN**, Ingénieur de recherche au laboratoire énergie solaire et économie d'énergie.

**Jury d'évaluation du mémoire :**

**Président :** Pr Yézouma COULLIBALI

**Membres et correcteurs :**

- . Dr Yao AZOUMAH
- . Ing Henri KOTTIN
- . Nathalie WEISSMAN

**Promotion [2010/2011]**

L'ENERGIE EST NOTRE AVENIR, ECONOMISONS LA

[www.total.com](http://www.total.com)

**Mots clés :**

**Audit énergétique, éco-station, humidificateur rafraîchisseur d'air, lampes économiques, photovoltaïque,**

## REMERCIEMENTS

Ce mémoire de fin d'études a été mené entre les stations-services Total et le Laboratoire d'Énergie Solaire et d'Économie d'Énergie de la fondation 2iE sous l'encadrement du **Dr Yao AZOUMAH**, du **Pr. Yézouma COULIBALY**, et du co-encadrement de **M. Henri KOTTIN** et de **M. Justin BASSOLE**

C'est avec le plus grand plaisir que je veux exprimer ma profonde gratitude au **Dr. Yao AZOUMAH**, responsable du Laboratoire d'énergie et économie d'énergie de la fondation 2iE, pour m'avoir accepté dans son laboratoire comme stagiaire et qui a guidé mes réflexions pendant le déroulement du stage. Dans des conditions de travail parfois délicates, son efficacité, ses encouragements dans des moments difficiles, ses conseils et les discussions fructueuses ont constitué un apport considérable dans la réalisation et l'aboutissement de ce travail. Je tiens à lui exprimer ici toute ma reconnaissance.

A **Henri KOTTIN**, ingénieur de recherche au LESEE, je le remercie pour le dévouement et le dynamisme avec lequel il a suivi et guidé à sa manière ce travail. Qu'il soit assuré de ma profonde reconnaissance.

Au **Pr. Yézouma COULIBALY**, chef de l'UTER GE, pour m'avoir proposé ce sujet de mémoire, me guider et conseiller pendant tout le déroulement du stage. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

A tous les Enseignants de l'UTER GE de la fondation 2iE, pour l'étendue de leurs connaissances et leurs aptitudes particulières à les transmettre.

A tous les gérants de stations-services Total et leurs personnels pour l'accueil chaleureux qu'ils m'ont réservé au sein de leur structure.

Je pense également à quelques membres de ma famille notamment à **M. Tankeu Paul Simplicie GNIMPIEBA**, **Mota Richard**, **Tsafack Norbert**, **Margueritte Keng-Atio**, à **M. CIOGO** et **Mme**, à **M. AKANA** et **Mme**, à **M. Kevin DONGMO** et **Mme**, à **M** et **Mme BOUNGO**, et à toute la grande famille **GNIMIEBA**, non seulement pour toutes leurs mesures de soutien mais également parce qu'ils m'ont donné l'amour des sciences de l'ingénieur et m'ont fait découvrir les finesses de celle-ci. Qu'ils en soient vivement remerciés.

A **Mr Donatien TOKO** et **Benjamin TIADJOUE** pour tout leur soutien et leur disponibilité inconditionnelle, que ce travail soit pour eux un signe de ma profonde reconnaissance.

Je n'oublierai pas d'associer dans mes remerciements mes collègues de classe pour leur coopération constante.

## DEDICACES

A toi **Victor GNIMPIEBA**, mon père, pour les sacrifices consentis pour ma scolarisation et ton vœux ardent de me voir réussir dans la vie.

A toi **Joséphine MEPONDJOU**, ma mère pour tes prières adressées à l'Éternel, cette véritable Mère qui a su prendre soin de moi, malgré l'agressivité de la société, tu as su me donner une éducation qui m'a laborieusement incité à découvrir le chemin du bonheur.

A toi **Diane TSAGUE**, ma femme et mon associée, pour ton amour, ton soutien, tes prières, tes sacrifices endurés pour parvenir à l'aboutissement de cette œuvre commune. Je te dis infiniment merci.

A toi **Darryl GNIMIEBA** mon fils et mon partenaire, pour ta compréhension à mon absence, que ce travail soit pour toi une référence, un guide pour ton intégration future.

A toi **Fidel Castro GNIMPIEBA**, pour tout ton soutien, tes sacrifices, ton vœux de me voir réussir, reçois ici toute ma reconnaissance et mon engagement à aller jusqu'au bout.

A tous les membres de la famille **GNIMPIEBA** et **TSAGUE** à **BAFOU** au **CAMEROUN**, pour avoir souffert de cette longue absence. Ce manque que cette formation vous a infligé constitue votre contribution à cet édifice commun mais aussi un exemple d'endurance.

Puisse le seigneur vous bénir abondamment et vous protéger

## RESUME

L'étude que nous venons d'effectuer nous a permis de comprendre toute suite qu'il est encore possible pour nous de minimiser nos émissions des gaz à effet de serre, de soigner voire améliorer nos comportements quant à l'utilisation des énergies fossiles, de promouvoir les énergies alternatives et de les intégrer dans nos consommations énergétiques.

Ainsi, nous avons pendant trois mois effectué des mesures et des analyses dans deux stations services Total choisies à Ouagadougou. Il ressort de cette étude qu'il est possible de réduire de façon considérable la consommation énergétique au niveau de ces stations.

En effet, cette étude a permis de déceler plusieurs postes énergivores en commençant par une révision de la puissance souscrite qui permet de passer de 42 kVA à 24,25 kVA pour la station de référence (station camp fonctionnaire) et de 42 kVA à 21 kVA pour celle de l'avenue Charles De GAULLE sans oublier des économies annuelles de **320.136 FCFA** et **383.417 FCFA** respectivement sur la facture électrique de ces stations.

Pour la nouvelle station à construire, la prise en compte des matériaux de construction écologiques vue l'inertie de ces derniers permet d'économiser **1.269.785FCFA/an** sur la consommation énergétique de la dite station. L'installation d'un nouveau système de climatisation permet d'économiser **727.763FCFA/an** et permet d'éviter des émissions de **5,3teqCO2/an**. L'utilisation des lampes économique pour améliorer le système d'éclairage permet un gain économique de **2.837.691FCFA/an** et permet une réduction d'émission de **16teqCO2/an**. L'installation d'un système d'un système d'un système photovoltaïque pour l'alimentation d'un de l'éclairage de la boutique permet de réduire la facture électrique de la station de **479480 FCFA/an** puis permet d'éviter **2, 7teq CO2/an**.

## ASBTRACT

The study performed, allowed us to understand that everything is still possible to minimize emissions of greenhouse gases, treat or improve our attitudes about the use of fossil fuels, promote energy alternatives and integrate them into our energy consumption. Thus, during three months we have conducted measurements and analysis in three selected Total service stations in Ouagadougou. It appears from this study that it is possible to significantly reduce energy consumption of these stations.

Indeed, this study identified several energy-consuming items starting with a revision of contract power that allows to pass from 42 kVA to 24.25 kVA for the reference station and from 42 kVA to 21 kVA to that of the Avenue Charles De Gaulle not to mention savings of FCFA 320,136 and FCFA 383,417 respectively on the electric bill per year for these stations. For the new station to be built, taking into account ecological building materials to the inertia of the latter 1.269.785FCFA/year saves on energy consumption of the said station. Installing a new air conditioning system permit to save 765.085FCFA/year then to avoid 5.3teqCO<sub>2</sub>/year. The use of economic lamps to improve lighting system permit a saving of 2.837.691FCFA/year and to avoid 16teqCO<sub>2</sub>/year. The installation of a photovoltaic system on the roof of the station leads at a saving of 479480 FCFA/year and prevents 2,7teqCO<sub>2</sub>/year.

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1</b> : bilan de puissance général des stations-service. ....	9
<b>Tableau 2</b> : bilan de puissance détaillé (boutiques et piste) des stations-service.....	9
<b>Tableau 3</b> : consommation énergétique annuelle des stations .....	10
<b>Tableau 4</b> : apport de consommation de chaque poste dans la station.....	10
<b>Tableau 5</b> : gains annuels sur la facture électrique .....	11
<b>Tableau 6</b> : calcul de l'enthalpie au soufflage et dans l'ambiance .....	12
<b>Tableau 7</b> : températures (int et ext) et humidité relative (station Avenue Charles de GAULLE).....	13
<b>Tableau 8</b> : températures (int et ext) et humidité relative (station Camp Fonctionnaire) .....	14
<b>Tableau 9</b> : Conditions extérieures de base, source : NASA, donnée météorologiques <sup>[6]</sup> .....	15
<b>Tableau 10</b> : récapitulatif des corrections de température suivant l'orientation .....	17
<b>Tableau 11</b> : les apports thermiques de chaque poste .....	19
<b>Tableau 12</b> : récapitulatif situation énergétique et de la quantité de CO2 dégagée/ an /station .....	20
<b>Tableau 13</b> : consommation de chaque poste et leur apport par rapport à la consommation totale de chaque station. ....	20
<b>Tableau 14</b> : caractéristiques des matériaux de construction.....	22
<b>Tableau 15</b> : caractéristiques techniques de quelque source lumineuse (source : énergie+, critères de performance visuelle et de sécurité) .....	24
<b>Tableau 16</b> : économie sur l'amélioration de l'éclairage de la station. ....	29
<b>Tableau 17</b> : Données d'ensoleillement de Ouagadougou (NASA) [15] .....	32
<b>Tableau 18</b> : calcul de la consommation journalière .....	32
<b>Tableau 19</b> : caractéristiques des différents appareils.....	32
<b>Tableau 20</b> : coût du projet photovoltaïque .....	36
<b>Tableau 21</b> : abonnement électrique pour la nouvelle station (éco-station) [annexe 8'] .....	37
<b>Tableau 22</b> : situation énergétique de l'éco-station .....	38
<b>Tableau 23</b> : comparaison entre les stations actuelles et l'éco-station.....	38

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1 :</b> organigramme de la station.....	5
<b>Figure 2 :</b> climatiseur Split système et fenêtre .....	7
<b>Figure 3 :</b> lampe fluorescente    lampe à incandescence    ballasts électromagnétique.....	7
<b>Figure 4 :</b> évolution avec le temps des Température intérieure, extérieure et humidité relative .....	13
<b>Figure 5 :</b> évolution avec le temps des Température intérieure, extérieure et humidité relative .....	14
<b>Figure 6 :</b> bilan thermique des stations Avenue Charles De GAULLE et Camp Fonctionnaire .....	19
<b>Figure 7 :</b> zone de confort en région tropical (source : Claessens et al. 1996) .....	23
<b>Figure 8 :</b> principe de rafraîchissement par évaporation .....	27
<b>Figure 9 :</b> module polycristallin .....	33
<b>Figure 10 :</b> batterie de stockage .....	34
<b>Figure 11 :</b> onduleur .....	34
<b>Figure 13 :</b> Schéma général de l'installation.....	35
<b>Figure 12 :</b> régulateur .....	35
<b>Figure 14 :</b> disposition des panneaux sur le toit de la boutique .....	36

## LISTE DES ABREVIATIONS

<b>2iE :</b>	Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
<b>UTER :</b>	Unité d'enseignements et de recherches
<b>LESEE :</b>	Laboratoire d'Énergie Solaire et d'Économie d'Énergie
<b>PV :</b>	Photovoltaïque
<b>R&amp;D :</b>	Recherche et développement
<b>NF :</b>	Norme française
<b>CEI :</b>	Commission électrotechnique internationale
<b>IEC :</b>	International Electrotechnical Commission
<b>TÉR :</b>	Technologies d'efficacité énergétique et d'énergies renouvelables
<b>MDP</b>	Mécanisme de développement propre
<b>CFC</b>	Chlorofluorocarbures
<b>HFC</b>	Hydrofluorocarbures
<b>HCFC</b>	Hydrochlorofluorocarbures
<b>GES</b>	Gaz à Effet de Serre

## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS .....	ii
DEDICACES .....	iii
RESUME.....	iv
ASBTRACT .....	v
LISTE DES TABLEAUX.....	vi
LISTE DES FIGURES .....	vii
LISTE DES ABREVIATIONS .....	viii
SOMMAIRE .....	ix
I- INTRODUCTION GENERALE .....	1
I-1 Contexte.....	1
I-2 Problématique .....	2
I-3 HYPOTHESE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL .....	2
I-3-1 Objectif.....	2
I-4 Structure d'accueil (TOTAL Burkina) .....	3
I-4-1 Création, siège et mission .....	3
I-4-2 Mode d'exploitation.....	4
II Méthodologie du travail.....	6
II-1 Etat des lieux des stations-service actuels : Audit énergétique.....	6
II-2 MATERIELS ET METHODES .....	6
II-2-1 Examen de l'existant .....	7
III RESULTATS .....	9
III-1 Diagnostic des installations.....	9
III-1-1 Bilan de puissance.....	9
III-1-2 Étude de la facturation électrique des stations-services Total.....	10
III-1-3 Calcul du bilan thermique des différentes stations services .....	12
III-1-4 Caractéristiques énergétiques d'une station type.....	20
IV CONCEPTION DE L'ECO-STATION.....	21
IV-I Méthodologie et choix techniques.....	21
IV-2 Synthèse bibliographique.....	22
IV-3 RESULTATS .....	24
IV-3-1 Confort thermique.....	24
I-2-1 principe de fonctionnement du ventilo-humidificateur .....	26
I-2-2 Dimensionnement de l'humidificateur rafraîchisseur d'air .....	27
IV-3-2 Éclairage.....	28

V- INTRODUCTION DU PHOTOVOLTAÏQUE DANS LA CONSOMMATION ELECTRIQUE DE L'ECO-STATION.....	30
V-1 INTRODUCTION .....	30
IV-2 DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUES.....	31
IV-2 -1 Principe et données de base.....	31
V-3 Étude économique et environnementale .....	36
V-3-1 Aspect économique .....	36
V-3-2 Aspect environnemental.....	36
V-3-3 Abonnement électrique.....	37
V-3-4 Caractéristiques énergétiques d'une éco-station TOTAL .....	38
VI RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES .....	38
VI-1 Comparaison entre la station actuelle et l'éco-station .....	38
VI-2 Recommandations pour la mise en Œuvre .....	38
VI-2-1 Stations-service actuelle.....	38
VI-2-3 Station-service Total de demain (éco-station) .....	39
VII- CONCLUSION GENERALE .....	40
VIII- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	41
VI- ANNEXES.....	42

## I- INTRODUCTION GENERALE

### I-1 CONTEXTE

Les crises énergétiques des années 1970 et 1973 ont totalement bouleversé le rapport de la planète avec l'énergie. En effet, l'épuisement progressif des ressources fossiles jadis abondante et bon marché, le coût du pétrole devenu de plus en plus élevé et les bouleversements climatiques observés jusqu'ici justifient que le problème énergétique soit au cœur des préoccupations mondiales actuelles. De part sa dimension planétaire, le réchauffement climatique global, dû aux émissions de gaz à effet de serre, et plus particulièrement du CO<sub>2</sub> provenant de la combustion des énergies fossiles est un fait établi et constitue l'un des défis majeurs auxquels nous sommes confrontés à l'entrée du 21<sup>ème</sup> siècle. La communauté internationale avec ici où là, une évaluation plus ou moins aiguë de l'urgence à agir pour en atténuer les conséquences, l'a généralement bien compris. C'est pourquoi les cycles de conférences internationales de Rio (1992), à Johannesburg (2002) et celle qui s'est engagée pour la mise en œuvre du protocole de Kyoto (1997) attestent de l'urgence qui s'est faite ressentie. D'ailleurs, on estime que d'ici 50 ans, les ressources fossiles s'épuiseront, que la demande énergétique mondiale pour le chauffage domestique pourrait décroître de 34% à cause du réchauffement planétaire et que celle de la climatisation résidentielle pourrait croître de 72% avec les émissions de CO<sub>2</sub> de l'ordre de 2,2 Giga tonnes pour les deux cas [1]. Face à tous ces constats, le recours à des solutions alternatives de production d'énergie devient plus que jamais envisagé sans oublier qu'il est un impératif aujourd'hui de revoir les habitudes de consommation énergétique et la mise en place de politiques rigoureuses d'économies d'énergie sur toute la chaîne (de la production à l'utilisation).

C'est dans ce contexte que la compagnie pétrolière française Total dans sa politique de lutte contre la pollution de l'environnement et surtout de limiter ses émissions de gaz à effet de serre (GES), s'est engagé depuis des années (1983) dans la quête des énergies propres afin de pouvoir toujours répondre à ce double défi qu'est : une demande croissante en énergie et les changements climatiques. Toujours dans la même optique, Total a contacté le 2iE pour l'aider à concevoir et construire une station-service écologique (éco-station). Ce projet à caractère multidisciplinaire, fait appel à des compétences dans les domaines de l'eau, de

l'environnement, du génie civil et de l'énergie dont nous avons la charge. Le présent travail porte donc sur la conception et la construction d'une éco-station dans la ville de Ouagadougou au Burkina Faso. Il constitue notre modeste contribution au service fort remarquable du groupe Total dans sa quête permanente de minimiser ses impacts environnementaux pour le bien être des générations futures.

## **I-2 PROBLEMATIQUE**

La demande mondiale en énergie, bien que vital pour les communautés humaines, essentiel à leur développement, va continuer d'augmenter dans les décennies à venir. Comment satisfaire cette demande en intégrant systématiquement dans nos choix collectifs, l'impératif de lutte contre les changements climatiques ? Pour Total, il n'existe pas de réponse unique à cette question devenue centrale. La première urgence est de progresser en termes d'efficacité énergétique, à consommer moins partout où c'est possible et en fin d'intégrer des énergies renouvelables dans nos sources énergétiques.

## **I-3 HYPOTHESE ET OBJECTIFS DU TRAVAIL**

### **I-3-1 Objectif**

L'objectif général de cette étude est de mettre en évidence la réduction de la consommation énergétique en concevant en fin de compte un nouveau modèle de station-service Total plus économe et utilisant au mieux des sources d'énergie propre. Pour y parvenir, notre travail s'articulera d'une façon générale sur les points suivants :

#### ***I-3-1-1 Audit énergétique de trois stations-service Total***

L'audit énergétique apparaît ici comme un excellent outil d'aide à la gestion car la maîtrise du coût de l'énergie dans le processus de fabrication permet d'optimiser le rendement de l'entreprise ainsi que de sa prospérité. Dans cette partie, nous allons évaluer avec beaucoup de précision la consommation énergétique des stations-service « bonjour » d'aujourd'hui.

Pour ce faire, nous allons procéder comme suit :

- Mesurer les paramètres énergétiques dans les deux stations-services (températures, humidité relative, électriques, éclairage, ...etc.) ;

- Analyser les documents techniques tels que les factures électriques, d'eau, de consommation des groupes électrogènes et les données de terrains afin de rédiger un rapport d'audit énergétique des trois stations-service choisies.

### ***I-3-1-2 Conception de l'éco-station-service Total***

Dans cette deuxième partie, il sera question pour nous de concevoir un nouveau modèle de station-service Total plus économe en énergie. Pour cela, nous allons :

- Prendre en considération les défaillances énergétiques constatées dans la première partie, puis rechercher les solutions pour réduire ces défaillances par une intégration des sources d'énergies renouvelables dans le système énergétique des stations.
- Nous finirons par proposer une architecture énergétique optimale pour la nouvelle station-service (éco-station)

## **I-4 STRUCTURE D'ACCUEIL (TOTAL BURKINA)**

### **I-4-1 Création, siège et mission**

Implanté au Burkina Faso depuis le 1<sup>er</sup> Janvier 1976 et dont le siège social est situé à Ouagadougou sur l'avenue Kwamé NKRUMAH, Total Burkina dispose de près de 90 stations-service réparties sur toute l'étendue du territoire national. Ces stations-services ont pour mission de ravitailler son aimable clientèle en carburant à travers la piste, du gaz domestique sans oublier les produits alimentaires de qualité qu'elles mettent à la disposition des populations via ses boutiques. Elles reçoivent tous les jours de la semaine et 24h/24 (ou bien de 6h à 22h) selon que la position géographique ne pose pas un problème d'insécurité. Les stations services Total disposent des entités suivantes au service de sa clientèle :

- **Une piste** qui permet aux populations de se ravitailler en carburant (essence et mélange).
- **Une boutique** qui propose un large choix de produits alimentaires de qualité, soigneusement sélectionnés et entretenus pour une petite faim , pause café ou tout simplement en dépannage de dernière minute, des rafraichissements pour atténuer la soif. Sans toute fois oublier des huiles pour le bon fonctionnement des moteurs de voitures et le journal jour.
- **Une baie de lavage** qui met à la disposition du client du matériel de qualité et régulièrement entretenu pour le lavage des voitures. Ici, on trouve un grand choix de

produits destinés à l'entretien des véhicules : lingettes, cires, nettoyant pour les jantes ...etc. Ces installations de lavage sont renouvelées en moyenne tous les 5 ans.

- **Une baie de vidange** : Dans certaines stations-services, l'on propose une baie d'entretien auto pour les réparations : pneus, vidange, freinage,...et dispose également pour l'entretien du véhicule de forfaits entretien révision.

#### **I-4-2 Mode d'exploitation**

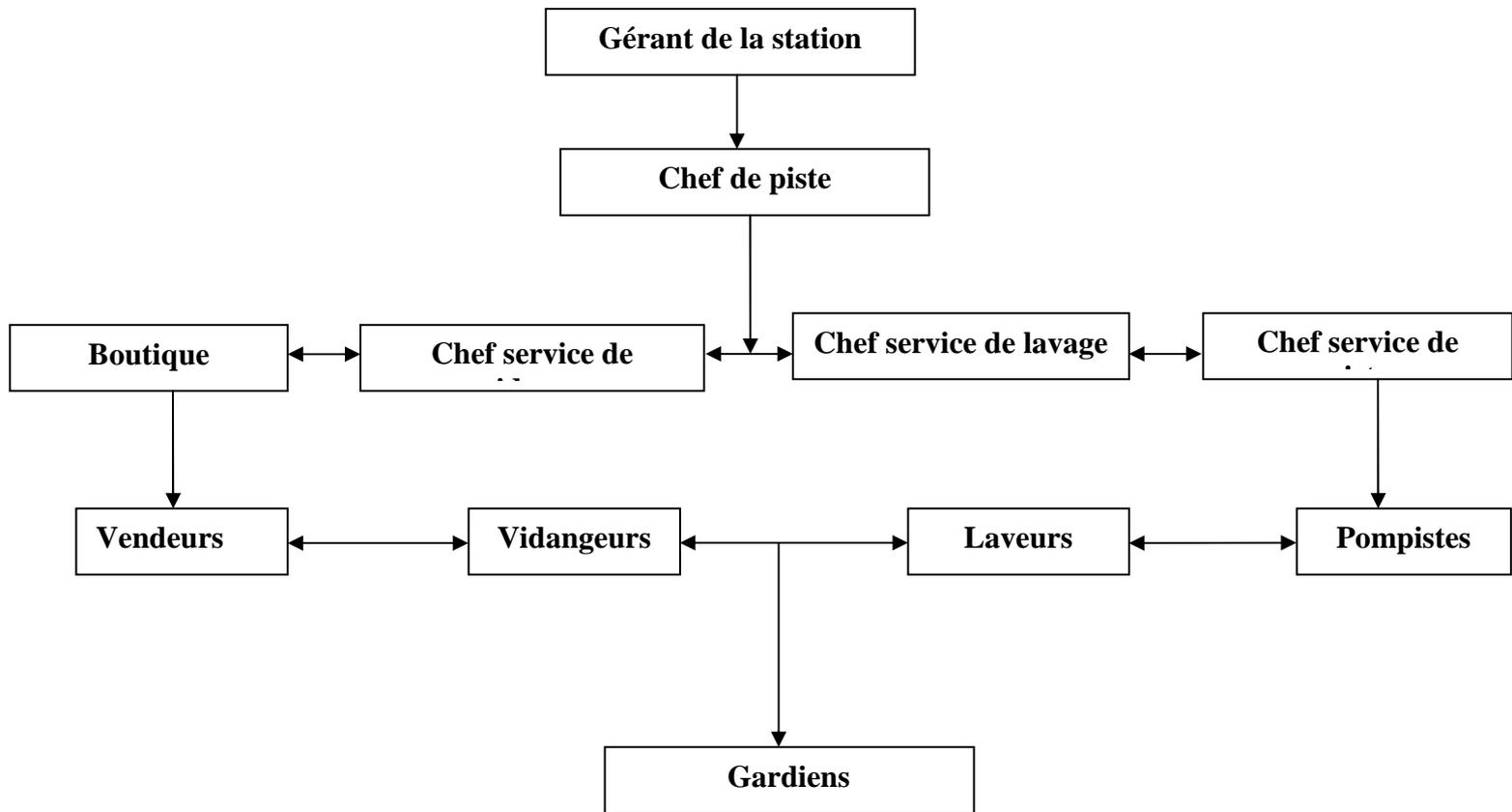
Comme nous l'avons signalé un peu plus haut, chaque station fonctionne de façon autonome, certaines fonctionnent 24h/24 et d'autres de 6h à 22h selon la sécurité de la zone où elles sont implantées. Puis les jours fériés ne sont pas pris en compte dans les stations donc on y travail du lundi à dimanche et 365j/365. Il faut noter qu'on a plutôt un service de quart au niveau de la boutique et de la piste puis chaque employé est tenu à respecter ses horaires que ce soit au niveau de la boutique, de la piste en passant par le service de lavage et celui de vidange. Ces deux derniers ferment à partir de 18h. Il est à noter que quelque soit la station, la boutique doit fermer ses portes au plus tard à 24h et sauf le service de la piste peut continuer à servir du carburant jusqu'à 6h du matin bien sûr si la zone n'est pas à risque.

La maintenance des équipements de climatisation est assurée par l'entreprise PS (Purchasing Service) Elle s'occupe de la tenue des fiches historiques et veille à leur bon état de fonctionnement. C'est la même entreprise qui s'occupe de l'éclairage et de la maintenance des appareils électriques.

L'entreprise COBUTAM est en charge de la maintenance des pompes, des groupes électrogènes, des compresseurs et suppresseurs, des réfrigérateurs et des congélateurs. Ces entreprises extérieures sous-traitent à Total et ont des contrats à durée déterminée. Elles sont placées sous tutelles directe de la direction générale de Total à qui elles rendent compte de leurs activités.

L'alimentation électrique des stations-services est assurée par la SONABEL (**Société Nationale Burkinabé d'Électricité**) et chaque station-service est dotée d'un groupe électrogène qui prend automatiquement le relais en cas de coupure du réseau national.

L'organigramme de la station service se présente comme suit :



**Figure 1:** organigramme de la station

## II Méthodologie du travail

### II-1 ETAT DES LIEUX DES STATIONS-SERVICE ACTUELS : AUDIT ENERGETIQUE

#### Introduction

Le développement socio-économique de tout pays est tributaire de ses capacités énergétiques. Car s'il est vrai que certains pays disposant d'un potentiel énergétique important demeurent pauvres, il est par contre établi qu'aucun pays ne peut se développer s'il est à la merci des crises énergétiques. Au vue de l'important rôle joué par l'énergie dans notre vie, il devient donc nécessaire, voire même impératif de l'économiser. Cette économie d'énergie interpelle tout le monde car la surconsommation d'un utilisateur entraîne le délestage de l'autre, des efforts supplémentaires pour la société de distribution et une rallonge de la facture électrique ou une surconsommation de combustible en cas d'auto production.

Dès lors qu'on a décidé d'économiser l'énergie, il faut savoir s'y prendre. En effet, il ne suffit pas d'éteindre les lampes en son absence pour voir sa consommation diminuer de façon notable. La meilleure démarche consiste à faire un audit énergétique. L'audit énergétique apparaît donc comme un excellent outil d'aide à la gestion car la maîtrise du coût de l'énergie dans le processus de fabrication permet d'optimiser le rendement de l'entreprise et contribue ainsi à sa prospérité. Cette première partie du travail porte sur l'audit énergétique de deux stations services Total basées à Ouagadougou. Nous allons ici identifier tous les postes de consommation énergétique. En suite, nous évaluerons la consommation annuelle de chaque poste avant d'énumérer les mesures concrètes pouvant être prises pour diminuer cette consommation sans toute fois porter préjudice au service rendu.

### II-2 MATERIELS ET METHODES

Cette phase a consisté à approfondir nos connaissances générales en matière d'audit énergétique et prendre en compte le travail déjà effectué. Pour cela, nous avons procédé en la collecte des rapports, des revues, mémoire de fin d'étude et consulté des sites internet traitant du sujet. Nous avons en particulier exploité les travaux en cours et déjà effectués par Total en Europe et plus précisément en France pour améliorer l'efficacité énergétique des stations-service [2]. Faute de la disponibilité des plans de stations, nous avons fais des mesures du bâtiment à l'aide d'un décamètre et fixer les conditions internes et externes de base afin de pouvoir établir le bilan thermique des différentes boutiques. L'objectif étant de déterminer la

charge thermique des boutiques concernées et de pouvoir la comparer à la capacité du système de climatisation en place.

## II-2-1 Examen de l'existant

### II-2-1-1 La climatisation

Les boutiques sont dotées pour le confort thermique des occupants, en plus des splits systèmes et les climatiseurs fenêtres pour certains bureaux des gérants, des ventilateurs. Ces climatiseurs sont généralement de marque SHARP, SHAR COOL et CHIGO pour la plus part. Nous avons pour une boutique un à deux climatiseurs et des ventilateurs (02) selon la surface de celle ci. Par contre, chaque bureau ne dispose que d'un climatiseur split système ou fenêtre et d'un ventilateur.



**Figure 2:** climatiseur Split système et fenêtre

### II-2-1-2 L'éclairage



**Figure 3 :** lampe fluorescente    lampe à incandescence    ballasts électromagnétique

L'éclairage intérieur des boutiques est pratiquement assuré par des lampes à tubes fluorescents de 36 W, 18 W utilisant des ballasts électromagnétiques et des ampoules à incandescentes de 75 W. le niveau d'éclairage est assez faible dans certains bureaux. En effet, des mesures ont été faites à l'aide d'un luxmètre et nous avons eu les valeurs variant de 150 à 290 lux, (la valeur recommandée étant comprise entre 400 et 500 lux) [3]. Nous mentionnons dans certains bureaux des lampes manquantes, certaines grillées et non remplacées: c'est ce qui justifie un faible niveau d'éclairage. Par contre, dans les boutiques et plus précisément dans la journée, quelques lampes sont allumées en plus de l'éclairage

naturel qui est utilisé. La nuit, nous avons enregistré 450 lux au niveau de la boutique donc le niveau d'éclairage est bon. Au niveau des toilettes et des magasins, nous avons des lampes fluorescentes de 36 W et des ampoules à incandescence de 75 W. L'éclairage extérieur est assuré par les lampes fluorescentes de 36 W sur les quatre faces (Nord, Sud, Ouest et Est) de la boutique, puis des lampadaires à chaque coin de la station, des panneaux signalétiques gravés de la marque Totale. Au niveau de la piste, on note un éclairage avec des lampes de 36 W sur le plafond et de 35 W tout au tour de celle-ci et qui servent en même temps de décoration. Il faut noter que les mesures au luxmètre dans la nuit nous ont donné un éclairage extérieur variant entre 19 lux et 40 lux. Cette variation étant due à un espacement non uniforme des poteaux et de certains lampadaires qui ne fonctionnent plus. Les services de lavage et de vidange disposent des lampes de 36 W (nombre qui varie d'une station à une autre). Chaque station possède un compresseur donc le rôle principal est de comprimer l'air dans un ballon à une pression donnée pour le nettoyage à sec, le gonflage des roues des véhicules et autres. Puis un suppresseur qui à pour rôle de donner une certaine pression à l'eau pour le lavage des véhicules. La piste quant à elle en plus des lampes qu'elle dispose pour son éclairage, on y trouve :

**Des pompes à essence** qui servent à ravitailler les voitures en carburant. Elles ont une puissance de 55 W chacune

**Les pompes 2t** (deux temps) qui ont pour rôle de servir les engins à deux roues (motos) et ont une puissance de 35 W.

### *II-2-1-3 Description des autres éléments consommateurs d'énergie électrique*

Ici, nous avons les congélateurs et les réfrigérateurs qui fonctionnent 24h/24 et servent à rafraîchir la boisson et certains aliments dont les conditions hygiéniques imposent un bon conditionnement. Ces appareils étant très vieux à l'état actuel, les plaques signalétiques ne nous ont pas permis d'avoir toutes les informations caractéristiques les concernant. Pour ce qui est des puissances par exemple, nous avons utilisé l'Ampèremètre pour mesurer sur un des fils (phase/neutre) l'intensité de courant appelé par l'appareil et connaissant la tension de secteur, nous avons la puissance par simple multiplication entre la tension et l'intensité. Nous notons aussi l'existence des calculatrices électroniques qui servent à faire des comptes au niveau de la boutique puis un ordinateur portable de marque TOSHIBA dans chaque bureau du gérant

## III RESULTATS

### III-1 DIAGNOSTIC DES INSTALLATIONS

#### III-1-1 Bilan de puissance

Faute de la disponibilité des factures électriques et des groupes électrogènes, nous avons fait un recensement de tous les appareils consommant de l'énergie électrique au niveau de chaque station. Nous avons dans le tableau ci-dessous le récapitulatif de puissances souscrites et installées avec les intensités correspondantes

Désignation	Puissance souscrite (KVA)	Intensité correspondante (A)	Puissance installée (KVA)	Puissance installée (KW)	Intensité correspondante (A)
Station Avenue Charles De GAULLE	42	60	21	15,42	31
Station camp fonctionnaire	42	60	24,25	20,26	35

**Tableau 1 :** bilan de puissance général des stations-service.

Avec ces données, nous avons trouvé la valeur du facteur de puissance :

$$\cos \varphi = \frac{\text{Puissance active (kW)}}{\text{Puissance apparente (KVA)}} \quad 1$$

on trouve  $\cos \varphi = 0,84$  valeur normal pour une station-service car  $\cos \varphi > 0,8$  donc pas besoin de batteries de condensateurs pour son amélioration.

Par contre, ayant constaté que la puissance souscrite a été surdimensionnée, nous avons cherché à savoir où est ce que ce surdimensionnement a été fait. Et c'est pourquoi nous avons établie le tableau ci-dessous afin d'être plus éclairé car sur les 60 A souscrites, on a 30A au niveau de la piste et les 30 autres Ampères à la boutique.

Désignation	Boutique		Piste	
	Puissance installée (KVA)	Intensité correspondante(A)	Puissance installée (KVA)	Intensité correspondante(A)
Station Avenue Charles De GAULLE	15	22	6	9
Station camp fonctionnaire	17	25	7,25	10

**Tableau 2:** bilan de puissance détaillé (boutiques et piste) des stations-service

Ce tableau nous montre que bien que ce surdimensionnement a été fait partout, celui de la piste a été un peu plus exagéré (9A << 30A).

Pour estimer la consommation énergétique des stations-services, nous avons faute de la disponibilité des factures électriques, procédé à un questionnaire du personnel et des agents

des stations sur le temps de fonctionnement des appareils [annexe 1]. Connaissant alors la puissance de ces appareils et le temps de fonctionnement, nous avons par simple multiplication évalué la consommation (KWh/an), [annexe 2]. Le tableau ci-dessous nous donne cette consommation annuelle par station-service.

Désignation	Temps de fonctionnement (h/an)	Consommation annuelle (KWh/an)	Estimation en FCFA
Station Avenue Charles De GAULLE	44169	74343	11820522
Station camp fonctionnaire	41353	136215	21658148

**Tableau 3:** consommation énergétique annuelle des stations

NB : l'estimation du coût annuel de consommation a été faite sur la base de 159 FCFA/KWh. En effet, lors de la collecte des données, nous avons eu la chance de recevoir la facture du mois et c'est en faisant le rapport du coût mensuel à payer à la SONABEL par la consommation du mois (différence entre le nouveau et l'ancien index) que nous avons eu 159 FCFA/KWh.

Nous avons par la suite recensé les postes qui consomment plus d'énergie et le tableau ci-dessous nous donne un résumé :

Postes	Station Avenue Charles De GAULLE		Station camp fonctionnaire	
	Énergie consommée (kWh/an)	Apport (%)	Énergie consommée (kWh/an)	Apport (%)
Éclairage	34423	30	26266	19
Compresseur + supprimeur	20759,2	28	20759,2	15
Congélateurs + réfrigérateurs	14187,7	20	62287,14	46
Pompes	12860	17	18032	13
climatisation	4084	5	8927	7

**Tableau 4:** apport de consommation de chaque poste dans la station

Ce tableau nous montre que quelque soit la station, l'éclairage, les congélateurs et supprimeurs sont des postes qui consomment plus. Ceci s'explique d'une part, par de la qualité des lampes utilisé, la vieillesse des congélateurs et d'autre part par le temps de fonctionnement et le nombre des appareils

### **III-1-2 Étude de la facturation électrique des stations-services Total.**

L'objectif de cette étude étant de procéder à l'optimisation des factures des stations-services, l'optimisation consiste en fait à l'analyse des factures électriques sur une période donnée pour rechercher les possibilités de réduction du montant de la facturation électrique. Les mesures d'optimisation peuvent concerner suivant l'étude effectuée :

- La révision du contrat d'abonnement à la SONABEL (augmentation ou diminution de la puissance souscrite),
- La mise en place des batteries de condensateurs (compensation réactive)

**Description des contrats d'abonnement.**

Dans notre cas, nous n'avons pas pu avoir ces factures électriques au moins sur une année car la direction générale de Total qui était chargée de nous remettre ces factures ne l'a pas encore fais jusqu'ici. Nous avons néanmoins eu l'occasion de recevoir la facture du mois d'Avril et nous l'avons pris comme référence. Sur cette facture, nous avons constaté que chaque station-service a deux contrats d'abonnement à savoir 30 A pour la boutique et 30 A pour la piste. Nous avons établie un bilan de puissance et avons remarqué que la puissance souscrite a été surdimensionnée. Nous nous sommes référés sur la puissance installée au niveau des stations et de la fiche tarifaire de la SONABEL [annexe 3] pour faire une révision du contrat d'abonnement. En calculant le facteur de puissance avec les puissances installées, nous avons les résultats suivants :

$$\cos \varphi = \frac{\text{puissance active}}{\text{puissance apparente}} \quad 2$$

$$\cos \varphi = \frac{20,26}{24,25} = 0,84$$

De ce résultat, nous pouvons dire que le facteur de puissance est normal donc pas de batteries de condensateurs à installer (voir annexe pour les autres cas) et qu'il revient à chaque station de revoir son contrat d'abonnement avec la SONABEL car elle paye chaque mois les primes fixes et les redevances qui sont énormes. Au cas où chaque station revoyait son contrat d'abonnement par rapport à ce qui est installé, on aura le tableau suivant :

Désignation	Puissance installée (KVA)		Prime fixe (FCFA)		Redevance (FCFA)	Gains annuels (FCFA)
	boutique	piste	boutique	piste		
station avenue Charles De GAULLE	15	6	10613	21224	148	383417
station camp fonctionnaire	17	7,25	5306	21224	144	320136

**Tableau 5:** gains annuels sur la facture électrique

### III-1-3 Calcul du bilan thermique des différentes stations services

➤ **Détermination des COP des différents appareils**

Nous avons effectué les différentes mesures suivantes afin de valider ou non le bon fonctionnement des climatiseurs installés :

La vitesse de soufflage à l'aide d'un anémomètre ;

La température (de soufflage, de l'ambiance) et l'humidité relative à l'aide d'un thermocouple et d'un hygromètre respectivement ;

La surface de soufflage à l'aide d'un décimètre.

Pour les splits système SHARP, nous avons eu :

Vitesse de soufflage : 1,6 m/s

Surface de soufflage :  $S = 0,085 * 1 = 0,085 \text{ m}^2$  avec 0,085 étant la largeur et 1 la longueur

Masse volumique (de l'air) :  $\rho = 1,29 \text{ kg/m}^3$

	Température (°C)	Humidité relative (%)	Enthalpie (kJ/kg as)
Soufflage	19,8	34,5	32,4
Ambiance	34,5	27,3	58,6

**Tableau 6** : calcul de l'enthalpie au soufflage et dans l'ambiance

La puissance frigorifique est donnée par la formule :

$$Q_o = \rho S V \Delta H \quad 3$$

Avec  $\Delta H$  la différence d'enthalpie entre l'ambiance et le soufflage.  $Q_o = 1,2 * 0,085 * 1,6 * (58,6 - 32,4) = 4,275 \text{ kW}$

$$\text{COP} = \frac{\text{Puissance frigorifique}}{\text{Puissance électrique}} \quad 4$$

$$\text{COP} = \frac{4,275}{1,765} = 2,42$$

NB : voir annexe pour les autres cas de figures. [Annexe 4]

Les valeurs calculées du COP ne sont pas toutes comprises entre 2,5 et 3,5 comme valeurs recommandées pour apprécier le bon fonctionnement des climatiseurs fenêtres et des splits systèmes [4]. On peut conclure que soit ces appareils ne sont pas performants (appareils sous dimensionnés), soit ils sont mal entretenus dans la grande partie des boutiques et des bureaux.

La descente sur les lieux de travail nous a permis aussi de prendre les températures (internes et externes) et les humidités relatives pour établir le calcul des charges de climatisation.

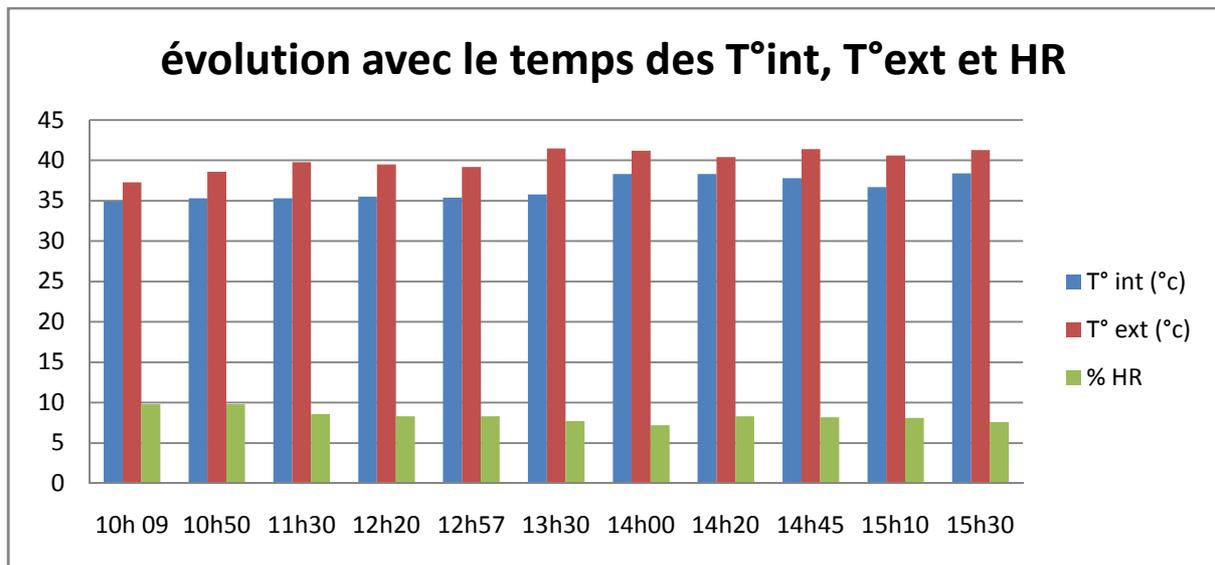
En effet, nous avons eu les différentes valeurs suivantes consignées dans les deux tableaux ci-dessous :

➤ **Station-service Avenue Charles De GAULLE**

Plusieurs mesures nous ont permis d'établir le tableau suivant :

heures	T° int (°c)	T° ext (°c)	ΔT° (°c)	% HR
10h 09	34,9	37,3	2,4	9,8
10h50	35,3	38,6	3,3	9,8
11h30	35,3	39,8	4,5	8,6
12h20	35,5	39,5	4	8,3
12h57	35,4	39,2	3,8	8,3
13h30	35,8	41,5	5,7	7,7
14h00	38,3	41,2	2,9	7,2
14h20	38,3	40,4	2,1	8,3
14h45	37,8	41,4	3,6	8,2
15h10	36,7	40,6	3,9	8,1
15h30	38,4	41,3	2,9	7,6
Moyenne	36,5	40,1	3,6	8,4

**Tableau 7:** températures (int et ext) et humidité relative (station Avenue Charles de GAULLE)



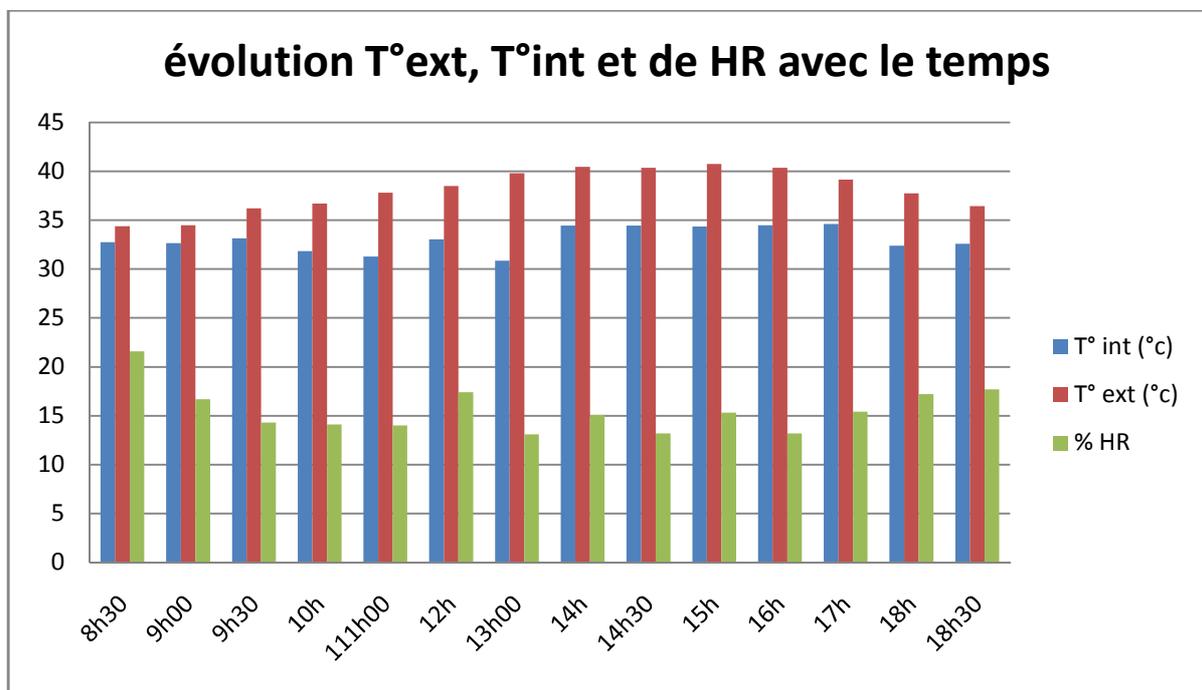
**Figure 4 :** évolution avec le temps des Température intérieure, extérieure et humidité relative

➤ **Station-service Camp fonctionnaire**

De même, nous avons pour la station camp fonctionnaire retenu après plusieurs mesures, le tableau suivant :

heures	T° int (°c)	T° ext (°c)	$\Delta T^\circ$ (°c)	% HR
8h30	32,75	34,4	1,65	21,6
9h00	32,65	34,5	1,85	16,7
9h30	33,15	36,2	3,05	14,3
10h	31,85	36,7	4,85	14,1
11h00	31,3	37,8	6,5	14
12h	33,05	38,5	5,45	17,4
13h00	30,85	39,8	8,95	13,1
14h	34,45	40,45	6	15,1
14h30	34,45	40,35	5,9	13,2
15h	34,35	40,75	6,4	15,3
16h	34,5	40,35	5,85	13,2
17h	34,6	39,2	4,55	15,4
18h	32,4	37,75	5,35	17,2
18h30	32,6	36,45	3,85	17,7
Moyenne	33,1	38,1	5,0	15,6

**Tableau 8 :** températures (int et ext) et humidité relative (station Camp Fonctionnaire)



**Figure 5 :** évolution avec le temps des Température intérieure, extérieure et humidité relative

A première vue, ces deux tableaux nous donne une idée sur le comportement thermique de la boutique car la variation de température interne et externe n'est pas très significative  $\Delta T$  [3,6 ; 5,0] et l'humidité relative de l'air ambiant n'est pas dans la zone requise pour garantir le

confort. Nous avons, à partir de ces températures, des dimensions de la boutique et des bureaux, établi par la méthode simplifiée [5] le bilan thermique de ces boutiques.

➤ **Base de données climatiques et météorologique**

Dans cette partie, nous distinguons les conditions intérieures et extérieures de base.

Ouagadougou étant une ville qui jouit d'un climat tropical désertique, nous avons considéré le mois d'Avril comme mois de base (le mois le plus chaud). Au cours de ce mois, l'heure de base est 14 heures.

**Conditions extérieures de base**

Ces conditions correspondent entre autre à des températures maximales qui pourront être dépassées pendant quelques heures par an au cours du mois de base. Les différentes valeurs sont résumées dans le tableau ci-dessous :

Désignation	Température sèche max (°C)	Température sèche min (°C)	Vitesse du vent (km/h)	Direction du vent	Humidité relative min(%)
Valeur	39	28	2,2	Sud-ouest	30

**Tableau 9:** Conditions extérieures de base, source : NASA, donnée météorologiques <sup>[6]</sup>

➤ **Les charges internes**

Ce sont les conditions normales recommandées en vue du confort thermique dans les boutiques et bureaux. Nous avons choisi pour une journée du mois de base, une température de 24°C et une humidité relative de 60%.

➤ **Les charges externes**

Les charges extérieures concernent les apports de chaleurs par les parois extérieures (murs, toits, plafonds, planchers) et les vitrages. Puis les apports de chaleur par le rayonnement solaire à travers les parois opaques (murs et toitures) et les parois vitrées. En fin les apports de chaleur par le renouvellement d'air et infiltration.

➤ **Apports de chaleur par transmission à travers les parois extérieures et les vitrages.**

Ces apports se calculent par la formule suivante :

$$Q = HSAT \quad 5$$

Avec, H le coefficient d'échange global de la paroi ou du vitrage en (W/m<sup>2</sup>°C) ;

S la surface de la paroi ou du vitrage considéré en (m<sup>2</sup>)

$\Delta T$  étant l'écart de température entre l'air extérieur et l'air intérieur du local (°C).

Dans l'établissement de ces apports, voici les hypothèses prises en compte :

➤ **Les murs**

Les murs sont constitués de maçonnerie agglomérée creux de 15 cm. Pour les différents coefficients de convection extérieure  $h_e$  et intérieure  $h_i$  nous avons considéré  $h_e = 16,7$   $W/m^2\text{°C}$  et  $h_i = 9$   $W/m^2\text{°C}$ . [7]

Le coefficient d'échange global  $H$  des murs est alors calculé par :

$$H = \frac{1}{R} = \frac{1}{h_i} + \frac{1}{h_e} + \sum \frac{e}{\lambda} \quad 6$$

$$H = 1 / (1/16,7 + 2 * 2,5 * 10^{-2} / 0,85 + 0,1 / 0,6 + 1/9) \implies H = 2,52 \text{ W/m}^2\text{°C}$$

-De même, nous avons pour les plafonds une épaisseur de 7mm et  $h_e = 20$  et  $h_i = 11,1$ . On obtient  $H = 1,5$   $W/m^2\text{°C}$

➤ **Les vitres**

Il faut noter que les vitres représentent une grande surface de la face principale de chaque boutique. C'est pour cette raison que ces dernières bénéficient de l'éclairage naturel assez important en journée. La quantité de chaleur traversant le vitrage est :

$$Q_{srv} = F_1 F_2 S R_v \quad 7$$

Avec

$F_1$  le coefficient d'absorption du vitrage ;

$F_2$  le facteur de réduction fonction du mode de protection de la fenêtre ;

$S$  la surface vitrée en  $m^2$  ;

$R_v$  l'intensité du rayonnement solaire sur le vitrage en  $W/m^2$

Ici, nous avons  $F_1 = 0,3$  (vitrage peint en teinte claire) et  $F_2 = 0,67$  car pas de rideau.

Pour le calcul des apports solaires à travers les murs + portes, les planchers et les toitures, le gain calorifique se calcule par la formule suivante :

$$Q = HS \Delta T_f \quad 8$$

Avec

$H$  est le coefficient global d'échange de la paroi. Dans notre cas  $H = 1,91$   $W/m^2\text{°C}$

$S$  est la surface en  $m^2$  de la paroi.

$\Delta T_f$  est l'écart de température suivant l'orientation de la paroi considérée et dont le calcul fait intervenir 4 corrections :

La première correction dépend de l'orientation et de l'heure de base. Elle est notée  $\Delta T_{\text{initiale}}$ .

Pour la deuxième correction, nous avons, suivant que  $T_{eM}-T_{em}=4^{\circ}\text{C}$  et que  $T_{eM}-T_i = 5,5^{\circ}\text{C}$  (avec  $T_{eM}$ ,  $T_{em}$  et  $T_i$  les températures maximale extérieur et ambiante respectivement). Cette valeur de +1 sera ajoutée à la première correction.

La troisième correction est celle due au mois de base et à l'orientation des murs du bâtiment. Elle est notée  $F_e$ . Dans notre cas, elle viendra multiplier la somme des deux premières corrections.

La dernière correction est due à la teinte. Dans notre cas, nous avons les murs de teinte blanc claire ce qui correspond à  $F_{\alpha} = 0,55$ . Nous avons donc en conclusion

$$\Delta T_f = (\Delta T_{\text{initiale}} + 1) * F_e * F_{\alpha}$$

Le tableau ci-dessous présente un récapitulatif des différentes valeurs de  $\Delta T_f$

Orientation	Sud	Ouest	Nord	Est	Toit
$\Delta T_f$ ( $^{\circ}\text{C}$ )	2,83	9,53	6,05	12,79	21,68

**Tableau 10:** récapitulatif des corrections de température suivant l'orientation

➤ **Apport de chaleur par renouvellement d'air et infiltration**

Nous distinguons dans cette partie les gains sensibles et les gains latents ; les gains sensibles par renouvellement d'air sont donnés par la formule :

$$Q_{sr} = 0,33 * q_v * \Delta T \tag{9}$$

Avec

$$q_v = 22 \text{ m}^3/\text{h}/\text{personne}$$

Les gains latents par renouvellement d'air sont donnés par la formule :  $Q_{lr} = 0,84 * q_v * \Delta w$  avec  $q_v = 22 \text{ m}^3/\text{h}/\text{personne}$  puis le diagramme de l'air humide nous permet de lire :  $w_e = 0,005$  la teneur en eau de l'air extérieur (g/kg as) et  $w_i = 0,0045$  la teneur en eau de l'air intérieur (g/kg as)

➤ **Les charges internes**

Les charges internes concernent les apports de chaleurs par les occupants, les appareils et l'éclairage.

➤ **Apport de chaleur par les occupants**

Les gains de chaleur sensible par les occupants sont donnés par :

$$Q_{so} = n C_{so} \tag{10}$$

Puis les gains latents par :

$$Q_{lo} = nC_{lo} \quad 11$$

Nous avons dans notre cas  $C_{so} = 57,73$  W/personne et  $C_{lo} = 78,96$  W/personne. Et n le nombre de personne dans la boutique.

➤ **Apport de chaleur par l'éclairage**

L'apport de chaleur par éclairage est donné par :

$$Q_{écl} = 1,25 * P * N \quad 12$$

Avec P la puissance de la lampe et N le nombre de lampes.

➤ **Apport de chaleur par les appareils et équipements électriques**

Compte tenu du fait que nous sommes dans une boutique et qu'on y trouve des réfrigérateurs, des congélateurs, des calculatrices électriques. Nous avons considéré que des équipements actuellement présents dans les boutiques car il faut noter que certains appareils font objet de beaucoup de déplacement soit pour le dépannage, soit pour de multiples utilisations. Les chaleurs sensibles varient suivant les différents équipements.

Afin de mieux évaluer le bilan thermique, quelques considérations complémentaires ont été faites :

Si la boutique est en contact avec un couloir ou un local non climatisé, alors  $\Delta T = 12^\circ C$ . Si elle est en contact avec un local climatisé, alors,  $\Delta T = 0^\circ C$ . Si par contre elle est en contact avec l'extérieur alors  $\Delta T = 15^\circ C$ . [8]

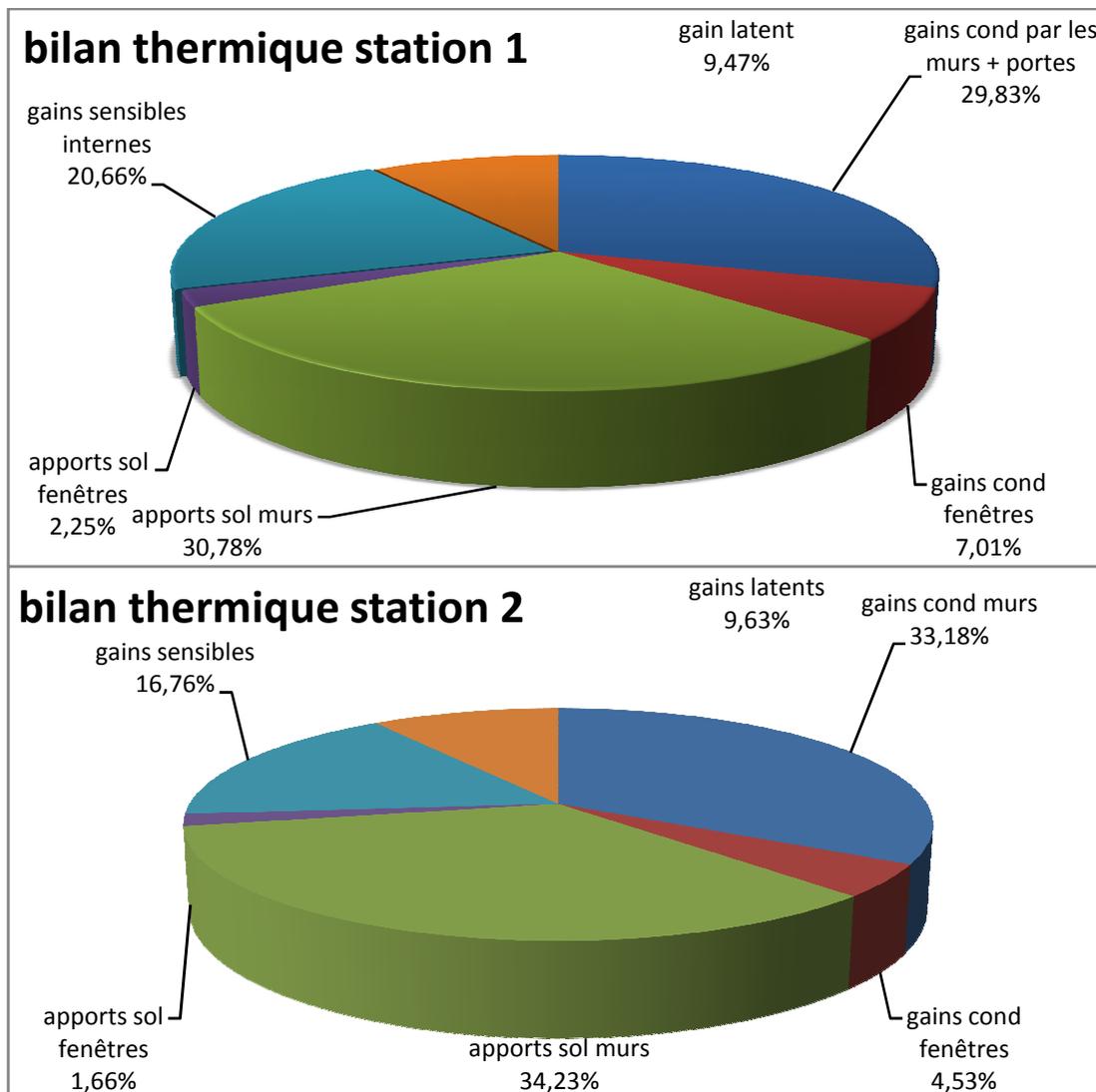
Pour le cas du plancher, nous avons considéré le flux comme nul car la différence de température étant nul ( $\Delta T=0$ ) du fait que les boutiques sont directement en contact avec le sol. [7]

Le calcul du bilan thermique a concerné rien que les boutiques car dans les bureaux, les climatiseurs ne sont pas utilisés pour de multiples raisons (soit le gérant est fumeur et préfère l'utilisation du ventilateur, soit il est en panne et une fois de plus, c'est le ventilateur qui assure le confort thermique. En effet, l'établissement de ce bilan thermique nous permet de savoir dans un premier temps si l'on a du confort dans la boutique puis de connaître la puissance frigorifique des appareils de climatisation à installer dans le cas d'un nouveau système de climatisation.

Faute des plans des stations et par conséquent des boutiques, nous avons effectué nous même à l'aide d'un décamètre des mesures et avons considéré que les murs externes sont faits des parpaings creux de 20 cm puis crépis de part et d'autre d'une épaisseur de 2,5 cm. Les murs de cloison (internes) sont faits de parpaings de 10 et sont crépis de 2,5 cm de part et d'autre. Nous avons donc eu par la méthode simplifiée le tableau suivant :

Postes	Station Avenue Charles De GAULLE (1)		Station camp fonctionnaire (2)	
	Puissance (kW)	Apport (%)	Puissance (kW)	Apport (%)
Apports solaire par les murs	2,7	30,78	4,1	34,23
Gains par conduction par les murs	2,6	29,83	4	33,18
Gains sensibles internes (renouvellement)	1,8	20,6	2	16,76
Gains latent interne	0,8	9,5	1,14	9,63
Gains conduction par les fenêtres	0,6	7,01	0,54	4,53
Apports solaire par les fenêtres	0,2	2,3	0,19	1,66
Total gains (W)	8,7	100	11,9	100

**Tableau 11:** les apports thermiques de chaque poste



**Figure 6 :** bilan thermique des stations Avenue Charles De GAULLE et Camp Fonctionnaire

NB : les détails sur la feuille Excel sont en annexe. [Annexe 5]

Vu ce bilan thermique, nous constatons qu'il faut installer les climatiseurs de puissance 8,7 kW et 11,9 kW respectivement pour espérer avoir du confort dans les boutiques et ce qui est énorme. Cependant, vu le renouvellement d'air, le nombre de machines électriques dégageant la chaleur sans oublier les apports solaires par les murs et le vitrage, ces chiffres font sens. C'est pourquoi nous allons dans la deuxième partie de ce travail étudier un nouveau système de climatisation qui semble plus adapter au type de climat tropical sec comme celui du Burkina Faso.

### **III-1-4 Caractéristiques énergétiques d'une station type.**

Nous avons actuellement une idée de la consommation énergétique et de l'intensité à souscrire auprès de la SONABEL pour une station-service Total type. Suivant cette consommation énergétique annuelle, nous avons évalué la quantité de CO2 dégagee par station. Cette évaluation de l'impact environnemental est faite sur la base suivant : 1 kWh produit 0,88014 Kg CO2e [Source SONABEL, Bilan d'activités 2009].

Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

désignation	Intensité à souscrire (A)	Consommation annuelle (kWh/an)	CO2 dégagee (teqCO2)
<b>Station Avenue Charles De GAULLE</b>	31	74343	65,43
<b>Station camp fonctionnaire</b>	35	136215	119,9

**Tableau 12 :** récapitulatif situation énergétique et de la quantité de CO2 dégagee/ an /station

De même, nous avons récapitulé les postes qui consomment un plus d'énergie.

Postes	Station Avenue Charles De GAULLE		Station camp fonctionnaire	
	Puissance (kW)	Apport (%)	Puissance (kW)	Apport (%)
<b>Éclairage</b>	22,1	30	26,3	19
<b>Compresseur + suppresseur</b>	20,8	28	20,8	15
<b>Congélateurs + réfrigérateurs</b>	14,2	20	62,3	46
<b>Pompes</b>	12,9	17	18,1	13
<b>climatisation</b>	4,1	5	8,9	7

**Tableau 13 :** consommation de chaque poste et leur apport par rapport à la consommation totale de chaque station.

Ce dernier tableau nous montre que quelque soit la station, l'éclairage, les congélateurs et suppresses sont des postes qui consomment plus. Ceci s'explique d'une part par la qualité des lampes utilisées, de la quantité énorme (dimensionnement) et d'autre part, par l'état du vieillissement des congélateurs et réfrigérateurs, de leur temps de fonctionnement et surtout du nombre élevé de ces appareils.

A ce stade de l'étude, nous venons d'avoir une idée bien précise sur la consommation énergétique des stations services « bonjour » en général puis des postes qui consomment plus d'énergie. Nous allons prendre en considération tous ces facteurs pour la conception de l'éco-station.

## **IV CONCEPTION DE L'ECO-STATION**

### **IV-I METHODOLOGIE ET CHOIX TECHNIQUES**

Les changements climatiques liés à la consommation des ressources énergétiques d'origine fossile restent et demeure la préoccupation de tous. A cet effet, pouvoir politique, société civile, entreprises exerçant dans le domaine doivent s'y mettre afin de remédier à la situation. Total n'en reste pas des moindres car pour le Groupe, satisfaire la demande en énergie des prochaines décennies, c'est développer des investissements dans les filières complémentaires du pétrole et du gaz, promouvoir des alternatives efficaces aux plans économiques et environnemental. L'objectif de cette partie est d'étudier la faisabilité des matériaux de constructions économes en énergie, l'utilisation des appareils moins énergivores, et en fin l'intégration des énergies renouvelables dans la consommation énergétique des stations-services Total.

Nous allons pour commencer, étudier les matériaux de construction permettant de limiter au maximum les apports externes (solaires) afin de minimiser les charges frigorifiques, analyser un nouveau système d'éclairage plus économe en énergie puis nous finirons par un dimensionnement de système panneau photovoltaïque pour l'alimentation de quelques postes consommateurs d'énergie (éclairage et la climatisation de la boutique) stations-services en énergie solaire.

## IV-2 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

Les apports de chaleurs par les parois sont généralement considérables dans les bâtiments. Il est donc primordial d'assurer un pouvoir isolant important des différentes parties de la boutique (la toiture, les murs, les planchers les ouvertures,...etc.)

Il est donc question pour nous d'adopter des procédés concrets pour réduire les apports par conduction et les apports solaires. Ceci nous permettra de réduire les charges de climatisation et par conséquent la consommation en électricité des équipements de refroidissement.

Pour les murs, nous avons compte tenu d'une importance masse du volume de matériaux qu'occuperait la boutique, et de son impact sur l'environnement fais le choix plus économe et écologique.

- Avec l'aide du bureau d'étude **Zi matériaux** nous avons fais un recensement des matériaux de constructions existantes puis nous avons fais le choix de ceux qui ont une faible conductivité thermique afin de mieux isoler le local à climatiser. On a :
  - Parpaings qui en plus de leur durée de vie élevée, stockent beaucoup de chaleur en journée qu'ils rejettent dans le bâtiment dans la nuit. La mise en œuvre ces derniers nécessite de l'espace occasionnant beaucoup de déchets.
  - Brique en terre comprimé (BTC) qui nécessite des matériaux naturels pour leur mise en place moyennant très peu d'énergie puis donne une très belle architecture.
  - Bloc de latérite taillée (BTL) elle utilise aussi des matériaux naturels et ne nécessite presque pas d'énergie pour les produire. Les caractéristiques de ces matériaux sont consignées dans le tableau suivant :

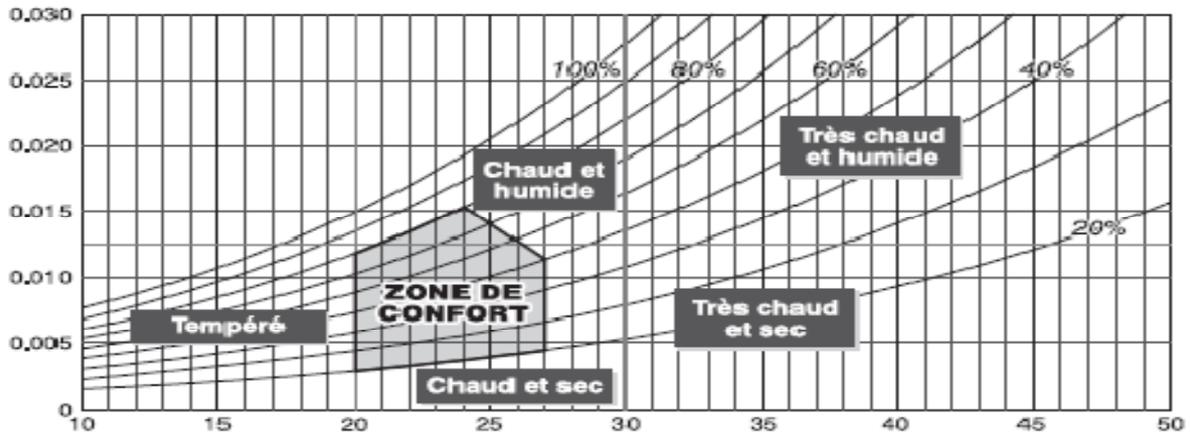
	Conductivité thermique (W/m.K)	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )
Béton	1.75	2200
Brique de Terre comprimé	1.05	1700-1900
Bloc de Latérite taillé	0.86-0.89	2271

**Tableau 14** : caractéristiques des matériaux de construction

Avec une étude faite ici même à Ouagadougou par l'ONG Developement Workashop France et Developement Workashop Burkina Faso sur la « promotion et la vulgarisation des matériaux locaux de construction au Burkina Faso », notre choix s'est porté en fin sur les BTC et les BLT contrairement aux parpaings utilisés pour la construction des stations au jour d'aujourd'hui et donc la conductivité thermique est très élevée par rapport aux deux matériaux choisi.

- Pour ce qui est de la climatisation, nous avons plusieurs paramètres qui entrent en jeu (la température, l'humidité relative, ...etc.).

Concernant la température, les enquêtes menées dans différents endroits du globe ont permis de définir une zone de confort dans les régions tropicales sèches. La figure ci-dessous nous donne une idée (température en abscisse et humidité absolue en ordonnée) :



**Figure 7 :** zone de confort en région tropical (source : Claessens et al. 1996)

Il faut noter que cette plage n'est pas malheureusement identique à celle déterminée à Ouagadougou par **Latévi Florentine LAWSON en 1991** puis par **MINANE Jacques Rémy en 2010** (rapport de mémoire 2iE). D'après LAWSON, la plage de confort est comprise entre 28 et 35°C avec une humidité relative de 30 à 68% tandis que MINANE a trouvé lors de ses travaux de fin d'étude une plage de confort entre 26 et 29°C avec une humidité relative comprise entre 30 et 80%. Ces deux résultats ne coïncident pas et sans toute fois entrer dans les détails, nous pouvons dire que les résultats fournis par LAWSON ont été un peu exagéré car déjà à 34°C, la population commence à se plaindre de la chaleur. C'est pour cette raison que nous allons pour la suite opter pour la plage de température de 26 à 29°C.

L'humidité relative de l'air qui a des répercussions directes sur certaines fonctions de l'homme. Pour des températures comprises entre 18 et 25 °C, l'humidité relative peut varier sans inconvénient entre 30 et 70 % voire 80% ([www.afsse.fr](http://www.afsse.fr)).

En ce qui concerne l'éclairage, il n'est plus à rappeler que dans le bâtiment, c'est un des postes qui consomme plus d'énergie. Au niveau des stations-services, c'est le poste qui consomme plus d'énergie du fait de sa d'un mauvais choix des luminaires, de l'utilisation des ampoules à incandescences et des ampoules à sodium Haute pression avec une très forte puissance, bref un mauvais dimensionnement a été constaté tant au niveau de la boutique

qu'au niveau de la piste. Le tableau ci-dessous représente un résumé technique de quelques sources lumineuses :

<b>Lampes</b>	<b>IRC</b>	<b>Efficacité lumineuse (lm/W)</b>	<b>Durée de vie (heures)</b>
<b>Incandescence</b>			
Standard	100	10-15	1 000
Tungstène-halogène BT	100	15-20	2 000
<b>LFC</b>			
Ballast magnétique	85	50	8 000
Ballast électronique	85	45-65	8 000
<b>A décharge</b>			
Halogènes metal.	75-95	65-100	6 000
Vapeur de mercure HP	30-60	40-60	20 000
Sodium HP	20	80-130	20 000
Sodium BP	monochrome	100-200	12 000

**Tableau 15 :** caractéristiques techniques de quelque source lumineuse (source : énergie+, critères de performance visuelle et de sécurité)

Nous avons par la suite porté notre choix sur les lampes fluorescentes à ballasts électroniques au niveau de la boutique et la piste puis des sodiums hautes pressions (SHP) au niveau des lampadaires pour l'éclairage externe de la station.

## **IV-3 RESULTATS**

### **IV-3-1 Confort thermique**

#### ***IV-3-1-1 Matériaux de construction***

Avant de passer au dimensionnement des humidificateurs rafraîchisseurs d'air, nous allons d'abord faire le choix du matériau de construction.

En effet, la construction des locaux représente une préoccupation importante pour les pays africains car plusieurs de ces pays sont situés dans la zone intertropicale. Le rayonnement

solaire direct étant très intense et peut atteindre  $800 \text{ W/m}^2$  sur une surface horizontale [9]. La faible humidité relative couplée à l'absence de nuages provoque de larges amplitudes de températures. Le choix du site d'implantation est le premier facteur garantissant une conception architecturale thermiquement performante bien qu'il n'affecte ni les températures ni les humidités, mais il a un effet non négligeable sur le vent, la pluie et le rayonnement solaire. Un choix judicieux des matériaux de construction participe à la réduction des températures de l'air extérieur à l'intérieur des locaux ; leurs effets dépendent de la résistance thermique et de la capacité calorifique. Les parois et le renouvellement de l'air sont les principales sources de déperditions thermiques dans une construction. Il faut donc réduire les besoins en assurant une bonne étanchéité à l'air (isolation) et une bonne aération en privilégiant la ventilation naturelle. La conception du bâtiment doit mettre en œuvre les principes simples, basés sur le bon sens et qui ont prouvé leur efficacité dans les constructions anciennes. Elle doit être adaptée aux besoins saisonniers et minimiser les déperditions. Ainsi, nous dirons que l'architecture en Afrique doit prendre en compte les dispositions suivantes :

L'utilisation des matériaux massifs pour augmenter l'inertie thermique ;

La prévision des vitrages performants qu'il faut protéger par des volets, des stores et des casques tout en privilégiant l'éclairage naturel des espaces ;

La limitation des charges internes par utilisation de matériel électrique performant ;

L'utilisation des dispositifs de protection tels que toiture opaque, casquette, etc....

Ces matériaux locaux en plus d'être écologiques, sont disponibles à Ouagadougou et à de très bon prix par rapport aux constructions classiques (parpaings). En ce qui concerne notre cas particulier, nous avons choisi deux matériaux locaux donc les caractéristiques thermiques favorisent une bonne isolation par rapport aux parpaings utilisés aujourd'hui. Le tableau ci-dessous nous donne ces caractéristiques :

Matériaux	Dimensions (cm)	$\lambda$ (w/m°K)	Prix (F cfa) l'unité	disponibilité
BTC (dosé à 8%)	29,5*14*9,5	1,15	150	Ouagadougou
BLT (près à l'emploi)	13*17*30 à 35	0.86-0.89	100	Ouagadougou
Parpaing creux	20*20*40	1,75	350	Ciment Exporté

**Tableau :** caractéristiques thermiques des BTC et BLT [annexe 6]

En prenant en considération ces nouvelles caractéristiques des matériaux de construction et les conditions de confort souhaitées (voir feuille Excel en annexe), nous avons eu d'après le

nouveau bilan thermique la puissance frigorifique de 7967,72 W soit 8kW [annexe 6'] à installer. Ce qui nous permet de réduire de 4 kW.

#### ***IV-3-1-2 Le rafraîchissement par évaporation.***

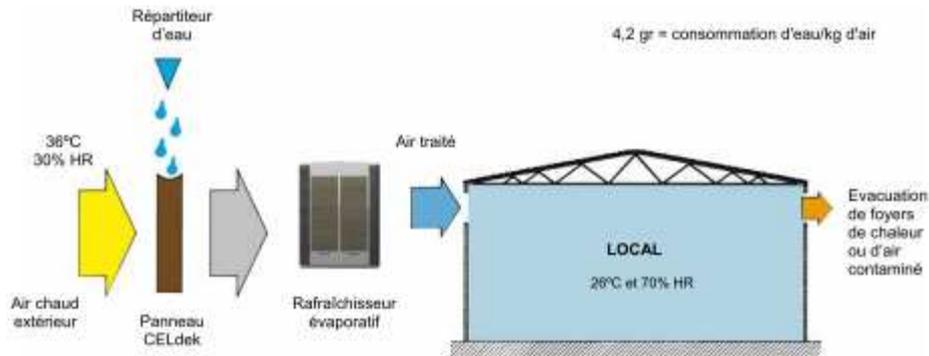
L'on se demande toujours pourquoi la température est plus basse à côté de la mer en période de fortes chaleurs ? C'est tout simplement parce que l'énergie nécessaire à l'évaporation de l'eau est extraite de l'air chaud qui en conséquent se refroidit. Ce principe naturel permet donc de rafraîchir l'air dès que sa température augmente : on parle ainsi de rafraîchissement d'air par évaporation ou bien de climatisation naturelle et écologique (bioclimatisation).

Nous allons dans cette partie dimensionner ce système de climatisation comparativement aux systèmes classiques utilisés dans les stations « d'aujourd'hui ». Parce que nous sommes dans un pays où il fait abondamment chaud (9 mois de saison sèche sur 12), ce système de rafraîchissement y est la bienvenue et encore plus dans les milieux où le renouvellement d'air est excessif comme le cas dans les boutiques Total. Il gagne en efficacité avec l'augmentation de la température extérieure. Au-delà de 30°C avec une humidité moins élevée, l'air peut se refroidir de plus de 10°C, ce qui se traduit par un rendement de rafraîchissement très efficace. Aujourd'hui, nous avons plusieurs procédés de refroidissement par les humidificateurs : les humidificateurs laveurs d'air, les atomiseurs centrifuges et les ventilo-humidificateurs qui feront l'objet de cette partie.

#### **I-2-1 principe de fonctionnement du ventilo-humidificateur**

Par définition, le refroidissement par évaporation est un processus adiabatique à enthalpie constante. Il consiste à diminuer la chaleur que nous percevons (chaleur sensible) et augmenter la chaleur que nous ne percevons pas et que nous évacuons par ventilation (chaleur latente). Bref c'est un processus qui ne demande pas de variation de chaleur.

Le principe est simple et consiste à faire circuler à une vitesse basse dans un panneau hygroscopique un débit d'air à une température (ext) et une humidité relative. Il en résulte que l'air évapore une partie de l'eau en transformant une partie de la chaleur sensible en chaleur latente sans aucune variation de l'enthalpie ou de la chaleur totale. Il en résulte qu'à la sortie, l'air diminue sa température pour atteindre les valeurs plus faibles de température et d'humidité relative.



**Figure 8** : principe de rafraîchissement par évaporation

Nous allons nous référer aux données prises lors de notre descente sur le terrain pour effectuer notre dimensionnement.

### I-2-2 Dimensionnement de l'humidificateur rafraîchisseur d'air

Nous allons ici déterminer le débit d'air à souffler dans la salle et à partir de ce débit, nous allons choisir l'appareil correspondant.

➤ **Calcul du débit volumique d'air à souffler**

Contrairement aux autres boutiques où la superficie est de 50 m<sup>2</sup>, celle du camp fonctionnaire est de 75 m<sup>2</sup> et a un volume de 210 m<sup>3</sup>. Sachant que les besoins des locaux dictent les débits d'air nécessaires à leur refroidissement (confort), la charge frigorifique sensible d'un local à refroidir à la température  $T_i$  sachant que la température de soufflage  $T_s$  s'évalue par la formule :

$$Q = 0,34 * q_v * (T_i - T_s) \quad 13$$

D'où

$$q_v = Q / (0,34 * (T_i - T_s))$$

**0,34** est la capacité calorifique de l'air en Wh/m<sup>3</sup>K

**q<sub>v</sub>** est le débit volumique de ventilation en m<sup>3</sup>/h

**Q** la puissance frigorifique en Watts

**T<sub>i</sub>** et **T<sub>s</sub>** les températures ambiante et de soufflage respectivement.

Compte tenu du fait que pour appliquer cette relation, il faut forcément que toutes les issues soient fermées afin de faire le calcul du bilan thermique, ce qui ne cadre pas avec le principe de fonctionnement du rafraîchissement par évaporation, nous allons donc utiliser le ratio qui

prend en compte le volume de la pièce à rafraîchir. Nous avons donc la relation suivante :  
 $1\text{m}^3/\text{mn}$  du local correspond à  $60\text{m}^3/\text{h}$  d'air à souffler. D'où

$$q_v = 60V \text{ m}^3/\text{h} \quad 14$$

Où  $V$  est le volume de la boutique à rafraîchir et la constante 60 la valeur recommandé par le fabricant [www.coolea.fr, dimensionnement d'une installation] [10]

Nous obtenons alors  $q_v = 12600 \text{ m}^3/\text{h}$ , sur la gamme des ventilo-humidificateurs sur le marché, nous avons des modèles disponibles de  $5.000 \text{ m}^3/\text{h}$ ,  $16.000\text{m}^3/\text{h}$  et  $30.000\text{m}^3/\text{h}$ . en faisant  $q_v/5.000$ , nous obtenons 2 ventilo-humidificateurs ADIABOX ayant chacun un débit d'air de soufflage de  $5.000 \text{ m}^3/\text{h}$ .

➤ **Étude économique des ventilo-humidificateurs de marque ADIABOX.**

La puissance de ces appareils est  $P_1 = 300 \text{ W}$  chacune soit un total de  $P_1 = 0,6\text{kW}$ . Par contre la station de référence est équipée de deux climatiseurs splits systèmes de puissance  $P_2 = 3,54 \text{ kW}$ . Pour un temps de fonctionnement de 2044h par ans, nous avons les consommations énergétiques respectives  $E_1 = 1226,4 \text{ kWh/an}$  et  $E_2 = 7235,8 \text{ kWh/an}$ . En plus, le système de rafraîchissement a besoin d'eau pour son fonctionnement ce qui fait que nous avons pris en compte la consommation annuelle en eau.

En effet,  $1\text{m}^3/\text{h}$  d'air à rafraîchir nécessite en moyenne  $1\text{mL}$  d'eau pour son fonctionnement ce qui correspond à un volume de  $5 \text{ L}$  pour  $5000\text{m}^3/\text{h}$  soit  $10 \text{ L}$  pour  $10.000\text{m}^3/\text{h}$  (deux appareils). Pour un temps de fonctionnement de 8h en moyenne par jour, il faudra  $80\text{L}$  d'eau par jour pour un débit d'air de  $80.000\text{m}^3/\text{j}$  soit  $21600 \text{ L/an}$ . Or la station paie  $1\text{m}^3$  d'eau à 1040 FCFA à l'ONEA. Donc pour  $21,6\text{m}^3$ , elle paiera 22464 FCFA. Et la consommation du ventilo-humidificateur sera finalement  $C_1 = 217.462 \text{ FCFA}$  pendant que la consommation des climatiseurs traditionnels s'élève à  $C_2 = 1.150.492 \text{ FCFA}$ . Le rapport de ces deux consommations nous montre que le système de rafraîchissement par évaporation consomme 5,3 fois moins que le système classique.

Le coût d'investissement étant de 9 millions [10'] pour l'achat et l'installation des deux appareils, nous pouvons estimer un temps de retour sur investissement de 6,6 ans.

La durée de vie des appareils étant de 30 ans, nous avons évalué les économies réalisées durant cette durée de:  $E = (30-6,6)*(C_2-C_1) = 21.832.902\text{FCFA}$ .

### IV-3-2 Éclairage

L'éclairage des stations n'est pas toujours parfait et surtout celle de l'extérieur où nous avons rencontré beaucoup d'irrégularités. Ayant constaté que toutes les lampes fluorescentes

utilisées ici sont avec ballasts électromagnétiques et par conséquent consomment beaucoup d'énergie, nous allons les remplacer avec les lampes avec ballasts électroniques qui en plus d'être moins énergétivores (20 à 30% moins consommatrice que des lampes avec ballasts électromagnétiques) [11], ont une durée de vie assez importante (16000-24000h). Pour ce qui est des lampadaires utilisés pour l'éclairage externe, compte tenu du fait que l'éclairage n'est pas uniforme et ne respecte pas souvent la valeur recommandée (valeur comprise entre 20 et 30 lux)[12], nous avons donc décidé d'utiliser les lampes SHP de 100 W au lieu de 250 W. A l'aide des logiciels Dialux et Osram, les résultats nous ont permis d'uniformiser les distances entre les lampadaires puis d'avoir un éclairage uniforme de 31 lux [annexe 6, résultats dimensionnement]. Le tableau ci-dessous nous donne les économies réalisées en utilisant les lampes économiques.

Désignations	Consommation (kWh/an)		Coût (159FCFA/ kWh)		économies	Pourcentage (%)
	Avant (250W)	Après (100W)	Avant	Après		
<b>Ampoule fluocompact (SHP)</b>	6879,25	2751,7	1093800,75	437520	656280,75	60
	45 W (à ballasts électromagnétique)	13,5 W (avec ballast électronique)				
<b>Lampes fluorescentes</b>	19001,56	5282	3021248,04	839838	2181410,04	72,2
<b>Total</b>	25880,81	8033,7	4115048,79	1277358	2837690,79	69

**Tableau 16 :** économie sur l'amélioration de l'éclairage de la station.

L'utilisation des lampes fluorescentes avec ballasts électroniques et ampoules fluocompacts de 100 W nous permet de faire des économies de 69% de la consommation en éclairage de la station soit un gain économique de **2.837.690,79 FCFA**.

## V- INTRODUCTION DU PHOTOVOLTAÏQUE DANS LA CONSOMMATION ELECTRIQUE DE L'ECO-STATION

### V-1 INTRODUCTION

La lutte contre le changement climatique reste et demeure la préoccupation majeure de tous. Développer les solutions alternatives de production d'énergie reste jusqu'ici l'unique gage pour préserver notre environnement et par conséquent celui des générations futures. Parmi ces solutions, le soleil est celle qui a connu des avancées technologiques significatives considérables. En effet, le soleil brille depuis quelques milliards d'années mais en tant que source d'approvisionnement énergétique, il n'en est qu'au début de son histoire. Le rayonnement solaire reçu par la terre représente entre 6000 et 10.000 fois l'énergie consommée actuellement par toute la planète.

Ce pendant, la plupart des pays africains et en occurrence le Burkina Faso dispose d'un potentiel énergétique solaire énorme presque pas exploité (74% du continent reçoit un ensoleillement moyen annuel supérieur à 1900kWh/m<sup>2</sup>/an et dispose d'environ 25% de la biomasse totale mondiale [13]). Dans l'absolu, nous disposons donc, avec l'énergie solaire, un réservoir inépuisable d'énergie. Il suffirait d'en « prélever » une infime partie pour couvrir L'intégralité de nos besoins en énergie et de ceux des générations futures. En théorie, les systèmes photovoltaïques pourraient convertir en électricité jusqu'à 84 % de l'énergie des photons (ces « paquets de lumière » envoyés par le soleil) au lieu de 15 % à 20% aujourd'hui [14]. Ces chiffres donnent la mesure du potentiel ultime de cette ressource renouvelable, abondante, non émettrice de gaz à effet de serre dans sa phase d'utilisation et quasiment exempte de toute autre nuisance.

Autant d'atouts qui en font une priorité pour relever les défis énergétiques du XXIe siècle. Cependant, le solaire va encore demander des investissements humains, financiers et technologiques considérables pour tenir toutes ses promesses. L'objectif de cette partie est de mesurer l'impact de l'intégration des panneaux voltaïques dans la consommation énergétique des stations-service Total.

## IV-2 DIMENSIONNEMENT DES SYSTEMES PHOTOVOLTAIQUES

Dimensionner un système photovoltaïque, c'est déterminer en fonction des sollicitations telles que l'ensoleillement et le profil de charge, l'ensemble du générateur photovoltaïque afin de garantir une bonne fourniture d'énergie. Il faut donc pour nous de déterminer:

- La puissance crête du champ de module
- la capacité de stockage
- éventuellement la puissance d'un convertisseur
- l'inclinaison des modules
- la puissance du générateur
- la puissance du générateur
- la tension d'utilisation.

### IV-2 -1 Principe et données de base

#### IV-2-1-1 Principe de base

Il faut réduire les consommations sans réduire le service rendu. Pour cela il est conseillé de :

- n'utiliser le générateur photovoltaïque que pour l'électricité spécifique (éclairage, télétransmission, force motrice...),
- rejeter les applications thermiques de l'électricité (chauffage, cuisson..),
- Choisir les chaînes les plus courtes,
- Éviter si possible les onduleurs,
- Choisir les récepteurs à haut rendement,
- Unifier le plus possible les tensions CC :
  - \* 12 V pour  $P_c < 150W_c$
  - \* 24 V pour  $150 W_c < P_c < 1000W_c$
  - \* 48 V pour  $P_c > 1000W_c$

#### IV-2-1-2 Données de base

Pour les conditions météorologiques, nous avons choisi d'utiliser les données fournies par la NASA avec pour année de référence 1990. Ces données sont consignées dans le tableau ci-dessous.

Source de donnée : NASA-SSE Monde												
Altitude	262 m											
Latitude	12° 21' 52'' N											
Longitude	-1° 32' 1,91'' O											
Année de référence	1990											
Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D

Ensoleillement (kWh/m <sup>2</sup> .j)	5,47	6,36	6,44	6,39	6,28	6,11	5,72	5,36	5,78	5,89	5,69	5,36
Température (°C)	27,5	29,9	33,9	35,4	32,8	29,4	26,7	26,3	27,7	30,6	31,1	28,1
Vent (m/s)	1,1	1,1	2,5	2,2	2,8	2,5	2,2	1,9	1,4	1,1	0,6	0,3
Humidité (%)	29	32	39	57	69	77	82	85	82	73	58	37

**Tableau 17** : Données d'ensoleillement de Ouagadougou (NASA) [15]

➤ **Méthodes de dimensionnement**

Pour le dimensionnement du système PV, nous avons opté pour la méthode simplifiée. Elle nous permet de calculer la taille du générateur de notre champ PV et la capacité des batteries de stockage de l'énergie manuellement.

➤ **Évaluation de la consommation journalière**

Dans la nouvelle station à construire, nous avons choisi certains postes de consommation d'énergie au niveau de la boutique afin de les alimenter directement par les PV. Le tableau ci-dessous donne un récapitulatif de ces différents postes :

boutique				
désignation	nombre	puissance (W)	temps fonctionnement (h/j)	énergie consommée (Wh/j)
éclairage	22	9	12	2376
ventilo-fraîcheur	2	300	10	6000
Total	C <sub>j</sub> =			8376

**Tableau 18** : calcul de la consommation journalière

Le tableau ci-dessous représente les différents appareils à installer avec leurs caractéristiques :

désignation	Puissance	Tension (V)	Rendement (%)	Intensité (A)	Capacité (Ah)
Modules PV (Wc)	200	24	12,2	7,47	
Régulateur (kW)	4	48	90	60	
Batterie		12	85		90
Onduleur (kW)	3	48	95		

**Tableau 19** : caractéristiques des différents appareils

➤ **Calcul de la puissance crête (P<sub>c</sub>)**

Nous avons effectué le calcul sur le mois le plus défavorable (décembre, E<sub>j</sub> = 5,32 kWh/m<sup>2</sup>/j) à l'aide d'une formule du type :

$$P_c = \frac{C_j}{(K \cdot E_j)} \quad 15$$

Avec :

C<sub>j</sub> = Consommation (Wh/j)

$E_j$  = Énergie incidente sur le plan des modules (kWh/m<sup>2</sup>/j) (ensoleillement)

$K$  = Facteur de correction englobant les divers rendements ainsi qu'un coefficient de sécurité.

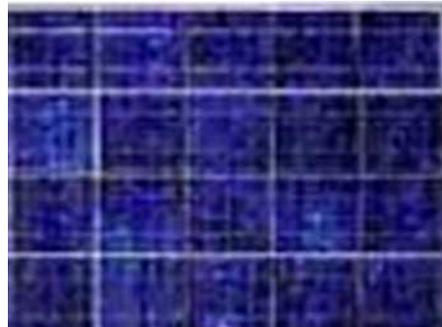
Il est en général compris entre 0.55 et 0.65.

On a  $P_c = \frac{8376}{(0,58*5,5)} = 2619,38 \text{ Wc}$

**$P_c = 2,6 \text{ kWc}$**

➤ **Caractéristiques des modules :**

- Fabricant : PVT Austria
- Modèle : PVT-2xxAE-C\_200
- Puissance crête : 200Wc
- Tension module : 24V
- Intensité de court circuit : 7,47A
- Rendement : 12,2%
- Surface module : 1,6 m<sup>2</sup>



**Figure 9 : module polycristallin**

➤ **Réseau de modules**

Le nombre de modules à mettre en série est déterminé par la tension d'utilisation :

$$N_s = \frac{U_s}{U_{mod}} \quad 16$$

Avec  $U_s$  la tension d'utilisation et  $U_{mod}$  la tension de module

$$N_s = \frac{48}{24} = 2 \text{ modules}$$

Le nombre de module à mettre en parallèle est déterminé à partir de la puissance crête

$$N_{\text{parallèle}} = \frac{P_c}{(P_c \text{ module} * N_s)} \quad 17$$

$$N_{\text{parallèle}} = \frac{2619,38}{(100 * 2)} = 6,55 \text{ soit } 7 \text{ chaînes}$$

Nous avons donc comme caractéristiques du champ :

- Puissance Totale : **2,6 kWc**
- Tension de sortie : **48 V**
- Intensité délivrée : **52,3 A**

➤ **Dimensionnement de la batterie de stockage**

La détermination du parc batterie est réalisée à partir de la prise en compte d'un certain nombre de jours d'autonomie à assurer dans des conditions de production nulle.

Les corrections suivantes sont souvent apporter:

- correction due à la profondeur de décharge (dM) 60%
- correction due au rendement énergétique de la batterie  $\eta_{acc} = 85\%$

- correction en température. La capacité d'une batterie décroît avec la température ambiante. A partir de 25°C, la décroissance est d'environ 1% par °C

La tension d'utilisation étant de 48 V, nous aurons 4 batteries de 12 V chacune montées en série. La capacité totale de notre batterie sera donc :

$$C(Ah) = \frac{C_j \cdot \text{autonomie}}{(V_{acc} \cdot \eta_{acc} \cdot dM)} = 342,2 \text{ Ah} \quad 18$$

Nous avons choisi la batterie dont les caractéristiques sont les suivantes :

- Fabricant : Solariflex
- Modèle : batterie AGM étanche Victron 12V- 90Ah
- Profondeur de décharge :dM = 60%
- Tension 12V DC
- Capacité unitaire : 90 Ah
- Rendement : 85%



Figure 10 : batterie de stockage

➤ **Choix de l'onduleur**

L'onduleur est choisi de sorte que la puissance des charges lui soit inférieure :

$$P_{\text{ond}} > P_{\text{installée (charges)}}$$

La puissance installée étant de 2,8 kW, on a donc effectué le choix d'un onduleur de puissance 3kW donc les caractéristiques sont les suivantes :

- Fabricant : Solariflex



Figure 11 : onduleur

- Modèle : onduleur électrique autonome
- Conception modulaire au standard 19'' (rack 19''-5U)
- Puissance : 3000W
- Tension de sortie : 230V AC monophasé
- Tension d'entrée : 48V DC, 110V DC, 220V DC
- Rendement 0,95
- Écran LCD
- Bus de terrain lonworks

➤ **choix du régulateur**

C'est le rapport entre la puissance installée et la tension d'utilisation.

---

$$I_{min} \geq \frac{P_{installée}}{U_s} = \frac{2800}{48} = 58,3 \text{ A}$$

19

Avec  $U_s$  = tension d'utilisation

**Caractéristiques du régulateur :**

- Fabricant : Solariflex
- Modèle : régulateur 12/48V-60A
- Tension : 12-48V
- Courant nominal solaire : 60A
- Puissance maximale : 4 kW
- Rendement : 90%

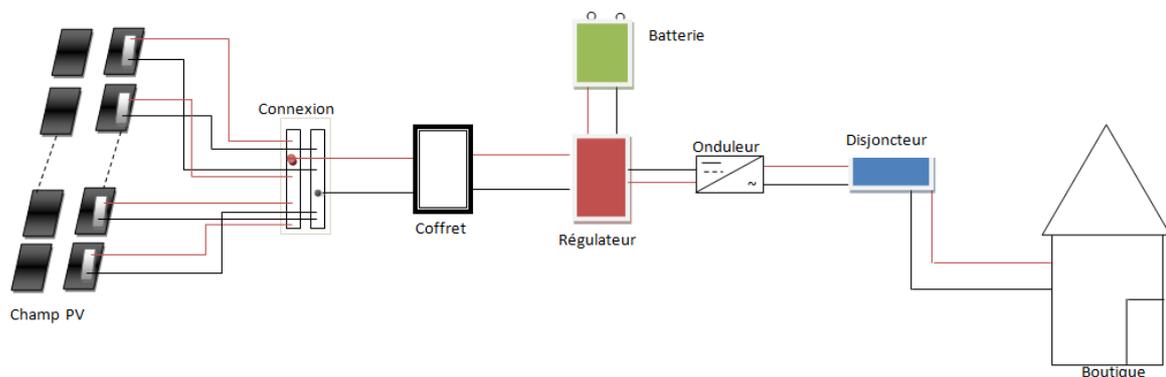


**Figure 12 : régulateur**

➤ **Choix des protections**

Pour la protection de nos équipements, nous allons placer un coffret contenant un parafoudre et un sectionneur entre le champ PV et le régulateur. Ce coffret permettra la maintenance sur la batterie, le régulateur et l'onduleur PV. Puis un disjoncteur qui aura pour rôle la protection de notre champ PV contre les surcharges éventuelles (notamment le court-circuit). Il sera placé au niveau du point d'injection de l'onduleur au réseau. Voir annexe pour les caractéristiques. [Annexe 7]

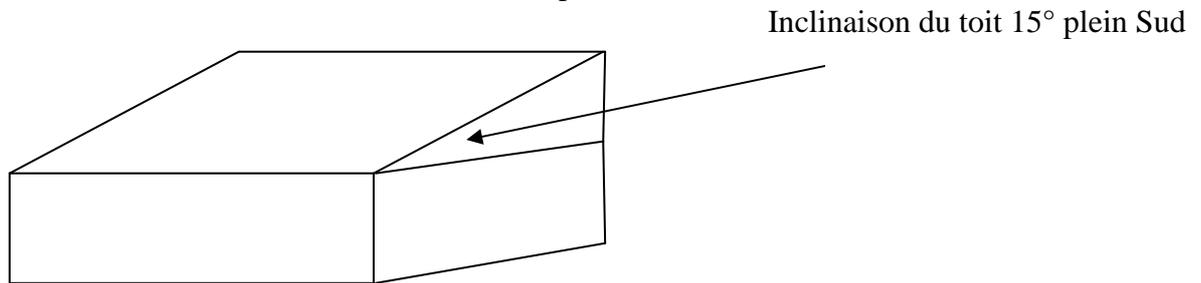
➤ **Le schéma général de l'installation se présente comme suit :**



**Figure 13 : Schéma général de l'installation**

➤ **Disposition des panneaux sur le toit de la boutique.**

Le site d'implantation de l'éco-station sera situé à Ouagadougou (latitude 12,4° C). Les panneaux PV seront inclinés d'un angle de 15° par rapport à l'horizontal et orientés plein Sud pour avoir un meilleur ensoleillement sur le champ PV.



**Figure 14** : disposition des panneaux sur le toit de la boutique

### V-3 ÉTUDE ECONOMIQUE ET ENVIRONNEMENTALE

#### V-3-1 Aspect économique

Le tableau ci-dessous représente les dépenses financières effectuées dans le cadre de notre de notre projet.

désignation	Prix unit	nombre	montant
PV	459 200	14	6 428 800
onduleur	1 200 000	1	1 200 000
batterie	342 157	4	1 368 627
régulateur	386 484	1	386 484
Armoire de commande (protection+commutation)	469 230	1	469 230
supports+ câbles	381 700	1	381 700
		TOTAL HT	10 234 841

**Tableau 20** : coût du projet photovoltaïque

La production mensuelle moyenne de notre champ PV est estimée 251,3 kWh, soit une production annuelle de 3015,6 kWh/an.

En prenant le prix du kWh de 159 FCFA, nous avons donc une réduction annuelle de la facture électrique de notre station service de **479480 FCFA**.

➤ **Evaluation du temps de retour sur investissement**

En supposant que la durée de vie des PV est de 20 ans et en prenant un taux d'inflation de 2,5%, nous avons estimé le TRI de **19 ans** [annexe 8]. Plusieurs paramètres entre en jeu de ce calcul car le prix du kWh d'aujourd'hui ne sera pas le même dans un, ...20 ans.

#### V-3-2 Aspect environnemental

Comme nous l'avons signalé un peu plus haut, les changements climatiques est un problème qui interpelle aujourd'hui tout le monde entier et nous en sommes conscient.

C'est ainsi que l'un des avantages majeurs de l'installation de notre champ PV est la réduction du taux d'émission des gaz à effet de serre (CO<sub>2</sub>) dans l'atmosphère comparée à une centrale thermique.

En effet, nous notons une réduction annuelle de **CO<sub>2</sub> de 2654,2 kgCO<sub>2</sub>eq** sachant que 1kWh consommée produit 0,88014 kgCO<sub>2</sub>eq. [16], [annexe 9] Ce qui montre bien l'impact positif de ce projet sur notre environnement.

Nous constatons l'utilisation des PV avec stockage à petit échelle ne permet pas de réaliser des économies d'énergie. Ceci se justifie avec les résultats que nous avons effectué : coût d'investissement énorme pour des économies presque insignifiant, un temps de retour d'investissement très élevé et ne nous permet pas d'éviter une quantité important de CO<sub>2</sub>. Nous proposons à cet effet de faire un dimensionnement du système PV injecté au réseau de la station-service à grande échelle afin de pouvoir alimenter un bon nombre de postes consommateurs d'énergie, puis faire des économies financières et qui pourra nous permettre d'éviter une quantité importante des émissions de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère.

### **V-3-3 Abonnement électrique**

En prenant en considération le bilan de puissance que nous avons effectué plus haut puis en tenant compte de nouveaux appareils économe en énergie (lampes fluorescentes avec ballast électronique, Ampoules SHP de 100W, et le nouveau système de climatisation), nous avons les propositions suivantes :

Désignation	Puissance souscrite (KVA)	Intensité correspondante (A)
Station Avenue Charles De GAULLE	18	26
Station camp fonctionnaire	20	30

**Tableau 21** : abonnement électrique pour la nouvelle station (éco-station) [annexe 8']

NB : il faut noter que pour l'éco-station à construire, il faudrait faire un abonnement de 30A au niveau de la SONABEL pour alimenter les deux parties (Boutique et piste) de l'éco-station.

### V-3-4 Caractéristiques énergétiques d'une éco-station TOTAL

Les caractéristiques énergétiques de l'éco-station sont consignées dans le tableau suivant :

Postes	Éco-station	
	Énergie consommée (kWh/an)	Apport (%)
Éclairage	7618	7
Compresseur + supprimeur	20759,2	19
Congélateurs + réfrigérateurs	62287,14	57
Pompes	18032	16
climatisation	1735	2
<b>TOTAL</b>	<b>110431,34</b>	<b>100</b>

**Tableau 22** : situation énergétique de l'éco-station

## VI RECOMMANDATIONS ET PERSPECTIVES

### VI-1 COMPARAISON ENTRE LA STATION ACTUELLE ET L'ECO-STATION

Nous allons dresser un tableau pour établir la comparaison entre la station actuelle et l'éco-station :

Désignation	Puissance installée (kVA)	Intensité correspondante (A)	Consommation énergétique (kWh/an)	CO2 dégagée (TeqCO2)
Station actuelle	24,25	35	136215	119,9
	Puissance à souscrire (kVA)	Intensité correspondante (A)		
Eco-station	20	30	110431,34	97,2

**Tableau 23** : comparaison entre les stations actuelles et l'éco-station

Les résultats figurés dans le tableau ci-dessus proviennent de nos calculs (voir feuilles Excel en annexe).

Par contre, il faut noter que chaque station actuelle dispose de deux abonnements (piste et boutique). Il faut noter cependant que nous avons 60 A pour 42 KVA par station.

### VI-2 RECOMMANDATIONS POUR LA MISE EN ŒUVRE

Bien que la prise des données pour mener cette étude s'est faite avec beaucoup de précision, il serait nécessaire de prendre en considération certaines recommandations afin de pouvoir foisonner les résultats obtenus.

#### VI-2-1 Stations-service actuelle

Comme la majorité des pays africain, l'accès à l'électricité reste un réel souci au Burkina Faso et il serait bénéfique pour tous de bien faire son bilan de charges afin de ne pas sous-dimensionner/sur-dimensionner sa consommation électrique. Par conséquent, nous recommandons une confirmation des résultats ci-dessus avec les factures électriques, du groupe électrogène et des plans des bâtiments que fournira la direction générale de Total.

Puis il faudra revoir le système de climatisation (traditionnel) en place et les remplacer par des humidificateurs rafraîchisseurs d'air qui sont plus adaptés pour le contexte du Burkina Faso. Les climatiseurs traditionnels installés ne permettent pas le confort des occupants. En effet les apports de chaleurs générés par les appareils électriques internes, le renouvellement d'air, sont énormes.

Pour ce qui est de l'éclairage des stations « d'aujourd'hui », nous recommandons l'utilisation des lampes fluorescentes à ballasts électroniques qui ont une durée de vie très longue et sont moins énergétivores.

Nous recommandons une vérification constante des joints du compresseur d'air puis les sérer afin de minimiser au maximum les fuites qui entraînent une consommation énorme d'énergie. Une étude sur l'efficacité énergétique menée par le groupe Schneider Electric a montré qu'il est possible de faire des économies 20% sur le compresseur [Annexe 11].

L'état actuel de certains meubles réfrigérés demande d'être remplacé par des appareils moins consommateurs d'énergies, car ils sont trop vieux et par conséquent très énergivores.

### **VI-2-3 Station-service Total de demain (éco-station)**

Il faut pour la nouvelle station, prendre en considération les recommandations faites sur le matériau de construction, l'éclairage, de la climatisation.

Comme perspectives, nous préconisons d'élargir le champ d'étude à d'autres stations du Burkina Faso ( Bobo dioulasso, Dori, ...) et pourquoi pas dans d'autres pays d'Afrique.

Pour ce qui est du champ PV, il faut veiller à ce qu'il n'ait pas d'ombrage autour de notre installation PV et surtout prévoir un groupe d'appoint qui fonctionnera avec les biocarburants en cas de coupures du réseau SONABEL. Voir dans quelle mesure on pourra alimenter toute la station avec les énergies renouvelables.

## VII- CONCLUSION GENERALE

L'étude que nous venons de mener au niveau des stations services Total à Ouagadougou au Burkina Faso avait pour objectif de mettre sur pied une station d'essence Total plus économe en énergie. Force a été pour nous de constater dans un première temps qu'au niveau des stations services « d'aujourd'hui » d'énormes mesures d'économie d'énergie peuvent être faites et ce depuis la puissance souscrite jusqu'à sa consommation en passant par divers appareils électriques installés. Cette remarque nous a permis dans un second temps non seulement de faire des propositions d'économie d'énergie mais surtout de concevoir un nouveau modèle de station-service d'essence plus économe en énergie.

En effet, pour l'éco-station à construire, l'intégration des énergies renouvelables et en particulier du solaire, l'utilisation des matériaux de construction locaux avec une très grande inertie, des lampes fluorescentes avec ballasts électroniques et ampoules SHP plus économe en énergie, d'un nouveau système de climatisation (rafraîchissement adiabatique) nous a permis de réaliser non seulement des économies financières, mais surtout de limiter de façon très considérable les émissions de CO<sub>2</sub> sans compter l'élimination complète des fluides frigorigènes nocifs mis en jeux par la climatisation traditionnelle (CFC, HCFC, et HFC) dans l'atmosphère. Il serait donc par ailleurs très restrictif de figer le développement des économies d'énergie sur le seul aspect économique même si aujourd'hui, c'est celui qui prime. Nous voudrions quand même rappeler que l'objectif premier voire fondamental de faire des économies d'énergie n'est pas forcément ou seulement de générer des revenus financières mais aussi et surtout de préserver notre environnement.

## VIII- REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] **I.MORNA et D.P. VAN VUUREN**. Modeling global residential sector energy demand for heating and air conditioning in the context of climate change. Energy Policy, 2009, Vol. 37, pp. 507-521
- [2] [www.total.com](http://www.total.com), énergie complémentaires
- [3] cours audit énergétique master spécialisé 2iE 2011, **Yezouma COULIBALY**
- [4] **Francis Simpo** cours technique frigorifique année 2011 2iE,
- [5] **Francis SIMPORE** cours technique frigorifique master 2ème année 2011, **2iE**
- [6] NASA, donnée météorologiques
- [7,9] Cours technique frigo Tome 1B
- [8] **Francis SIMPORE** cours Conditionnement d'air master 2ème année 2iE,
- [9] **A.MOKHTARI et Al.** Architecture et confort thermique dans les zones arides. Revue des Energies Renouvelables. 2008, Vol. 11, n°2 pp.307-315.
- [10] [www.coolea.fr](http://www.coolea.fr), dimensionnement d'une installation de rafraîchissement par évaporation
- [11] [www.ademe](http://www.ademe.fr), variation et gestion de l'éclairage tertiaire et industriel
- [12] [www.ademe](http://www.ademe.fr), variation et gestion de l'éclairage publique
- [13] Concept de « Flexy Energy », 2iE pour une production électrique décentralisée durable
- [14] [www.Total.com](http://www.Total.com), énergies complémentaires
- [15] Données d'ensoleillement de Ouagadougou (NASA)[16]
- <http://www.cirad.bf/fr/bioenergie-mdp.php>, Le facteur d'émission du réseau

CONCEPTION D'UNE STATION SERVICE TOTAL ECOLOGIQUE

VI- ANNEXES

[Annexe 1] bilan de puissance, temps de fonctionnement des appareils et consommation énergétique des stations

Bilan de puissance

4,5

Unités	Désignation	nombres	cosψ	Puissance appelée unitaire Pa (kW)	Puissance installée		coef d'utilisation (ku)	puissance absorbée		coef de simultanéité (ks1)	puissance de feisonnement		coef de simultanéité (ks2)	puissance de simultanéité		tanφ	cosψ	puissance apparente (kVA)
					P(kW)	Q(kVar)		P(kW)	Q(kVar)		P1 (kW)	Q1 (kVar)		P2 (kW)	Q2 (kVar)			
BOUTIQUE	reglette fluoresc 1*36 W	7	0,85	0,045	0,315	0,195	1	0,315	0,195	0,8	5,3704	9,7372	0,7	15,42	14,82	0,76	0,81	21,39
	reglette fluorescentes 1*18 W	2	0,85	0,0225	0,045	0,034	1	0,045	0,034									
	prises 2pT + T10/15 A	5	1	0,23	1,15	0	0,5	0,575	0									
	ventilateurs	2	0,5	0,075	0,15	2,6	1	0,15	2,6									
	climatiseur 2,4 cv	1	0,83	1,765	1,765	1,186	1	1,765	1,186									
	ampoule à incand (éco)	12	0,75	0,075	0,9	7,94	1	0,9	7,94									
	réfrigérateurs	2	0,75	1,124	2,248	0,06	1	2,248	0,06									
	congélateurs	2	0,75	0,12	0,24	0,212	0,5	0,12	0,106									
	Red Bull	1	0,75	1,124	1,124	0,043	0,5	0,562	0,0215									
	Casio progr	1	0,75	0,066	0,066	0,058	0,5	0,033	0,029									
Bureau de gérant	reglette fluoresc 1* 36 W	2	0,85	0,045	0,09	0,055	1	0,09	0,055	0,5	1,0583	1,0425	0,7	15,42	14,82	0,76	0,81	21,39
	reglette fluoresc 1* 18 W	5	0,85	0,0225	0,1125	0,0675	1	0,1125	0,0675									
	prises 2pT + T10/15 A	4	1	0	0	0	0,5	0	0									
	ventilateur	1	0,5	0,075	0,075	0,13	1	0,075	0,13									
	climatiseur	1	0,83	1,765	1,765	1,186	1	1,765	1,186									
	ordinateur portable	1	0,75	0,0741	0,0741	0,65	1	0,0741	0,65									
service de ménage	lampes fluoresc 36 W	16	0,85	0,045	0,72	0,446	1	0,72	0,446	1	0,81	0,502	0,7	15,42	14,82	0,76	0,81	21,39
	lampes fluoresc 36 W	2	0,85	0,045	0,09	0,056	1	0,09	0,056									
				0	0	0	0	0	0									
service de lavage	surpresseur	1	0,82	4,8	4,8	3,35	1	4,8	3,35	0,8	7,328	4,5856	0,7	15,42	14,82	0,76	0,81	21,39
	compresseur	1	0,88	4	4	2,159	1	4	2,159									
	lampes fluoresc 18 W	16	0,85	0,0225	0,36	0,223	1	0,36	0,223									
				0	0	0	0	0	0									
station service	lampes fluoresc 18 W	18	0,85	0,0225	0,405	0,201	1	0,405	0,201	1	7,045	4,995	0,7	15,42	14,82	0,76	0,81	21,39
	lampes fluoresc 58 W	44	0,85	0,0725	3,19	1,582	1	3,19	1,582									
	pompes à essence	2	0,75	0,37	0,74	0,653	1	0,74	0,653									
	pompes 2t (mélange)	2	0,75	0,55	1,1	0,97	1	1,1	0,97									
	lampadaires	4	0,75	0,3125	1,25	1,411	1	1,25	1,411									
	panneaux signalétiques (2)	8	0,85	0,045	0,36	0,178	1	0,36	0,178									
magasin	lampes fluoresc 36 W	8	0,85	0,045	0,36	0,223	1	0,36	0,223	0,5	0,18	0,1115	0,7	15,42	14,82	0,76	0,81	21,39
	ventilateur	0	0,5	0,075	0	0	1	0	0									
	prises	4	1	0	0	0	0,5	0	0									
Salle de commande	ventilateur	1	0,5	0,075	0,075	0,13	1	0,075	0,13	0,5	0,0825	0,0925	0,7	15,42	14,82	0,76	0,81	21,39
	lampes fluoresc 36 W	2	0,85	0,045	0,09	0,055	1	0,09	0,055									
	prises	2	1	0	0	0	0	0	0									
toilettes	personnels	1	0,85	0,045	0,045	0,028	1	0,045	0,028	0,5	0,0675	0,0415	0,7	15,42	14,82	0,76	0,81	21,39
	gérant	2	0,85	0,045	0,09	0,055	1	0,09	0,055									
magasin Alt	lampes fluo 36 W	4	0,85	0,045	0,18	0,112	1	0,18	0,112	0,5	0,09	0,056	0,7	15,42	14,82	0,76	0,81	21,39
	prises	2	1	0	0	0,5	0	0	0									

0,02891081

29 A

0,48737985 1,06214472 60,8564097

Puissance apparente au niveau de la boutique

1124 P12 (Kw) 10,49069 Q12(Kvar) 11,319385 S(KVA) 15 I = 22 A

Puissance apprente au niveau de la station service

P12 4,9315 Q12 3,4965 S(KVA) 6 I = 9 A

316

## CONCEPTION D'UNE STATION SERVICE TOTAL ECOLOGIQUE

Bilan de puissance														P		Q		
Unités	Désignation	nombres	cosφ	Puissance appelée unitaire Pa (kW)	Puissance installée		coef d'utilisation (ku)	puissance absorbée		coef de simultanéité (ks1)	puissance de simultanéité		coef de foisonnement (ks2)	puissance de simultanéité		tanφ	cosφ	puissance apparente (kVA)
					P(kW)	Q(kvar)		P(kW)	Q(kvar)		Pf1 (kW)	Qf1 (kVar)		Pf2 (kW)	Qf2 (kVar)			
BOUTIQUE	reglette fluoresc 36 W	26	0,85	0,045	1,17	0,73	1	1,17	0,73	0,8	7,9912	5,3152						
	prises 2pT+ ventilateurs	5	1	0,23	1,15	0	0,5	0,575	0									
	climatiseur 2	2	0,83	1,765	3,53	2,37	1	3,53	2,37									
	réfrigérateur	1	0,75	0,54	0,54	0,48	1	0,54	0,48									
	réfrigérateur	2	0,75	0,18	0,36	0,32	1	0,36	0,32									
	réfrigérateur	2	0,75	1,124	2,248	0,086	1	2,248	0,086									
	Caisse CASIO	1	0,75	0,066	0,066	0,058	1	0,066	0,058									
Bureau de formation	reglette fluoresc 36 W	2	0,85	0,045	0,09	0,0560	1	0,09	0,056	0,5	1,73825	0,802675						
	imprimante	1	0,8	0,323	0,323	0,0167	0,5	0,1615	0,00835									
	es 2pT + T10/ ventilateur	2	1	0,23	0,46	0	0,5	0,23	0									
	climatiseur	1	0,83	1,765	1,765	1,186	1	1,765	1,186									
	cafetière	1	0,75	0,9	0,9	1,79	1	0,9										
	ordinateur h	1	0,75	0,255	0,255	0,225	1	0,255	0,225									
	service de vente	compresseur	1	0,86	3	3	1,78	1	3									
lampes fluor		6	0,85	0,045	0,27	0,167	1	0,27	0,167									
					0			0										
service de	suppresseur	1	0,88	4,8	4,8	2,59	1	4,8	2,59	1	4,98	2,702						
	lampes fluor	8	0,85	0,0225	0,18	0,112	1	0,18	0,112									
centre de formation	lampes fluor	9	0,85	0,045	0,405	0,25	0,9	0,3645	0,225	0,7	2,39505	1,9047	0,7	20,26	13,33	0,76	0,82	24,25
	climatiseurs	3	0,78	1,62	4,86	3,89	0,5	2,43	1,945									
	cafetière	1	0,75	0,9	0,9	0,79	0,5	0,45	0,395									
	téléviseur	1	0,75	0,087	0,087	0,077	0,5	0,0435	0,0385									
	magnétoscope	1	0,75	0,017	0,017	0,015	0,5	0,0085	0,0075									
	projecteur	1	0,75	0,25	0,25	0,22	0,5	0,125	0,11									
station service	lampes fluor	18	0,85	0,045	0,81	0,502	1	0,81	0,502	1	8,052	6,119						
	lampes fluor	44	0,85	0,058	2,552	1,582	1	2,552	1,582									
	pompes à es	4	0,75	0,37	1,48	1,305	1	1,48	1,305									
	pompes 2t (f	2	0,75	0,55	1,1	0,97	1	1,1	0,97									
	lampadaires	7	0,75	0,25	1,75	1,54	1	1,75	1,54									
	panneaux signalétiques (2)	8	0,85	0,045	0,36	0,22	1	0,36	0,22									
magasin lubrifiants	lampes fluo 36 W	2	0,85	0,045	0,09	0,056	1	0,09	0,056	1	0,09	0,056						
	prise 2pT+T10/15A	1	1		0	0,5	0	0										
magasin	lampes fluor	8	0,85	0,045	0,36	0,223	1	0,36	0,223	0,5	0,18	0,1115						
	prises	4	1		0	0,5	0	0										
Salle de commande	lampes fluor	1	0,85	0,045	0,045	0,028	1	0,045	0,028	1	0,045	0,028						
	prises	1	1		0	0,5	0	0										
toilettes	lampes fluorescent	1	0,85	0,045	0,045	0,028	1	0,045	0,028	0,5	0,0675	0,0415						
		2	0,85	0,045	0,09	0,055	1	0,09	0,055									
magasin boutique	lampes fluo	1	0,85	0,045	0,045	0,028	1	0,045	0,028	0,5	0,1375	0,014						
	prises	2	1	0,23	0,46	0	0,5	0,23	0									

0,03500702

35 A

**TEMPS DE FONCTIONNEMENT DES APPAREILS station Camp Fonctionnaire**

Désignation		Temps de fonctionnement d'un appareil (h/an)	coefficient d'utilisation	coefficient de simultanéité	Temps de fonctionnement estimé (h/an)
Ventilation boutique		1059	0,8	0,9	762
climatisation boutique		2839	0,8	0,9	2044
ventilation bureau		2839	0,8	0,9	2044
climatisation bureau g		1092	0,8	0,9	786
climatisation centre de formation	salle réunion				0
	bureau		0,8	0,9	0
éclairage intérieur	Boutique	3640	1	0,9	3276
	magasin	5824	1	0,9	5242
	bureau gérant	5824	1	0,9	5242
	centre formation				
éclairage extérieur	station service	4368	1	0,9	3931
	lampadaires	4368	1	0,9	3931
	centre formation		1	0,9	0
ordinateurs		5824	0,75	0,6	2621
comp + surp		4004	0,9	0,8	2883
pompes		5824	1	0,8	4659
refrigérateurs		4368	1	0,9	3931

TEMPS DE FONCTIONNEMENT DES APPAREILS station Avenue Charles De GAULLE					
Désignation		Temps de fonctionnement d'un appareil(h/an)	coefficient d'utilisation	coefficient de simultanéité	Temps de fonctionnement estimé(h/an)
Ventilation boutique		1114	0,8	0,9	802
climatisation boutique		2599	0,8	0,9	1871
ventilation bureau		1747	0,8	0,9	1258
climatisation bureau g		437	0,8	0,9	315
éclairage intérieur	Boutique	2912	1	0,9	2621
	magasin	5824	1	0,9	5242
	bureau gérant	4368	1	0,9	3931
éclairage extérieur	station service	4368	1	0,9	3931
	lampadaires	4368	1	0,9	3931
ordinateurs		2912	0,75	0,6	1310
calculatrice électronique		2912	1	0,6	1747
comp+surp		3276	0,9	0,8	2359
pompes		8736	1	0,8	6989
refrigérateurs		4368	1	0,9	3931
congélateurs		4368	1	0,9	3931

**[Annexe 2] consommation énergétique des stations**

consommation énergétique annuelles des différent

Désignation	Quantité	puissance unitaire(kw)	Temps de fonctionnement (h/an)	consommation annuelle (kwh)
<b>CLIMATISATION</b>				
split système	1	1,77	1871	3312
	1	1,77	315	557
				3869
ventilateurs	2	0,075	802	120
	1	0,075	1258	94
<b>Sous total 1</b>				<b>4084</b>
<b>ECLAIRAGE</b>				
<b>Boutique</b>				
lampe fluorescent 120cm	7	0,045	2621	826
lampe fluorescent 60cm	2	0,0225	2621	118
lampe à incand écon	12	0,011	2621	346
				<b>1290</b>
<b>Bureau gérant</b>				
lampe fluorescent 120cm	2	0,045	3931	353,79
lampe fluorescent 60cm	5	0,0225	3931	442
				<b>796</b>
<b>station service</b>				
lampe fluorescent 60cm	18	0,0225	3931	1592
lampe fluorescent 53W	44	0,0725	3931	12540
Lampadaires	4	0,25	3931	3931
panneaux signalétiques	8	0,045	3931	1415
				<b>19478</b>
pompes essences	2	0,37	6989	5172
pompes 2t (mélange)	2	0,55	6989	7688
				<b>12860</b>
<b>sous total 2</b>				<b>34423</b>
<b>service de lavage et vidange</b>				

**CONCEPTION D'UNE STATION SERVICE TOTAL ECOLOGIQUE**

compresseur	1	4	2359	9436
surpresseur	1	4,8	2359	11323,2
lampe fluorescent 120cm	16	0,045	665	478,8
<b>sous total 3</b>				<b>21238</b>
<b>AUTRES EQUIPEMENTS</b>				
Ordinateur	1	0,225	1310	294,75
calculatrice électronique	1	0,066	1747	115,302
refrigérateurs	3	1,123	3931	13244,2128
congélateurs	2	0,12	3931	943,488
<b>sous total 4</b>				<b>14597,8</b>
<b>TOTAL</b>				<b>74343</b>

consommation énergétique annuelles des différents

Désignation		Quantité	puissance unitaire (kw)	Temps de fonctionnement (h/an)	conso annuelle (kwh)
<b>CLIMATISATION</b>					
split système	boutique	2	1,77	<b>2044</b>	<b>7236</b>
	bureau gérant	1	1,77	<b>786</b>	<b>1392</b>
	salle form	2	1,78	3	11
	bureau form	1	1,78	12	21
					8660
ventilateurs	boutique	2	0,075	762	114
	bureau gérant	1	0,075	2044	153
<b>Sous total 1</b>					<b>8927</b>
<b>ECLAIRAGE</b>					
<b>Boutique</b>					
lampe fluorescent 120cm		26	0,045	2621	3067
lampe fluorescent 60cm		0	0,0225	2621	0
lampe à incand écon		0	0,011	2621	0
					<b>0</b>
<b>Bureau gérant</b>					
lampe fluorescent 120cm		2	0,045	3931	353,79

**CONCEPTION D'UNE STATION SERVICE TOTAL ECOLOGIQUE**

lampe fluorescent 60cm		0	0	0	0
					354
<b>station service</b>					354
lampe fluorescent 60cm		18	0,0225	3931	1592
lampe fluorescent 53W		44	0,0725	3931	12540
Lampadaires		7	0,25	3931	6879,25
panneaux signalétiques		8	0,045	3931	1415
<b>sous total 2</b>					<b>26266</b>
pompes essences		4	0,37	6989	10344
pompes 2t (mélange)		2	0,55	6989	7688
					0
<b>sous total 3</b>					<b>18032</b>
<b>service de lavage et vidange</b>					
compresseur		1	4	2359	9436
surpresseur		1	4,8	2359	11323,2
lampe fluorescent 120cm		14	0,045	665	418,95
<b>sous total 3</b>					<b>20759,2</b>
<b>AUTRES EQUIPEMENTS</b>					
Ordinateur		1	0,225	1310	294,75
calculatrice électronique		1	0,066	1747	115,302
					0
refrigérateurs		5	3,148	3931	61877,088
<b>sous total 4</b>					62287,14
<b>TOTAL</b>					<b>136215</b>

**[annexe3] : tarifs SONABEL**

**SOCIETE NATIONALE D'ELECTRICITE DU BURKINA**



Société d'Etat au capital de 46.000.000.000 Francs CFA  
Siège social : 55, Avenue de la Nation  
01 B.P. 54 Ouagadougou 01  
Tel. : (226) 50 30 61 00 / 02 / 03 / 04 / Fax : (226) 50 31 03 40  
Site web : www.sonabel.bf



Arrêté n°...../MMCE/MCPEA/MFB du 26 juillet 2006

TENSION	Catégories et tranches tarifaires	Tarifs de kWh (F CFA)			Redevance (F CFA)	PRIME FIXE (F CFA)	Avance sur Consommation (F CFA)	Frais ETS police et de pose (F CFA)	Timbres (F CFA)	Liasse (F CFA)	TOTAL Abonnement (F CFA)
B A S E  T E N S I O N  B T	<b>I) USAGE DOMESTIQUE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION</b>										
	Tarif type A (monophasé)	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 100 kWh	Tranche 3 plus de 100 kWh							
	1 à 3A	75	128	138	1 132	-	3 375	691	400	108	4 574
	Tarif type B (monophasé)	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 200 kWh	Tranche 3 plus de 200 kWh							
	5A	96	102	109	457	1 774	8 175	691	400	108	9 374
	10A	96	102	109	457	3 548	16 350	691	400	108	17 549
	15A	96	102	109	457	5 322	24 525	691	400	108	25 724
	20A	96	102	109	764	7 097	32 700	691	400	108	33 699
	25A	96	102	109	764	8 870	40 875	691	400	108	42 074
	30A	96	102	109	764	10 644	49 050	691	400	108	50 249
	<b>II) USAGE DOMESTIQUE ET FORCE MOTRICE PARTICULIERS ET ADMINISTRATION</b>	Tranche 1 0 à 50 kWh	Tranche 2 51 à 200 kWh	Tranche 3 plus de 200 kWh							
	Tarif type C (triphase)										
	10A	96	108	114	1 226	10 613	51 300	1 380	400	108	53 188
	15A	96	108	114	1 226	15 918	76 950	1 380	400	108	78 638
	20A	96	108	114	1 373	21 224	102 600	1 380	400	108	104 488
25A	96	108	114	1 373	26 531	128 250	1 380	400	108	130 138	
30A	96	108	114	1 373	31 837	153 900	1 380	400	108	155 788	
<b>III) B.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION</b>	Heures de pointe	Heures pleines									
Tarif type D1 Non industriel	165	88		8 538	34 582 par kW par an	PS X 100 X 165	1 380	4 000	108		
Tarif type D2 Industriel	140	75		7 115	28 818 par kW par an	PS X 100 X 140	1 380	4 000	108		
<b>IV) M.T. / TARIFS HORAIRES PARTICULIERS ET ADMINISTRATION</b>	Heures de pointe	Heures pleines									
Tarif type E1 Non industriel	139	64		8 538	70 826 par kW par an	PS X 100 X 139	1 380	4 000	108		
Tarif type E2 Industriel	118	54		7 115	64 387 par kW par an	PS X 100 X 118	1 380	4 000	108		
<b>ECLAIRAGE PUBLIC</b> Tarif type F	<b>TARIF UNIQUE</b>	5A - 15A mono	381	- PS = Puissance Souscrite							
		20A et plus mono	637	- Pour la BT double tarif et la MT : Pénalisation si Cos phi < 0.8 et Bonification si Cos phi > 0.9							
		10A - 15A triphasé	1 022	- Heures de pointe : de 10h à 14 h et de 16h à 19h							
	122	20A et plus triphasé	1 144	- Heures pleines : de 0h à 10h, de 14h à 16h et de 19h à 0h							
				- L'administration est dispensée du versement de l'avance sur consommation							

**[Annexe 4] : Calcul des COP des machines**

- Split système de marque SHAR COOL

Nous avons enregistré les paramètres suivants :

Vitesse de soufflage :  $V = 2,7$  m/s

Surface de soufflage :  $S = 0,078$  m<sup>2</sup>

Masse volumique  $\rho = 1,2$

	Température (°C)	Humidité relative (%)	Enthalpie (kj/kg as)
Soufflage	21,6	17,3	28,7
Ambiance	31,9	19,3	46,6

**Tableau 2** : calcul de l'enthalpie au soufflage et dans l'ambiance

La puissance frigorifique de l'appareil se calcul alors  $Q_o = \rho SV \Delta H$  avec :  $\Delta H$  la différence d'enthalpie entre l'ambiance et le soufflage.

$$Q_o = 1,2 * 0,085 * 2,7 * (46,6 - 28,7) = 4,9$$

Le COP est alors :

$$COP = \frac{\text{Puissance frigorifique}}{\text{Puissance électrique}} = \frac{4,9}{1,76} = 2,8$$

- Split système de marque CHIGO

Pour cet appareil, nous avons enregistré les paramètres suivants :

Vitesse de soufflage :  $V = 2,8$  m/s

Surface de soufflage :  $S = 0,085$  M<sup>2</sup>

Masse volumique  $\rho = 1,2$

	Température (°C)	Humidité relative (%)	Enthalpie (kj/kg as)
Soufflage	21,3	18,6	28,8
Ambiance	32,3	15,7	46,1

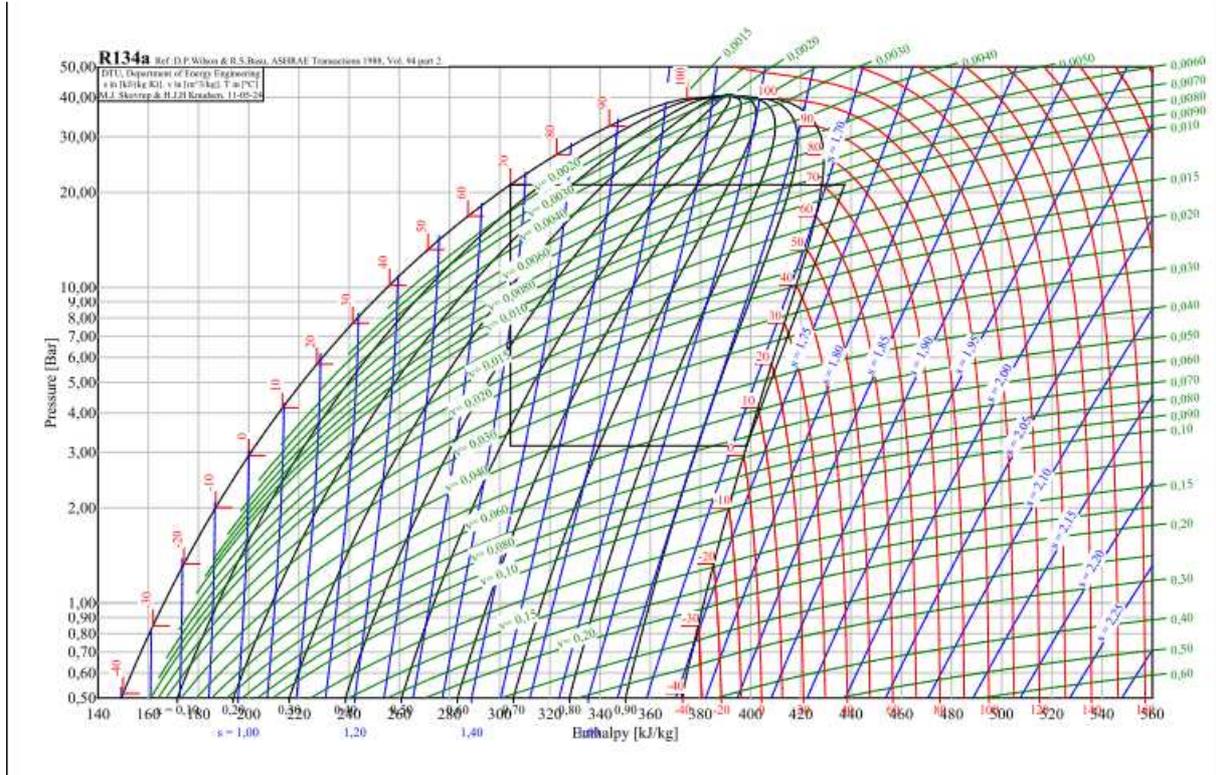
**Tableau 3** : calcul de l'enthalpie au soufflage et dans l'ambiance

La puissance frigorifique de l'appareil se calcul alors  $Q_o = \rho SV \Delta H$  avec :  $\Delta H$  la différence d'enthalpie entre l'ambiance et le soufflage.

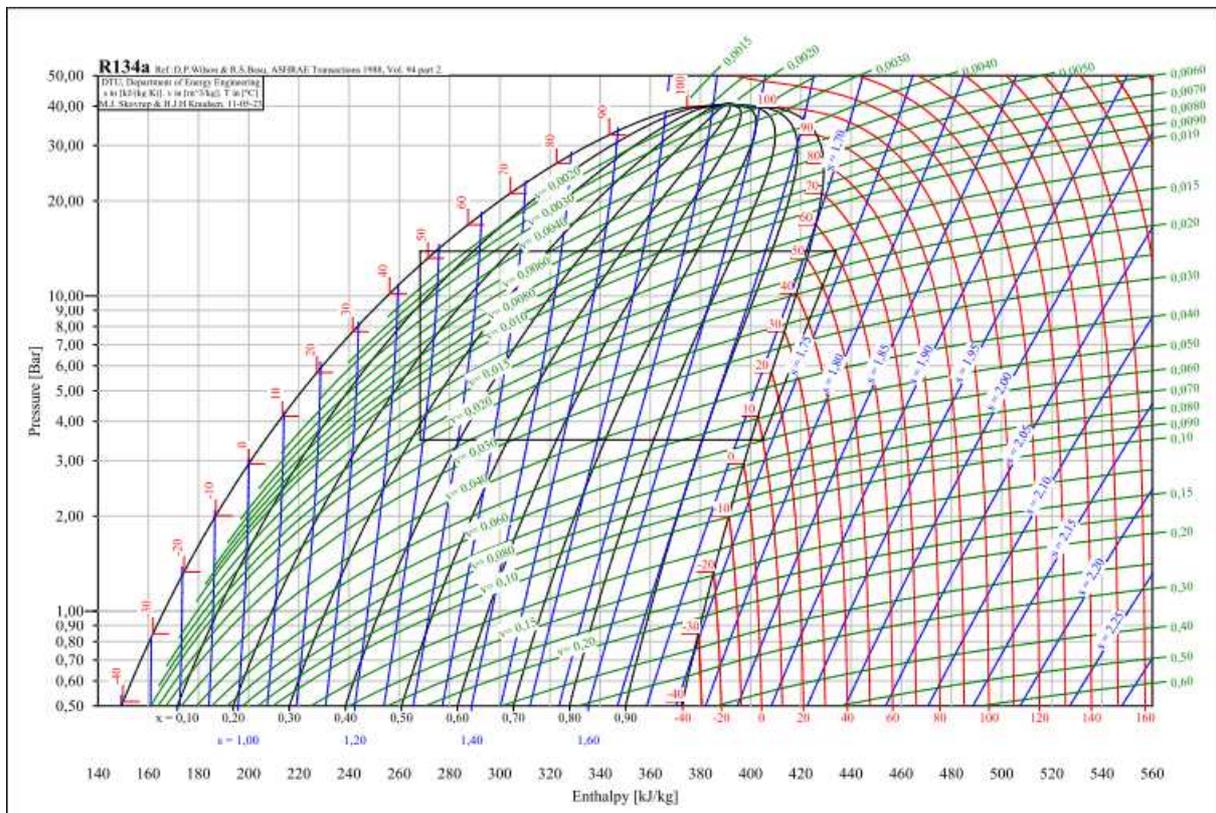
$$Q_o = 1,2 * 0,075 * 2,7 * (46,1 - 28,8) = 4,9$$

Le COP est alors :

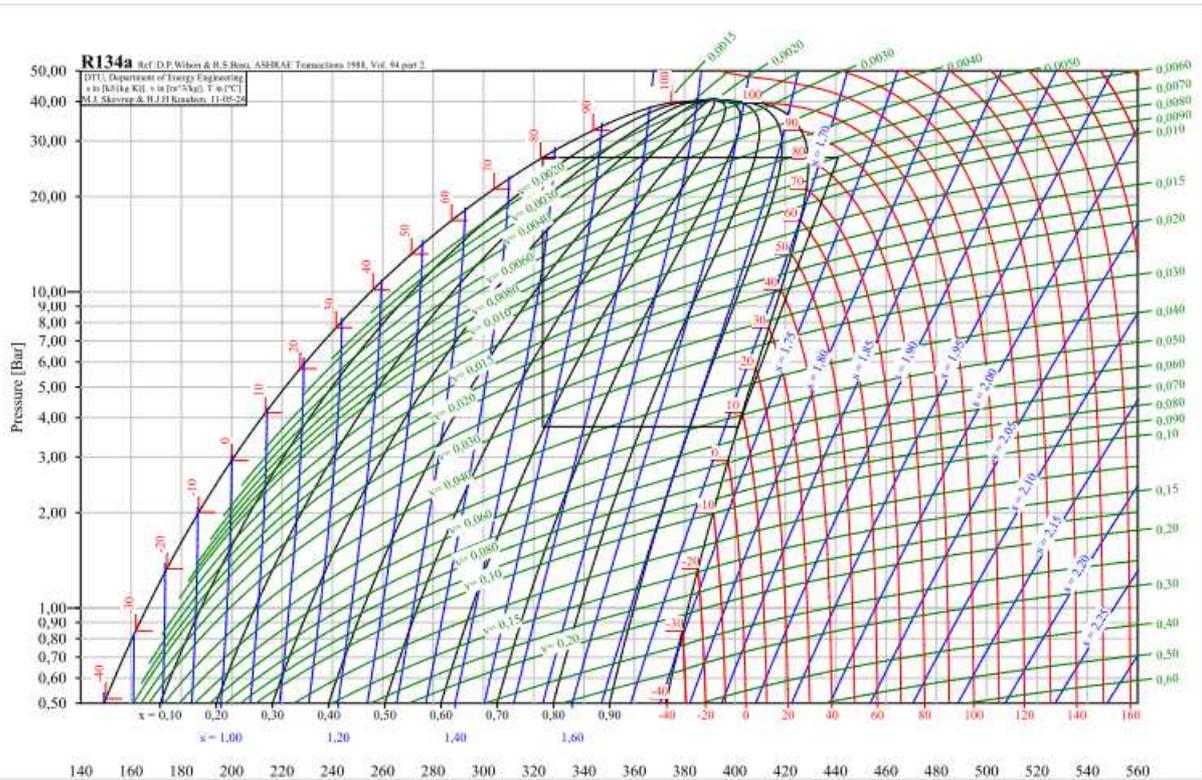
$$\text{COP} = \frac{\text{Puissance frigorifique}}{\text{Puissance électrique}} = \frac{4,9}{1,76} = 2,8$$



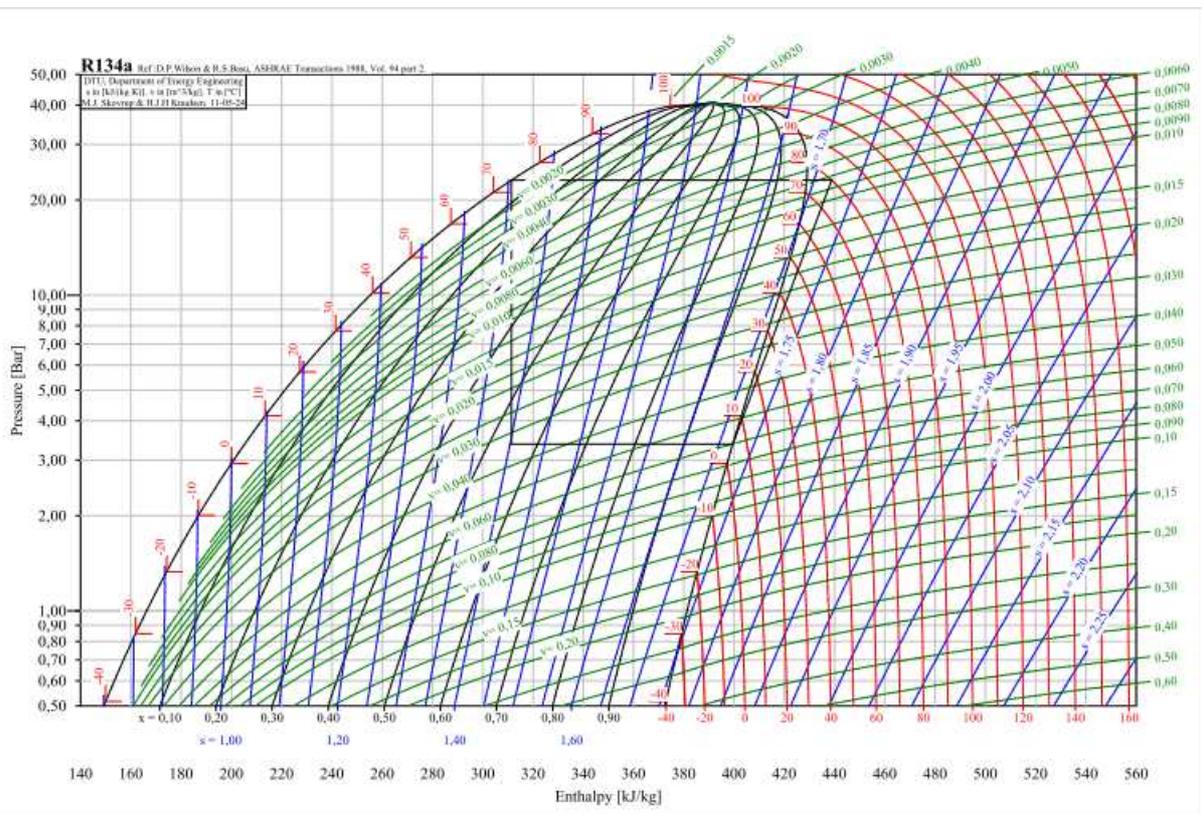
Calcul du COP : machine de marque coco cola



Calcul du COP de la machine



Calcul du COP machine de marque Eurocold



Calcul du COP machine solstar

[Annexe 5] : bilan thermique des stations

**CALCUL DES CHARGES DE CLIMATISATION D'UN LOCAL**  
**Station Avenue Charles De GAULLE**

33,5

L	l	h	TeM	Tem	
8,38m	6m	2,75 m	40	36 °C	
Ti	He	Hi	heure	Mois	
34,5	13%	27%	14 h	Avril	
<b>calculs des apports par conductio</b>					%
<b>Murs</b>	<i>suf. en m<sup>2</sup></i>	<i>K</i>	<i>ΔT</i>	<i>gain</i>	
S	31,625	2,52	5,5	438,70	
O	6,338	2,52	5,5	87,92	
N	23,15	2,52	5,5	321,14	
E	28,453	2,78	5,5	434,40	2,52218548
Plafond	49,985	1,5	17,5	1312,11	2,7758527
Plancher	49,985	1,97	0	0,00	
<b>Total des gains par conduction par les murs (W)</b>				<b>2594,26</b>	<b>29,83</b>
<b>Vitrages</b>	<i>surf. en m<sup>2</sup></i>	<i>K</i>	<i>ΔT</i>	<i>gain</i>	
S	0	6	15	0	
O	22,18	5	5,5	609,81	
N	0	0	15	0	
E	0	0	15	0	
<b>Total des gains de conduction par les fenêtres (W)</b>				<b>609,8125</b>	<b>7,01</b>
Porte	4,734	5	5,5	130,19	
<b>calculs des apports solaires</b>					
<b>Murs+portes closes</b>	<i>surf en m<sup>2</sup></i>	<i>K</i>	<i>ΔT fictif</i>	<i>gain</i>	
S	16,5	2,52	2,6565	110,55	
O	0,875	2,52	8,712	19,23	
N	15,9	2,52	5,324	213,51	
E	23,045	2,78	11,979	766,29	
toit	50,28	1,5	20,79	1567,98	
<b>Total des apports solaires par les murs (W)</b>				<b>2677,56</b>	<b>30,78</b>
<i>vitrages</i>	<i>Surface</i>	<i>F1*F2</i>	<i>Flux</i>	<i>gain</i>	
S	0	0,33	44	0	
O	22,27	0,2	44	195,93	
N	0			0	
E	0	0,33	44	0	
<b>Total des apports solaires par les fenêtres (W)</b>				<b>195,93</b>	<b>2,25</b>
<b>calcul des apports sensibles internes</b>					
<i>Nature</i>	<i>Nombre</i>	<i>Apport</i>	<i>ΔT</i>	<i>gain</i>	

**CONCEPTION D'UNE STATION SERVICE TOTAL ECOLOGIQUE**

		<i>unité</i>			
<i>occupants</i>	10	57,73	1	577,25	
<i>Eclairage</i>	1	492	1,25	615	
<i>Moteurs</i>	0	0	1	0	
<i>divers App.</i>	1	450	1	450	
<i>infiltration</i>	65,836		5,5	121,926443	
<i>renouvellement</i>	17,6	1	5,5	32,59	
<b>Total des gains sensibles internes (W)</b>				<b>1796,7712</b>	<b>20,66</b>
<b>calculs des apports latents internes</b>					
<i>Nature</i>	<i>quantité</i>	<i>Apport unité</i>	$\Delta x$	<i>gain</i>	
<i>occupants</i>	10	78,96	1	789,56	
<i>renouvellement</i>	17,6		0,0005	7,25	
<i>Infiltrations</i>	65,836	2,5872	0,0005	27,14	
<i>Machines</i>	0	0	1	0	
<b>Total des gains latents (W)</b>				<b>823,95</b>	<b>9,47</b>
<b>FCS</b>				0,15	
<b>TOTAL DES GAINS DU LOCAL EN WATTS</b>				<b>8698,29</b>	<b>100,00</b>

10003,0299

**CALCUL DES CHARGES DE CLIMATISATION D'UN LOCAL**  
**Station Avenue Charles De GAULLE**

33,5

<b>L</b>	<b>l</b>	<b>h</b>	<b>TeM</b>	<b>Tem</b>	
8,38m	6m	2,75 m	40	36 °C	
<b>Ti</b>	<b>He</b>	<b>Hi</b>	<b>heure</b>	<b>Mois</b>	
34,5	13%	27%	14 h	Avril	
<b>calculs des apports par conductio</b>					<b>%</b>
<b>Murs</b>	<i>suf. en m<sup>2</sup></i>	<i>K</i>	$\Delta T$	<i>gain</i>	
<i>S</i>	31,625	2,52	5,5	438,70	
<i>O</i>	6,338	2,52	5,5	87,92	
<i>N</i>	23,15	2,52	5,5	321,14	
<i>E</i>	28,453	2,78	5,5	434,40	2,52218548
<i>Plafond</i>	49,985	1,5	17,5	1312,11	2,7758527
<i>Plancher</i>	49,985	1,97	0	0,00	
<b>Total des gains par conduction par les murs (W)</b>				<b>2594,26</b>	<b>29,83</b>
<b>Vitrages</b>	<i>surf. en m<sup>2</sup></i>	<i>K</i>	$\Delta T$	<i>gain</i>	
<i>S</i>	0	6	15	0	
<i>O</i>	22,18	5	5,5	609,81	
<i>N</i>	0	0	15	0	
<i>E</i>	0	0	15	0	
<b>Total des gains de conduction par les</b>				<b>609,8125</b>	<b>7,01</b>

**CONCEPTION D'UNE STATION SERVICE TOTAL ECOLOGIQUE**

fenêtres (W)					
<i>Porte</i>	4,734	5	5,5	130,19	
<b>calculs des apports solaires</b>					
<b>Murs+portes closes</b>	<i>surf en m²</i>	<i>K</i>	<i>ΔT fictif</i>	<i>gain</i>	
<i>S</i>	16,5	2,52	2,6565	110,55	
<i>O</i>	0,875	2,52	8,712	19,23	
<i>N</i>	15,9	2,52	5,324	213,51	
<i>E</i>	23,045	2,78	11,979	766,29	
<i>toit</i>	50,28	1,5	20,79	1567,98	
<b>Total des apports solaires par les murs (W)</b>				<b>2677,56</b>	<b>30,78</b>
<i>vitrages</i>	<i>Surface</i>	<i>F1*F2</i>	<i>Flux</i>	<i>gain</i>	
<i>S</i>	0	0,33	44	0	
<i>O</i>	22,27	0,2	44	195,93	
<i>N</i>	0			0	
<i>E</i>	0	0,33	44	0	
<b>Total des apports solaires par les fenêtres (W)</b>				<b>195,93</b>	<b>2,25</b>
<b>calcul des apports sensibles internes</b>					
<i>Nature</i>	<i>Nombre</i>	<i>Apport unité</i>	<i>ΔT</i>	<i>gain</i>	
<i>occupants</i>	10	57,73	1	577,25	
<i>Eclairage</i>	1	492	1,25	615	
<i>Moteurs</i>	0	0	1	0	
<i>divers App.</i>	1	450	1	450	
<i>infiltration</i>	65,836		5,5	121,926443	
<i>renouvellement</i>	17,6	1	5,5	32,59	
<b>Total des gains sensibles internes (W)</b>				<b>1796,7712</b>	<b>20,66</b>
<b>calculs des apports latents internes</b>					
<i>Nature</i>	<i>quantité</i>	<i>Apport unité</i>	<i>Δx</i>	<i>gain</i>	
<i>occupants</i>	10	78,96	1	789,56	
<i>renouvellement</i>	17,6		0,0005	7,25	
<i>Infiltrations</i>	65,836	2,5872	0,0005	27,14	
<i>Machines</i>	0	0	1	0	
<b>Total des gains latents (W)</b>				<b>823,95</b>	<b>9,47</b>
<b>FCS</b>				0,15	
<b>TOTAL DES GAINS DU LOCAL EN WATTS</b>					<b>100,00</b>

10003,0299

[Annexe 6] : caractéristiques thermiques des BTC et BLT résultats dimensionnement des lampes

**COUTS UNITAIRES INDICATIFS DE MATERIAUX LOCAUX DE CONSTRUCTION**

Source : LOCOMAT

Désignation	Dimensions (en cm)	Coût unitaire (en FCFA)	Nombre au m2	Coût au m2	Coût de la Main d'œuvre de pose au m2 (en FCFA)
BLT ( $\lambda=2,1$ W/m°C) (prêt à l'emploi)	13 x 17 x 30 à 35	100 à 150	18 à 21	1 800 à 2 625	1 100 à 1 500
	13 x 15 x 28 à 30	80 à 100	21 à 23	1 680 à 2 300	1 100 à 1 500
	15 x 20 x 40 (de chez PIERRES NATURELLES)	250	11,5	2 875	750 à 1 200
BTC ( $\lambda= 1,15$ ) standard dosé à 8 %	29,5 x 14 x 9,5	150	30	4 500	1 500 à 2 000
BTC standard dosé 12 %	29,5 x 14 x 9,5	160	30	4 800	1 500 à 2 000
Adobes non stabilisé	10 x 20 x 40	30	19,50	585	300
	12 x 18 x 35	30	20	600	300
Adobe stabilisé	20 x 20 x 40	300 à 350	11	3 300 à 3 850	450
Tuiles en mortier vibré	25 x 50 (grise ou teintée dans la masse)	240 à 260	12,5	3 000 à 3 250	750 à 1 000
	25 x 50 (peinte)	350	12,5	4 375	750 à 1 000

**COÛT DE LA CONSTRUCTION D'UN LOGEMENT F<sub>3</sub>**

Murs extérieurs en Parpaings + murs intérieurs BTC	: 7 291 712 F cfa TTC
Murs extérieurs en Parpaings + murs intérieurs Adobe	: 7 171 079 F cfa TTC
Murs extérieurs en BLT + murs intérieurs BLT	: 6 861 573 F cfa TTC
Murs extérieurs en BLT + murs intérieurs BTC	: 6 750 302 F cfa TTC
Murs extérieurs en BLT + murs intérieurs Adobe	: 6 570 679 F cfa TTC

Plan type de logement F3: les couts

**Construction Sans Bois** développée par l'ONG Development Workshop  
France & Development Workshop Burkina Faso 09 BP 1319 Ouagadougou 09, Burkina Faso mail:  
dwbfd@dwf.org tél: 50 38 70 90 et 76 66 78 20

## 5- Technologies accessibles

### Soubassement blocs ciment creux



Etude pour 1 ml de fondation 0,2m x 0,4 m			
Intrant	Unité	Quantité	Coût (FCFA)
Sable	charrette	0,07	120
Bloc ciment creux	Unité 20 x 20 x 40	4,5	1575
ciment	Sacs	0,15	975
Eau	Fûts	0,02	10
Main d'œuvre estimée			150
<b>Total (y compris autre petit matériel et matériaux)</b>			<b>2 900</b>



[Annexe 6'] : Bilan thermique avec le nouveau matériau de construction.

CALCUL DES CHARGES DE CLIMATISATION D'UN LOCAL					
Station Avenue Charles De GAULLE					
L	I	h	TeM	Tem	
10	7,5	2,8	40,7	34,2	
Ti	He	Hi	heure	Mois	
29	40%	55%	14 h	MAI	
calculs des charges par conduction					%
Murs	surf. en m <sup>2</sup>	K	$\Delta T$	gain	
S	21	0,05	11,7	12,34	
O	28	0,05	11,7	16,46	
N	20,2	0,05	11,7	11,87	
E	14,556	0,05	11,7	8,55	
Plafond	75	1,500	23,7	2666,25	
Plancher	75	1,97	0	0,00	
Total des gains par conduction par les murs (W)				2715,47	34,08
Vitrages	surf. en m <sup>2</sup>	K	$\Delta T$	gain	
S	0	6	15	0	
O	0,00	5	11,7	0,00	
N	0	0	15	0	
E	13,444	5	11,7	786,474	
Total des gains de conduction par les fenêtres (W)				786,474	9,87
Porte	2,415	5	11,7	141,28	
calcul des apports solaires					
Murs+portes closes	surf en m <sup>2</sup>	K	$\Delta T$ fictif	gain	
S	21	0,05	2,82975	2,98	
O	28	0,05	9,52875	13,40	
N	21	0,05	6,05	6,38	
E	14,956	0,05	12,79575	9,61	
toit	75	1,500	21,681	2439,11	
Total des apports solaires par les murs (W)				2471,49	31,02
vitrages	Surface	F1*F2	Flux	gain	
S	0	0,33	44	0	
O	0,00	0,2	333	0	
N	0	0	0	0	
E	13,444	0,33	44	197,18	
Total des apports solaires par les fenêtres (W)				197,18	2,47
calcul des apports sensibles internes					
Nature	Nombre	Apport unité	$\Delta T$	gain	
occupants	14	52,25	1	731,50	
Eclairage	1	492	1,25	615	
Moteurs	0	0	1	0	
divers App.	1	450	1	450	
Renuov	0	0	6,2	0	
infiltration	0	0	6,2	0	
Total des gains sensibles internes (W)				1796,50	22,55
calcul des apports latents internes					
Nature	quantité	Apport unité	$\Delta x$	gain	
occupants	14	78,96	0	0,00	
Renuov	0	1	0	0,00	
Infiltrations	68,304	1	0	0,00	
Machines	0	0	0	0	
Total des gains latents (W)				0,00	0,00
FCS				0,15	
TOTAL DES GAINS DU LOCAL EN WATTS				7967,12	100,00
				9162,189315	W

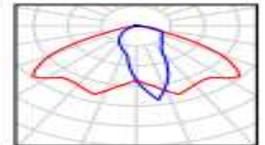
Projet 1



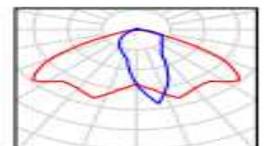
Editeur (trice)  
Téléphone  
Fax  
Email

**Projet 1 / Liste des luminaires**

7 qté. LAMP 6901063 MINI-ECO HIT-HST 70W E27 GR.  
Article n° 6901063  
Flux lumineux de(s) lampe(s): 6600 lm  
Puissance par luminaire: 87.4 W  
Classification des luminaires par UTE: 0.76D+0.02T  
CIE Flux Code: 50 85 98 97 78  
Composants: 1 x NAV-T 70 SUPER 4Y (Facteur de correction 1.000).



7 qté. LAMP 6901083 MINI-ECO HSE 100W E40 GR.  
Article n° 6901083  
Flux lumineux de(s) lampe(s): 8500 lm  
Puissance par luminaire: 130.0 W  
Classification des luminaires par UTE: 0.76D+0.02T  
CIE Flux Code: 50 85 98 97 78  
Composants: 1 x NAV-E 100 (Facteur de correction 1.000).



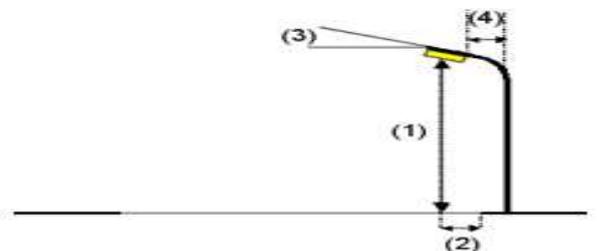
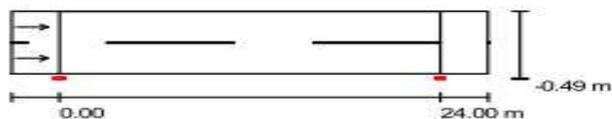
Projet 1



Editeur (trice)  
Téléphone  
Fax  
Email

**Rue 1 / Données de planification**

**Disposition des luminaires**



Luminaire: LAMP 6901083 MINI-ECO HSE 100W E40 GR.  
Flux lumineux de(s) lampe(s): 8500 lm  
Puissance par luminaire: 130.0 W  
Disposition: d'un côté, en bas  
Espacement poteau: 24.000 m  
Hauteur de montage (1): 8.000 m  
Hauteur du point d'éclairage: 8.198 m  
Saillie (2): -0.500 m  
Inclinaison du bras (3): 2.5 °  
Longueur du bras (4): 1.000 m

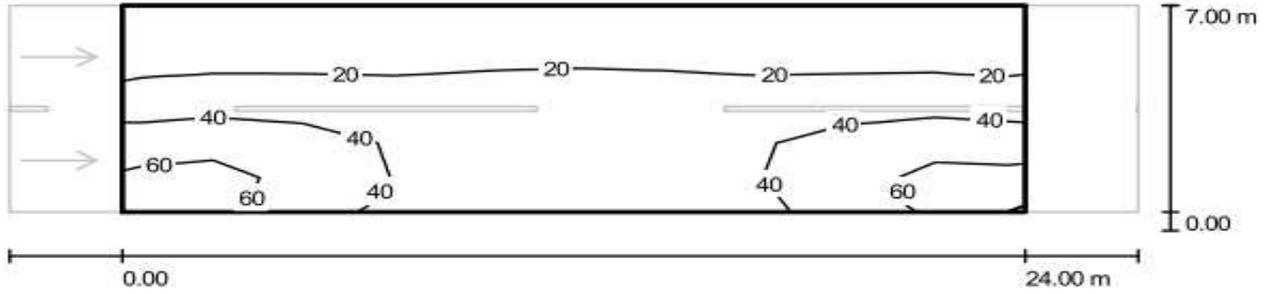
Valeurs maximales de l'intensité lumineuse pour 70° 127 cd/klm  
pour 80° 47 cd/klm  
pour 90° 11 cd/klm  
Dans chacune des directions qui, pour les luminaires installés utilisables, forment avec la verticale inférieure l'angle indiqué. La disposition répond à la classe d'intensité lumineuse G3. La disposition répond à la classe d'indice d'éblouissement D.6.

Projet 1



Editeur (trice)  
Téléphone  
Fax  
Email

Rue 1 / Champ d'évaluation Chaussée 1 / Courbes isolux (lx)



Valeurs en Lux, Echelle 1 : 2'

Trame: 10 x 6 Points

$E_{moy}$  [lx]  
31

$E_{min}$  [lx]  
9.34

$E_{max}$  [lx]  
67

$E_{min} / E_{moy}$   
0.305

$E_{min} / E_{max}$   
0.14

[Annexe 7]

Batterie 80Ah AGM étanche

<http://www.solariflex.com/batteries-etanches-agm-12v-jusqu-a-900-cycle...>

**solariflex**



Accueil > Batteries solaires > Batteries AGM 12V > Batterie 90Ah AGM étanche

**BATTERIE 90AH AGM ÉTANCHE**



Batterie AGM étanche Victron 12V - 90Ah. Résiste aux décharges profondes. Démarrage et servitude. Totalement sans entretien. Tension : 12 Vdc. Capacité : 90Ah. Dimensions : 260 x 168 x 233 mm. Poids : 27 kg. Bornes a plaques cuivrée MB.

**239,00 € TTC**

dont 0,50 € d'eco-participation

Référence : AGM12-90

Quantité :

Disponibilité : En stock

**Ajouter au panier**



Batteries\_AGM.pdf  
Batteries AGM 12V

Régulateur solaire 12/48V-60A

<http://www.solariflex.com/154-regulateur-solaire-12-48v-60a.html>

**solariflex**



Accueil > Régulateur solaire 12/48V-60A

**RÉGULATEUR SOLAIRE 12/48V-60A**

**RÉGULATION DE LA CHARGE**

- Permet de faire fonctionner de grandes charges, y compris les moteurs et les pompes, sans endommager le régulateur
- Permet un courant d'appel allant jusqu'à 300 A
- Protection contre les courts-circuits électroniques et les surcharges, avec reconexion automatique
- Déclenchement basse tension avec compensation du courant et temporisation pour éviter les débranchements intempestifs

Le TS60 fait appel à une technologie de pointe et à la production automatisée pour offrir des caractéristiques nouvelles et avantageuses. Le régulateur est homologué UL et conçu pour les systèmes solaires domestiques et l'utilisation professionnelle.

**379,00 € TTC**

dont 6,30 € d'eco-participation

Référence : TS60

Quantité :

Disponibilité : En stock

**Ajouter au panier**



**Très haute fiabilité**

Grand dissipateur thermique et conception conventionnelle permettant utilisation à plein régime jusqu'à 45° C. Nul besoin de réduire la valeur nominale.

**Plus de puissance**

Caractéristiques nominales allant jusqu'à 60 A à 48 V c.c. et convenant aux panneaux solaires d'une puissance maximale de 4 kW

**Possibilités de communication**

Raccordement du RS-232 à un ordinateur personnel pour des réglages personnalisés, l'enregistrement chronologique des données, ainsi que la télésurveillance et le télécontrôle

### **Entièrement réglable**

Microrupteur DIP offrant à l'utilisateur un choix de 7 pré-réglages numériques différents et un réglage personnalisé par RS-232

### **Protection électronique étendue**

Protection complète contre l'inversion de polarité, les court-circuits, les surintensités, la surchauffe et les surtensions.

### **Interface mécanique simple**

Bornes d'alimentation électrique et pastilles défonçables pour conduit de plus grande taille. Amplement d'espace pour l'agencement des conducteurs. Se monte sur les tableaux de distribution de puissance.

### **Melleure charge de batterie**

Les fils de détection de charge de la batterie et la sonde thermique à distance optionnelle améliorent la précision de réglage. L'algorithme de modulation d'impulsions à tension constante augmente la capacité et la durée utile de la batterie.

### **Plus d'information**

Trois DEL indiquent l'état, les défauts et les alarmes. Le compteur optionnel affiche une grande quantité de renseignements sur le circuit et sur le régulateur, et comporte des fonctions d'autotest automatique et de réarmement. Connexion du compteur par prise téléphonique RJ-11.

### **Réarmement facile**

Le bouton-poussoir permet le réarmement manuel et l'arrêt/le démarrage de l'égalisation de la charge de la batterie ou le débranchement de la charge.

### **Faible bruit de télécommunication**

Le microrupteur DIP permet de faire passer la charge de la batterie de la MLI à «Marche-Arrêt».

### **Caractéristiques électriques**

- Courant nominal solaire, de charge ou de dérivation : TrStar-50= 60 A
- Tension du circuit 12-48 V
- Précision en 12/24 V :  $\leq 0,1 \% \pm 50 \text{ mV}$  en 48 V :  $\leq 0,1 \% \pm 100 \text{ mV}$
- Tension minimale de fonctionnement 9 V
- Tension solaire max. (Voc) 125 V
- Consommation : Régulateur < 20 mA
- Compteur 7,5 mA

Disjoncteur branchement 30/60A 500mA S Schneider 13121



### Caractéristiques de l'objet

Etat:	Neuf. Objet neuf et intact, n'ayant jamais servi, non ouvert, vendu dans son emballage d'origine <a href="#">... En savoir plus</a>	Ampérage (A):	60
Marque:	Schneider	Tension (V):	230



COFFRET DE PROTECTION PHOTOVOLTAÏQUE CPPVDCSEC (PARTIE CONTINUE)

- ✓ Nature : Version avec connecteur MC4 et parafoudre DC
- ✓ Type : CP PVDC3ST SECSPD600V 32AMC4
- ✓ Référence: 7504002275
- ✓ Intensité : 60 A

[Annexe 8]: CALCUL DU TEMPS DE RETOUR SUR INVESTISSEMENT (TRI)



## CONCEPTION D'UNE STATION SERVICE TOTAL ECOLOGIQUE

- La méthodologie demande à connaître le facteur d'émission du réseau de la Sonabel pour calculer les émissions de CO<sub>2</sub> du scénario de référence. Lors de l'établissement de l'Outil d'Evaluation Carbone du 2iE en 2010, les données suivantes ont été obtenues de la Sonabel :

### option 1: par an

consommation spécifique de carburant au Burkina			
valeur	unité	valeur	unité
1	kWh	225,1	g FO
1	tonne FO	3,91	tonne CO <sub>2</sub> e
1	kWh	0,00088	tonne CO <sub>2</sub> e
1	MWh	0,880141	tonne CO <sub>2</sub> e

### option 2: par mois

consommation spécifique de carburant pour la production d'électricité au Burkina (par mois)		
mois	Ouaga 2008 g/kWh	facteur d'émission tonne CO <sub>2</sub> e/kWh
janvier	226,5	0,000885615
février	229,4	0,000896954
mars	228,6	0,000893826
avril	233,4	0,000912594
mai	231,8	0,000906338
juin	232,3	0,000908293
juillet	228,8	0,000894608
août	232,3	0,000908293
septembre	229	0,00089539
octobre	230,5	0,000901255
novembre	231,8	0,000906338
décembre	231,6	0,000905556

## CONCEPTION D'UNE STATION SERVICE TOTAL ECOLOGIQUE

---

moyenne	0,000901255
---------	-------------

[1] Conversion (simple)

[3] Tatsidjodoung, P. "Evaluation Technico-Economique et Organisationnelle de l'Utilisation d'Huile Vegetale Brute a Partir d'Oleagineux pour la Production d'Electricite au Burkina Faso." Diss. 2iE, 2009. Prin

[4] Statistiques Sonabel, 2009. Pris des données de Tatsidjodoung, P dans le document : "Stat Sonabel consommation demande offre.xls" Veuillez voir la source [3].

[5] Les plants d'Ouaga 1 et d'Ouaga 2 seront désarmés à la fin de 2011. Le décalage structural en résultant affectera considérablement ce calcul. Il devra être changé en 2011

[Annexe 10] Calcul de la consommation journalière, de la puissance crête et du nombre de module PV





Business Unit Services & Projets  
Projects & Engineering Center  
Consulting & Engineering Services

Fiche Solution :			Air comprimé		
Fiche Action n°3			Pilotes : G.Xuereb - F. Dumas		
Solution n°1	Absolue	Relatif	Solution n°2	Absolue	Relatif
Economie (€)	3k€	0,9%	Economie (€)	0,6k€	0,2%
Economie d'énergie	52 MWh	0,9%	Economie d'énergie	10 MWh	0,2%
ROI	1,5 ans		ROI	5 ans	
<b>Description de l'installation :</b>			<b>Bilan énergétique</b>		
Un compresseur KAESER AS44 de 30kW Débit de 260Nm <sup>3</sup> /h - Pression de sortie 8bar - Vitesse fixe Admission de l'air à l'intérieur du local.					
<b>Solutions</b>					
<b>Solution 1 :</b>					
<b>Aller de D à C = 3k€ d'économie par an</b>					
Il n'a jamais été fait de campagne de recherche de fuite d'air comprimé.					
Nous avons vu et entendu quelques fuites lors de l'audit.					
Photo1	Photo2	Photo3	Photo4		
Photo 1 : local UP2 : une boîte de laquelle s'échappe de l'air					
Photo 2 : local UP2 : la plupart des pompes à dessouder sont en fonctionnement alors qu'il n'y a personne sur les postes					

Photo 3 : beaucoup de raccord en plastique ce qui multiplie la possibilité d'avoir des fuites.  
Photo 4 : local UP1 : un bol de machine arrêté mais dont les soufflettes continuent de fonctionner.  
En général nous savons qu'une campagne de recherche et de traitement des fuites amène 20% d'économie d'énergie sur le compresseur.  
Coût de la campagne = 3 à 4k€  
Economie d'énergie générée = 52MWh/an  
Economie directe générée = 3k€/an  
ROI = 1 à 1,5 ans

**Solution 2 :**

**Aller de C à C+ = 0,3k€ d'économie par an**

L'air d'admission du compresseur vient de l'intérieur du local de compression. L'été la température peut être très élevée car ce local est en plein soleil et il n'y a pas de circulation d'air (grille d'admission au sol et pas de grille d'évacuation). Le fait de faire 2 ouvertures dans le toit dont l'ouverture pourra être commandée pourra abaisser la t° du local d'au moins 15°C l'été ce qui amènera 5% d'économie d'énergie.

Coût de l'installation ~ 3k€  
Economie d'énergie générée ~ 10MWh/an  
Economie directe générée ~ 0.6k€/an  
ROI ~ 5 ans