



Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement
International Institute for Water and Environmental Engineering



Titre du projet : étude comparée de trois types de climatiseurs



**MASTER SPECIALISE EN GENIE ELECTRIQUE ENERGETIQUE ET ENERGIES
RENOUVELABLES**

Présenté et soutenu publiquement par :

TCHATCHOUANG NYAH Jéhu

Travaux dirigés par : **Dr. KOUROUMA Sékou Yaya**

Dr. SIDIBE Sayon

Promotion [2011/2012]

Citation

« Notre peur vient non pas de ne pas être à la hauteur.

Notre peur vient du fait que notre pouvoir est presque sans borne.

On se dit qui suis-je moi pour être brillant, ravissant, talentueux et fantastique.

A vrai dire qui est-on pour ne pas l'être ?

Nous sommes sur terre pour témoigner de la gloire de Dieu qui se trouve en nous.

En nous autorisant à rayonner, nous donnons sans le savoir la permission aux autres d'en faire autant. »

- *Martin Luther King*

Remerciements

Je tiens à remercier Dr. KOUROUMA Sékou Yaya le directeur de la société MENERGA PLUS pour son soutien, ses suggestions et son encadrement tout au long de ce travail de longue haleine.

A mon encadreur école Dr. SIDIBE pour m'avoir aidé à recadrer mon travail et le clarifier.

A Dr. TANOH TCHINI Séverin pour les diverses corrections ainsi que les conseils éclairés

A toute l'équipe de MENERGA PLUS pour sa collaboration et pour le temps que chacun n'a pas hésité à me consacrer.

Les sociétés partenaires pour avoir accepté de me donner les informations nécessaires pour la réalisation de cette étude.

Mes remerciements vont également à l'endroit de Armel DJEUNANG et Alain TCHUENTE pour avoir accepté de lire ce travail et apporté leurs remarques afin de le rendre plus fluide et compréhensible.

A ma famille pour l'affection et le soutien constant.

A Rachel F. B. pour avoir su trouver les mots.

A mes amis de la Guinée et du Cameroun pour leur présence et leur compréhension.

Au Corps professoral du 2iE pour le suivi et la qualité de la formation dispensée.

A la coordinatrice Mme Sylvie OUEDRAOGO pour sa patience à notre endroit.

A tous ceux qui de près ou de loin ont participé à l'élaboration de ce travail ainsi qu'à l'édification de la modeste personne que je suis.

Résumé

La production d'énergie électrique en Guinée est déficitaire à près de 80% et repose presque entièrement sur les énergies fossiles; or avec la conjoncture actuelle où ce type d'énergie se fait rare et de plus en plus chère, il est important de privilégier le recours aux formes d'énergies renouvelables et aux équipements les moins énergivores, ce particulièrement dans le domaine de la climatisation.

Le stage réalisé à la société MENERGA PLUS a permis d'étudier deux systèmes de climatisation, l'un bénéficiant d'un appoint par capteur solaire thermique et le second alimenté par panneau photovoltaïque afin de faire ressortir le modèle qui favorise les économies d'énergie.

Également il était question de voir si l'économie d'énergie réalisée par rapport à un climatiseur standard justifie l'investissement supplémentaire nécessaire. Enfin, le temps de retour sur investissement a été déterminé pour aider à la prise de décision afin de savoir si la commercialisation de ce type de climatiseurs pouvait être financièrement rentable pour la société. Une analyse comparative sur les plans financier et des émissions a été effectuée grâce au logiciel Retscreen®.

Mots clés

1. Energivore
2. Appoint par capteur solaire thermique
3. Panneau photovoltaïque
4. Investissement
5. Financièrement rentable

Abstract

Electricity's production in Guinea deficit to 80%; so, it is important to focus on the less energy devices, particularly in the field of air conditioning which is the largest exploitable.

The internship we realized at MENERGA PLUS was used to study two types of air conditioners, the first one using flat-plate collector and the second one photovoltaic panels in order to identify whether they allow real energy savings.

Furthermore the issue was whether the energy savings justify the additional investment. Finally, we determined the payback time in order to help the decision as to whether the marketing of this type of air conditioner could be financially profitable for the company. Calculations have been verified with Retscreen®.

Keywords

- 1- Less energy
- 2- Photovoltaic panels
- 3- Flat-plate collector
- 4- Investment
- 5- Financially profitable

Table des matières

Remerciements	ii
Résumé	iii
Liste des Tableaux	vi
Liste des Figures	vi
I Introduction	1
II Etude Bibliographique	3
A. Rappel sur les notions de confort thermique (Energie ⁺ , version5)	3
B. Bilan thermique	4
C. Typologie des systèmes de climatisation	5
D. La climatisation solaire	6
E. Ratios de consommation d'énergie dans le bâtiment	10
III Etude technique	11
A. Climatiseur avec appoint d'un capteur solaire thermique	12
B. Climatiseur alimenté par panneau photovoltaïque	16
IV Etude économique	20
A. Climatiseur avec appoint d'un capteur solaire thermique	21
B. Climatiseur alimenté par capteur photovoltaïque	22
V ANALYSE ET DISCUSSIONS	24
A. Analyse	24
B. Discussion	24
VI CONCLUSION ET RECOMMANDATION	26
A. Conclusion	26
B. Recommandation	26
BIBLIOGRAPHIE	27
ANNEXES	30

Liste des Tableaux

<i>Tableau 1 : Ratios proposés par le code Ivoirien de qualité énergétique</i>	10
<i>Tableau 2 : caractéristiques des climatiseurs de la banque.</i>	11
<i>Tableau 3 : récapitulatif des climatiseurs de la banque.</i>	12
<i>Tableau 4 : caractéristiques des climatiseurs à appoint par capteur solaire thermique</i>	15
<i>Tableau 5 : Caractéristiques des climatiseurs alimentés par panneau photovoltaïque</i>	18
<i>Tableau 6 : récapitulatif des résultats obtenus</i>	24

Liste des Figures :

<i>Figure 1 : Mécanisme de diffusion de chaleur homme-ambiance</i>	3
<i>Figure 2 : vue synoptique d'une installation de climatisation centralisée</i>	5
<i>Figure 3 : techniques de production du froid avec l'énergie solaire</i>	6
<i>Figure 4 : systèmes de production de froid solaire</i>	7
<i>Figure 5 : Principaux composants d'un climatiseur avec appoint par capteur solaire thermique</i>	8
<i>Figure 6 : Cycle du réfrigérant</i>	8
<i>Figure 7 : Principaux composants d'un climatiseur alimenté par panneau photovoltaïque</i>	9
<i>Figure 8 : Représentation du cycle dans le diagramme enthalpique</i>	13
<i>Figure 9 : Graphique des flux monétaires cumulatifs</i>	21
<i>Figure 10 : Graphique des flux monétaires cumulatifs</i>	23

I Introduction

Les changements climatiques constituent l'un des défis majeurs de notre époque. C'est une question d'environnement global qui nécessite une réponse concertée à l'échelle mondiale.

Des études de cas ont été réalisées afin d'évaluer le potentiel d'économies d'énergies dans les pays du Sud. Ces études ont permis d'identifier un potentiel variant selon les pays de 30% à 45% d'économies sur la facture énergétique. Toutefois, il apparaît que la majeure partie du potentiel d'économies d'énergie se retrouve dans les installations de climatisation qui représentent plus de 60% des gisements exploitables (Alexis KEMAJOU, 1995) ; donc améliorer l'efficacité énergétique des systèmes de climatisation est une voie très importante à explorer lorsque l'on veut réduire sa consommation d'énergie électrique.

Outre cela, la Guinée est un pays dont la production électrique est déficitaire de près de 80% (Ministère de l'hydraulique et de l'énergie, 2009), d'où la nécessité de trouver des voies et moyens permettant de réduire au maximum la consommation d'énergie électrique. C'est pour cette raison que depuis quelques années, la société MENERGA PLUS s'implique dans l'étude des systèmes de climatisation qui pourront permettre de réduire de façon notable la consommation d'électricité tout en étant attractif financièrement.

A cet effet, des études avaient déjà été menées par ladite société ; c'est ainsi qu'en 2009 Armel Florent DJEUNANG avait réalisé une analyse énergétique du système de climatisation centralisée du bloc pédiatrique du CHU de Conakry. De cette étude il ressort que le refroidissement adiabatique par humidification de l'air repris dans le local associé à un échangeur à plaques assurant la récupération par l'air neuf des frigories de l'air repris permettrait de réduire la consommation électrique de près de 56% par rapport à la consommation électrique du système de référence. Ce système permettrait en outre de réaliser des économies financières de l'ordre de 2062€/an (Armel Florent DJEUNANG, 2009).

Une seconde étude a été réalisée par Jéhu NYAH TCHATCHOUANG portant sur l'amélioration de la climatisation de l'immeuble WAQF à Conakry ; elle a montré que l'utilisation d'un système de climatisation à débit de réfrigérant variable (DRV) à la place du système de climatisation centralisée en place permettrait de réaliser des économies d'énergie électrique de l'ordre de 70,41% et un gain financier de l'ordre de 18000€/an (Jéhu NYAH TCHATCHOUANG, 2010).

En ce qui concerne les études menées dans le domaine de la climatisation solaire, le projet de fin d'études de Rémi CHEILAN est tout à fait représentatif de l'état d'évolution actuel de cette technologie ; cette étude a porté sur les systèmes de climatisation centralisés à sorption et le refroidissement évaporatif potentialisé par dessiccation. Une comparaison a été faite entre les systèmes 100% solaires et les systèmes avec un apport de chaleur autre que celle provenant du soleil ; il ressortait qu'au final, le fait de partager la charge de froid entre un système utilisant une source d'énergie gratuite et propre mais avec un rendement énergétique relativement mauvais (Desiccant cooling « classique ») et un système utilisant de l'énergie primaire polluante et payante mais avec un COP très supérieur permet d'obtenir un compromis tout à fait intéressant, dans l'état actuel de la filière (Rémi CHEILAN, 2004).

Ces études portaient toutes sur des systèmes de climatisation centralisée et permettent d'obtenir des économies d'énergie avérées par rapport à l'installation de référence et, ou au moins un compromis tout à fait intéressant dans l'état actuel de la filière ; or il s'avère que ces dernières années, aucune installation de climatisation centralisée n'a été commandée auprès de la société MENERGA PLUS par ses clients.

C'est la raison pour laquelle la présente étude s'est focalisée sur l'efficacité énergétique des systèmes de climatisation individuels utilisant soit l'énergie solaire thermique en appoint, soit alimentés entièrement en énergie solaire photovoltaïque. Elle fera l'étude technico-économique des trois types de climatiseurs ainsi qu'une comparaison entre eux afin de déterminer les économies d'énergie réalisables par rapport aux systèmes de climatisation individuels classiques, lesquelles économies entraîneraient une réduction des factures d'électricité et des rejets de CO₂ dans l'environnement ; enfin elle sera un outil d'aide à la décision pour la société lui permettant de choisir quel type commercialiser.

Objectifs spécifiques :

- Trouver des climatiseurs ayant un appoint ou fonctionnant grâce à une forme d'énergie solaire,
- Comparer leur consommation d'énergie avec celle des climatiseurs individuels classiques sur la base des données constructeurs afin de dégager si des économies d'énergie sont réelles,
- Evaluer si ces solutions pourront être économiquement rentables tant pour les clients que pour l'entreprise,
- Faire une étude comparative des résultats obtenus à l'aide du logiciel RETScreen®.

II Etude Bibliographique

A. Rappel sur les notions de confort thermique (Energie⁺, version5)

Le confort thermique est défini comme "un état de satisfaction du corps vis-à-vis de l'environnement thermique"; son appréciation dépend des personnes. Cependant en jouant sur des paramètres essentiels comme la température, les mouvements d'air et l'humidité, un équilibre peut être trouvé.

Confort et température

confort = équilibre entre l'homme et l'ambiance

Dans les conditions habituelles, l'homme assure le maintien de sa température corporelle autour de 36,7°C. Cette température est en permanence supérieure à la température d'ambiance, aussi un équilibre doit-il être trouvé afin d'assurer le bien-être de l'individu.

La diffusion de chaleur entre l'individu et l'ambiance s'effectue selon divers mécanismes comme illustré sur la figure suivante:



Figure 1 : Mécanisme de diffusion de chaleur homme-ambiance

- Plus de 50 % des pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant (convection et évaporation par la respiration ou à la surface de la peau).
- Les échanges par rayonnement à la surface de la peau représentent jusqu'à 35 % du bilan alors que les pertes par contact (conduction) sont négligeables (< 1 %).
- Le corps perd également 6 % de sa chaleur à réchauffer la nourriture ingérée.

Cette importance de nos échanges par rayonnement explique que nous sommes très sensibles à la température des parois qui nous environnent,

Le confort thermique dépend de 6 paramètres :

1. Le métabolisme, qui est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7°C. Un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.
2. L'habillement qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
3. La température ambiante de l'air.
4. La température moyenne des parois.
5. L'humidité relative de l'air, qui est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température t_a et la quantité maximale d'eau contenue à la même température.
6. La vitesse de l'air, qui influence les échanges de chaleur par convection. Dans le bâtiment, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas 0,2 m/s.

B. Bilan thermique

Le calcul du bilan thermique de climatisation ou de conditionnement d'air permet de déterminer la puissance de l'installation qui pourra répondre aux critères demandés. Ce calcul s'effectuera à partir des gains réels, c'est à dire au moment où les apports calorifiques atteignent leur maximum dans le local (CLAESSENS J. et coll., 2008). On distinguera :

- Les gains internes : ce sont les dégagements de chaleur sensibles ou latents ayant leurs sources à l'intérieur du local (occupants, éclairage et autres équipements),
- Les gains externes : ce sont les apports de chaleur sensible dus à l'ensoleillement, à la conduction et aux infiltrations d'air à travers les parois extérieures et les toits.

Pour pouvoir estimer ces gains avec une précision suffisante, il est indispensable de connaître tous les éléments qui auront une influence sur le bilan tel qu'exprimé dans le cahier de charge. Le point de départ est le choix des conditions atmosphériques (température et humidité de l'air) où l'équipement de climatisation sera installé. Dans le cadre des économies d'énergies climatisation, il convient d'effectuer ce calcul pour le mois, le jour de l'année et aux heures pour lesquelles ces charges représentent les moyennes maximales.

C. Typologie des systèmes de climatisation

On distingue deux principaux systèmes de climatisation : les systèmes de climatisation centrale et les systèmes de climatisation individuels (SEMPORE F., 2005).

Les systèmes de climatisation centrale reposent sur le principe de traitement d'air centralisé avec une distribution d'air vers les zones à traiter (voir figure 2).

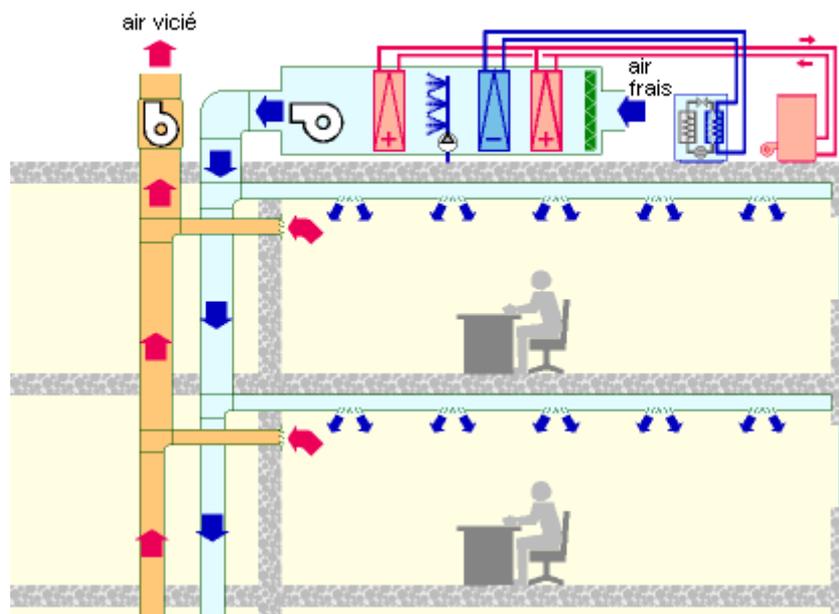


Figure 2 : vue synoptique d'une installation de climatisation centralisée

Ce sont des systèmes qui fonctionnent soit à débit d'air constant, soit à débit d'air variable. Suivant le mode de distribution de l'air, on retrouve :

- les systèmes à zone unique ou uni-zone
- les systèmes multizones
- les systèmes à débit d'air constant (le plus courant)
- les systèmes à débit d'air variable (VAV).

Les systèmes de climatisation individuels quant à eux sont des systèmes dans lesquels le rafraîchissement de l'air est obtenu à l'aide d'un évaporateur (unité intérieure) placé dans le local à traiter. On retiendra :

- les climatiseurs mobiles
- les climatiseurs de fenêtre ou Window
- les split system et/ou multi split system
- les armoires de climatisation.

D. La climatisation solaire

D'un point de vue théorique et fondamental, il existe de très nombreuses manières de produire du froid avec l'énergie solaire. Le schéma ci-dessous, non exhaustif réunit une partie de celles ci.

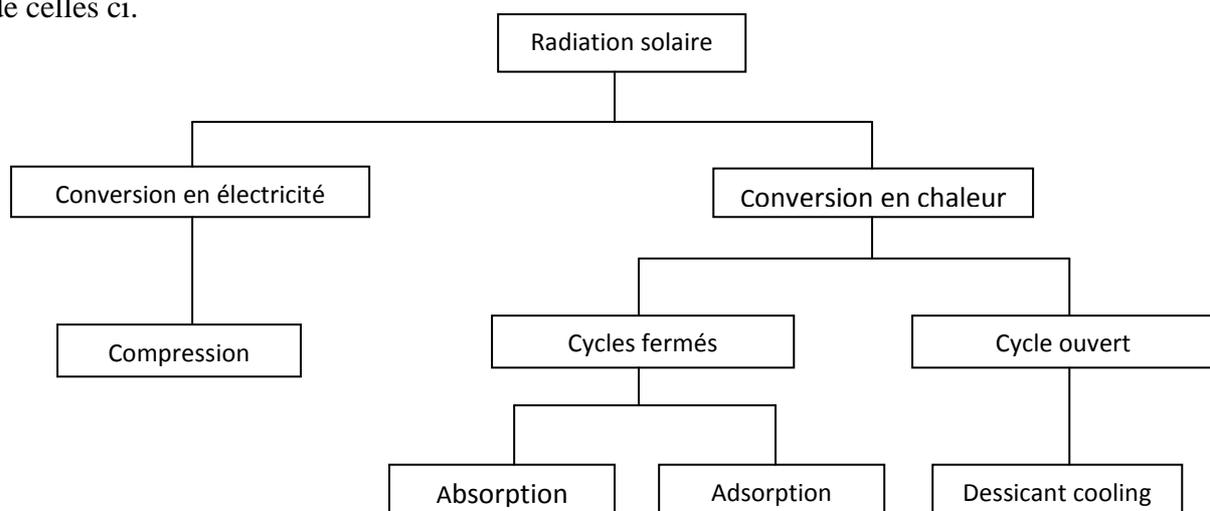


Figure 3 : techniques de production du froid avec l'énergie solaire

Les différents systèmes sont détaillés dans la figure suivante :

Méthode	Cycle fermé		Cycle ouvert	
Cycle du réfrigérant	Cycle du réfrigérant fermé		Le réfrigérant (eau) est en contact avec l'atmosphère	
Principe	Eau glacée		Dés humidification de l'air et refroidissement évaporatif	
Phase du sorbant	Solide	Liquide	Solide	Liquide
				
Couples utilisés	eau – silica gel	eau – bromure de lithium ammoniacale – eau	eau – silica gel eau – chlorure de lithium	eau – chlorure de calcium eau – chlorure de lithium
Technologie disponible sur le marché	Machine à adsorption	Machine à absorption	Système à dessiccation	Proche de l'introduction sur le marché
Gamme de puissance froid (kW froid)	50 – 430 kW	15 kW – 5 MW	20 kW – 350 kW par module	
CCP nominal	0,5 – 0,7	0,6 – 0,75 (Simple effet)	0,5 – >1	> 1
Température de fonctionnement	60 – 90 °C	80 – 110 °C	45 – 95 °C	45 – 70 °C
Capteurs solaires	Tubes sous vide, capteurs plans	Tubes sous vide Capteurs plans,	capteurs à air Capteurs plans,	capteurs à air

Figure 4 : systèmes de production de froid solaire

La plupart des installations réalisées à ce jour sont des opérations de démonstration ou de recherche et des efforts sont encore nécessaires pour optimiser les nouvelles installations. L'effort technique pour leur implantation est beaucoup plus élevé que pour un système conventionnel. Ceci provient à la fois à la mise en œuvre de la partie production d'énergie solaire, la production d'énergie n'étant pas incluse dans les éléments d'une installation classique ; cela est également dû aux besoins plus élevés en refroidissement du système liés à l'utilisation des groupes de froid à sorption qui ont un COP plus faibles qu'un système classique. Le prix de revient de la production de froid est de 778\$/m² quand elle n'est que de 286\$/m² pour les pompes à chaleur (PIEGAY X., 2005). La présente étude s'intéressera à deux climatiseurs solaires en particulier, l'un ayant un appoint par capteur solaire thermique et le second alimenté par capteur solaire photovoltaïque :

➤ Climatiseur avec appoint d'un capteur solaire thermique

Les puissances proposées sont comprises entre 9000 et 24000 BTU/h. Il est composé d'un évaporateur, d'un groupe de condensation et d'un capteur solaire thermique comme représenté sur la figure 5:



Figure 5 :Principaux composants d'un climatiseur avec appoint par capteur solaire thermique

→ **Fonctionnement** : Le cycle du réfrigérant est représenté à la figure 6 :

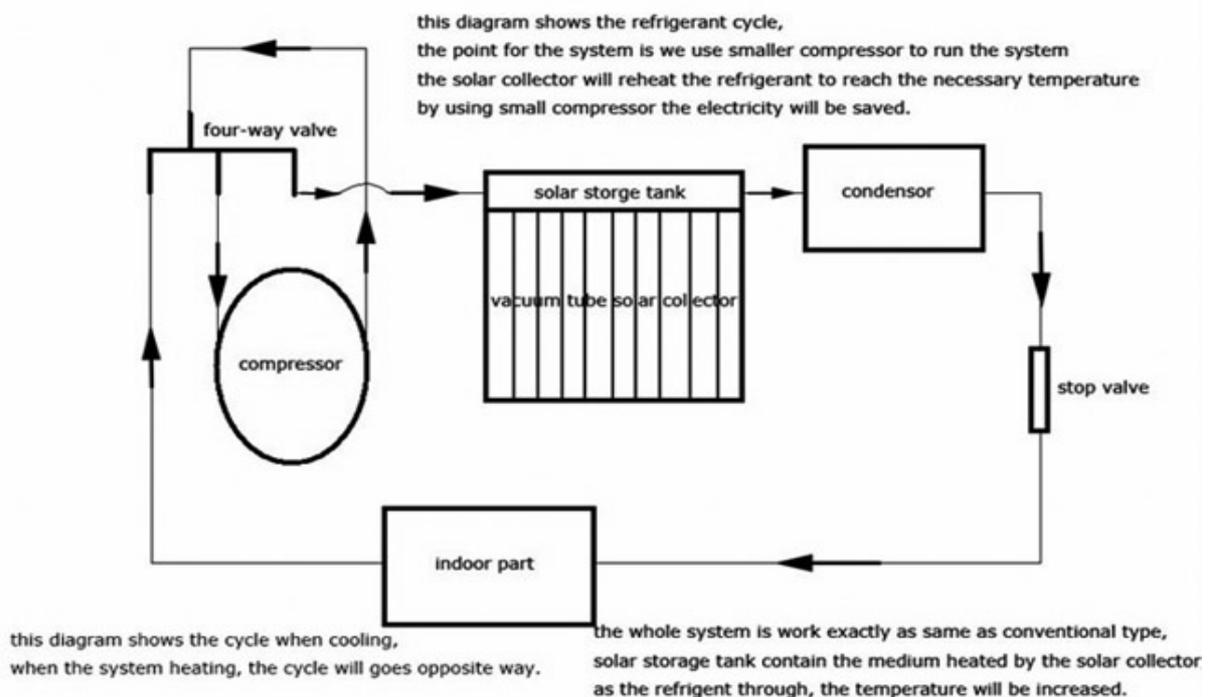


Figure 6 : Cycle du réfrigérant

La vapeur de réfrigérant comprimée en provenance du compresseur se charge durant son passage dans le capteur sous vide de la chaleur provenant du soleil qui y est accumulée ; on obtient donc de la vapeur comprimée et surchauffée qui passe par le condenseur, le détendeur et l'évaporateur avant de se rendre dans le compresseur et le cycle recommence. La présence du capteur solaire permet d'utiliser un compresseur de plus petite puissance à la place d'un compresseur standard, ce qui entraîne des économies d'énergie qui varient avec l'intensité du rayonnement solaire.

➤ Alimentation d'un climatiseur avec un panneau photovoltaïque

Ce sont des climatiseurs alimentés en 48V courant continu. Comme le montre la figure 7, ils sont constitués d'un évaporateur, d'un groupe de condensation, d'un capteur solaire photovoltaïque, d'un contrôleur de charge et de batteries.

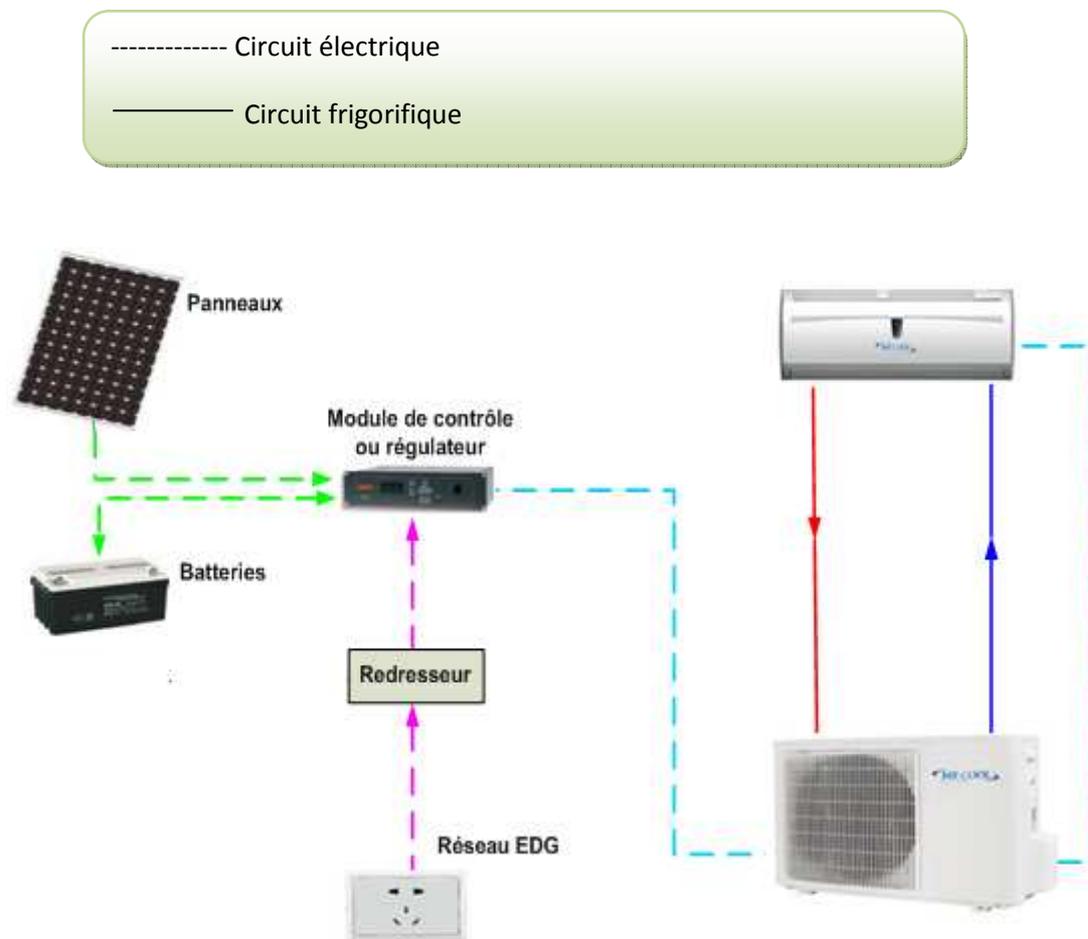


Figure 7 : Principaux composants d'un climatiseur alimenté par panneau photovoltaïque

→ **Fonctionnement :**

Le capteur solaire photovoltaïque permet de fournir le courant électrique continue qui recharge les batteries d'une part et alimente le climatiseur d'autre part. L'un des atouts de ce système est que le climatiseur peut être alimenté soit à partir d'une source de courant continu comme un capteur solaire photovoltaïque, une éolienne ou alors être alimentée directement à partir du courant du réseau transformé et redressé.

E. Ratios de consommation d'énergie dans le bâtiment

On estime l'efficacité globale des immeubles grâce à la consommation annuelle d'énergie par unité de surface habitable R_o (CLAESSENS J. et coll., 2008) :

$$R_o = \frac{\text{Consommation électrique annuelle}}{\text{Surface climatisée}}(1)$$

Le code de qualité énergétique Ivoirien, donne des ordres de grandeur du ratio R_o contenus dans le tableau suivant que nous utiliserons pour cette étude :

Tableau 1 : Ratios proposés par le code Ivoirien de qualité énergétique

Type d'activité	Référence [kWh/m ²]
Grand immeuble de bureau	160
Petit immeuble de bureau	150
Grand Hôtel	180
Hôpital	250
Centre commercial	200
Appartement (dans grand immeuble)	130

III Etude technique

L'étude porte sur un local pilote dont la société a eu à assurer la climatisation ; il s'agit d'un immeuble R+6 abritant une banque et dont les plans se trouvent en annexe 1. La climatisation de la banque est assurée actuellement par des climatiseurs individuels de type Split ; l'analyse sera réalisée en supposant que les climatiseurs en place soient remplacés tour à tour par des climatiseurs avec appoint d'un capteur solaire thermique et par des climatiseurs alimentés par capteurs solaires photovoltaïques.

Le local se trouve au centre ville de Conakry ; L'irradiation annuelle moyenne y est estimée à 4,8 kWh/m²/jour. La durée annuelle moyenne des heures d'ensoleillement est de 2.000 heures soit environ de 6,7 heures par jour (DIALLO S., 2005).

La surface totale climatisée est S=1963,89m² ; on estime les jours ouvrables à 300 jours par an.

Les climatiseurs installés dans le local ont les caractéristiques suivantes :

Tableau 2 : caractéristiques des climatiseurs de la banque.

Modèle		ISSR 09	ISSR 12	ISSR 18	ISSR 24	IFS 12	IFS 18	GSI60A
Capacité	BTU/h	9000	12000	18000	24000	12000	18000	54610
Puissance	W	1000	1330	1700	2400	1500	1900	4970
Intensité	A	4,6	6,2	7,5	11,5	8,2	11,2	7,2
COP	W/W	2,4	2,4	2,4	2,6	2,4	2,6	3,64
Prix d'achat	\$	165	188	270	345	784	821	1342

Un recensement nous a permis d'avoir le nombre total et le type de climatiseurs installés :

Tableau 3 : récapitulatif des climatiseurs de la banque.

	9000 Btu	12000 Btu	18000 Btu	24000 Btu	Allège 12000 Btu	Allège 18000 Btu	Gainable 60000Btu
RDC	06	04	07	-	-	-	1
1 ^{er} étage	10	12	01	-	02	-	-
2 ^{ème} étage	03	07	05	-	-	-	-
3 ^{ème} étage	07	10	01	02	-	01	-
4 ^{ème} étage	-	08	03	-	02	-	-
5 ^{ème} étage	-	15	-	-	-	-	-
6 ^{ème} étage	-	09	-	-	-	-	-
Economat	-	03	-	-	-	-	-
Totaux	26	68	17	02	04	01	1

Le temps de fonctionnement de l'ensemble des climatiseurs est de 10 heures par jour en dehors des deux Split de la salle des serveurs qui fonctionnent en permanence ;

Sur la base de ces données, nous pouvons déterminer :

→ La puissance totale installée qui est la somme des puissances absorbées par les climatiseurs installés:

$$N_r = 163,01kW$$

→ L'énergie consommée en 10 heures de fonctionnement :

$$E_{cl} = 1691,3kWh$$

→ consommation d'énergie par unité de surface habitable R_0 :

$$R_0 = 258,4kWh/m^2$$

A. Climatiseur avec appoint d'un capteur solaire thermique

Il dispose d'un capteur solaire sous vide qui absorbe l'énergie thermique du soleil. A la sortie du compresseur, le réfrigérant récupère la chaleur contenue dans le capteur, ce qui permet d'utiliser un compresseur de plus petite puissance au lieu d'un compresseur standard pour faire fonctionner le système et économiser ainsi de l'énergie. Un plus petit compresseur consomme beaucoup moins d'énergie et travaille en association avec le collecteur solaire pour permettre à l'équipement d'être moins énergivore qu'un équipement conventionnel. Sachant cela, il est possible de représenter le cycle du réfrigérant dans le diagramme enthalpique en figure 8.

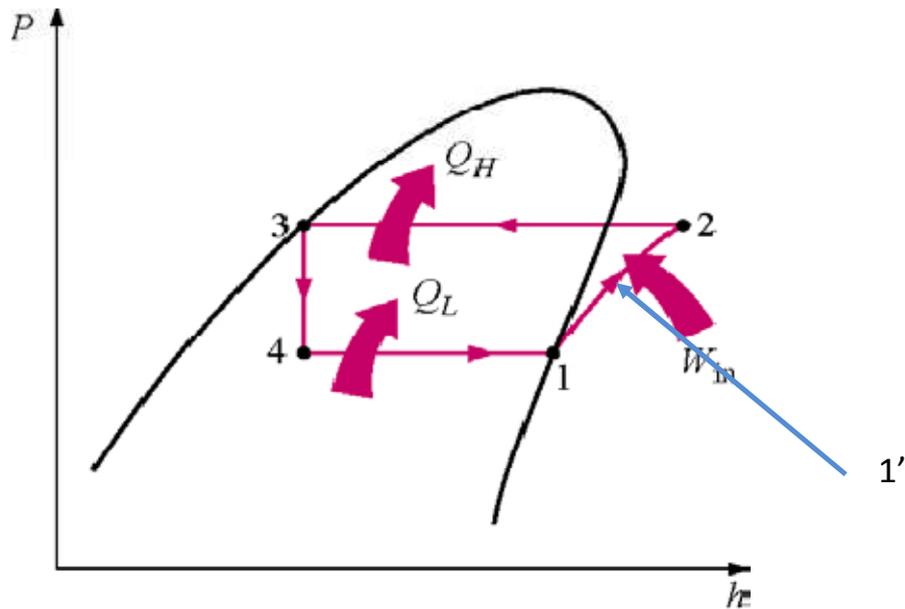


Figure 8 : Représentation du cycle dans le diagramme enthalpique

Dans un climatiseur standard, le compresseur effectue le travail de compression qui est isentropique entre les points 1 et 2 exprimé par l'équation (YUNUS A. et coll., 2006):

$$l_{cl} = h_2 - h_1 \quad (2)$$

h_1 et h_2 : respectivement enthalpies des points 1 et 2.

Or dans le cas d'un climatiseur avec appoint d'un capteur solaire, le compresseur est assisté dans sa tâche par le capteur solaire thermique qui permet à travers son apport de chaleur de réduire le travail de compression à la différence d'enthalpie entre les points 1 et 1' :

$$l_{sol} = h_{1'} - h_1 \quad (3)$$

$h_{1'}$ et h_1 respectivement enthalpies des points 1' et 1.

L'énergie supplémentaire nécessaire à la compression est fournie par les rayons solaires ; cela permet d'économiser un travail équivalent à la différence d'enthalpie entre les points 1' et 2.

A partir de ces équations, nous pouvons déterminer l'expression de la puissance électrique théoriquement nécessaire pour entrainer le compresseur (YUNUS A. et coll., 2006):

$$N_{th} = \frac{\dot{m} \times l}{3600} \quad (4)$$

N_{th} : Puissance théorique du compresseur,

\dot{m} : débit du compresseur

l : travail du compresseur

La production frigorifique est (YUNUS A. et coll., 2006):

$$\dot{Q}_0 = h_1 - h_4 \quad (5)$$

h_1 et h_4 : respectivement enthalpies des points 1 et 4.

\dot{Q}_0 : Production frigorifique.

La performance énergétique d'un climatiseur se traduit par le rapport entre la quantité de froid produite par celui-ci et l'énergie électrique consommée par le compresseur. Ce rapport est le coefficient de performance (COP). Plus le chiffre est élevé, plus le système est performant. On a (YUNUS A. et coll., 2006):

$$COP = \frac{\dot{Q}_0}{l} \quad (6)$$

Dans la pratique, l'énergie électrique E consommée par un appareil correspond au produit de la puissance appelée par le temps de fonctionnement (WILDY T. et coll., 2005):

$$E = N_r \times t \quad (7)$$

N_r : puissance réelle consommée

t : temps de fonctionnement

Ce qui nous permet de dégager le gain d'énergie réalisable en faisant la différence entre l'énergie consommée par la climatisation classique et celle consommée par la climatisation avec appoint d'un capteur solaire:

$$G_{e,th} = E_{cl} - E_{sol,th} \quad (8)$$

E_{cl} et $E_{sol,th}$: respectivement énergie électrique consommée par un climatiseur classique et énergie électrique consommée par un climatiseur avec appoint d'un capteur solaire.

Pour remplacer les climatiseurs installés par des climatiseurs à capteurs solaires thermiques, nous procéderons comme suit :

- Split muraux sont remplacés par leur équivalent en Split muraux avec appoint par capteur solaire,
- Les Split allèges sont remplacés par des Split muraux de puissance équivalente,
- Le Split gainable de 60000 BTU/h est remplacé par 2 Split muraux à appoint par capteurs solaires de 24000 BTU/h et un Split mural de 12000 BTU/h.

Leurs caractéristiques sont les suivantes :

Tableau 4 : caractéristiques des climatiseurs à appoint par capteur solaire thermique

Modèle		TKFR-26GW/BP	TKFR-35GW/BP	TKFR-50GW/BP	TKFR-70GW/BP
Capacité	BTU/h	9000	12000	18000	24000
Puissance	W	536	726	1030	1512
Intensité	A	2,43	3,3	4,68	6,87
COP	W/W	5,15	5,05	5,09	5,12
Prix d'achat	\$	677	768	1065	1300

En remplaçant la climatisation actuelle par des climatiseurs à appoint par capteur solaire thermique, on aurait les résultats suivants :

→ Puissance totale :

$$N_{r,th} = 87,772 \text{ kW}$$

→ L'énergie électrique consommée :

$$E_{sol,th} = 911,12 \text{ kWh}$$

→ Gain en énergie électrique par rapport au système standard :

$$G_{e,th} = 780,18 \text{ kWh}$$

→ consommation d'énergie par unité de surface habitable R_0 :

$$R_0 = 139,2 \text{ kWh/m}^2$$

B. Climatiseur alimenté par panneau photovoltaïque

Si le système fonctionne entièrement à l'énergie solaire, l'économie d'énergie résultant de son utilisation est de l'ordre de 100%.

S'il est par contre connecté au réseau, la consommation énergétique sera (CLAESSENS J. et coll., 2008):

$$E_{sol,ph} = \sum P_i \times t \quad (9)$$

P_i : puissance installée

t : temps de fonctionnement

Ce qui nous permettra de déterminer le gain énergétique que ce système permet :

$$G_{e,ph} = E_{cl} - E_{sol,ph} \quad (10)$$

E_{cl} : énergie consommée par un climatiseur standard

$E_{sol,ph}$: énergie consommée par un climatiseur solaire photovoltaïque

Déterminons les caractéristiques des capteurs photovoltaïques et des batteries qui seront fonction de la puissance du climatiseur à alimenter. La puissance crête est déterminée pour le mois le plus défavorable selon l'équation suivante (KOALAGA, 2009) :

$$P_c = \frac{E_{sol,ph}}{K \times E} \quad (11)$$

P_c : Puissance crête

K : Facteur de correction englobant les divers rendements ainsi qu'un coefficient de sécurité

$$k = k_p \times \eta_{reg} \times \eta_{acc} \quad (12)$$

k_p : coefficient de sécurité,

η_{reg} : rendement du régulateur de charge (caractéristiques en annexe 5),

η_{acc} : rendement des accumulateurs (caractéristiques en annexe 6)

E : énergie incidente sur le plan des modules

Connaissant la puissance crête totale, on peut déterminer le nombre n_s de modules à mettre en série (KOALAGA, 2009) :

$$n_s = \frac{\text{tension d'utilisation}}{\text{tension module}} \quad (13)$$

Ainsi que le nombre de branches (KOALAGA, 2009) :

$$n_p = \frac{P_c}{P_{c \text{ module}}} \times \frac{1}{n_s} \quad (14)$$

Le choix du régulateur se fait selon les paramètres suivants (KOALAGA, 2009) :

- La puissance du régulateur doit être supérieure à la crête installée : $P_{\text{régulateur}} > P_{c \text{ installée}}$
- La tension du régulateur doit être égale à celle du générateur : $U_{\text{régulateur}} = U_{\text{générateur}}$
- Le courant d'entrée admissible du régulateur doit être supérieur au courant maximal du champ de module : $I_{e \text{-reg admissible}} > I_{\text{maximal du champ de module}}$
- Le courant de sortie admissible du régulateur doit être supérieur au courant maximal appelé par les récepteurs simultanément : $I_{s \text{-reg admissible}} > I_{r \text{-courant maximal}} (P_{\text{max}}/U_{\text{générateur}})$

La détermination de la capacité 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. Ce nombre de jours varie suivant les auteurs, mais également suivant les applications et la situation géographique ; dans le souci de minimiser l'investissement de départ, l'autonomie choisie sera de 24 heures. La capacité des accumulateurs s'exprime ainsi (KOALAGA, 2009) :

$$C = \frac{\text{Consommation journalière} \times \text{Autonomie}}{U_{acc} \times \eta_{acc} \times d_M} \quad (15)$$

d_M : correction due à la profondeur de décharge limitée entre 50% et 70% selon le constructeur (KOALAGA, 2009).

Pour le remplacement des climatiseurs installés par des climatiseurs alimentés par panneaux photovoltaïques, nous procéderons comme précédemment :

- Les Split muraux sont remplacés par leur équivalent en Split muraux alimentés par capteurs solaires photovoltaïques,
- Les Split allèges sont remplacés par des Split muraux de puissance équivalente,

- Le Split gainable de 60000 BTU/h est remplacé par 2 Split muraux de 24000 BTU/h et un Split mural de 12000 BTU/h.

Les caractéristiques sont les suivantes :

Tableau 5 : Caractéristiques des climatiseurs alimentés par panneau photovoltaïque

Modèle		WRDC09	WRDC12	WRDC18	WRDC24
Capacité	BTU/h	9000	12000	18000	24000
Puissance	W	463	627	896	1228
Intensité	A	9,65	13,6	18,58	26,27
COP	W/W	5,7	5,66	5,6	5,55
Prix d'achat	\$	1785	1980	2735	3540

Leur utilisation aurait permis les résultats suivants :

→ Puissance totale installée :

$$N_{r,ph} = 75,766 \text{ kW}$$

→ Energie consommée :

$$E_{sol,ph} = 775,22 \text{ kWh}$$

→ Gain en énergie électrique par rapport au système classique :

$$G_{e,th} = 916,08 \text{ kWh}$$

→ consommation d'énergie par unité de surface habitable R_0 :

$$R_0 = 118,42 \text{ kWh/m}^2$$

Procédons à présent au dimensionnement des batteries et des capteurs solaires photovoltaïques. Pour cela, il est important de connaître l'inclinaison des panneaux qui est fonction de la latitude du lieu de l'étude ainsi que le rayonnement sur les capteurs durant le mois le plus défavorable qui est le mois d'Août à Conakry (Retscreen, 2009). La latitude de Conakry est de 13,7°Ouest ; à partir de la courbe de l'annexe 3 qui donne le Facteur d'inclinaison en fonction de la latitude et le tableau de l'annexe 2 qui donne le rayonnement horizontal, on détermine le rayonnement global reçu. Les valeurs sont consignées en annexe 4. L'énergie incidente sur le plan des modules est $E=4,7\text{kWh/m}^2/\text{j}$ (Retscreen, 2009).

Pour $k_p=0,8$; $\eta_{reg}=0,9$; $\eta_{acc}=0,8$; $d_M=0,7$; $U_{acc}=48\text{V}$ on a :

→ Facteur de correction :

$$k=0,576$$

→ Puissance crête :

$$P_c=286,35\text{kWc}$$

Les modules choisis ayant une tension de 30,4V et une puissance crête P_c module=250Wc, on aura 2 modules en série ($n_s=2$) et 573 modules en parallèle ($n_p=573$), les caractéristiques des panneaux photovoltaïques sont en annexe 6.

→ Capacité des batteries pour une autonomie de 24h

$$C=692160,7\text{Ah}$$

Les caractéristiques complètes des accumulateurs utilisés pour cette étude se trouvent en annexe 6.

IV Etude économique

Il s'agit de déterminer le temps de retour sur investissement brut ; c'est le temps au bout duquel la somme des économies financières réalisée par la substitution de climatiseur solaire au climatiseur classique est égale au montant des investissements supplémentaires. Ce temps est généralement le nombre d'années qui satisfont l'équation suivante (MIKWALA et coll., 2012) :

$$\text{Economies annuelles réalisées} = \text{charge d'exploitation} + \text{Investissement} \quad (16)$$

Or, en considérant que les charges d'exploitation sont équivalentes pour les deux systèmes, l'équation à satisfaire sera la suivante (MIKWALA et coll., 2012):

$$\text{Economies annuelles réalisées} = \text{Investissement}$$

Le temps de retour brut est donc (MIKWALA et coll., 2012):

$$TR_{brut} = \frac{\text{Investissement}}{\text{Economies réalisées}} \quad (17)$$

Le prix du kilowattheure dans les bâtiments du tertiaire étant de 505 GNF et connaissant le gain énergétique, nous pouvons évaluer le gain financier du climatiseur avec appoint d'un capteur solaire :

$$G_{f,th} = G_{e,th} \times 505 \quad (18)$$

Ainsi que celui du climatiseur alimenté avec un panneau photovoltaïque :

$$G_{f,ph} = G_{e,ph} \times 505 \quad (19)$$

Le coût d'achat du climatiseur solaire alimenté au photovoltaïque n'incluant pas celui d'acquisition des accumulateurs et des capteurs, il sera nécessaire de les inclure dans les investissements (KOALAGA, 2009) :

$$\text{Investissement}_{ph} = CA_{ph} + CA_{cap} + CA_{acc} \quad (20)$$

CA_{ph} : coût d'achat climatiseur photovoltaïque

CA_{cap} : coût d'achat capteur solaire photovoltaïque

CA_{acc} : coût d'achat accumulateurs.

L'achat des équipements actuellement en place a nécessité un investissement de **27.653USD**.

A. Climatiseur avec appoint d'un capteur solaire thermique

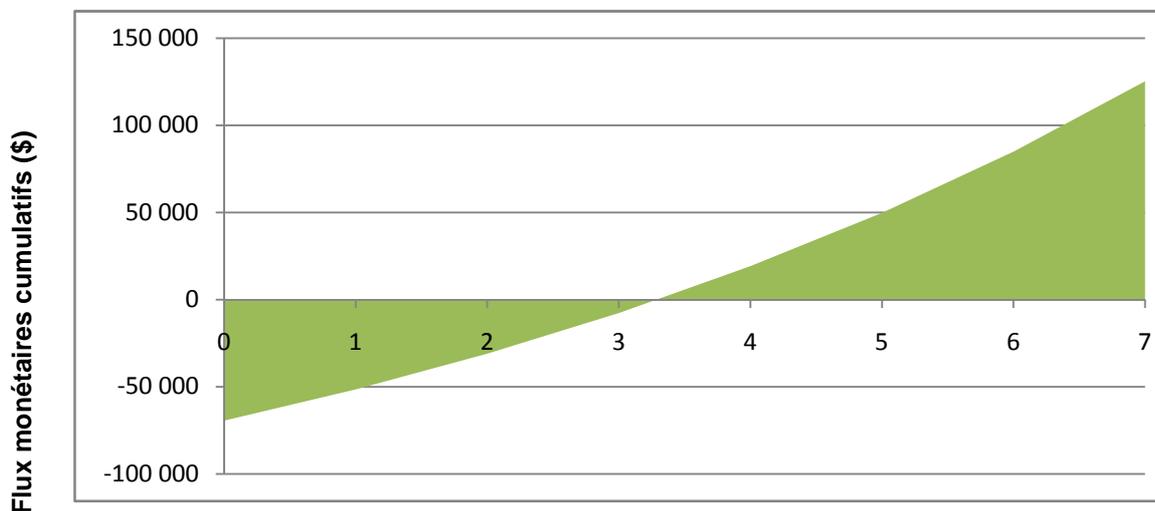
Leur installation aurait nécessité un investissement de **96.936USD**, soit un investissement supplémentaire de l'ordre de **69.283USD** par rapport au système en place ; son utilisation permettrait néanmoins un gain financier dû à l'économie d'énergie électrique qu'elle entraînerait :

$G_{f,th} = 354.671,6GNF$ par jour soit environ **52USD** (au taux de 1USD=6828GNF); en une année, elle permettrait donc d'économiser **15.600USD**.

Le temps de retour sur investissement brut serait :

$TRI_{brut} = 4,44$ années soit environ quatre années et cinq mois.

RETScreen ® montre que l'utilisation de ce type de climatiseurs permettrait de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 2,7tCO₂ par an. On obtient le graphique suivant :



An

Figure 9 : Graphique des flux monétaires cumulatifs

Le taux de rendement interne du projet avant impôt est de 29,2% ; le retour simple est 4,4 ans et le retour sur les capitaux propres de 3,3 ans.

B. Climatiseur alimenté par capteur photovoltaïque

L'achat des climatiseurs seulement coûterait **254.340USD**, les panneaux photovoltaïques **600.064USD**, les régulateurs de charge des accumulateurs **27.274,5USD** et enfin les batteries **177.660USD**.

Cette installation nécessiterait donc un investissement total de **1.059.338,5USD**, soit un investissement supplémentaire de l'ordre de **1.032.685,5USD** par rapport au système en place ; son utilisation permettrait néanmoins un gain financier dû à l'économie d'énergie électrique qu'elle entraînerait :

$G_{f,ph} = 823.200,5GNF$ par jour soit environ **121USD** (au taux de 1USD=6828GNF) ; en une année, elle permettrait donc d'économiser **36.169USD**.

Le temps de retour sur investissement brut serait :

$TRI_{brut} = 28,55$ années soit environ vingt huit années et 7 mois.

Examinons à présent l'alternative que propose ce système en le connectant à 100% sur le réseau, cela permettrait :

→ Gain financier

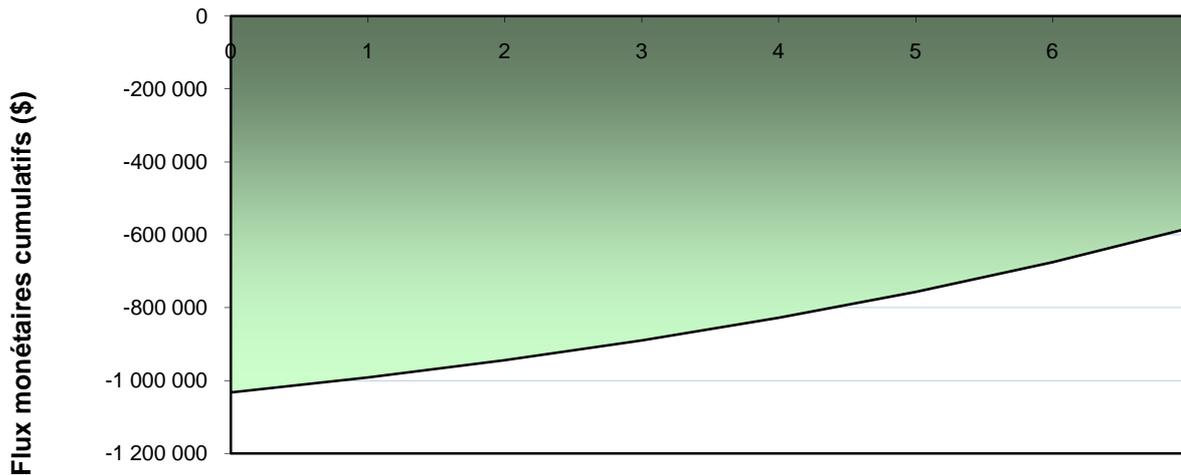
$G_{f,phv} = 452.287GNF$ par jour ce qui équivaut à **66USD** et à **19.800USD** annuellement.

N'ayant plus à acheter les panneaux photovoltaïques ni les batteries, l'investissement équivaudra au coût d'achat des climatiseurs et sera de **254.340USD** soit un investissement supplémentaire de **227.687GNF**. Le temps de retour sur investissement TRI est d'environ 11 ans 6 mois.

L'analyse avec RETScreen ® est réalisée en tenant compte du fait que le prix du kWh produit par une installation solaire photovoltaïque dépend des coûts fixes liés à l'investissement initial (achat du matériel et travaux), de la quantité de rayonnement solaire reçu par l'installation, du rendement de l'installation et surtout de la durée prise en

compte pour l'amortissement de l'investissement. Pour ce dernier paramètre, il est raisonnable de considérer une durée à minima de 20 ans.

L'utilisation de ce type de climatiseur permettrait de réduire les émissions de gaz à effet de serre de 1,3 tCO₂ par an. L'analyse Financière permet d'obtenir le graphique suivant :



An

Figure 10 : Graphique des flux monétaires cumulatifs

Le taux de rendement interne est -15.7%, le retour simple 28,6 ans et le retour sur les capitaux propres > projet.

V ANALYSE ET DISCUSSIONS

A. Analyse

De l'analyse de ces résultats il ressort que :

Tableau 6 : récapitulatif des résultats obtenus

Type	Investissement (USD)	Pce installée (kW)	R _o (kW/m ²)	Temps de retour sur investissement
Système standard	26.653	163,01	249,01	-
Climatiseur avec appoint	96.936	87,772	134,07	4ans 4 mois
Climatiseur photovoltaïque	1.059.338,5	75,766	123,63	28 ans 7 mois

L'utilisation du système avec appoint par capteur solaire induit un accroissement de l'investissement initial de près de 363,7% par rapport au système en place, une économie de 43,08% en terme d'énergie électrique consommée et une réduction des émissions de GES de 2,7 tCO₂ par an. Egalement, la puissance installée est réduite de 75 kW, la consommation d'énergie par unité de surface R_o s'en trouve considérablement réduite.

L'utilisation du système alimenté au photovoltaïque pour sa part nécessite un investissement équivalent à 40 fois la valeur de l'investissement pour une climatisation classique mais induit également une économie de 50,45% de la consommation électrique. Les émissions de GES sont réduites de 1,3 tCO₂ par an ; On constate également une réduction considérable de la puissance installée de près de 88 kW et par conséquent une amélioration de consommation d'énergie par unité de surface.

B. Discussion

Les immobilisations doivent être amorties sur leur durée effective d'utilisation par l'entreprise. La durée d'utilisation effective peut être estimée par le vendeur professionnel ou tout autre élément objectif : statistique, contrat d'acquisition, etc. (HENG, 2005). A Menerga Plus, le temps d'amortissement des climatiseurs individuels après étude a été fixé à 7 années.

➤ On constate que le temps de retour brut de l'investissement supplémentaire nécessaire à l'acquisition des climatiseurs à appoint d'un capteur solaire est de 4 ans et 4 mois, ce qui est largement en deçà des 7 ans que dure l'amortissement d'un climatiseur ; cela signifie que cette installation aurait permis à la banque non seulement de récupérer son investissement mais aussi de réaliser une économie de 39.936USD sur la durée de vie par rapport à une installation standard. De plus, on constate que la consommation d'énergie par unité de surface est de 134,07kWh/m² qui est inférieure à la référence de 160kWh/m² du code énergétique ivoirien. RETScreen® nous donne un taux de rendement interne du projet qui est le rendement réel du projet pendant sa durée de vie avant impôt TRI=29,2% ; cette valeur est intéressante vu qu'elle est supérieure au taux moyen d'intérêt des emprunts dans les banques qui est de 6%.

➤ Le climatiseur alimenté par panneau photovoltaïque quant à lui nécessite un temps de retour sur investissement brut de 28 ans ; donc malgré l'économie d'énergie qu'il permet ce système n'est pas attractif pour une entreprise qui ne s'intéresse qu'à l'aspect financier cela d'autant plus qu'il a TRI négatif. Néanmoins, on constate que si l'installation est connectée au réseau, cela permet de réduire considérablement le temps de retour sur investissement, mais celui-ci reste toujours assez supérieur à la limite admissible. Si on s'intéresse à l'aspect économie d'énergie et rejet de GES, on constate que ce système permet de réaliser suffisamment d'économie d'énergie et de CO₂ rejeté dans l'environnement ; sa consommation d'énergie par unité de surface est de 116,63kWh/m² ce qui est très inférieur à la référence.

VI CONCLUSION ET RECOMMANDATION

A. Conclusion

De cette étude, il ressort que des deux systèmes étudiés, le climatiseur à appoint de capteur solaire est la solution la plus intéressante. Malgré un investissement de départ qui peut paraître considérable, il sera amorti au bout de 4 ans grâce aux économies d'énergie qu'il entraîne ce qui permettra de réaliser des économies sur la durée de vie de l'installation.

Egalement, on constate que l'utilisation des climatiseurs alimentés par panneau photovoltaïque est une solution difficilement envisageable vu leur coût exorbitant cependant une utilisation pourrait être possible sur les sites isolés tels que les sites GSM des sociétés de téléphonie mobile; cependant une alimentation grâce au courant du réseau électrique apporte une amélioration qui n'est pas négligeable.

B. Recommandation

Il serait intéressant pour la société de commander quelques échantillons de ces équipements afin de pouvoir les étudier en fonctionnement sur le terrain et voir si les résultats obtenus sont conformes à ceux trouvés grâce aux données constructeur et le cas échéant dans quelle mesure pouvoir en commencer la commercialisation à grande échelle.

BIBLIOGRAPHIE

ANONYME, (2007), méthode d'analyse économique des projets, ADEME.

AZOUMAH Y., (2010) Thermique solaire, cours de Master M2 en génie électrique, énergétique et énergies renouvelables, 2iE.

BÉLANGER-GRAVEL J., (2011) Analyse technico-économique d'un système hybride éolien-photovoltaïque en comparaison avec les systèmes photovoltaïques et éoliens seuls, Diplôme de maîtrise, Génie métallurgique, Ecole polytechnique de Montréal.

CHABOT B., (200) Méthode TEC, ADEME.

CHEILAN R., (2004) Etude de la production de froid dans le bâtiment à l'aide de panneaux solaires, Mémoire d'ingénieur, Génie civil, Ecole nationale d'ingénieurs de Saint-Etienne.

CLAESSENS J. et coll., (2008) Efficacité énergétique de la climatisation en région tropicale : exploitation des installations existantes tome 1 – IEPF. 186p.

DIALLO S., (2005) Projet électrification rurale décentralisée, Ministère de l'énergie.

DOCUMENTS constructeur : Mr Cool, china-aircon.

DJEUNANG A. F. (2009) Analyse énergétique du système de climatisation centralisé du bloc pédiatrique du CHU de Conakry, Mémoire d'ingénieur, Génie mécanique. Institut Polytechnique de Conakry.

DUFFIE J., (1980) Solar engineering of thermal processes – Wiley interscience. 919p.

HANFF E., (2010) Les Mécanismes de Développement Propre, cours de Master M2 en génie électrique, énergétique et énergies renouvelables, 2iE.

HENG J., (2005) Pratique de la maintenance préventive, 2^{ème} édition – Dunod.

- KEMAJOU A. (1995) Confort thermique en situation réelle et mesure d'économies d'énergie dans les bâtiments tertiaires au Cameroun. Thèse de Doctorat en Sciences de l'Ingénieur –Génie Énergétique – ENSP Yaoundé/Cameroun. 256p.
- KOALAGA Z., (2009) Cours d'électricité solaire photovoltaïque, cours de Master spécialisé en génie énergétique, 2iE.
- MIKWALA N et coll., (2012) Valorisation énergétique des coques d'anacardes pour la production de chaleur dans une unité de transformation semi-industrielle des noix d'anacarde, Projet intégrateur, Master spécialisé en Energie, 2iE.
- MINISTERE de l'hydraulique et de l'énergie, (2009) Données relatives au niveau de fourniture en énergie électrique à Conakry, Mai, Conakry.
- PIEGAY X., (2006) La climatisation solaire, Mémoire de fin d'études, Architecture, Ecole d'architecture de Lyon Formation longue HQE 2005.
- SEMPORE J. F., (2005) Cours de technologie de climatisation, cours de Master spécialisé en génie énergétique, Groupe des écoles EIER-ETSHER.
- TCHATCHOUANG N. J., (2010) Projet d'application d'un système DRV pour l'amélioration de la climatisation de l'immeuble WAQF à Conakry, Mémoire d'ingénieur, Génie mécanique. Institut polytechnique de Conakry.
- TRAORE F., (2010) Gestion financière de projet, cours de Master en génie électrique, énergétique et énergies renouvelables, 2iE.
- WILDY T. et coll., (2005) Electrotechnique, 4^{ème} édition – de Boeck. 1215p.
- YUNUS A. et coll., (2006) Thermodynamics: an engineering approach, 5th edition - McGraw-Hill. 963p.

Sites internet :

www.stat-guinee.org consulté le 10/10/2012 à 9h44min.

<http://www.ines-solaire.com/solpv/page20.html> consulté le 11/10/2012 à 13h26min.

www.china-aircon.com consulté le 04/08/2012 à 23h30min

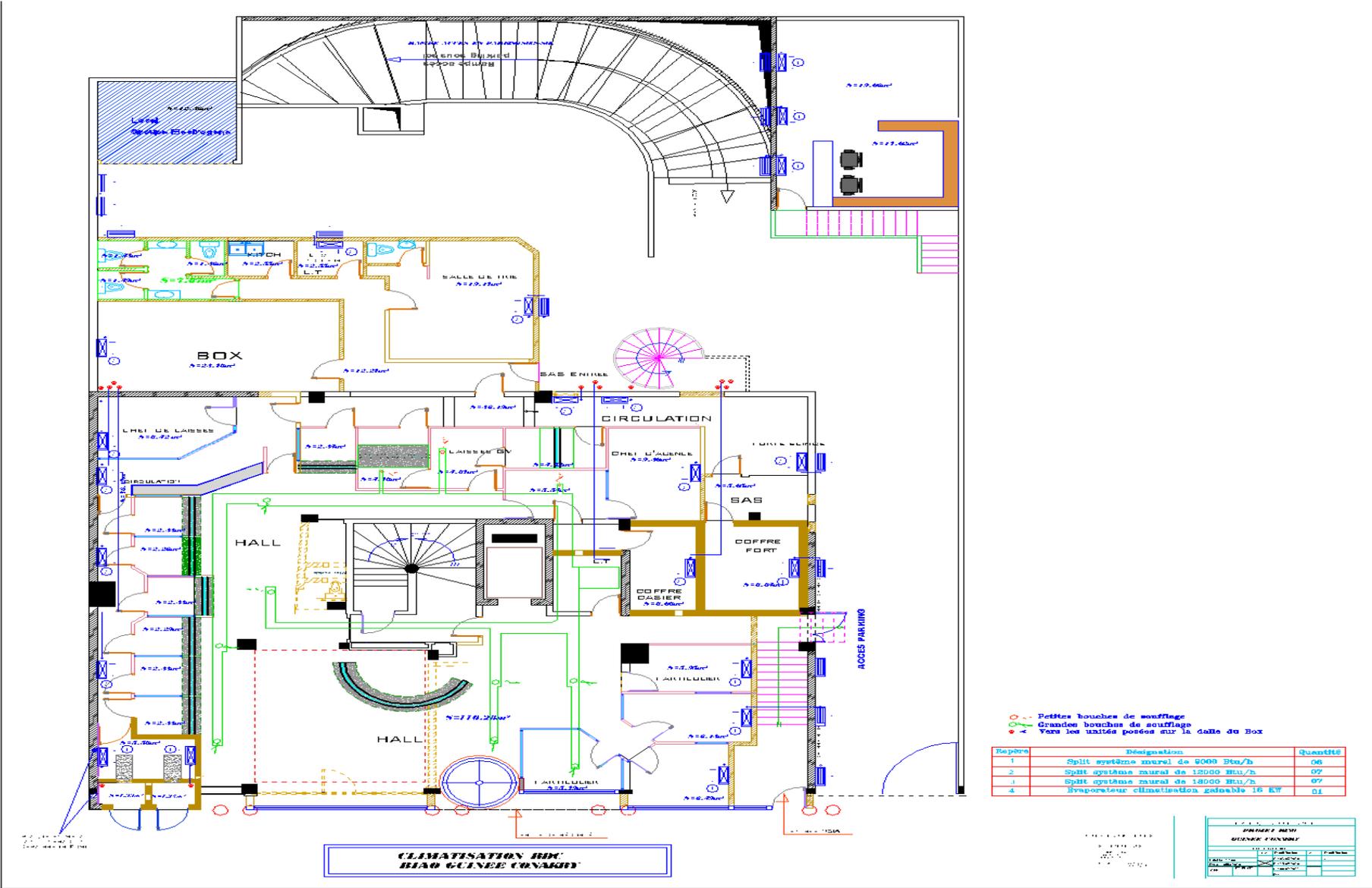
Logiciels :

RETScreen4®, (2009) Logiciel d'analyse des projets d'énergie propres, canmetENERGIE.

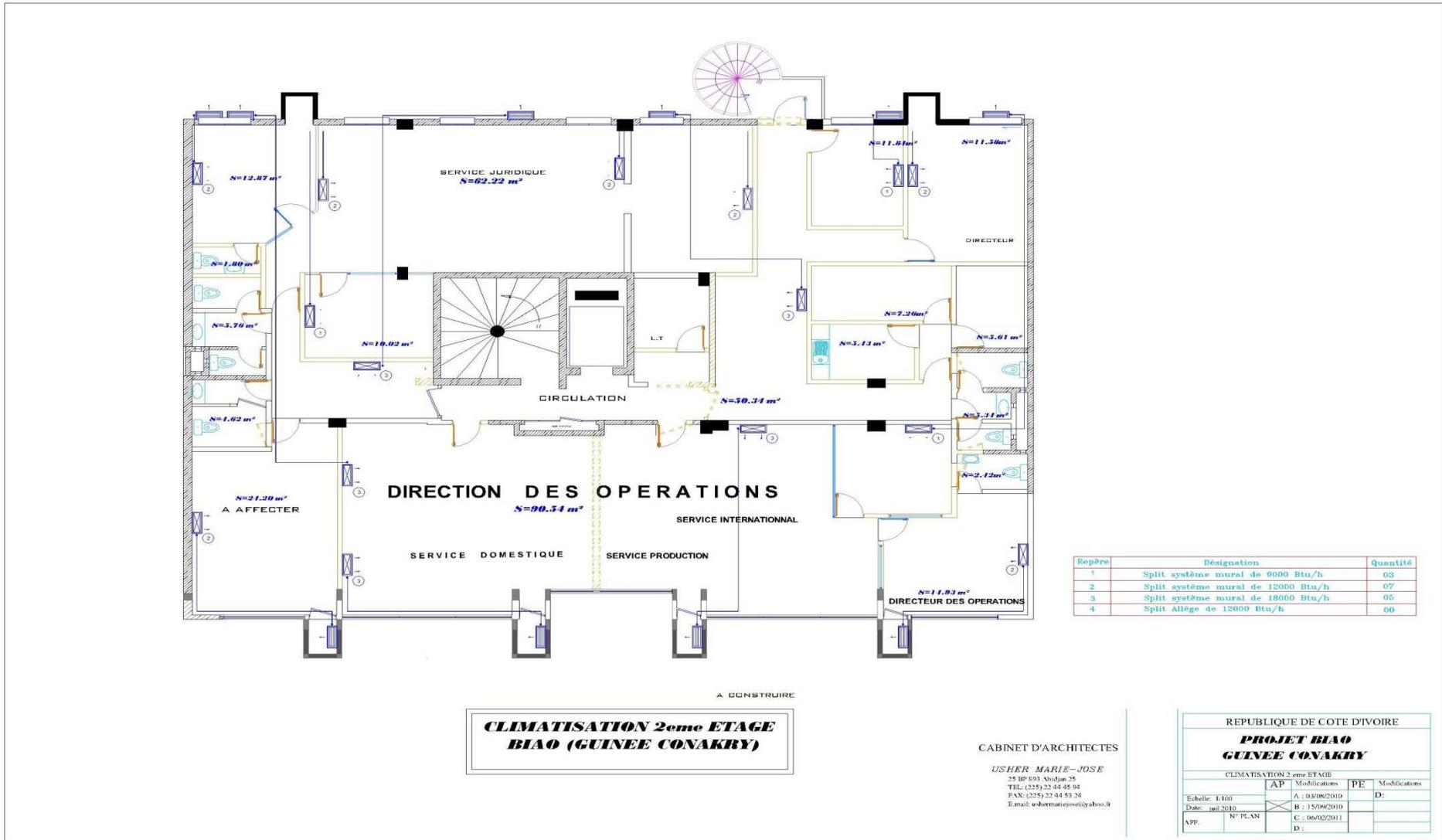
Energie⁺, version 5.

ANNEXES

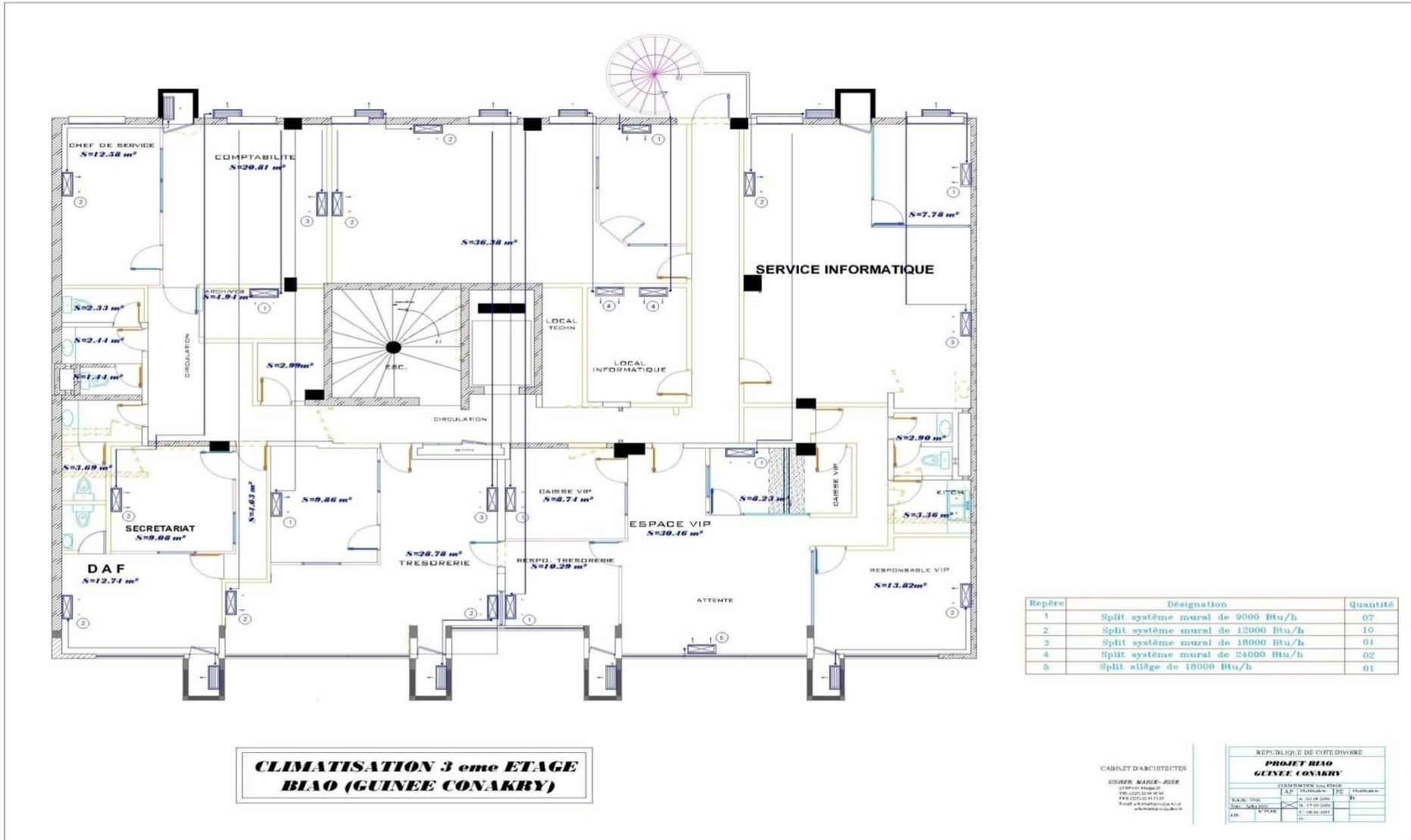
ANNEXE1 : Plan du bâtiment : Rez-de-chaussée



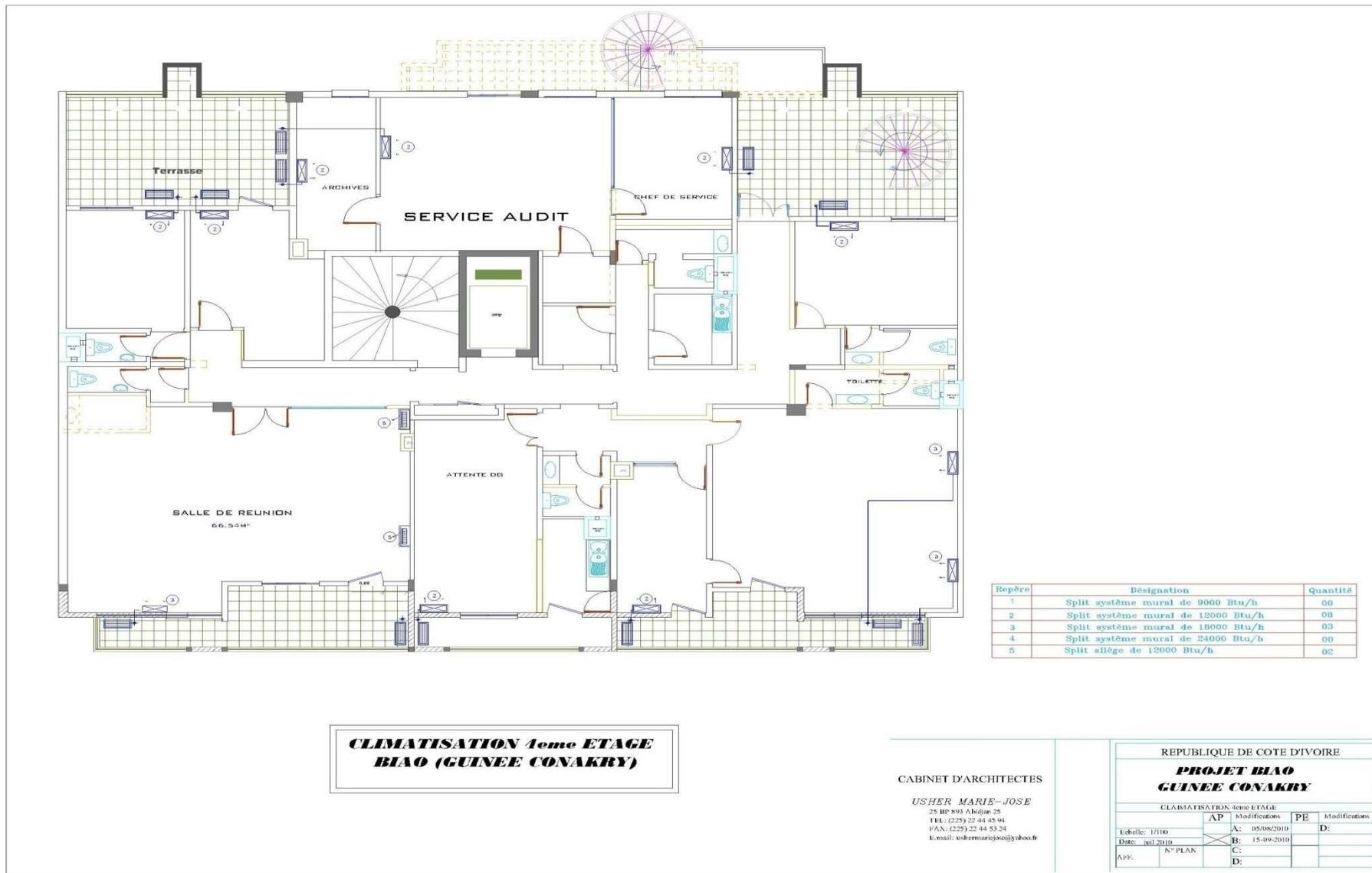
➤ Plan du 2^{ème} étage



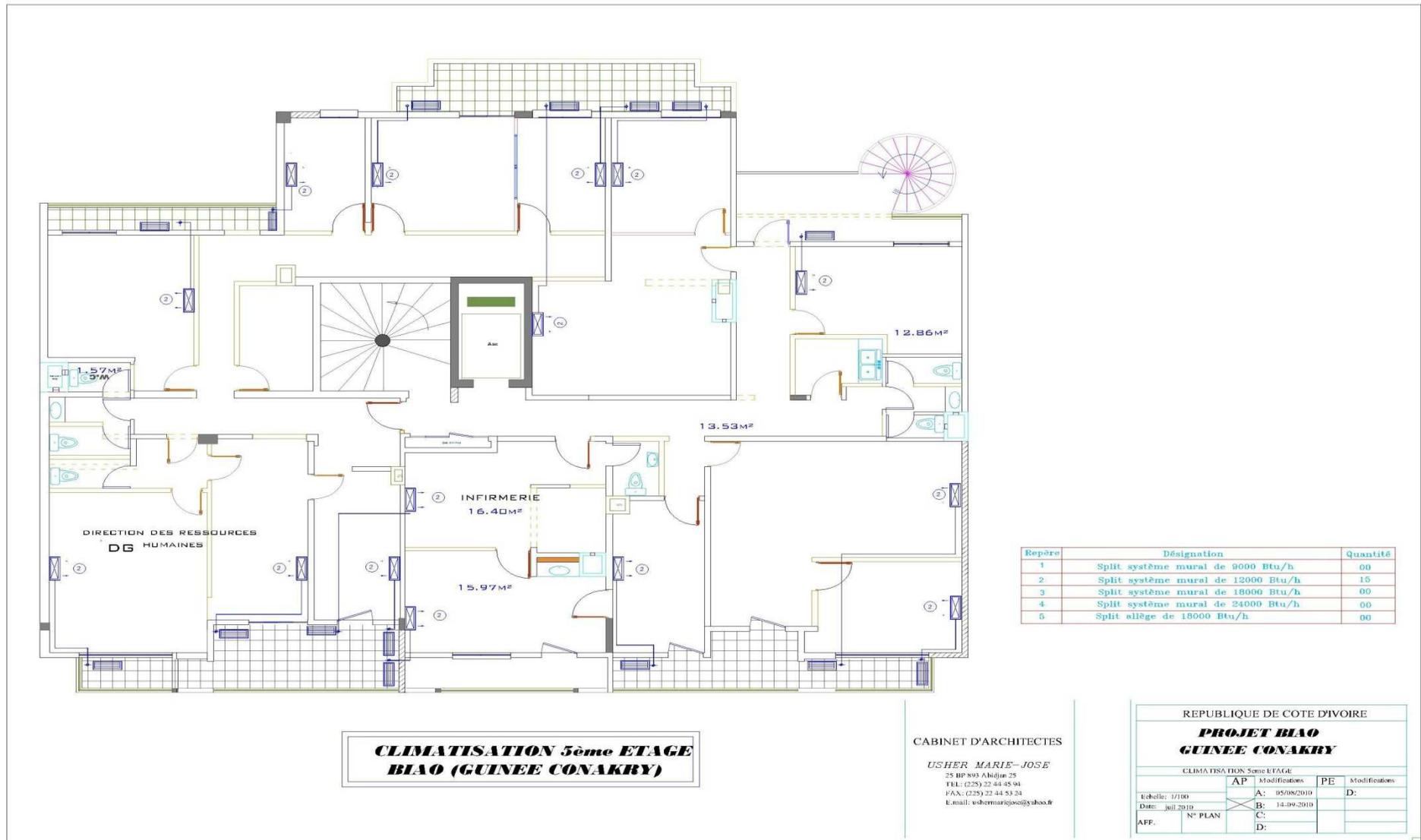
➤ Plan du 3^{ème} étage



➤ Plan du 4^{ème} étage



➤ Plan du 5^{ème} étage

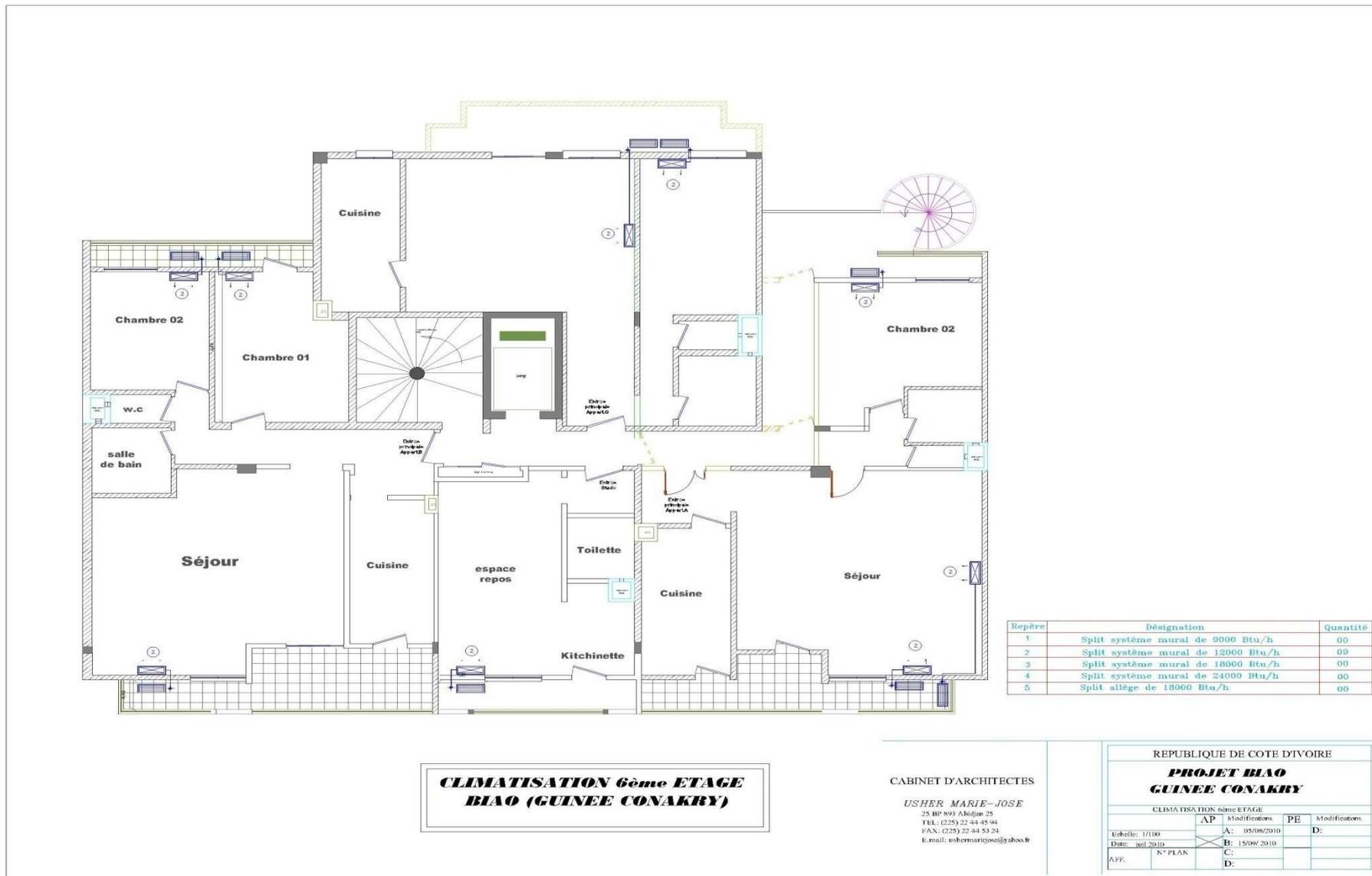


**CLIMATISATION 5^{ème} ETAGE
BIAO (GUINEE CONAKRY)**

CABINET D'ARCHITECTES
USHER MARIE-JOSE
25 BP 893 Abidjan 25
TEL: (225) 22 44 45 94
FAX: (225) 22 44 53 24
E-mail: ushermariejos@zyahoo.fr

REPUBLIQUE DE COTE D'IVOIRE			
PROJET BIAO			
GUINEE CONAKRY			
CLIMATISATION 5 ^{ème} ETAGE			
AP	Modifications	PE	Modifications
Echelle: 1/100	A: 05/08/2010		D:
Date: juil 2010	B: 14-09-2010		
AFF.	N° PLAN	C:	
		D:	

➤ Plan du 6^{ème} étage



Annexe 2 : Données climatiques de Conakry.

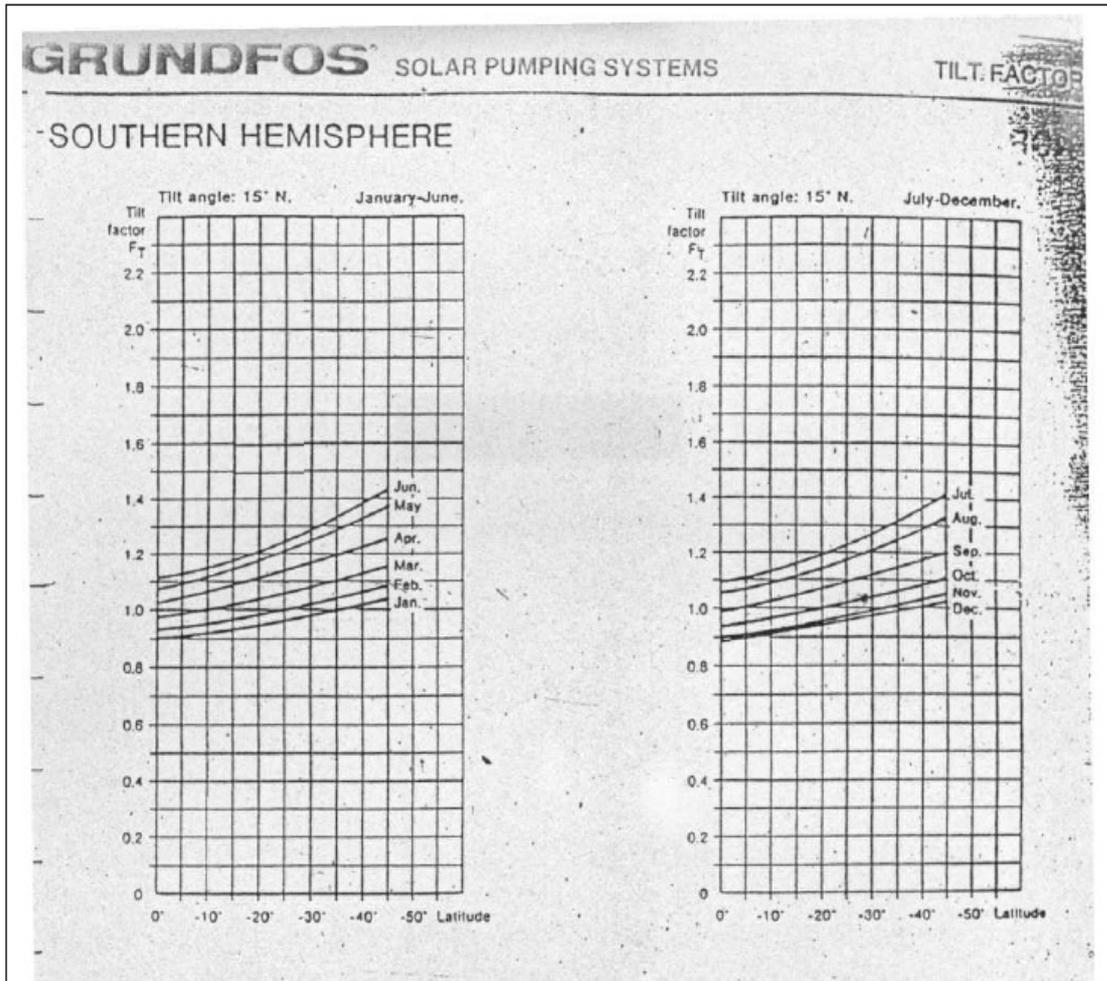
RETScreen

Pays - région: Guinée
 Province / État: n/a
 Lieu des données climatiques: Conakry

Latitude: °N 9,8
 Longitude: °E -13,7 Source
 Élévation: m 117 NASA
 Température extérieure de calcul de chauffage: °C 21,5 NASA
 Température extérieure de calcul de climatisation: °C 30,3 NASA
 Amplitude des températures du sol: °C 7,5 NASA

	Température de l'air °C	Humidité relative %	Rayonnement solaire quotidien - horizontal kWh/m²/j	Pression atmosphérique kPa	Vitesse du vent m/s	Température du sol °C	Degrés-jours de chauffage °C-j	Degrés-jours de climatisation °C-j
Janv	26,4	56,6%	5,58	99,8	3,5	28,7	0	510
Févr	26,4	61,9%	6,07	99,8	3,8	29,6	0	458
Mars	26,2	66,7%	6,59	99,7	4,0	30,0	0	501
Avr	26,1	73,0%	6,47	99,7	3,8	29,8	0	483
Mai	25,8	82,3%	5,63	99,8	3,8	28,2	0	488
Juin	25,2	86,4%	4,89	100,0	3,5	26,9	0	456
Juill	24,7	86,8%	4,12	100,0	3,8	25,9	0	455
Août	24,5	87,3%	4,27	100,0	3,7	25,5	0	450
Sept	24,7	87,0%	4,88	99,9	3,3	26,0	0	442
Oct	24,9	86,5%	5,16	99,9	2,6	26,6	0	462
Nov	25,0	83,1%	5,13	99,8	2,6	26,8	0	449
Déc	25,7	68,7%	5,25	99,8	2,8	27,4	0	487
Annuel	25,5	77,1%	5,30	99,9	3,4	27,6	0	5 642
Source	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA	NASA
Mesuré à				m	10	0		

Annexe 3 : Détermination du facteur d'inclinaison



Annexe 4 : Valeur du rayonnement global sur un plan incliné.

Mois	$E_{\text{horizontal}}$ (kWh/m ² /j)	Facteur d'inclinaison	$E_{\text{incliné}}$ (kW/m ² /j)
Janvier	5,58	0,85	4,743
Février	6,07	0,92	5,5844
Mars	6,59	1,01	6,6559
Avril	6,47	1,08	6,9876
Mai	5,63	1,14	6,4182
Juin	4,89	1,17	5,7213
Juillet	4,27	1,15	4,738
Août	3,95	1,1	4,7
Septembre	4,88	1,4	6,832
Octobre	5,16	0,98	5,0568
Novembre	5,13	0,93	4,7709
Décembre	5,25	0,92	4,83

Annexe 5 : Caractéristiques régulateur de charge

PROTECT RCS

THYRISTOR CONTROLLED INDUSTRIAL
RECTIFIER & BATTERY CHARGER

Input:
220/230/240V AC 1 phase
380/400/415 V AC 3 phase

*DC input available

Output:
24 V DC; 25 – 1000 A
48 V DC; 25 – 1000 A
110 V DC; 25 – 1000 A
125 V DC; 25 – 1000 A
220 V DC; 25 – 1000 A

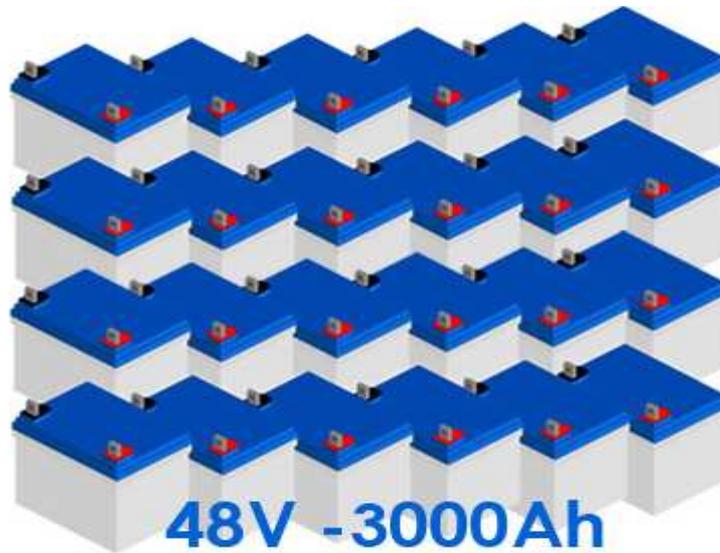


PROTECT RCS – SINGLE PHASE RANGE/THREE PHASE RANGE

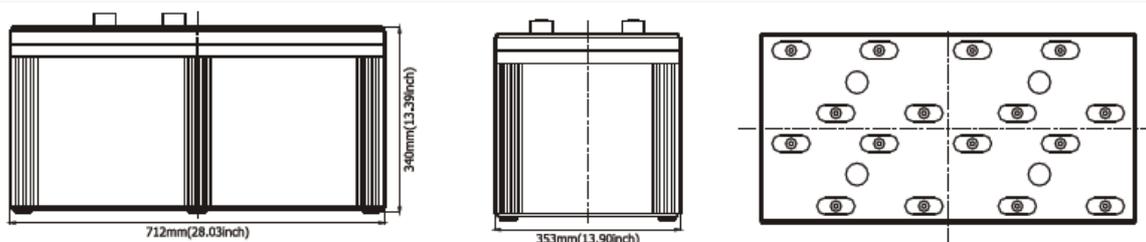
	SPRe – Single Phase Range			TPRe – Three Phase Range				
BATTERY VOLTAGE (V DC)	24	48	110	24	48	110	125	220
Output Current (A)	25	25	25	25	25	25	25	25
	50	50	50	50	50	50	50	50
	75	75		75	75	75	75	75
	100	100		100	100	100	100	100
				150	150	150	150	150
				200	200	200	200	200
				300	300	300	300	300
				400	400	400	400	400
				500	500	500	500	500
				600*	600*	600*	600*	600*
				800*	800*	800*	800*	800*
				1000*	1000*	1000*	1000*	1000*

*rating achieve by paralleling systems

Annexe 6 : Caractéristiques accumulateurs



Ce groupe de batteries est composé de 24 modules (2V-3000Ah) câblés en série afin de stocker jusqu'à 3000Ah dans une installation 48V. Les batteries utilisées sont de type GEL (électrolyte gélifiée) spécialement indiqué pour les applications solaire ou éolienne. Leur conception permette le travail en cyclage avec résistance au cyclage profond ainsi qu'une autodécharge très lente, un stockage prolongé et un rendement énergie jusqu'à 85%.Elles sont parfaitement étanches et peuvent fonctionner dans n'importe quelle position. Aucun électrolyte libre ne peut s'échapper. Aucun entretien n'est nécessaire : pas de recharge en électrolyte ou eau.



Specifications

Battery Model	UCG 3000 -2			
Designed Floating Life	15 Years			
Capacity (25°C)	20HR (152A, 1.75V)	10HR (300A, 1.75V)	5HR (542A, 1.75V)	1HR (1950A, 1.75V)
	3040AH	3000AH	2710AH	1950AH
Dimensions	Length	Width	Height	Total Height
	712mm	353mm	340mm	382mm
Approx. Weight	199Kg			
Internal Resistance	Fully Charged at 25°C 0.00045 Ohm			
Self Discharge	3% of capacity declined per month at 25°C			
Capacity Affected by Temperature	40°C	25°C	0°C	-15°C
	102%	100%	85%	65%
Charge Voltage (25°C)	Cycle Use		Float Use	
	2.3-2.35V (-5mV/C), max. Current: 750A		2.25-2.27V (-3.3mV/C)	

Annexe 7 : caractéristiques des panneaux PV



GENERAL CHARACTERISTICS

Dimensions (L / W / H)	1650mm / 990mm / 40mm
Weight	19.1kg

YGE 60 Cell 40mm SERIES

ELECTRICAL PERFORMANCE

Electrical parameters at Standard Test Conditions (STC)

Module type			YL250P-29b	YL245P-29b	YL240P-29b	YL235P-29b	YL230P-29b
Power output	P_{max}	W	250	245	240	235	230
Power output tolerances	ΔP_{max}	W	-0 / +5				
Module efficiency	η_m	%	15,3	15,0	14,7	14,4	14,1
Voltage at P_{max}	V_{mp}	V	30,4	30,2	29,5	29,5	29,5
Current at P_{max}	I_{mp}	A	8,24	8,11	8,14	7,97	7,80
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	38,4	37,8	37,5	37,0	37,0
Short-circuit current	I_{sc}	A	8,79	8,63	8,65	8,54	8,40

STC: 1000W/m² irradiance, 25°C cell temperature, AM1.5g spectrum according to EN 60904-3.
Average relative efficiency reduction of 5% at 200W/m² according to EN 60904-1.

Electrical parameters at Nominal Operating Cell Temperature (NOCT)

Power output	P_{max}	W	181.1	177.9	174.3	170.7	167.0
Voltage at P_{max}	V_{mp}	V	27.6	27.2	26.6	26.6	26.6
Current at P_{max}	I_{mp}	A	6.56	6.54	6.56	6.42	6.29
Open-circuit voltage	V_{oc}	V	35.4	34.5	34.2	33.8	33.8
Short-circuit current	I_{sc}	A	7.12	6.99	7.01	6.92	6.81

NOCT: open-circuit module operation temperature at 800W/m² irradiance, 20°C ambient temperature, 1m/s wind speed.

Annexe 8 : RETScreen®

RETScreen International est un logiciel d'analyse de projets d'énergie propre. Il offre une approche orientée sur la réalisation de projets et permet d'en étudier de plusieurs sortes. Un grand avantage de RETScreen est son interface commune et déjà bien connue de tous. Ce logiciel est en fait des feuilles de calculs sophistiquées qui s'ouvrent dans Excel comme montré à la Figure suivante :



Figure 7: Interface RETScreen®

Pour les données entrées, on débute avec l'onglet « démarrer », on entre les informations du projet dont le nom du projet, le lieu du projet et pour qui et par qui le projet est réalisé, ensuite on choisit selon les options définies le type de projet, le type d'établissement. Il faut aussi choisir le type d'analyse, méthode 1 ou méthode 2, et le pouvoir calorifique de référence, pouvoir calorifique supérieur ou pouvoir calorifique inférieur ainsi que les données climatiques du lieu du projet dont beaucoup se trouvent déjà dans la base de données de RETScreen.

Lorsque l'on choisit comme dans le cas de cette étude un projet d'efficacité énergétique, il y'a des données générales du projet à entrer telles que le nombre d'heures d'occupation des locaux par jour, la température de consigne etc. Dans la section « caractéristique de l'établissement », il est

question dans ce cas de déterminer le prix de revient du kWh d'électricité produite par les panneaux photovoltaïques. La procédure est la suivante (CHABOT,) :

→ On détermine le facteur d'utilisation :

$$K_a = \frac{t \times (1+t)^n}{(1+t)^n - 1} \quad (21)$$

Avec t : taux d'actualisation 8% couramment retenu dans le secteur de l'énergie (ANONYME, 2007),

n : la durée de vie de l'installation : $n=20$ ans.

Ensuite, on utilise la formule suivante pour donner le prix de revient :

$$\text{prix de revient} = \frac{1 \times (K_a + K_{em})}{N_h} \quad (22)$$

Avec :

$K_{em} = \frac{\text{Maintenance Annuelle}}{\text{Investissement initial}}$ (23) Évaluons les frais de maintenance à 0,2% le montant de l'investissement.

N_h : Energie annuelle consommée.

On obtient le prix du kWh solaire égal à environ 0,13\$.

Les résultats obtenus par RETScreen sont une analyse financière et une analyse des émissions. Dans l'analyse financière, le graphique des flux monétaires cumulatifs est très intéressant et très visuel.

Annexe 9 : caractéristiques des climatiseurs étudiés.

- Climatiseur alimenté par panneau photovoltaïque

MR COOL HOLDING CO., LIMITED



24/F, Rm.2402 Bldg. 8, Renming Road Huangpu District Shanghai China

Tel: +86-21-53028091

Fax: +86-21-53028091

Email: Jason@china-aircon.com

Website: www.china-aircon.com

48V DC POWER DC INVERTER SOLAR AIR CONDITIONER (Price NOT including solar panel & battery)

Model (Freon:R410a)		WRDC09	WRDC12	WRDC18	WRDC24
Price					
Cooling Only	FOB NINGBO	US\$1 785,00	US\$1 980,00	US\$2 735,00	US\$3 540,00
Cooling and Heating		US\$1 885,00	US\$2 080,00	US\$2 835,00	US\$3 640,00
Power		DC48V (from 43V-53V)			
Cooling Capacity		2600W/9000BTU/H	3500W/12000BTU/H	5000W/18000BTU/H	7000W/24000BTU/H
Heating Capacity (W)		2800W/9500BTU/H	3700W/13000BTU/H	5000W/18000BTU/H	7000W/24000BTU/H
Air Circulation (m ³ /h)		500	580	1000	1200
Rated Input Power (W)	Cooling	463	627	896	1268
	Heating	491	653	892	1261
Rated Input Current (A)	Cooling	9,65	13,06	18,67	26,42
	Heating	10,23	13,6	18,58	26,27
EER/COP		5.62/5.7	5.58/5.66	5.58/5.6	5.52/5.55
Liquid Quantity(R410A)Kg		0,95	1,05	1,55	2,3
Indoor unit	Noise dB(A)	41	43	45	48

Etude comparée de trois types de climatiseurs

	Net Weight/Gross Weight(kg)	11.2/14.8	11.2/14.8	16.5/19	16.5/19
Outdoor unit	Noise dB(A)	52	54	56	60
	Net Weight/Gross Weight(kg)	35/40	35/40	61/66	70/75
Indoor unit	Net Dimension(mm)	795*285*215	795*285*215	1090*330*255	1090*330*255
	Shipping Dimension(mm)	905*370*283	905*370*283	1145*375*315	1145*375*315
Outdoor unit	Net Dimension (mm)	830*260*520	830*260*520	930*330*730	960*360*800
	Shipping Dimension (mm)	890*360*590	890*360*590	1025*395*890	1080*440*990
Connecting Pipe Specifications (mm)	Liquid Pipe	φ6.35		φ9.52	
	Gas Pipe	φ12.7		φ16	
Indoor Unit					
Outdoor Unit					

- Climatiseur à appoint par capteur solaire thermique



MR COOL HOLDING CO., LIMITED

Shanghai Export dept:24/F, Rm.2402 Bldg. 8, Renming Road Huangpu District Shanghai China

Tel: 86-21-53028091

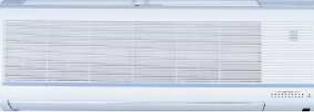
Fax: 86-21-53028091

Email: Jason@china-aircon.com

Website:www.china-aircon.com



DC INVERTER Wall Mounted Type Hybrid Solar AC(R410A Flat panel series)

Heating is optional		TKFR-26GW/BP	TKFR-35GW/BP	TKFR-50GW/BP	TKFR-70GW/BP	
Power Supply		220V/50Hz/60Hz				
Panel		Panel F	Panel F	Panel S	Panel V	
Indoor unit						
Outdoor unit & Attachments						
Performance						
Capacity	Cooling	Btu/h	9000	12000	18000	24000
		W	2600	3500	5000	7000
	Heating	Btu/h	10000	13000	19000	26000
		W	2900	3800	5500	7800

Etude comparée de trois types de climatiseurs

Noise	Indoor	db(A)	<40	<40	≤42	≤50
	Outdoor	db(A)	<50	<50	≤52	≤60
Air Circulation		m³/h	510	720	850	960
Suitable Area		m²	12-20	15-25	25-40	30-45
EER		w/w	4,85	4,82	4,85	4,76
COP		w/w	5,15	5,05	5,09	5,12
Power						
Input power	Cooling	W	536	726	1030	1512
	Heating	W	563	752	1080	1523
Rated Current	Cooling	A	2,44	3,3	4,68	6,87
	Heating	A	2,56	3,42	4,91	6,92
Dimensions						
Indoor Unit	Net	mm	845*325*228	1010*325*200	1090*325*220	1650*370*260
	Shipping	mm	905*370*283	1065*375*255	1170*395*300	1720*440*320
Outdoor Unit	Net	mm	820*320*540	930*330*600	920*375*730	1000*410*960
	Shipping	mm	85*360*600	995*390*650	1025*395*890	1085*435*1060
Weight						
Indoor unit	Net/shipping	kg	11.5/13.5	15/18.5	18/22	32/38
Outdoor unit	Net/shipping	kg	38/38	51/56	61/66	75/85
Attachments						
Dimensions	Net/shipping	mm	1000*550*87	1000*550*87	1000*550*87	1000*550*87
Weight	Net/shipping	kg	14/16	14/16	14/16	14/16
Quotation						
Cooling only	FOB Ningbo	usd	\$677	\$768	\$1 065	\$1 300
Cooling & Heating	FOB Ningbo	usd	\$689	\$780	\$1 076	\$1 323
Container loaing quantity	1x20' GP	sets	108	62	45	31
	1x40' GP	sets	243	139	102	70
	1X40"HQ	sets	295	169	124	86
Sample availability			YES	YES	YES	YES

Technical Conditions:

Solar collect panel, copper pipe and all installation kits included, all you need is the installation tool.

We only use Japanese compressor such as Toshiba, Hitachi, Mitsubishi and Sanyo.

- Climatiseur classique



HIGH WALL SPLIT

ISSR 09

ISSR12



ISSR 18

ISSR 24

COOLING ONLY

Model			ISSR 09	ISSR 12	ISSR 18	ISSR 24
Power supply	Pls-V-Hz		220-240V ~ 50Hz	220-240V ~ 50Hz	220-240V ~ 50Hz	220-240V ~ 50Hz
Cooling	Capacity	Btu/h	9000	12000	18000	24000
	Input	W	1000	1330	1700	2400
	Rated current	A	4.6	6.2	7.5	11.5
	EER	Btu/hch	8.2/2.4	8.2/2.4	8.2/2.4	8.87/2.6
Max. input consumption	W		1200	1650	2200	3200
Max. Current	A		5.8	8.8	10.0	15
Starting current	A		21.7/23.7	29.9	41.2/45.6	61.0/66.0
Indoor air flow (H/M/L)	m ³ /h		450/360/320	580/500/420	800/730/600	1000/950/880
Indoor noise level (H/M/L)	dB(A)		30/34/31	40/38/32	40/42/38	47/45/43
Indoor unit	Dimension (W*H*D)	mm	790*195*275	790*195*275	925*195*275	1038*215*290
	Packing (W*H*D)	mm	865*265*350	865*265*350	1015*285*350	1135*435*315
	Net/Gross weight	Kg	8.5/10.5	9/11	10/13.5	14.5/20
Outdoor noise level	dB(A)		53	54	56	60
Outdoor unit	Dimension(W*H*D)	mm	685*430*280	780*540*250	780*540*250	845*695*335
	Packing (W*H*D)	mm	755*345*405	910*575*335	910*575*335	965*755*365
	Net/Gross weight	Kg	24/27	29/32	34/37	56/60
Refrigerant type	R22	g	580	800	1050	1450
Qty/per 20' HQ 40HQ	set		130/250/300	110/225/288	88/182/212	64/130/145

NO CONTRACTUAL PICTURES

contact@icestream.org