

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



**Université M'hamed Bougara
Boumerdès
Faculté des Hydrocarbures et de
la Chimie
Laboratoire de l'Automatique
Appliquée**



MEMOIRE

Présenté par:

Mme FATIHA BOUHIRED

Pour l'obtention du titre de Magister en Automatique

Option: Automatisation des procédés industriels et Traitement du Signal

THEME

Commande et contrôle d'une installation solaire thermique

Membres du jury :

<u>Président :</u>	Mr. M. SAIGHI	Maître de conférence	USTHB
<u>Rapporteur :</u>	Mr. M. ZELMAT	Professeur	FHC - Université de Boumerdès
<u>Co-Rapporteur :</u>	Mr. M. BELHAMEL	Directeur de recherche	CDER - Bouzaréah
<u>Examineurs :</u>	Mr. A.BENZAOUI	Chargé de cours	USTHB
	Mr. M.DIAF	Maître de Conférence	Université de tizi ousou
	Mr. H.MEGLOULI	Chargé de cours	UMBB

BOUMERDES 2004

DEDICACES

A

Mon mari pour son aide et ses encouragements

Mes très chers parents et beaux parents

Mes frères et sœurs

Mes filles adorables, Amélia et Cerine, ainsi mon nouveau né Mohamed Samy

Mes nièces et neveux

Mes beaux frères et belles soeurs

Tous mes amis (es).

Je dédie ce travail

AVANT-PROPOS

Au terme de ce travail, mes vifs remerciements vont à mon promoteur **Mr. M. ZELMAT**, professeur à l'université de Boumerdes, responsable de l'option Automatique Appliquée et traitement du signal, pour son assistance, son aide si fructueuse, qui m'ont permis d'achever et de nuancer mon travail.

Toute ma gratitude et mes remerciements vont à mon co-promoteur **Mr. M.BELHAMEL**, Directeur du Centre de Développement des Energies, pour sa disponibilité, ses orientations concluantes et ses incessants encouragements.

J'adresse mes vifs remerciements à Monsieur **M.SAIGHI**, Maître de conférence à USTHB, pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

Je remercie Messieurs **A.BENZAOUI**, **M.DIAF**, **H.MEGLOULI**, pour m'avoir fait l'honneur de participer et d'examiner mon travail.

Je tiens à remercier Monsieur **B.BELLAL** directeur de l'unité de développement des équipements solaires UDES pour ses conseils précieux.

Tous mes remerciements pour l'équipe de TECSOL, et en particulier Monsieur **ANDRE JOFFRE**, PDG de TECSOL, et Monsieur **LUC GRELUCHE**, d'avoir mis à ma disposition tous les outils nécessaires à la réalisation de ce travail.

De même mes enseignants de INHC, pour tous leurs efforts, ainsi que le chef de département de l'Automatique, Monsieur **KHELLASSI**, Madame **MESAAD** responsable de la poste graduation, Monsieur **KESSIR**, et Melle **MEKHALDI** du service pédagogique pour leur aide.

Et pour le soutien moral, je voudrai également remercier mes collègues et en particulier Monsieur **A.CHENAK**, chef de la division thermique, et le responsable du service de formation Monsieur **CHIKHI**.

SOMMAIRE

INTRODUCTION GENERALE.....	1
-----------------------------------	----------

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LES INSTALLATIONS SOLAIRES

I.1 : INTRODUCTION.....	5
I.2 : PRINCIPE GÉNÉRAUX.....	6
I.2.1 : Gisement solaire.....	6
I.2.2 : Captage du rayonnement solaire.....	8
I.2.3 : Types de capteurs solaires plans.....	8
I.2.3.1 : Les capteurs sans vitrage ni isolation.....	8
I.2.3.2 : les capteur à haute performances.....	9
I.2.3.3 : Les capteurs vitrés.....	10
I.3 : PRODUCTION D’EAU CHAUDE PAR ENERGIE SOLAIRE.....	11
I.3.1 : Le capteur solaire	12
I.3.2 : Principes de fonctionnement.....	12
I.3.3 : Le transfert de l’énergie et le stockage.....	14
I.3.3.1 : Le transfert de l’énergie.....	14
I.3.3.2 : Le stockage.....	15
I.4 : LES ECHANGEURS DE CHALEUR.....	16
I.5 : CARACTERISTIQUES D’UN CAPTEURS SOLAIRE PLAN.....	18
I.6 : CONCLUSION.....	21

CHAPITRE II : REGULATION ET PROTECTION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D’EAU CHAUDE SOLAIRES.

II : INTRODUCTION.....	22
II.1 : REGULATION DES POMPES.....	22
II.1.1 : Régulation différentielle.....	23
II.1.2 : Régulation différentielle avec vanne de commutation.....	25
II.1.3 : Régulation différentielle avec échangeur extérieur.....	27
II.2 : REGULATION DE L’APPOINT.....	28
II.2.1 : Régulation tout ou rien.....	29
II.2.1.a :Description du système	29
II.2.2 : Régulation par la logique floue.....	31
• MODELE FLOU.....	32
• L’UNIVERS DE DISCOURS.....	32
ETAPE 1 : FUZZYFICATION.....	32
ETAPE 2 : INFERENCE.....	33
ETAPE 3 : DEFUZZYFICATION.....	33
II.3 : CONCLUSION.....	34

CHAPITRE III : DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRES

III.1	: INTRODUCTION.....	35
III.2	: DIMENSIONNEMENT DES PRINCIPAUX COMPOSANTS.....	35
III.2.1	: Dimensionnement des capteurs solaires.....	35
III.2.2	: Dimensionnement du stock.....	36
III.2.3	: Dimensionnement des pompes.....	37
III.2.4	: Dimensionnement de l'isolant thermique du ballon.....	38
III.2.5	: Dimensionnement de la tuyauterie.....	40
III.2.6	: Dimensionnement de l'échangeur.....	40
III.2.7	: Dimensionnement l'appoint électrique.....	41
III.3	: BASE DE CALCUL DE L'INSTALLATION SOLAIRE ET DE SES PERFORMANCES ENERGETIQUES.....	42
III.3.1	: METHODE DE CALCUL.....	42
III.4	: APPLICATION DE LA METHODE DE CALCUL.....	49
III.4.1	: PARAMETRE DE CALCUL.....	49
III.4.2	: Résultats de calculs.....	53
III.4.3	: Rapport de l'installation.....	57
III.4.4	: INERPRETATION DES RESULTATS DE DIMENSIONNEMENT.....	60
III.5	: CONCLUSION.....	60

CHAPITRE IV : TELECONTROLE DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRES

IV	: INTRODUCTION.....	61
IV.1	: Description d'une installation de production d'eau chaude solaire télécontrôlée.....	61
IV.2	: MESURE POSSIBLES.....	63
IV.2.1	: L'irradiation solaire.....	63
IV.2.2	: Débit d'eau chaude.....	64
IV.2.3	: Energie solaire utile.....	64
IV.2.4	: Energie d'appoint.....	65
IV.2.5	: Energie électrique.....	65
IV.2.6	: Bilans et rendement globaux.....	66
IV.3	: CENTRALE DE MESURE : TBC SOLAIRE.....	66
IV.3.1	: CARACTERISTIQUES TECHNIQUES.....	68
IV.4	: PROGRAMMATION DU TBC SOLAIRE.....	70
IV.5	: INTERROGATION DU TBC SOLAIRE.....	71
IV.5.1	: INTERROGATIO PAR MICRO-ORDINATEUR.....	71
IV.6	: EXEMPLE D'INTERROGATION DU TBC SOLAIRE.....	73
IV.7	: APPLICATION DU TELECONTROLE.....	74
IV.7.1	: DESCRIPTION DE L'INSTALLATION.....	74
IV.8	: CONCLUSION.....	75

CHAPITRE V : RESULTATS ET INTERPRETATIONS

V.	: INTRODUCTION.....	76
V.1	: INTERPRETATION DES COURBES.....	76
V.2	: CONCLUSION.....	77

CONCLUSION GENERALE.....	90
---------------------------------	-----------

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES

Nomenclature

ICS	: Constante solaire.....	W/m ²
QU	: puissance cédée au fluide caloporteur.....	W
Qa	: puissance absorbée.....	W
Qp	: puissance des pertes thermiques.....	W
A	: surface d'entrée du capteur	m ²
G	: Eclairement énergétique global.....	W/m ²
QAV	: puissance des pertes par la face avant.....	W
QAR	: puissance des pertes par la face arrière.....	W
UAV	: Coefficient de déperditions thermiques face avant.....	W/m ² .K
UAR	: Coefficient de déperditions thermiques face arrière.....	W/m ² .k
Tm	: Température moyenne de l'absorbeur.....	°C
Ta	: Température ambiante moyenne.....	°C
a1	: coefficient de déperditions thermiques par conduction.....	W/m ² .k
a2	: coefficient de déperditions thermiques par convection.....	W/m ² .k
B	: Facteur optique du capteur	
K	: Conductance thermique totale des pertes	
T*	: Température réduite du capteur solaire.	
ΔT1	: valeur ajustable du différentiel d'enclenchement du circulateur ...	°K
ΔT2	: valeur ajustable du différentiel d'arrêt du circulateur.....	°k

TC : Température du capteur.....°k
 Tb : Température du ballon solaire.....°k
 Vj : Volume d'eau chaude consommé quotidiennement.....litre(l)
 H : hauteur manométriquem²de colonne d'eau
 g : accélération de la pesanteur.....(9.81m/s²)
 R : rendement pompe /moteur.....%
 Esu: Energie solaire thermique sur l'intervalle de temps tKWH
 Q : volume de fluide circulant durant le même intervalle de temps t...litre
 Cp : capacité calorifique du fluide.....KCAL/LITRE°C
 Eapp : Energie d'appoint sur intervalle de temps t.....KWH
 TSS : Température du fluide à la sortie du ballon solaire.....°C
 TSA : Température du fluide à la sortie du ballon d'appoint.....°C
 Eélec : Energie électrique totale dissipée.....KWH
 P : puissance totale nominale de la résistance électrique.....KW
 t : durée de fonctionnement de la résistance.....h
 f : rendement de conversion.....%
 Cr : constante de refroidissement du ballon équivalent
 NB : nombre de ballon identiques
 Vb : volume d'un ballon unitaire.....L
 Di : Diamètre intérieur d'un ballon unitaire.....m
 eiso : épaisseur de l'isolant.....m
 Kiso : Conductivité de l'isolant.....W/m.°C
 Kl : Coefficient de déperdition linéique de la tuyauterie.....W/m.K
 De : diamètre extérieur de la tuyauterie.....m

LETTRES GRECQUES :

τ_s : coefficient de transmission de la couverture transparente

α_s : coefficient d'absorption de l'absorbeur.

η : rendement instantané.....%

η_0 : coefficient de conversion optique.....%

ρ : Masse volumique du fluide caloporteur.....Kg/m³

INTRODUCTION GENERALE

La nature nous fait don de plusieurs sources d'énergies mais toutes les énergies ne sont cependant pas égales vis à vis de l'impact sur l'environnement. Non seulement cet impact a un coût économique souvent négligé mais il introduit surtout des déséquilibres de l'écosystème dont l'espèce humaine paiera un jour les conséquences.

Choisir d'utiliser préférentiellement les énergies renouvelables c'est assurer un développement économique durable et harmonieux.

Qu'entendons nous par énergie renouvelables ?

On définit les énergies renouvelables comme étant essentiellement l'énergie solaire, que ce soit le rayonnement solaire direct (qui permet de faire de la chaleur ou de l'électricité) ou une autre forme d'énergie : l'énergie du vent (éolienne), l'énergie des cours d'eau (hydraulique), l'énergie du bois et des végétaux (biomasse) etc.

Ces énergies ont un intérêt particulier par rapport aux autres sources d'énergies d'origines fossiles car :

- l'utilisation de ces dernières se traduit inévitablement par des rejets gazeux qui contribuent à l'aggravation du phénomène de l'effet de serre et la pollution de l'atmosphère, pollution des sols, ...etc.

- Ce sont des réserves limitées à l'horizon d'un siècle pour le gaz et le pétrole.

- Et enfin l'énergie représente un poste de dépenses important, comme on le voit bien aujourd'hui pour les industries, les artisans les collectivités et les ménages.

L'Algérie, pays riche en potentiel énergétique solaire a pris conscience de l'enjeu, œuvre par le biais du CDER (centre du développement des énergies renouvelables) et d'autres organismes tels que l'agence APRUE...pour faire avancer la recherche et encourager les investissements dans ce domaine dont l'application est basée essentiellement sur le thermique et le photovoltaïque. Dans notre travail nous nous intéressons au solaire thermique et en particulier les installations de production d'eau chaude solaires.

L'énergie solaire thermique

L'énergie solaire thermique est une des sources d'énergie renouvelables la plus facile à mettre en œuvre et à utiliser. En outre, elle est directement liée aux activités quotidiennes. Les techniques et les matériaux utilisés sont similaires à ceux employés dans les secteurs traditionnels du chauffage, du sanitaire..etc. la main d'œuvre ne nécessite qu'une formation complémentaire aisément maîtrisable.

Elle est utilisée dans de nombreuses et différentes applications. D'abord pour la production d'eau chaude sanitaire, pour le chauffage des piscines, le chauffage de locaux, le réseau de chaleur, la climatisation, ainsi que les applications agricoles et industrielles. Le seul inconvénient et qu'elle est variable dans le temps, cette variation est surtout importante en fonction des saisons, ceci entraîne une nécessité d'utiliser une énergie d'appoint.

L'objectif du projet :

La production d'eau chaude sanitaire pour les besoins collectifs se trouve parmi les applications les plus répandues et les plus performantes, d'où des recherches sérieuses doivent être menées pour contribuer au développement de ce domaine dans notre pays, pour se faire, nous faisons appel, dans notre travail, aux dernières techniques et savoir afin d'arriver à une meilleure conception du point de vue rentabilité, fiabilité, performance et garantie de résultats.

Pour atteindre le but recherché, nous avons procédé à la commande et au contrôle d'une installation de production d'eau chaude solaire.

Nous subdivisons notre travail en cinq chapitres, qui sont :

- Le premier chapitre est consacré à des généralités sur les installations de production chaude solaires à savoir les données générales sur l'énergie solaire, les différentes techniques d'exploitation ainsi que la description de chaque composant du système et le principe de fonctionnement.
- Au deuxième chapitre nous étudierons la régulation et la protection des installations de production d'eau chaude solaires, à savoir les différents types de régulation pour les pompes et la régulation des appoints électriques.
- Dans le troisième chapitre nous entamons le dimensionnement des installations de production d'eau chaude solaires, et le calcul prévisionnel des performances énergétiques en utilisant le logiciel SIMSOL développé par CSTB France , des tableaux et des courbes de simulation sont représentés.

- Dans le quatrième chapitre nous décrivons le système de télécontrôle des installations de production d'eau chaude solaire, ses fonctionnalités ainsi que son application à une installation (CUS HABITAS, STRASBOURG).

- Le dernier chapitre est consacré aux résultats, interprétation et présentation des courbes de mesures

Nous clôturons notre travail par une conclusion générale.

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRES

CHAPITRE I GENERALITES SUR LES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRES.

I.1 INTRODUCTION

L'énergie solaire est une énergie inépuisable et propre à l'échelle humaine, elle permet de respecter l'environnement et de préserver la santé et les ressources énergétiques, sans produire de déchets ni d'émissions polluantes, notamment du gaz carbonique.

Au-delà des enjeux environnementaux et de l'impact sur la production de gaz à effet de serre, l'eau chaude représente une part non négligeable de la facture énergétique d'un bâtiment où Toute entreprise ou institution publique qui consomme d'importantes quantités d'eau chaude pourrait réaliser des économies grâce au chauffage solaire de l'eau.

les systèmes thermiques sont fiables, et leur productivité peut être garantie grâce :

- aux outils de calcul et dimensionnement (SOLO, TRNSys (SIMSOL), etc.).
- au contrôle et au suivi des opérations (télécontrôle).

I.2 PRINCIPES GENERAUX

I.2.1 Le gisement solaire :

Le soleil constitue une source d'énergie gratuite et non polluante, dont l'apport annuel moyen sur le sol de l'Algérie est évalué à plus de 3000 h d'ensoleillement /m²/an, ce qui représente pour l'ensemble du territoire un potentiel énergétique annuel de plus de 150 000 millions de tonnes équivalent pétrole (tep).

Le rayonnement solaire est un rayonnement thermique qui se propage sous la forme d'ondes électromagnétiques. Il produit à la lisière, mais en dehors de l'atmosphère terrestre, un éclairement énergétique à peu près constant et égal à 1 370 W/m², appelé de ce fait : constante solaire I_{cs}.

Pour atteindre chaque point de la surface éclairable du globe terrestre, les rayons solaires traversent l'atmosphère qui dissipe une partie de l'énergie provenant du soleil par :

- Diffusion moléculaire (en particulier pour les radiations U.V.)
- Réflexion diffuse sur les aérosols atmosphériques (gouttelettes d'eau, poussières...)
- Absorption sélective par les gaz de l'atmosphère.

L'atténuation correspondante du rayonnement solaire dépend de l'épaisseur de l'atmosphère traversée, celle-ci dépendant à son tour de la latitude du lieu considéré et du temps.

Avant son arrivée dans l'atmosphère terrestre, le rayonnement solaire est dirigé. Il se présente sous la forme d'un faisceau à peu près parallèle. Seule une partie de ce rayonnement direct traverse l'atmosphère et atteint le sol. Une autre partie du rayonnement est diffusée et répartie à peu près uniformément dans toutes les directions de l'espace.

Ce rayonnement diffus, lorsqu'il atteint le sol terrestre, semble ainsi provenir de l'ensemble des directions de la voûte céleste.

A la surface de la terre, le rayonnement solaire global est la somme des rayonnements :

- direct, ayant traversé l'atmosphère,
- diffus, en provenance de toutes les directions de la voûte céleste.

Une surface exposée reçoit ainsi du rayonnement direct et diffus, mais elle reçoit en plus une partie du rayonnement global réfléchi par les objets environnants, en particulier par le sol, dont le coefficient de réflexion est appelé « albédo ».

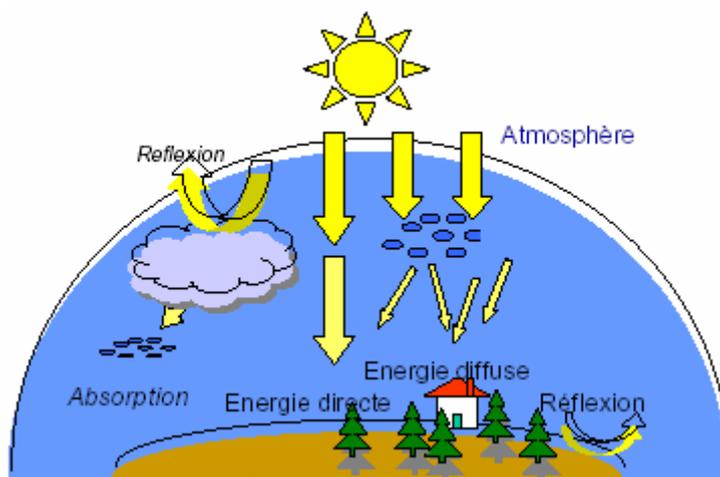


Figure I.1 Propagation du rayonnement solaire dans l'atmosphère terrestre

I.2.2 Captage du rayonnement solaire :

- La récupération de l'énergie solaire est faite à l'aide de capteurs solaires. Le rendement maximum de ce dernier est obtenu lorsque celui-ci est placé perpendiculairement au rayonnement solaire.

Les deux principes types de capteurs solaires sont :

- Les capteurs à concentration, utilisés dans les installations spécifiques « hautes températures », ils sont coûteux et nécessitent parfois un mécanisme de mouvement asservi à un système de poursuite du soleil.
- Les capteurs plans, simple et moins onéreux. ne nécessitent pas beaucoup d'entretien, ils sont utilisés pour les basses températures. Leur installation est fixe

I.2.3 Types de capteurs solaires plans :

On distingue trois types de capteurs solaires plans :

I.2.3.1 Les capteurs sans vitrage ni isolation :

Ils sont utilisés pour la production d'eau chaude à basse température dans des conditions d'utilisation saisonnière (piscines, camping, etc.....) ces capteurs sont métalliques ou en matériaux polymères. Ils se comportent comme des échangeurs de chaleur sur l'air ambiant. La température moyenne de fonctionnement : 25 à 40°C environ.



Figure I.2 Capteur Sans Vitrage [16]

I.2.3.2 Les capteurs à hautes performances :

Ils sont utilisés pour les applications de climatisation de locaux, pendant la saison hivernale, ils peuvent servir aussi au chauffage. Ils sont constitués soit d'un revêtement sélectif, réalisé par dépôt chimique ou par traitement électrochimique de la surface permettant de réduire les pertes dans le capteur, ou absorbeur sous vide permettant de réduire les pertes par convection en plaçant l'absorbeur à l'intérieur d'une enceinte en verre dans laquelle un vide d'air à été fait. Température de fonctionnement : 50 à 100°C environ



Figure I.3 Capteur Sous Vide[16]

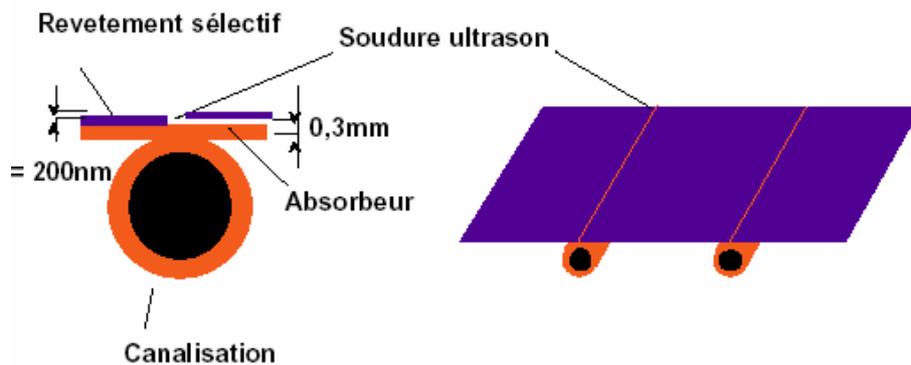


Figure I.4 Absorbeur et revêtement sélectif [16]

1.2.3.3-Les capteurs vitrés

Ils sont utilisés pour la production d'eau chaude sanitaire sur toute l'année. Dans notre travail on s'intéressera à ce type de capteur.

I.3 PRODUCTION D'EAU CHAUDE PAR ÉNERGIE SOLAIRE

Une installation de production d'eau chaude sanitaire par l'énergie solaire comporte en général 5 sous-ensembles :

- un sous ensemble de captage,
- un sous-ensemble de transfert,
- un sous-ensemble de stockage,
- un sous-ensemble d'appoint,
- un sous-ensemble de distribution.

Les performances de l'installation dépendent du climat, du lieu d'implantation des capteurs solaires, du dimensionnement et de la conception du système, ainsi que du choix des composants et de leur maintenance. Ainsi que de l'agencement optimal des sous systèmes, de manière à :

- optimiser le captage et le stockage de l'énergie solaire,
- dissocier l'énergie solaire et l'énergie d'appoint,
- consommer en priorité l'énergie solaire,
- conserver à l'énergie d'appoint un caractère de stricte complémentarité.

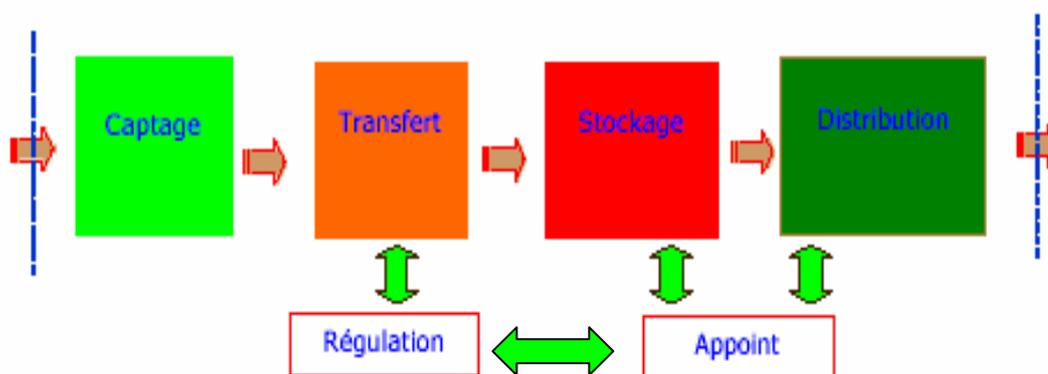


Figure I.5 Schéma Synoptique d'une Installation de Production d'eau chaude solaire [1]

I.3.1 Le captage

Une installation de production d'eau chaude sanitaire par l'énergie solaire est généralement constituée de capteurs solaires plans à circulation de liquide qui effectuent la conversion du rayonnement électromagnétique émis par le soleil, en chaleur et permettent le transfert de cette énergie calorifique en la cédant à un fluide caloporteur.

I.3.2 Principes de fonctionnement

Un capteur solaire plan est essentiellement constitué d'une surface absorbante exposée au rayonnement solaire, qui échange avec un fluide caloporteur, les calories produites par absorption du rayonnement incident, et émet en s'échauffant un rayonnement thermique de plus grande longueur d'onde (Loi de Stefan-Boltzman).

Si cet absorbeur est en contact direct avec l'air environnant, en plus des pertes par rayonnement, les pertes par convection peuvent être importantes. Il s'établit alors un équilibre thermique entre l'absorbeur et le milieu ambiant Réf [4]. On capte ainsi peu d'énergie. Pour réduire les pertes par la face arrière du capteur, l'absorbeur est placé à l'intérieur d'un coffre dont les parois internes sont recouvertes d'un isolant thermique (laine de verre ou mousse synthétique, par exemple).

L'isolation thermique de la face avant est réalisée en interposant entre l'absorbeur et l'air, un matériau opaque au rayonnement thermique, mais transparent au rayonnement solaire.

Les verres et certains matériaux synthétiques sont transparents pour les rayonnements solaires, et opaques pour le rayonnement infrarouge lointain. Ils sont donc utilisés en tant que couvertures transparentes des capteurs solaires.

Dans un capteur équipé d'une couverture transparente, le rayonnement thermique émis par l'absorbeur est absorbé par la couverture transparente qui s'échauffe et rayonne à son tour par les deux faces. En première approximation, on peut considérer qu'une moitié du rayonnement se disperse dans le milieu extérieur et que l'autre moitié, réémise vers l'absorbeur est à l'origine de l'effet de serre.

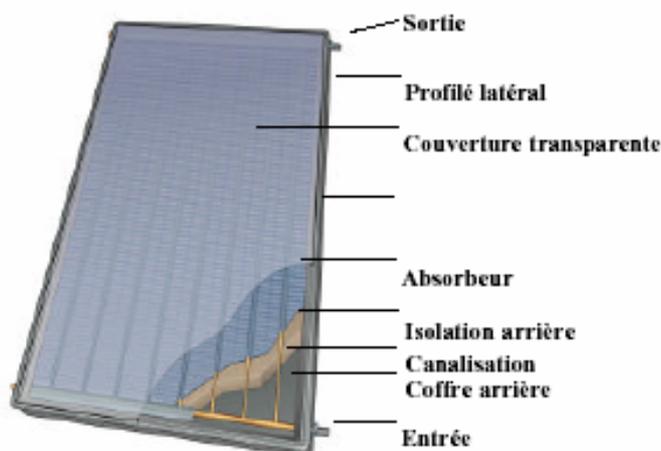


Figure I.6 Capteur plan vitré[1]

Les couvertures ont également pour rôle de limiter les pertes par convection, étant donné que les échanges thermiques entre deux plaques séparées par une lame d'air immobile, se font essentiellement par conduction et qu'il est connu que l'air immobile est un bon isolant thermique. Réf [6]

Cet effet d'isolation croît avec l'épaisseur de la lame d'air séparant les deux surfaces, tant que le phénomène de transfert reste conductif (2 à 3 cm d'épaisseur). Au-delà, les effets de la convection naturelle viennent contrarier l'effet recherché.

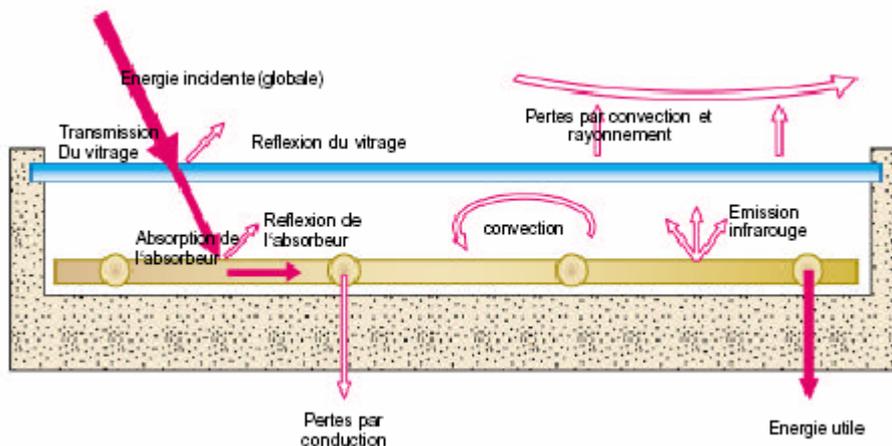


Figure I.7 capteur vitré et les pertes thermiques[16]

I.3.3 Le transfert de l'énergie et le stockage

I.3.3.1 Le transfert de l'énergie

Le transfert de chaleur des capteurs vers le ballon s'effectue de deux façons différentes :

- par circulation forcée avec une pompe commandée par un dispositif de régulation,
- par circulation naturelle ou thermosiphon et qui est basé sur

le principe de la dilatation causée par une augmentation de la température. En effet lors d'une élévation de la température les corps chauffés se dilatent. La principale conclusion de ce phénomène est une augmentation de volume. Le poids total du corps restant invariable, il en résulte une diminution du poids spécifique. De ce fait un liquide chaud est plus léger qu'un liquide froid et aura donc tendance à remonter vers la surface. L'augmentation de volume crée donc la première force qui va mettre le liquide caloporteur en mouvement pour assurer le fonctionnement de notre chauffe eau solaire, Réf [2]. (Chauffe eau solaire individuel) voir figure (I.8)

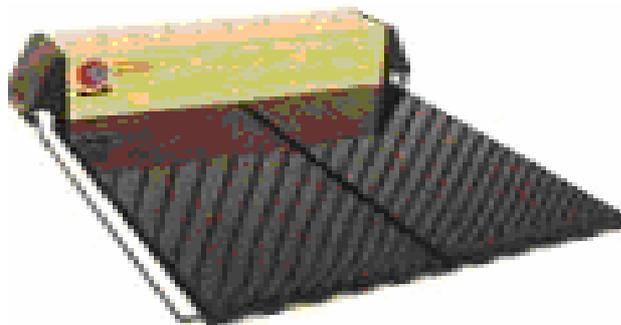


Figure I.8 CHAUFFE EAU SOLAIRE INDIVIDUEL (INSTALLE AU CDER)

I.3.3.2 Le stockage

Afin d'assurer le fonctionnement d'un chauffe-eau solaire, il est nécessaire de pouvoir stocker l'eau chaude dans un réservoir, ceci afin de pouvoir l'utiliser pendant la nuit, ou pendant les journées sans soleil. Le ballon de stockage doit être calorifugé. Le calorifugeage devra être disposé de façon à permettre la manœuvre et le démontage pour l'entretien des appareils voir figure (I.9).

Le stockage de l'énergie captée permet de pallier le caractère discontinu de l'énergie solaire. L'accumulation de l'énergie dans le stockage se traduit par une élévation de sa température.

Pour apprécier l'efficacité d'un système de stockage, il faut rappeler que le rendement d'un capteur dépend essentiellement de la température moyenne du fluide qui le traverse, donc de la température du fluide au retour du stockage. L'une des Caractéristiques essentielles de l'aptitude à l'emploi du stockage sera de fournir, à l'entrée des capteurs, un fluide dont la température sera la plus basse possible.

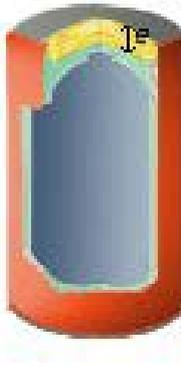


Figure I.9 Ballon De Stockage

I.4 LES ÉCHANGEURS DE CHALEUR

Il est nécessaire de protéger les équipements solaires contre les risques de gel pendant la saison hivernal. Dans la plupart des cas, les capteurs sont protégés par un fluide non gélif, ce qui implique la présence d'un échangeur. On distingue deux catégories d'échangeurs

- Les échangeurs extérieurs au stockage.
- Les échangeurs intégrés au stockage.

Dans le cas où l'échangeur est situé à l'extérieur du stockage, l'échange se fait de part et d'autre par convection forcée. Les surfaces d'échange sont en général réduites par rapport à un échangeur intégré.

Dans tous les cas, l'efficacité d'un échangeur ne dépend pas de la température des fluides mais des caractéristiques géométriques de l'échangeur et des débits calorifiques.

Dans la pratique, l'efficacité des échangeurs est de l'ordre de 0,6 à 0,8

Notons que si l'efficacité d'un échangeur est médiocre, non seulement le transfert de chaleur sera faible, mais la température de retour du fluide dans le capteur sera élevée et le rendement du capteur sera diminué.



Echangeur à plaques



Echangeur Intégré

Figure 1.10 Les Echangeurs de Chaleur[16]

Lorsque l'échangeur est incorporé au stockage, il est disposé en partie basse du ballon. Cette disposition permet, à condition que la surface d'échange soit suffisante, de réchauffer de manière homogène le volume d'eau baignant l'échangeur, tant que la température de celui-ci n'aura pas atteint à 3 ou 4 degrés près, la température de la partie supérieure du ballon.

A chaque introduction d'eau froide dans le stockage au moment des soutirages, on évite ainsi d'envoyer dans la partie haute du ballon, de l'eau insuffisamment réchauffée (Stratification des températures).

Cette disposition permet de plus, d'alimenter les capteurs solaires avec un fluide dont la température en sortie de l'échangeur est la plus faible possible compte tenu des conditions de soutirage et de la stratification des températures. En outre, elle permet de limiter les risques de pertes thermiques par circulation inverse dans les capteurs en cas de mauvais fonctionnement du clapet anti-retour.

I.5 CARACTÉRISTIQUES D'UN CAPTEUR SOLAIRE PLAN

En régime permanent de fonctionnement, on obtient l'équation caractéristique d'un capteur solaire plan en écrivant son bilan énergétique global. **Réf [1]**

$$Q_u = Q_a - Q_p$$

Expression dans laquelle :

- Q_u est la puissance cédée au fluide caloporteur,
- Q_a est la puissance solaire absorbée,
- Q_p est la puissance correspondant aux pertes thermiques.

Pour évaluer l'énergie absorbée par le capteur, il faut théoriquement distinguer dans l'énergie incidente, les parts du rayonnement direct et du rayonnement diffus, en les affectant de coefficients de transmission et d'absorption appropriés.

Toutefois, dans la pratique, on considère la composante normale au plan du capteur, du rayonnement solaire global incident.

Dans ces conditions, la puissance absorbée, en Watts, est donnée par l'expression:

$$Q_a = A \cdot \tau_s \cdot \alpha_s \cdot G$$

Dans laquelle :

- A est la surface d'entrée du capteur en m^2 ,
- τ_s et α_s sont les valeurs moyennes des coefficients de transmission de la couverture transparente et d'absorption de l'absorbeur sur l'ensemble du spectre solaire,

- G est l'éclairement énergétique global en W/m² (de surface d'entrée), mesuré dans le plan du capteur.

Compte tenu de l'épaisseur relativement faible d'un capteur plan, on peut, en première approximation, négliger les pertes par les parois latérales et ne considérer que les pertes par les faces avant et arrière. La puissance correspondante est alors :

$$Q_p = Q_{AV} + Q_{AR}$$

Ramenées à l'unité de surface de l'absorbeur, toutes les pertes, qui sont des flux thermiques du capteur vers l'extérieur, peuvent être exprimées en fonction de la différence de température qui les provoque, par :

$$Q_{AV} / A = U_{AV} (T_m - T_a) \text{ et } Q_{AR} / A = U_{AR} (T_m - T_a)$$

Soit :

$$Q_A / A = U (T_m - T_a)$$

Avec :

$$U = U_{AV} + U_{AR}$$

U_{AV} = coefficient de déperditions thermiques par la face avant (W/m². K)

U_{AR} = coefficient de déperditions thermiques par la face arrière (W/m². K)

T_m = température moyenne de l'absorbeur

T_a = température ambiante moyenne

L'équilibre thermique à un instant donné, entre le flux énergétique solaire reçu par le capteur, le flux d'énergie utile que l'on peut en

extraire et ses pertes thermiques propres, permet d'écrire l'expression suivante du rendement instantané :

$$\eta = \eta_0 - U (T_m - T_a) / G$$

Selon les principes retenus par la normalisation internationale (ISO) et européenne (CEN), le rendement d'un capteur plan peut être caractérisé par trois coefficients indépendants de la température :

$$\eta = \eta_0 - a_1 T^* - a_2 G (T^*)^2$$

Avec :

- η_0 : coefficient de conversion optique (%)
- a_1 : coefficient de déperditions thermiques par conduction (W/m².K)
- a_2 : coefficient de déperditions thermiques par convection (W/m².K²)

La figure suivante présente les variations du rendement instantané en fonction de la température réduite $T^* = (T_m - T_a) / G$ pour plusieurs types de capteurs.

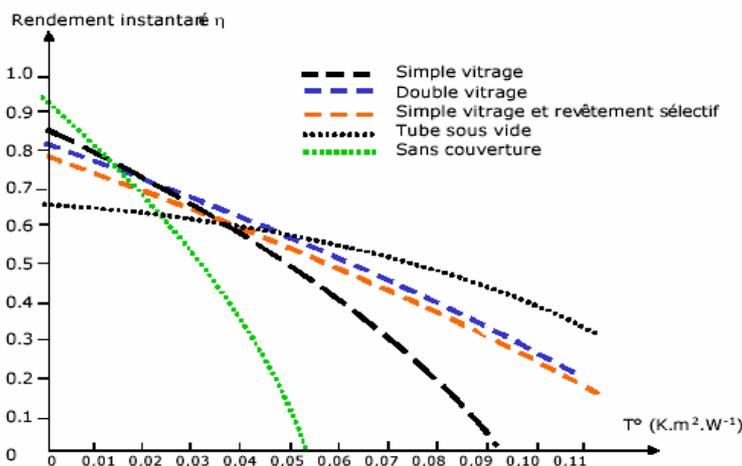


Figure I.11 Les Variations du Rendement Instantané en Fonction de La Température Réduite (T^*) du Capteur solaire. [1]

Pour des valeurs de T^* inférieures à 0,07, on peut raisonnablement représenter ces variations par des relations linéaires. Le rendement s'écrit alors :

$$\eta = \eta' - a'T^*$$

Les coefficients η' et a' sont nommés respectivement (selon les normes françaises) :

- Facteur optique du capteur (B)
- Conductance thermique totale des pertes (K)

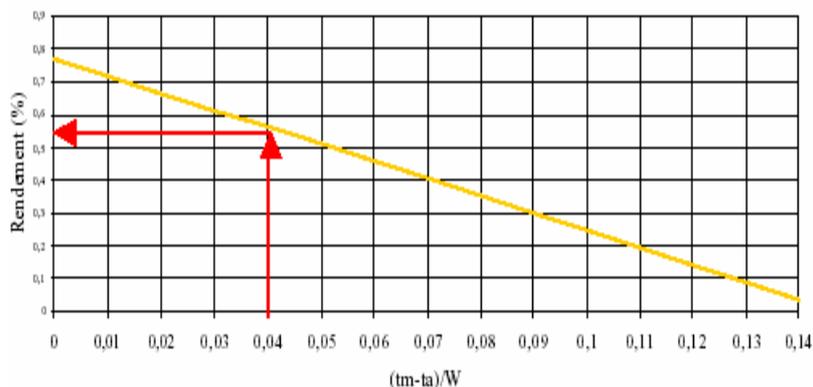


Figure I.12 RENDEMENT D'UN CAPTEUR SOLAIRE (η % /((tm-ta)/w)[1]

I.6 Conclusion :

Les installations solaires peuvent être utilisées dans tous les climats pour produire de l'eau chaude. Mais leurs performances annuelles est proportionnelles à l'ensoleillement du lieu ou sont installés les capteurs solaires.

Le choix entre les types de capteurs solaires est déterminé par le type d'application recherchée, la fiabilité, le prix et les températures souhaitées.

Pour la production d'eau chaude sanitaire on choisi généralement les capteurs plans avec vitrage.

CHAPITRE II

REGULATION ET PROTECTION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRES

CHAPITRE II

REGULATION ET PROTECTION DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRES

II. INTRODUCTION

La recherche du confort, de la maîtrise de la température et donc les économies d'énergies possibles conduit à se doter de systèmes de régulation. En effet dans les installations de production d'eau chaude solaires deux éléments nécessitent un système de régulation qui sont les pompes et l'appoint électrique.

II.1 REGULATION DES POMPES.

Le rôle de la pompe de circulation est de permettre un transfert plus rapide des calories captées par l'absorbeur vers le réservoir de stockage. L'utilisation de cette pompe permet aussi d'interrompre le transfert de chaleur lorsque l'eau des capteurs n'est pas plus chaude que celle contenue dans le réservoir.

C'est le rôle de la régulation de comparer les deux températures (à la sortie du capteur solaire et dans le réservoir de stockage) et de commander la pompe de circulation uniquement lorsque la première température est supérieure à la deuxième. En pratique, on fixe indépendamment la différence de température à l'enclenchement (entre 5 et 10°C) et au déclenchement du circulateur (entre 2 et 5°C). Un régulateur différentiel suffit pour ces opérations.

II.1.1 Régulation différentielle

Le rôle du dispositif de régulation est de commander le transfert de l'énergie captée, seulement si la température du fluide caloporteur dans les capteurs est supérieure à celle de l'eau contenue dans le ballon de stockage. Réf [8]

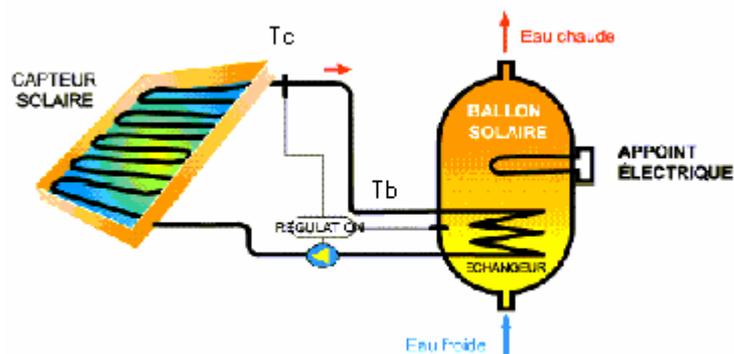


Figure II.1 SCHEMA SIMPLIFIE D'UNE REGULATION DIFFERENTIELLE [3]

Le principe de la commande du circulateur dépend de deux valeurs ajustables du différentiel :

- $\Delta T1$ = valeur ajustable du différentiel d'enclenchement du circulateur
- $\Delta T2$ = valeur ajustable du différentiel d'arrêt du circulateur

avec : $\Delta T2 < \Delta T1$

La pompe est enclenchée lorsque $Tc > Tb + \Delta T1$.

Et La circulation du fluide caloporteur s'établit dans les capteurs.

Par contre lorsque $Tc < Tb + \Delta T2$

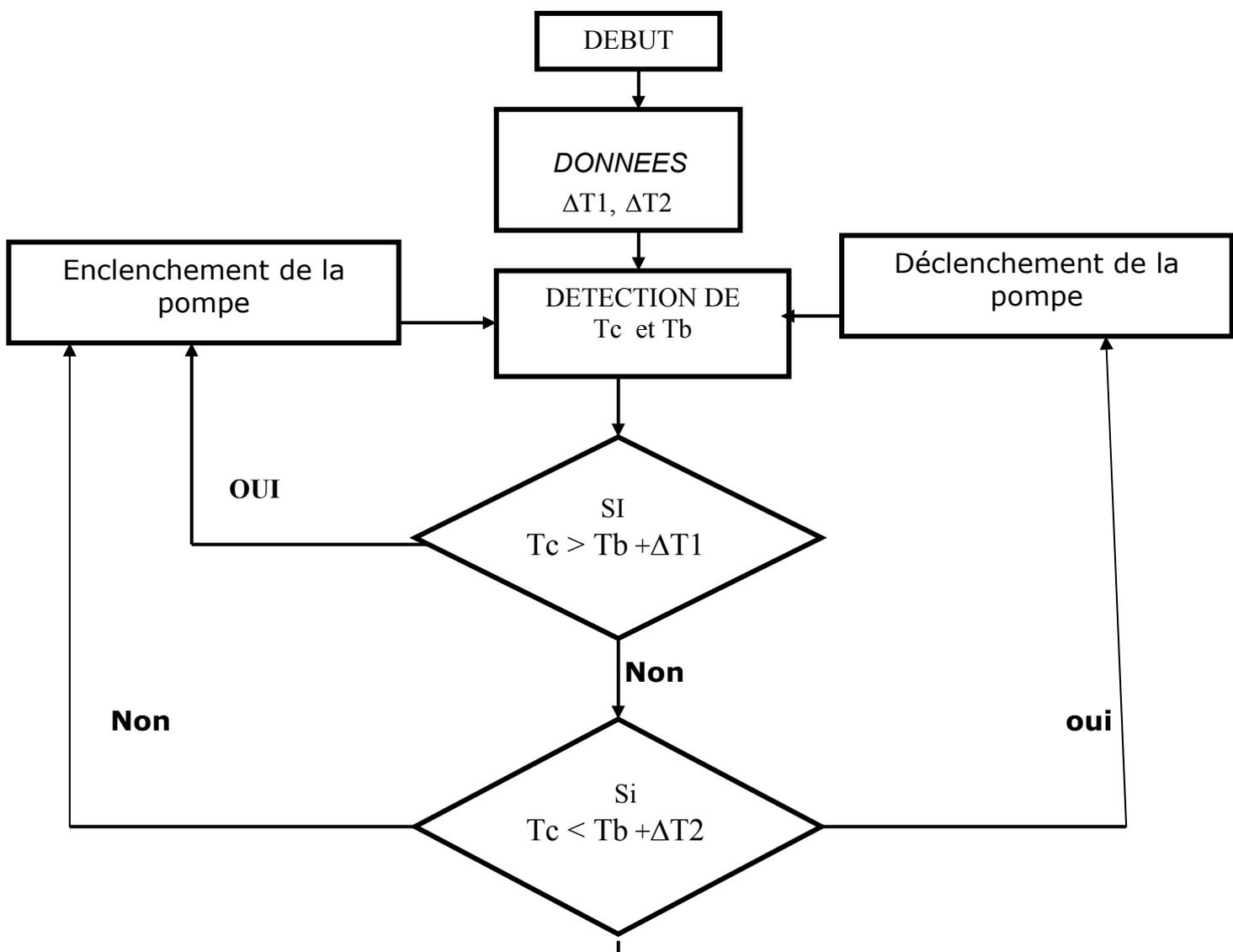
La pompe s'arrête et la circulation du fluide caloporteur est interrompue

Pour assurer de bonnes conditions de fonctionnement des installations, on retient en général les valeurs suivantes :

- ΔT_1 : Compris entre 5° K à 8° K
- ΔT_2 : Compris entre 1° K à 3° K

Les différentiels pourront être d'autant plus petits que le circuit primaire sera court et bien isolé. Voir l'organigramme suivant :

ORGANIGRAMME



- TC : Température de Capteur
- Tb : Température de L'eau dans la Cuve de Stockage
- ΔT_1 : Différentielle d'enclenchement de la pompe
- ΔT_2 : Différentielle de déclenchement de la pompe

II.1.2 Régulation différentielle avec vanne de commutation

Quand la surface de captation ainsi que l'inertie de la boucle primaire sont importantes (longueur des tuyauteries supérieure à 50m) la régulation du circuit primaire est complétée par l'action du régulateur sur une vanne de commutation.

Lorsque la température T_c à la sortie des capteurs devient supérieure à la valeur $T_b + \Delta T_1$ de l'eau dans le ballon de stockage, le régulateur commande la mise en marche du circulateur P1.

La vanne V1 est ouverte en position de recyclage du fluide caloporteur sur les capteurs (stabilisation de la température du circuit primaire).

Si la température T_1 devient supérieure à la température T_b de l'eau dans le ballon de stockage $T_1 > T_b + \Delta T_1$, le régulateur commande l'ouverture de la vanne V1 de commutation vers le stockage, et il y'a échange de chaleur dans le ballon.

Si $T_1 < T_b + \Delta T_2$, la vanne V1 de commutation ferme le circuit de stockage. Le fluide caloporteur est recyclé dans la boucle des capteurs.

Enfin si $T_c < T_b$, le régulateur commande l'arrêt du circulateur P1

La régulation est basée sur le principe du « tout ou rien » de la vanne V1 de commutation cela permet de réduire le risque de pompage du circulateur (mise en service et arrêt du circulateur intempestifs). De plus, les performances thermiques de l'installation s'en trouvent améliorées du fait d'une mise en température plus rapide de la boucle primaire, le matin. Réf [1]

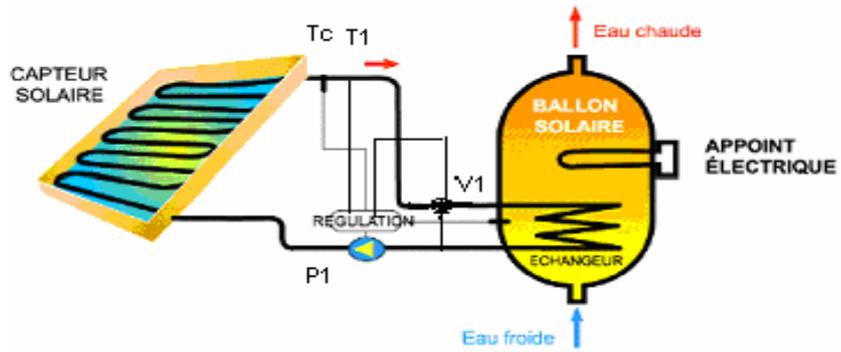
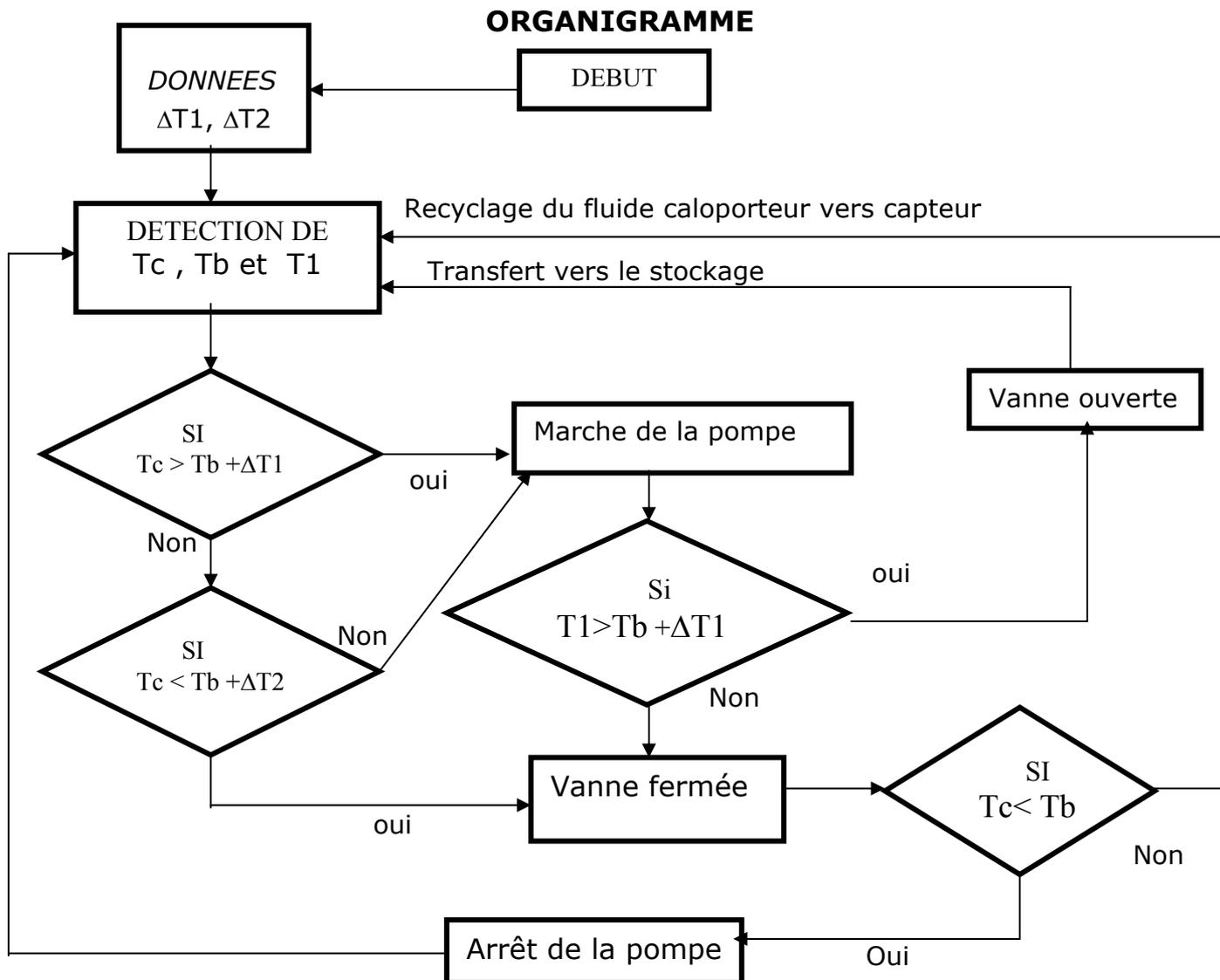


Figure II.2 SCHEMA D'UNE REGULATION DIFFERENTIELLE AVEC VANNE DE COMMUTATION [1]



Organigramme de fonctionnement de la régulation différentielle Avec Vanne De Commutation

II.1.3 Régulation différentielle avec échangeur extérieur

Lorsque l'installation est équipée d'un échangeur extérieur, la mise en circulation de l'eau sanitaire dans le circuit secondaire de l'échangeur nécessite la mise en œuvre d'un second circulateur.

En général, la régulation de l'installation est assurée par deux régulateurs différentiels R_1 et R_2 .

De manière à tenir compte de l'inertie du circuit primaire (la quantité de fluide qu'il contient peut être importante), on aura intérêt à temporiser le fonctionnement du circulateur R_1 de manière à éviter des arrêts et des remises en circulation intempestifs lors du démarrage de l'installation chaque jour.

- Si $T_c > T_b + \Delta T1$ le circulateur du circuit primaire P1 étant en service
 - Si $T1 > T_b + \Delta T1$ le régulateur $R2$ commande la mise en service du circulateur p2 du circuit secondaire
 - Si $T_c < T_b + \Delta T2$ arrêt du circulateur p1, si $T1 < T_b + \Delta T1$ donc l'arrêt du circulateur p2, recyclage du fluide caloporteur vers le capteur

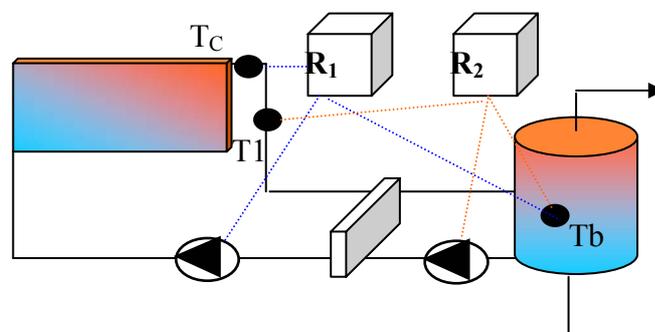
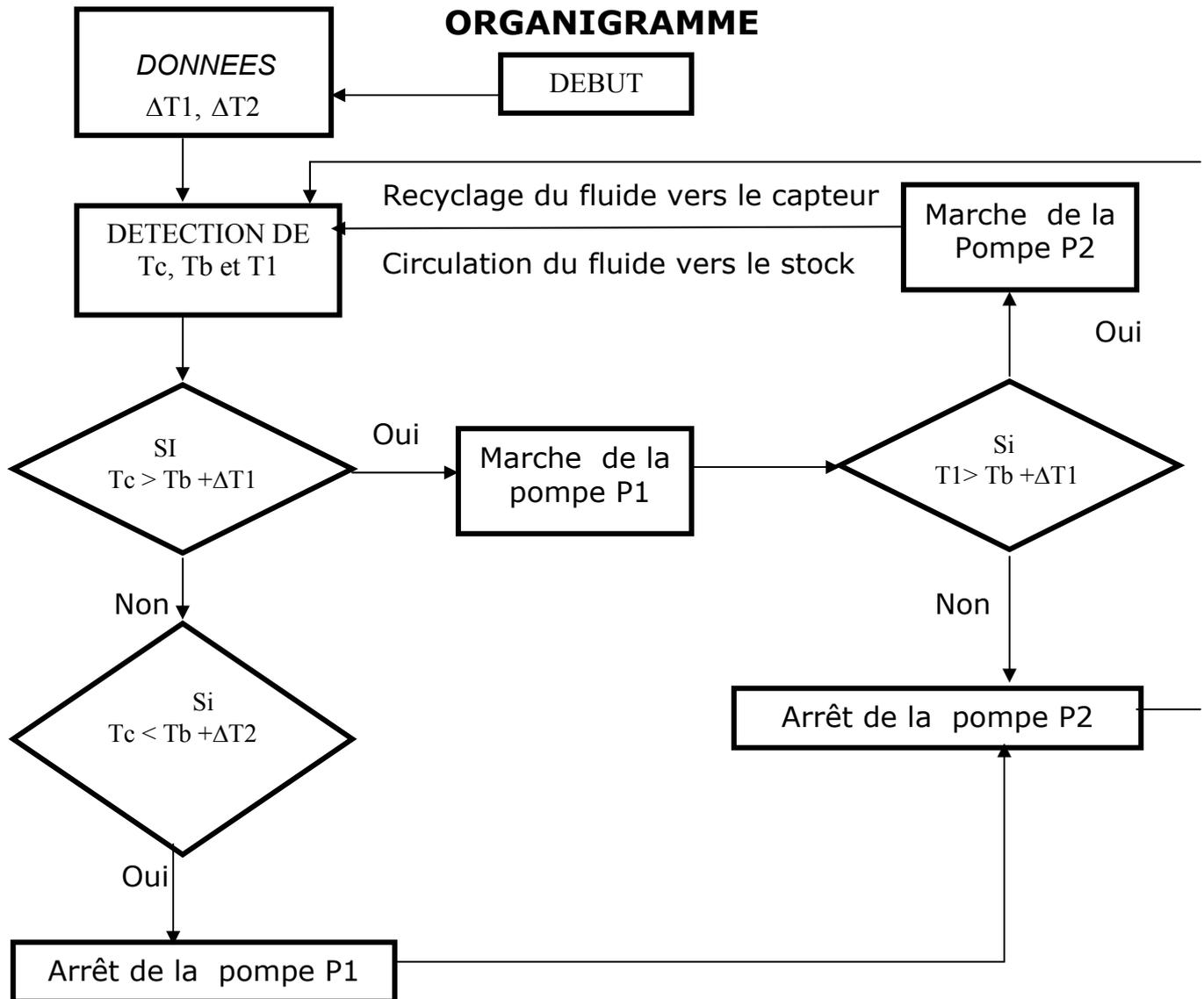


Figure II.3 REGULATION DIFFERENTIELLE : cas d'un Echangeur extérieur



Organigramme de fonctionnement de la régulation différentielle avec échangeur extérieur.

II.2 REGULATION DE L'APPOINT

Il arrive fréquemment que le soleil soit absent ou ne puisse fournir qu'une partie de la chaleur représentée par le besoin d'eau chaude. Il y'a donc lieu de faire appel à une énergie d'appoint pour compléter l'apport solaire jusqu'à une température suffisante, parmi les énergies d'appoint les plus utilisées on cite l'énergie électrique. Réf [7]

Un système de régulation de température est nécessaire afin de profiter de l'énergie solaire qui est gratuite au maximum, à cet effet nous avons choisi deux types de régulation :

- Un système de régulation qui s'adapte à tous les systèmes de chauffages. Ce dispositif fonctionne avec le mode tout ou rien c'est à dire en enclenchant ou en déclenchant l'appoint électrique.
- Un système de régulation qui utilise la logique floue

II.2.1 REGULATEUR TOUT OU RIEN

II.2.1.a) DESCRIPTION DU SYSTEME :

La figure II.4 montre l'emplacement du régulateur de température et l'appoint électrique dans la cuve de stockage du chauffe-eau solaire dans deux cas :

- **Le ballon de stockage et le ballon solaire sont confondus**
- **Le ballon de stockage et le ballon solaire sont séparés**

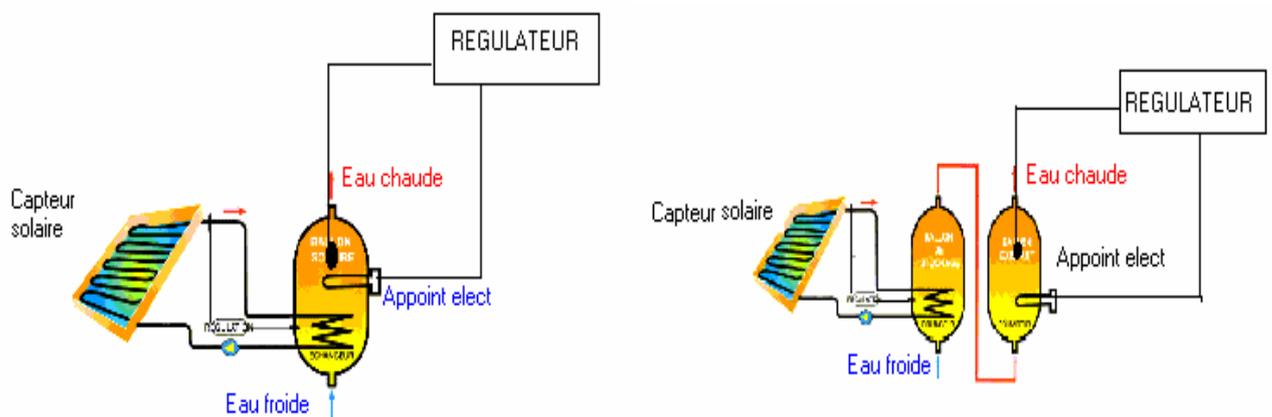


Figure II.4 L'emplacement de l'appoint électrique et régulateur quand les ballons sont confondus et séparés respectivement

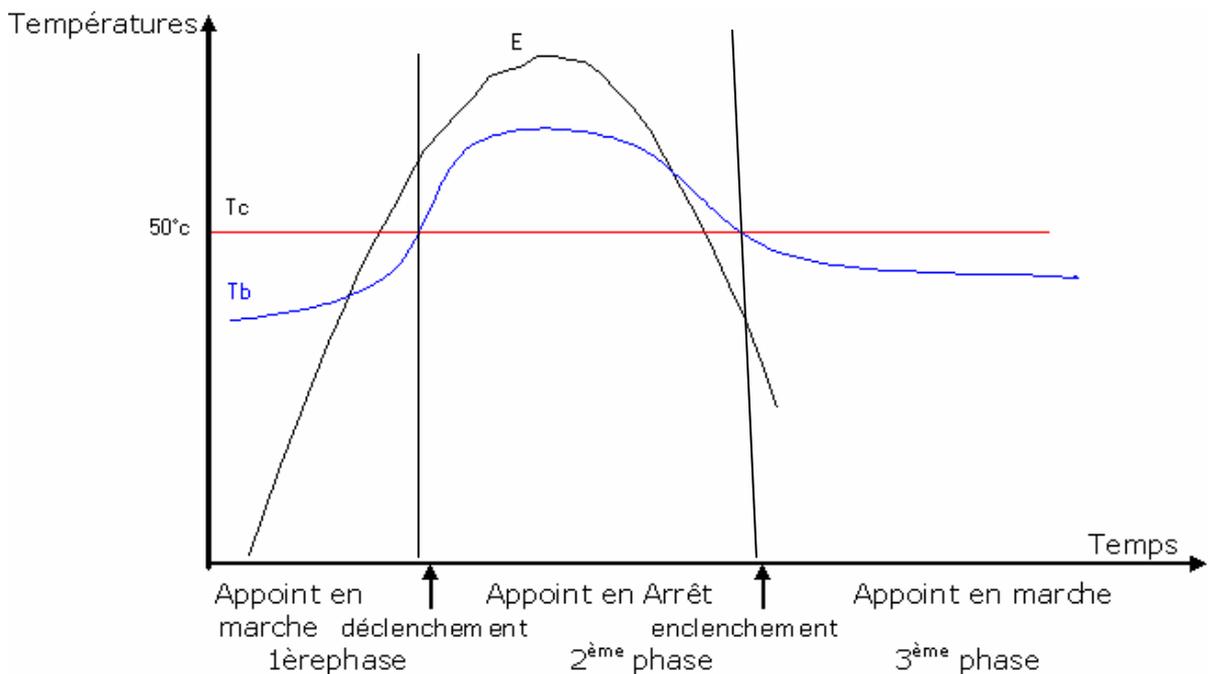
Le régulateur comporte :

1. Un capteur de température
2. Un dispositif qui permet de traduire les variations de la sonde en un signal électrique afin d'obtenir une information analogique directement exploitable.
3. Un comparateur de tension qui permet de comparer la tension de sortie du dispositif à une tension de référence prédéterminée qui représente la température de consigne (50°C dans notre cas).
4. Comparateur à deux seuils, pour introduire la notion d'hystérésis ou retard de basculement.
5. Un dispositif de commande : la sortie du comparateur commande via une interface de puissance un relais électromécanique qui permet l'enclenchement ou le déclenchement de l'appoint électrique. Réf [15]
6. Partie alimentation : l'énergie nécessaire au fonctionnement du circuit est prélevée du réseau. Réf [14]

Le fonctionnement de ce système est tracé dans un graphe sur lequel on distingue trois phases :

- La première phase concerne le début de la journée où les apports solaires sont insuffisants pour réchauffer l'eau à une température qui satisfait le besoin réel en eau chaude, donc la résistance est enclenchée.

- La deuxième phase commence au moment où la température de l'eau dans la cuve de stockage croissant avec les apports solaires, le régulateur intervient pour déclencher la résistance électrique, en respectant la température de consigne qui est de 50°C dans notre cas.
- La dernière partie de la journée, la température de l'eau diminue avec la fin de l'ensoleillement et le régulateur intervient pour enclencher la résistance électrique (thermoplongeur).



FigureII.5 Graphe de fonctionnement du système de régulation TOR [3]

II.2.2 Régulation par la logique floue

Nous allons utiliser pour ce système de régulation la technique de la logique floue, consistant à remplacer les algorithmes de réglages conventionnels par des règles linguistiques du type : si la température est basse, alors il faut

chauffer, ainsi on obtient un algorithme linguistique que se prête mieux que les méthodes traditionnelles à la commande des systèmes. Réf [9]

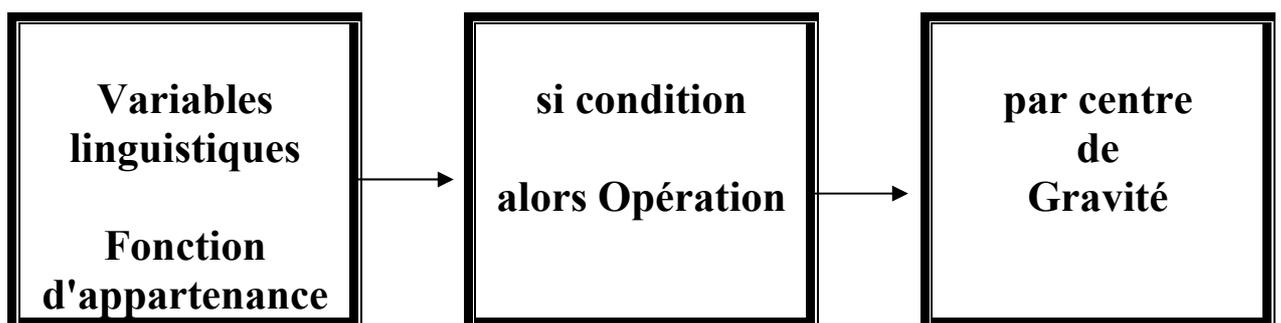
L'algorithme flou a été implanté sous forme d'un schéma bloc en exploitant le Toolbox Fuzzy Logic du logiciel Matlab/Simulink, Version 5.3. [17]

Pour commander la puissance de chauffe de l'appoint électrique en fonction de la température donnée par le capteur de température :

On procède tout d'abord à la partition en sous ensembles flous des différents univers de discours que le système impose ensuite on détermine la base de règles qui va caractériser le fonctionnement désiré du système en variables floues. On appelle cette étape la fuzzyfication, puis on utilise ces variables floues dans un mécanisme d'inférence qui crée et détermine les variables floues de sortie en utilisant les opérations sur les fonctions d'appartenances.

Enfin, on opère à la defuzzyfication qui consiste à extraire une valeur réelle de sortie à partir de la fonction d'appartenance du sous ensemble flou de sortie établi par le mécanisme d'inférence. [22]

- **MODELE FLOU**



- **L'univers de discours**

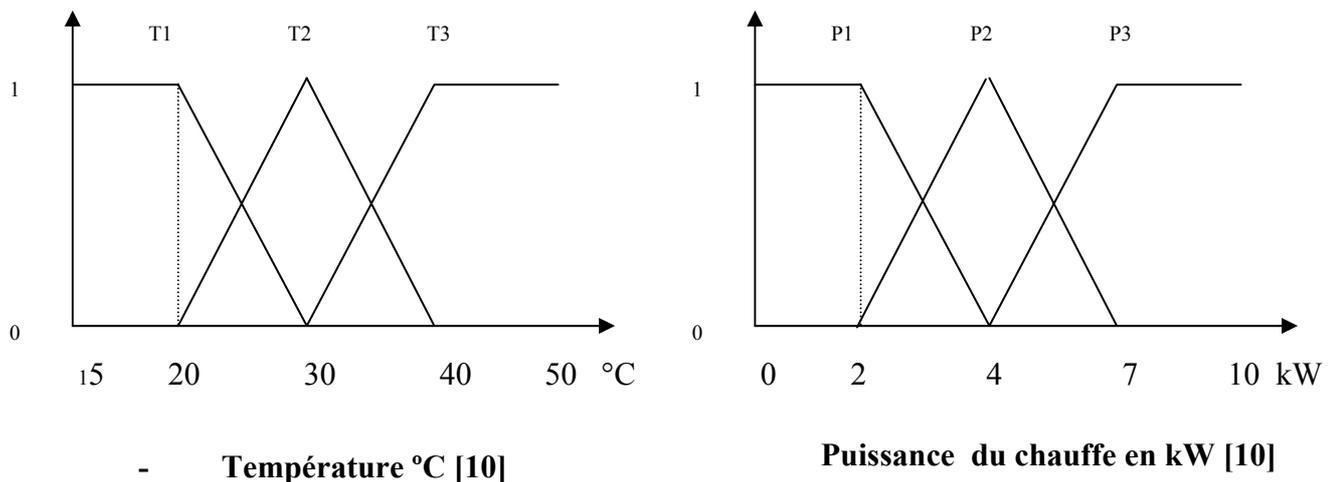
Nous allons considérer l'univers de discours de la température de la cuve de stockage du chauffe eau solaire comme étant l'intervalle [15°C, 50°C], on peut choisir trois sous-ensembles flous, faible, moyenne, élevée, et pour la

puissance de chauffe l'intervalle [0, 10kw], on peut choisir trois sous ensembles flous, chauffer fort, chauffer peu, arrêter la chauffe.

ETAPE 1 : FUZZYFICATION

C'est la définition de la fonction d'appartenance des variables linguistique, T (température) et P (la puissance de chauffe).

Dans notre cas, nous avons considéré, pour les variables linguistiques, trois (03) sous ensembles flous de forme triangulaire T1, T2 ,T3 et P1, P2, P3 comme le montre les Figures suivantes :



ETAPE 2: (INFERENCE)

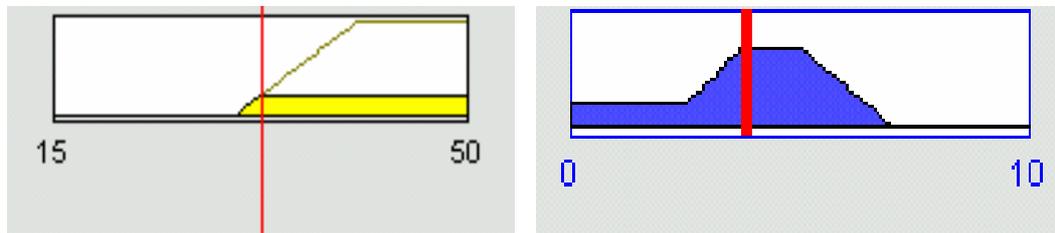
Dans ce cas, nous allons établir les règles liant les entrées aux sorties en utilisant les opérations sur la fonction d'appartenance :

- ✚ Si la température est basse alors il faut chauffer fort
- ✚ Si la température est moyenne alors il faut chauffer peu
- ✚ Si la température est élevée alors il faut arrêter la chauffe

ETAPE 3: DEFUZZYFICATION :

La defuzzyfication se fait par trois méthodes [6], pour notre cas nous avons choisi la méthode du centre de gravité car elle s'adapte mieux au signal

cherché , et qui consiste à calculer la surface formée par les fonctions d'appartenance résultantes et l'axe des abscisses P. Réf [11]



Pour $t = 32.5 \text{ } ^\circ\text{C}$

$P = 3.82 \text{ kW}$

Pour une température $t = 32.5 \text{ } ^\circ\text{C}$, on trouve $P = 3.82 \text{ kW}$. Dans ce cas, la puissance de chauffe de l'appoint électrique est facile à déterminer en fonction de la température. Donc la régulation par la logique floue peut augmenter les performances des installations de production d'eau chaude.

Sur la figure suivante, on donne la courbe représentant "la puissance de chauffe" en fonction de la "température".

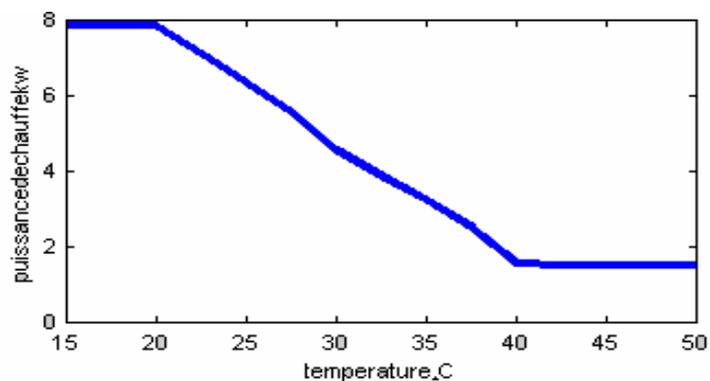


Figure II.6 Courbe représentant la Puissance de chauffe en fonction de la température par centre de gravité [10]

II.3 CONCLUSION

Les systèmes de régulation sont nécessaires pour toutes les installations solaires, car ils augmentent le rendement de l'installation tout en profitant de l'énergie solaire qui est gratuite au maximum.

CHAPITRE III

DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRES

CHAPITRE III DIMENSIONNEMENT DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRES

III.1 INTRODUCTION

Le point de départ pour le dimensionnement d'une installation solaire de production d'eau chaude sanitaire (ECS) est le besoin en eau chaude solaire. Il est donc primordial d'estimer correctement ce besoin.

Autres facteurs tels que la situation géographique, la surface disponible pour l'installation solaire, l'orientation et l'inclinaison des capteurs, le budget, etc. joueront également un rôle important.

Un bon dimensionnement doit conduire à produire un maximum d'énergie d'origine solaire entre 50 et 80 % des besoins d'eau chaude sanitaire, entraînant une économie financière, et évitant le rejet de gaz à effet de serre dans l'atmosphère.

III.2 Dimensionnement des Composants Principaux

III.2.1 Dimensionnement des capteurs solaires

La surface des capteurs A est la variable essentielle car elle conditionne le coût et la production utile de l'installation.

Le dimensionnement de A est fait sur la base du volume d'eau chaude consommé quotidiennement V_j . On définit A_0 de façon à avoir un ratio V_j/A_0 égal à 50 litres/m². [20]

Exemple : pour une consommation de 2000 litres/jour =>

$$A0 = Vj/50 = 2000/50 \text{ soit } 40 \text{ m}^2$$

- Définition de la plage de variation autorisée ($A0 - 50 \%$, $A0 + 50 \%$)
- **Choix de l'inclinaison**

Il dépend essentiellement de deux paramètres : la latitude et la saisonnalité des besoins. Exemple à Alger l'inclinaison est égale à la latitude de lieu qui est 36.7°

III.2.2 Dimensionnement du stock

Le volume des ballons de stockage est déterminé en fonction de la consommation journalière :

$$Vs0 = \max (Vja, Vjété)$$

Avec :

- Vja : consommation moyenne journalière sur la période de fonctionnement.
- $Vjété$: consommation moyenne journalière sur la période mai-août.

On veillera à tenir compte, prioritairement de la consommation d'été, car le stockage à autres fonctions, de limiter les surplus temporaires de production qui sont plus probables en été.

La plage autorisée est définie de manière similaire à la plage autorisée pour le dimensionnement de la surface de capteurs :

$$[VSMin, VSMMax] = [VS0-50\%, VS0+50\%]. [20]$$

III.2.3 Dimensionnement des pompes :

- Choix du circulateur (pompes):

Le nombre de pompes varie en fonction du schéma choisi ; de 1 à 4 pompes peuvent être à définir.

- Pompe primaire
- Pompe secondaire
- Pompe de bouclage
- Pompe de décharge

Les paramètres caractérisant les pompes sont :

- débit nominal (l/h)
- puissance maximum du moteur de la pompe (kW)

Les pompes sont dimensionnées pour vaincre les pertes de charge du circuit sous la vitesse de circulation maximale autorisée par l'implantation du circuit hydraulique.

Les débits de fluide couramment utilisés varient de 40 à 70 l/h par m² de capteur solaire.

La puissance du moteur de la pompe (en kW) est déterminée par la relation

$$P = 0.001.(K. Q.H.p.g) / R$$

Avec :

Q : débit nominal (m³/s) ;

H : hauteur manométrique en mètres de colonne d'eau, calculée en tenant compte des pertes de charge du circuit et de la nature du fluide caloporteur ;

ρ : masse volumique du fluide caloporteur (kg/m³) ;

g : accélération de la pesanteur (9,81m/s²) ;

R : rendement de l'ensemble pompe/moteur, qui devra être supérieur à 0,8.

K est un coefficient de surpuissance (sans dimension) compris entre 1,15 et 1,25 pour s'affranchir des pertes de charge dues à l'entartrage (circuit secondaire) ou à la variation de viscosité du fluide caloporteur (circuit primaire).

La perte de charge globale dépend de la configuration de l'installation. La perte de charge moyenne linéique est typiquement de l'ordre de 10 mm de colonne d'eau par m de tuyau. [20]

III.2.4 Dimensionnement de l'isolant thermique du ballon

Les caractéristiques de l'isolant thermique du ballon doivent être telles que la constante de refroidissement du ballon équivalent soit inférieure ou égale à la valeur : $Cr \leq 4.2 V^{-0.45}$

Où V est le volume du ballon équivalent exprimé en litres.

La constante de refroidissement du ballon équivalent se calcule de la manière Suivante :

$$Cr = \frac{24 \cdot Sb \cdot \left(1,1 + \frac{50}{V} \right) h}{0,85 \cdot V}$$

$$\frac{t}{h} = \frac{1}{\left(0,1 + \frac{e_{iso}}{k_{iso}} \right)}$$

$$V = Vb \cdot NB$$

où :

$$Sb = \left(\frac{\pi \cdot Di^2}{2} \right) + \pi \cdot Di \cdot H \cdot NB$$

Avec :

NB : nombre de ballons identiques ;

Vb : volume d'un ballon unitaire (l) ;

Di : diamètre intérieur d'un ballon unitaire (m)

H : hauteur d'un ballon unitaire (m)

e_{iso} : épaisseur de l'isolant (m) ;

k_{iso} : conductivité de l'isolant (W/m.°C)

III.2.5 Dimensionnement de la tuyauterie

Le coefficient de déperdition linéique de la tuyauterie se calcule de la manière suivante :

$$k_l = \frac{\pi}{\frac{1,15}{k_{iso}} \cdot \ln \left(1 + 2 \cdot \frac{e_{iso}}{D} \right) + \frac{1}{h \cdot (D + 2 \cdot e_{iso})}}$$

$h = 10 W / m^2.K$
 si
 $(D + 2 \cdot e_{iso}) > 220mm$
 Si non

$$h = 5,5 + \left(\frac{3,1}{(D + 2 \cdot e_{iso})^{0,2}} \right)$$

Avec :

k_l : coefficient de déperdition linéique de la tuyauterie (W/m.K) ;

D : diamètre extérieur de la tuyauterie (m)

e_{iso} : épaisseur de l'isolant (m) ;

k_{iso} : conductivité thermique de l'isolant (W/m.°C)

III.2.6 Dimensionnement de l'échangeur :

La présence d'un échangeur entraîne une baisse du rendement global du système car elle provoque, toutes choses étant égales par ailleurs, une augmentation de la température de l'eau dans les capteurs, et donc une augmentation des pertes thermiques des capteurs.

On veillera à ce que cette baisse de rendement ne dépasse pas 5% soit un coefficient de transfert thermique de l'échangeur de 100 W/°C (par m² de capteur) minimum.

III.2.7 Dimensionnement de l'appoint électrique

Le dimensionnement de l'appoint vise à assurer :

- le service en eau chaude en toutes circonstances. C'est un problème classique qui nécessite surtout une bonne évaluation des besoins,
- la meilleure répartition possible entre solaire et appoint.

La puissance de la résistance électrique doit être comprise entre 10 et 15 W/litre du volume d'appoint (V_{ap}) chauffé par l'électricité, la valeur nominale étant de 12W/litre. Le volume V_{ap} est délimité par le haut du ballon et le bas de la résistance électrique. Si la résistance électrique est placée au centre du ballon, le volume V_{ap} correspondra à la moitié du volume nominal du ballon.

Le thermostat de l'appoint doit être réglé à une température supérieure à 60°C.

Lorsque le fonctionnement de l'appoint est asservi aux heures creuses tarifaires de nuit, il est important de disposer d'un volume du ballon électrique supérieur aux besoins maximum journaliers. Ainsi le maintien à une température supérieure à 60°C à la sortie du ballon est possible à condition d'avoir préalablement réglé le thermostat de l'appoint à 65°C.

En revanche pendant les périodes d'hiver et de mi-saison, lors de puisages très importants, il subsistera le risque de distribuer une eau

qui a été stockée dans le ballon solaire à des températures inférieures à 60°C.

Le ballon de stockage est divisé horizontalement en 10 couches de même hauteur. Le repérage de la position de l'auxiliaire d'appoint s'effectue par rapport à ce système de couche. Par exemple, supposons un ballon ayant une hauteur de 2m. Chaque couche aura alors une hauteur de 20cm, si la résistance électrique est placée à 30cm, alors l'utilisateur doit indiquer que l'auxiliaire d'appoint est dans la couche 2 . Réf[16]

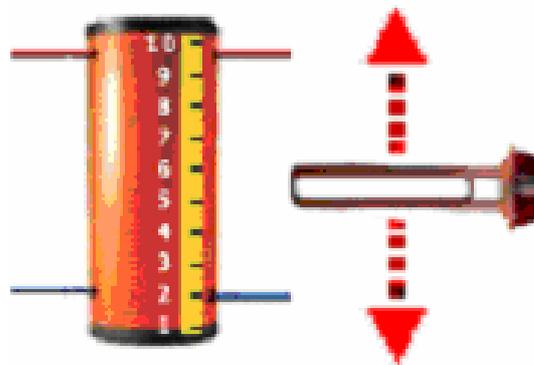


Figure III.1 Exemple de Position de L'appoint Electrique dans Le Ballon [16]

III.3 Base de calcul de l'installation solaire et de ses performances énergétiques

III.3.1 Méthode de calcul.

Les performances de l'installation solaire peuvent être calculées selon la méthode de calcul appelée « simsol » de trnsys développée par CSTB France. Réf [13]. Cette méthode permet le calcul des installations collectives. Elle ne couvre pas les systèmes fonctionnant en thermosiphon. Les schémas fonctionnels sont les suivants :

- **Echangeur primaire externe et appoint centralisé séparé**

Ce schéma (Figure III.2) hydraulique est le plus courant pour une installation collective de production d'ECS solaire.

Les caractéristiques de cette configuration sont :

- Un échangeur de chaleur externe au ballon solaire (meilleure efficacité pour de grosses installations et facilités d'entretien).
- Un ballon spécifique au solaire et un ballon collectif spécifique à l'appoint. Dans le cas de plusieurs ballons en série (solaire ou appoint), on définira un seul ballon équivalent de capacité égale à la somme des capacités des ballons.
- L'appoint peut être de type électrique, hydraulique ou les deux,
- Le mitigeur se trouve en sortie du ballon d'appoint.
- Un maintien en température de l'ECS distribuée par bouclage est assuré par le ballon d'appoint.
- Le circulateur secondaire est asservi à celui du primaire.

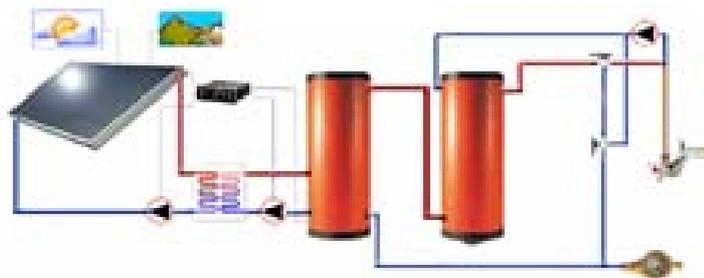


Figure III.2 Chauffage eau solaire avec échangeur extérieure et appoint Centralisé séparé [21]

- Echangeur primaire externe et appoint centralisé intégré

Ce schéma (Figure III.3) hydraulique ne s'utilise que pour les petites installations collectives de production d'ECS solaire (inférieure à 20 m²).

Les caractéristiques de cette configuration sont :

- Un échangeur de chaleur externe au ballon,
- Le ballon solaire et le ballon d'appoint sont confondus,
- L'appoint peut être de type électrique ou hydraulique,
- Le mitigeur se trouve en sortie du ballon,
- Un maintien en température de l'ECS distribuée par bouclage est assuré par le ballon d'appoint,
- Le circulateur secondaire est asservi à celui du primaire.

Cette configuration rencontre une limitation évidente de capacité de stockage

- avec un seul ballon.

Pour représenter une installation avec distribution directe (sans bouclage), il suffit d'annuler le débit de la pompe de bouclage. Cette configuration respecte la réglementation sanitaire que si la longueur totale de canalisation entre la boucle et chaque point de puisage ne dépasse pas 6 m.

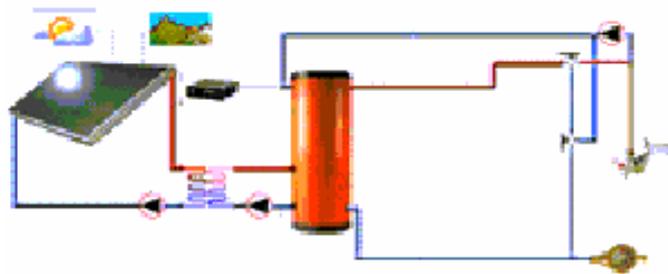


Figure III.3 chauffe eau solaire avec échangeur extérieur et un ballon solaire [21]

- Echangeur primaire interne et appoint centralisé séparé

Ce schéma (Figure III.4) hydraulique permet d'éviter l'utilisation d'un échangeur externe

- Un échangeur de chaleur interne au ballon solaire,
- Un ballon spécifique au solaire et un ballon collectif spécifique à l'appoint. Dans le cas de plusieurs ballons en série (solaire ou appoint), on définira un seul ballon équivalent de capacité égale à la somme des capacités des ballons,
- L'appoint peut être de type électrique, hydraulique ou les deux,
- Le mitigeur se trouve en sortie du ballon d'appoint,
- Un maintien en température de l'ECS distribuée par bouclage est assuré par le ballon d'appoint.



Figure III.4 chauffe eau avec échangeur interne et appoint centralisé séparé [21]

- Echangeur primaire externe et appoint centralisé séparé et instantané

Dans cette configuration (Figure III.5), l'appoint fonctionne en mode instantané. Il n'y a donc pas de ballon de stockage, hormis le ballon solaire.

- Un échangeur de chaleur externe au ballon.
- Un ballon uniquement solaire. Dans le cas de plusieurs ballons en série, on définira un seul ballon équivalent de capacité égale à la somme des capacités des ballons.
- Pas de ballon de stockage d'appoint.
- Un appoint instantané. Cet appoint peut être de type électrique ou hydraulique.
- Le mitigeur se trouve en sortie du ballon d'appoint.
- Un maintien en température de l'ECS distribuée par bouclage sur le ballon d'appoint.
- Le circulateur secondaire est asservi à celui du primaire.

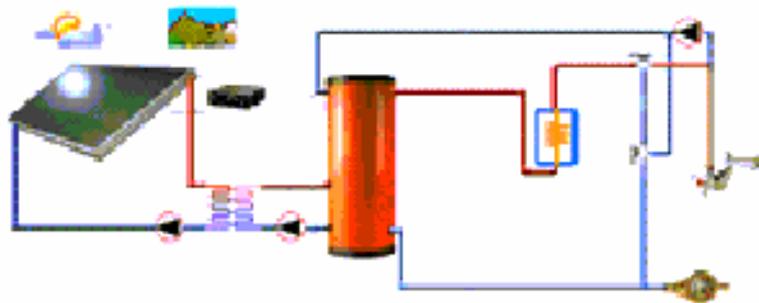


Figure III.5 chauffe eau solaire avec échangeur externe et appoint centralisé séparé et instantané [21]

- Pas d'échangeur de chaleur primaire et appoint centralisé séparé

Ce schéma hydraulique est assez peu courant dans les pays froids, mais se rencontre plus fréquemment dans les pays chauds.

- Pas d'échangeur de chaleur au ballon solaire.
- Un ballon spécifique au solaire et un ballon collectif spécifique à l'appoint. Dans le cas de plusieurs ballons en série (solaire ou appoint), on définira un seul ballon équivalent de capacité égale à la somme des capacités des ballons.
- L'appoint peut être de type électrique, hydraulique ou les deux. La configuration sans appoint se modélise en annulant la puissance de l'appoint.
- Le mitigeur se trouve en sortie du ballon d'appoint,
- Un maintien en température de l'ECS distribuée par bouclage est assuré par le ballon d'appoint.

Pour représenter une installation avec distribution directe (sans bouclage), il suffit d'annuler le débit de la pompe de bouclage. Cette configuration respecte la réglementation sanitaire que si la longueur totale de canalisation entre la boucle et chaque point de puisage ne dépasse pas 6 m.

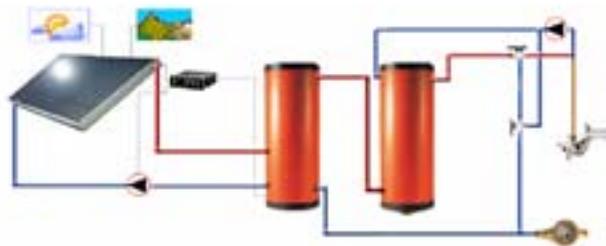


Figure III.6 chauffe eau sans échangeur et appoint centralisé séparé [21]

- Variante pour la décharge du stock solaire

Ce schéma hydraulique (Figure III.7) est une variante de la configuration 1. Un circulateur de décharge permet de transférer la chaleur du ballon solaire vers le ballon d'appoint

- Un échangeur de chaleur externe au ballon solaire (meilleure efficacité pour de grosses installations et facilités d'entretien),
- Un ballon spécifique au solaire et un ballon collectif spécifique à l'appoint.
- Dans le cas de plusieurs ballons en série (solaire ou appoint), on définira un seul ballon équivalent de capacité égale à la somme des capacités des ballons.
- L'appoint peut être de type électrique, hydraulique ou les deux.
- Le mitigeur se trouve en sortie du ballon d'appoint.
- Un maintien en température de l'ECS distribuée par bouclage est assuré par le ballon d'appoint.
- Le circulateur secondaire est asservi à celui du primaire.
- Un circulateur de décharge entre le ballon solaire et le ballon d'appoint.

Le circulateur de décharge est mis en route dès que la température du haut du ballon solaire est supérieure à la température du bas du ballon d'appoint, ce qui peut arriver lorsqu'il n'y a pas de soutirage. Cela peut être intéressant car ça permet de refroidir le ballon solaire et donc de mieux utiliser les capteurs.

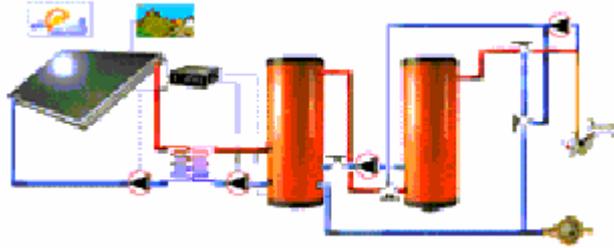


Figure III.7 chauffe eau solaire avec échangeur externe et circulateur de décharge [21]

III.4 APPLICATION DE LA METHODE DE CALCUL

Nous allons utiliser le logiciel Simsol Réf [21] pour le calcul des performances de l'installation de production d'eau chaude solaire collective qui se trouve en France : ostwald, 9 rue d'Eschau Strasbourg, cette installation permet de préchauffer l'eau chaude sanitaire de 328 logements sociaux HLM, répartis sur 12 immeubles. (Voir le rapport l'installation) .

III.4.1 PARAMETRE DE CALCUL

Les paramètres nécessaires d'introduire dans le calcul sont :

1. les besoins en eau chaude
2. le climat
3. les masques
4. le capteur solaire
5. les pompes
6. régulation
7. les ballons (solaire et appoint)

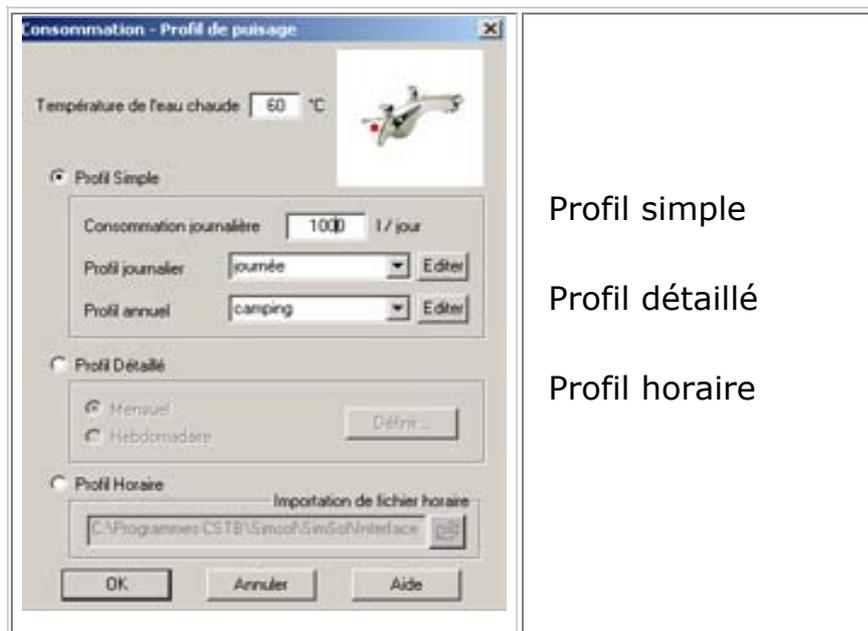
Prenons quelques exemples de paramètres qu'on a introduit dans le calcul pour la simulation :

- **Les besoins en eau chaude sanitaire**

La gestion des puisages d'eau chaude sanitaire revêt une grande importance pour un bon dimensionnement d'une installation solaire.

La température de l'eau sanitaire aux points de puisage « Température de l'eau chaude » doit être saisie pour tous les types de profils. Cette température doit être inférieure à la température de consigne du ballon d'eau chaude.

Il y a trois niveaux de définition des profils de puisage :



Prenons le profil de puisage simple

Dans notre cas nous avons choisi :

- La température de l'eau chaude 55°C.
- La consommation journalière 1000 l/jour.
- Profil journalier : journalier.

- Profil annuel : logements.

- **le climat**

Pour le climat nous avons choisi :

- la durée de simulation : libre

- pays : France

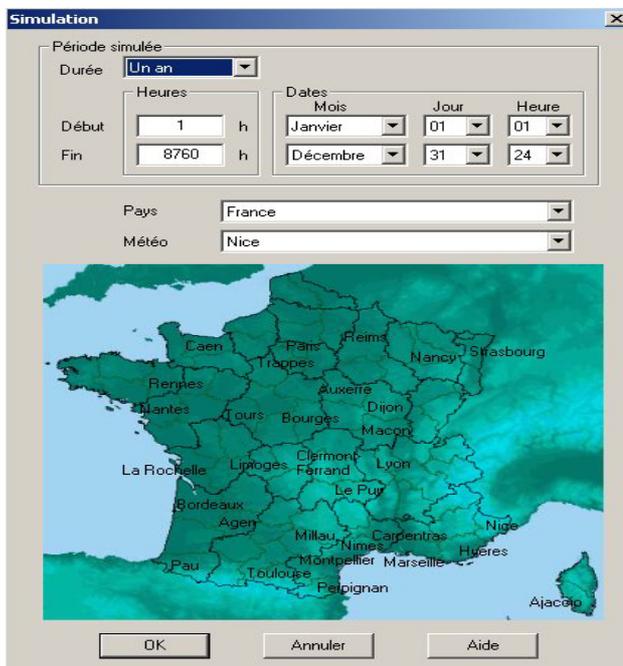
- Météo : Strasbourg

- les dates :

Mois : De mois de janvier au mois de mars 04

Jours : 01 janvier au 20 mars

Heures : 1 h à 24 h, donc le début de simulation 1h et la fin 1865h



- **Capteur solaire**

Pour cette installation nous avons choisi les caractéristiques de capteur suivantes :

- $a_1 = 3.82 \text{ w/m}^2.k$
- $n_0 = 0,68$
- $a_2 = 0 \text{ w/m}^2.k$
- Surface : 146.8 m^2
- Nombre de capteurs : 67
- Orientation : peine sud
- L'inclinaison : 45°
- Capacité thermique du fluide : Eau(4.19kJ/kg.k)

Base de données

Catégorie : capteur plan

Fabriquant : De Dietrich thermique

Produit : De Dietrich DD-SOL 1

Caractéristiques

$n_0 =$ [-] $a_2 =$ [$\text{W/m}^2.\text{K}^2$]

$a_1 =$ [$\text{W/m}^2.\text{K}$] Superficie d'entrée = m^2

Nombre de capteurs : [-]

Orientation : °

Inclinaison : °

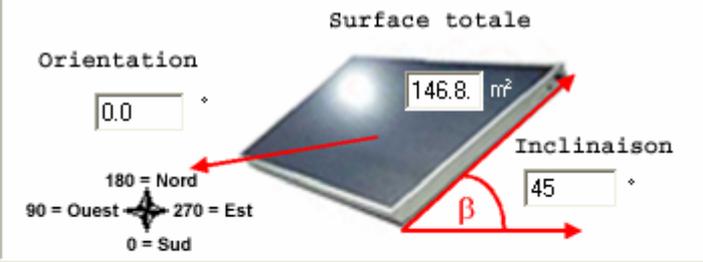
Surface totale : m^2

Capacité thermique du fluide

Eau (4.19 kJ / kg . K)

Antigel à 30 % (3.58 kJ / kg . K)

Autre : (kJ / kg . K)



III.4.2 Résultats de calculs

Les résultats de dimensionnement de l'installation solaire de CUS HABITAT de STRASBOURG en utilisant le logiciel « SIMSOL » sont présentés dans les tableaux et courbes ci-dessous :

kWh	Energie incidente sur le plan des capteurs	Energie récupérée par les capteurs	Pertes dans le circuit solaire	Pertes ballon solaire	Pertes ballon d'appoint	Pertes totales du circuit de distribution
Total	25307	5529	162	452	613	687
Janvier	5374	1261	33	90	205	269
Février	10117	2306	67	184	234	244
Mars*	9816	1962	62	178	174	174

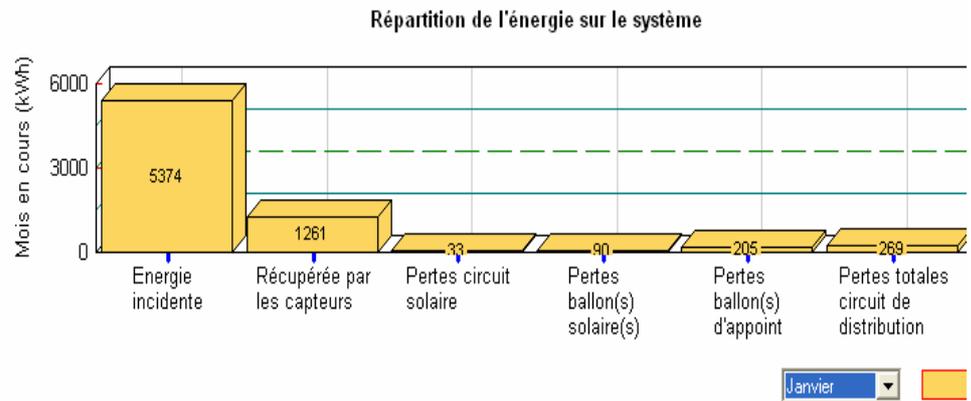


Figure III.8 BILANS ENERGETIQUES DU SYSTEME

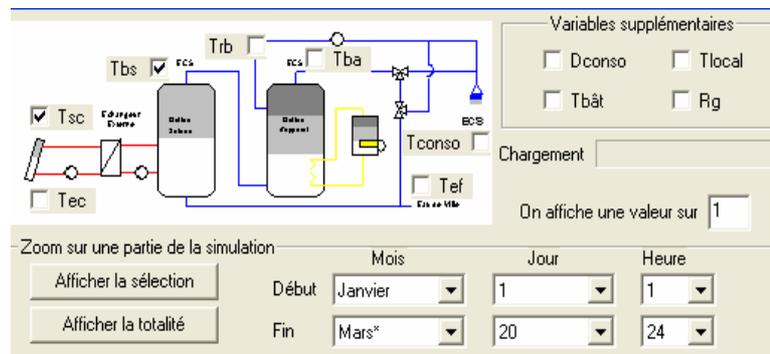


Figure III.9 SUIVI DES TEMPERATURE DE L'INSTALLATION

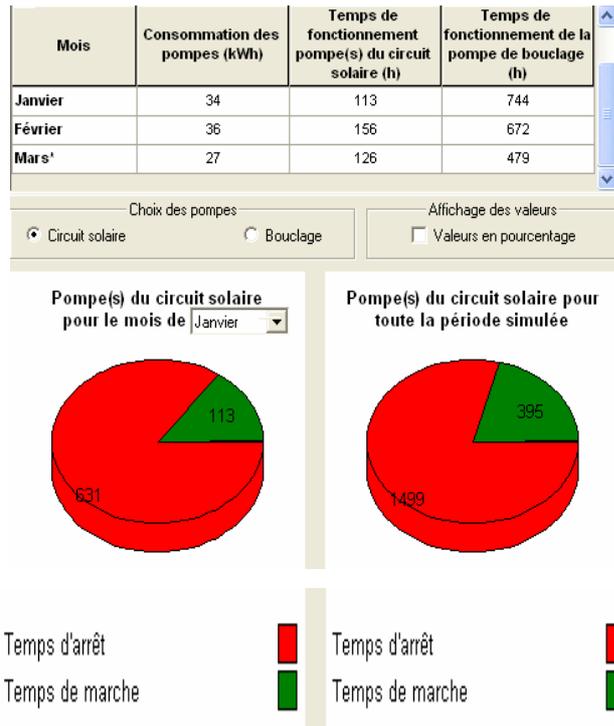


Figure III.10 BILAN DES POMPES DU CIRCUIT SOLAIRE

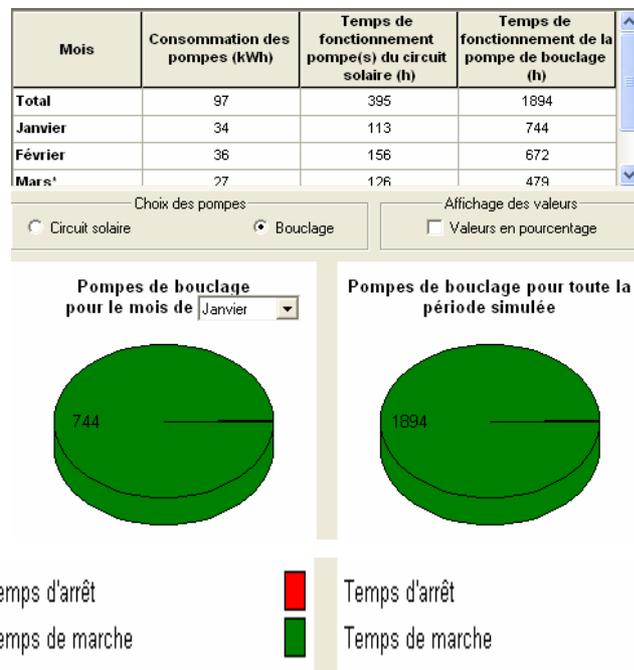


Figure III.11 BILAN DES POMPES DE BOUCLAGE

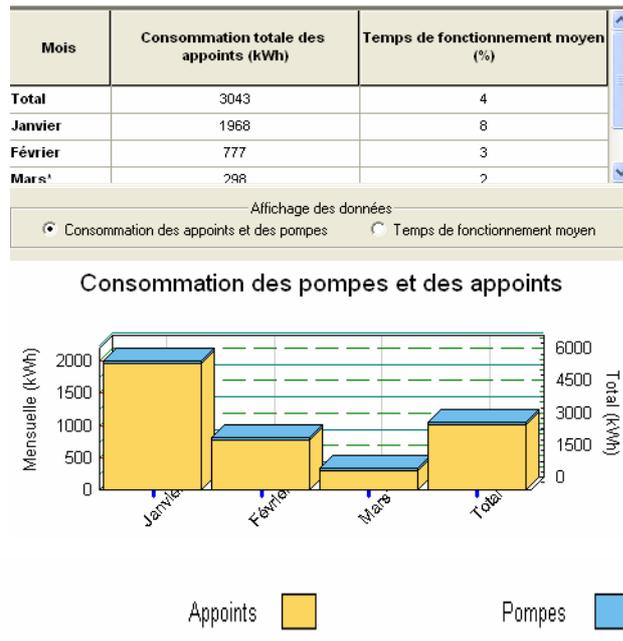


Figure III.12 BILAN DE CONSOMMATION DES POMPES ET DES APPOINTS Du MOIS DE JANVIER AU MOIS DE MARS

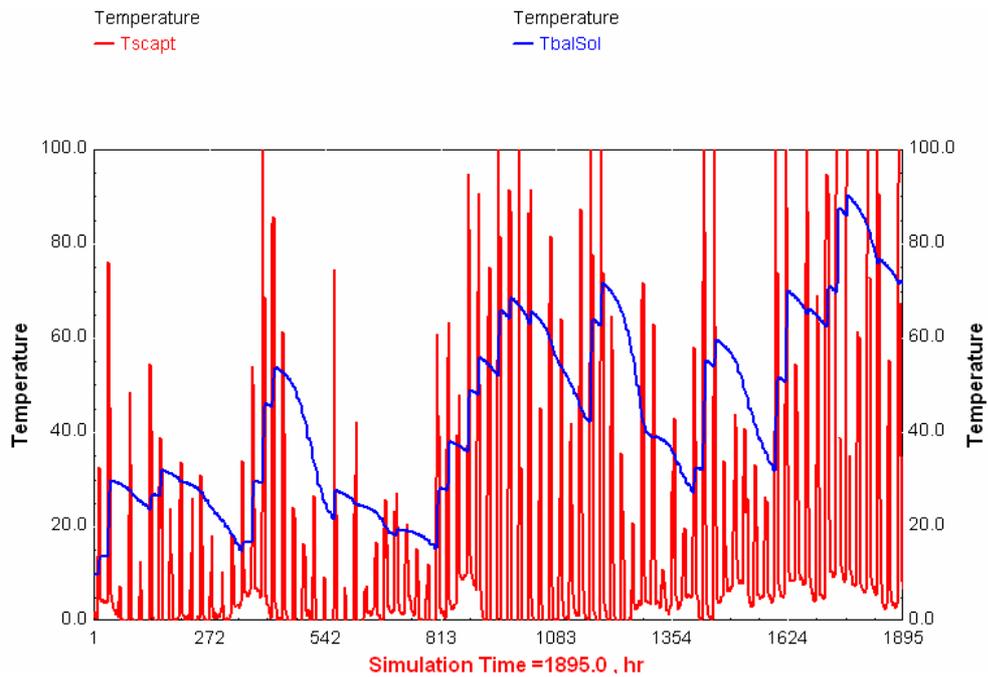


Figure III.13 COURBE DE SIMULATION DE DIFFERENTES TEMPERATURES (BALLON ET SORTIE CAPTEUR) °C/H

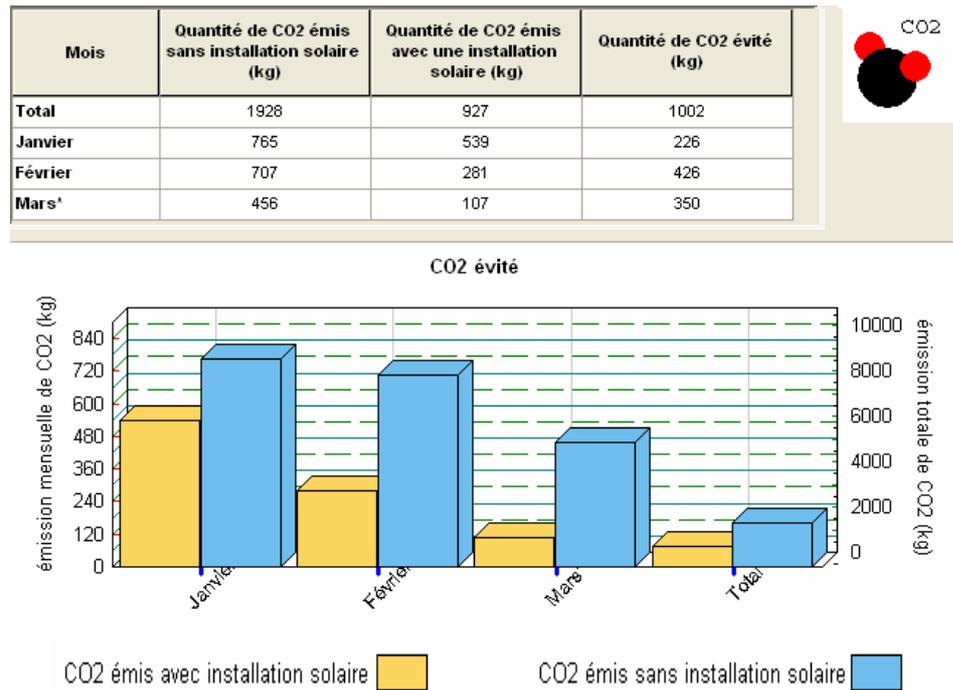


Figure III.14 BILANS ENVIRONNEMENTAUX (CO2 EMIS AVEC ET SANS INSTALLATION SOLAIRE)

III.4.3 RAPPORT DE L'INSTALLATION

Après chaque simulation un rapport de l'installation est donné, ce dernier contient tous les paramètres introduits dans le calcul.

RAPPORT DE CALCUL D'INSTALLATION SOLAIRE

Nom du projet : SimSol1

1. Méthode de calcul

Les performances de l'installation solaire sont calculées à l'aide du logiciel SIMSOL du CSTB, FRANCE.

2. Données météorologiques

Station météo : Strasbourg.

Températures extérieures moyennes (°C):

Janvier	Février	Mars*
0.8	2.2	7.7

Irradiation solaire sur le plan horizontal (kWh/m².jour):

Janvier	Février	Mars*
0.81	1.61	1.68

Température d'eau froide (°C):

Janvier	Février	Mars*
5.5	5.6	6.4

3. Données sur la consommation d'eau chaude sanitaire

Température de l'eau chaude sanitaire au départ de la distribution vers les utilisateurs: 55°C.

Le besoin est défini par un profil simple quotidien.

La consommation journalière de référence est estimée pour chaque mois, en litres/jour :

Janvier	Février	Mars*
1250	1200	1100

4. Caractéristiques des composants solaires

Capteurs solaires :

Fabricant : De Dietrich thermique

Produit : De Dietrich DD-SOL 1

Laboratoire de test : CSTB n° d'avis ou rapport : 14/00-576

Surface totale d'entrée : 146.8 m²

Inclinaison : 45 °

Orientation : 0 ° (Sud)

Caractéristiques par rapport à la surface d'entrée :

$$\left[\begin{array}{c} \square \\ \times \end{array} \right] = 0.68$$

$$a1 = 3.82 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$a2 = 0.00 \text{ W/m}^2.\text{K}^2$$

Ballon solaire :

Le volume de stockage solaire est de 5250 litres pour chaque ballon, de type vertical_5000l avec isolation de 50 mm d'épaisseur.

La constante de refroidissement du ballon est évaluée à 0.13 Wh/l.K.jour.

5. Caractéristiques de l'installation

L'installation est du type Echangeur primaire externe et appoint centralisé séparé.

Boucle solaire :

Longueur aller et retour 50 m dont 20 m à l'extérieur, diamètre extérieur des tuyaux : 34 mm, coefficient de déperditions linéique : 0.09 W/m.K

débit : 793 l/h

coefficient de transfert thermique de l'échangeur : 1 kW/K

Appoint :

Le volume de stockage d'appoint est de 5250 litres pour chaque ballon, de type vertical_5000l avec isolation de 50 mm d'épaisseur.

La constante de refroidissement du ballon est évaluée à 0.05 Wh/l.K.jour.

L'appoint est du type : hydraulique

Nombre de générateur : 1

Fabriquant : Buderus

Produit : Logano G334 simple 90kW (gaz, basse température)

Boucle de distribution :

longueur aller et retour 60 m, diamètre extérieur des tuyaux : 30 mm,
coefficient de déperditions linéique : 0.17 W/m.K

6. Résultats des calculs

	Jan	Fév	Mar*	Total
Besoins kWh	2183	2092	1217	5492
Production solaire kWh	808	1523	1248	3579
Couverture solaire %	37	73	100	65
Pertes de distribution kWh	269	244	174	687
Energie d'appoint hydraulique kWh	2121	1106	421	3648

III.4.4 INTERPRETATION DES RESULTATS DE DIMENSIONNEMENT

1° En comparant les résultats obtenus pour la durée allant du 1^{er} janvier au 20 mars, on remarque que les besoins en eau chaude et les pertes de distributions sont importants en mois de janvier qu'au mois de février et mars, ceci se justifie par le fait qu'au mois de janvier il fait plus froid et donc la consommation de l'eau chaude est importante. Nous pouvons déduire que les résultats de cette simulation avec un taux de couverture solaire total dépassant les 50% et la productivité total de 3579 kwh sont satisfaisants, et peuvent être comparés à ceux mesurés (réels). Voir chapitre V.

2° A partir de la figure III.14 on constate que le CO₂ émis sans installation solaire est nettement plus important qu'avec installation solaire, ce qui est très significatif pour la préservation de l'environnement.

III.5 CONCLUSION

Dimensionner une installation n'est pas une chose aisée car les besoins ne sont pas toujours connus rapidement, donc pour dimensionner au plus juste une installation solaire correspondant à l'optimum économique. On simule la production solaire et le coût en kWh solaire produit par plusieurs combinaisons "surface de capteur/ volume de stockage" l'installation offrant simultanément la production solaire la plus importante et le coût du kWh solaire le plus faible se situe à l'optimum économique. Notre installation est donc bien dimensionnée. Les résultats obtenus seront comparés à ceux mesurés pour garantir les résultats solaires.

CHAPITRE IV

TELECONTROLE DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRES

CHAPITRE IV TELECONTROLE DES INSTALLATIONS DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE SOLAIRE

IV. INTRODUCTION

Equiper une installation de production d'eau chaude par un système de télécontrôle, permet de convaincre les usager de la performance de leur installations et d'apporter une connaissance précise du fonctionnement pour les chercheurs et les fabricant, qui pourront améliorer le fonctionnement du système et préciser les conditions économiques d'emploi. Donc c'est un moyen très efficace pour l'obtention des résultats solaires garantis.

IV.1 Description d'une installation de production d'eau chaude solaire télécontrôlée

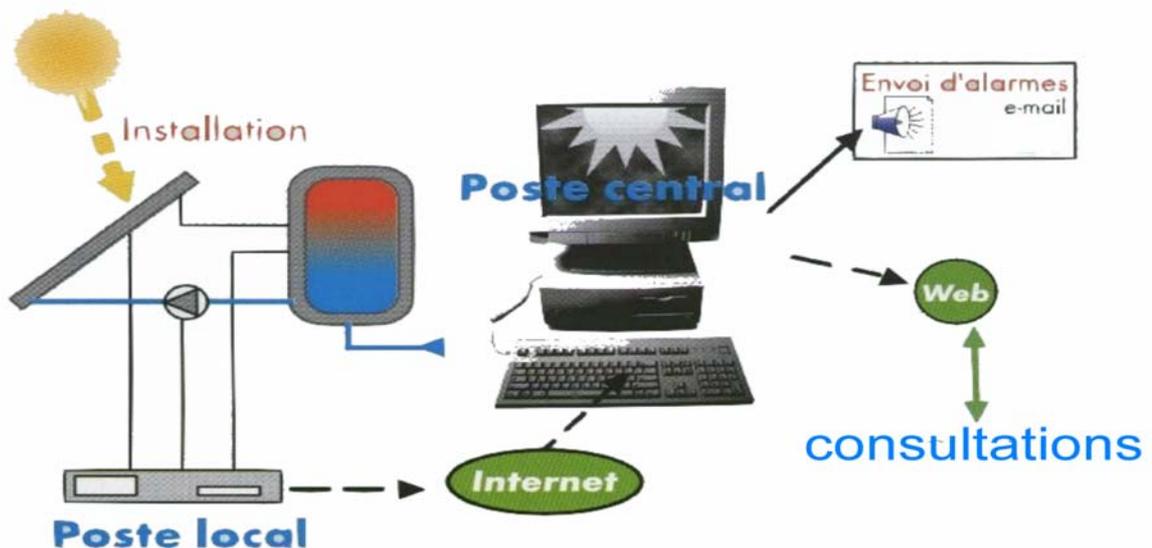


Figure IV.1 INSTALLATION DE PRODUCTION D'EAU CHAUDE TELECONTROLEE [5]

Une installation de production d'eau chaude collective équipé d'un système de télécontrôle est constituée généralement : Réf [18]

- d'un champs de capteurs dimensionné suivant les besoins en eau chaude.
- un échangeur de chaleur (noyé ou extérieur dimensionné suivant le champ de capteur
- un ballon de stockage solaire dimensionné suivant la surface de captation.
- Un ballon d'appoint placé en série et en aval du ballon solaire, des circulateurs, pompes pour le circuit primaire et parfois au secondaire.
- Un système de régulation (différentielle, horloge
- et un appoint utilisant une énergie disponible à tout moment (électrique, gaz etc...).
- Des accessoires hydrauliques tels que vannes, clapet anti retour mitigeur etc..).
- Un poste local (centrale de mesure)
- Un poste centrale (PC)
- Alarmes
- Imprimantes
- Réseau téléphonique.
- Des appareils de mesures dont les principaux sont les suivants :
 - a) un compteur volumétrique à impulsion installé sur l'alimentation en eau froide du ballon solaire,
 - b) des sondes de température installées comme suit :
 - une sur l'alimentation en eau froide du ballon solaire (TEF)
 - une sur la sortie eau chaude du ballon solaire (TSS)
 - une sur la sortie du ballon d'appoint (TSA)
 - une à l'entrée de l'échangeur (TEE).

La Figure suivante montre les différents points de mesure :

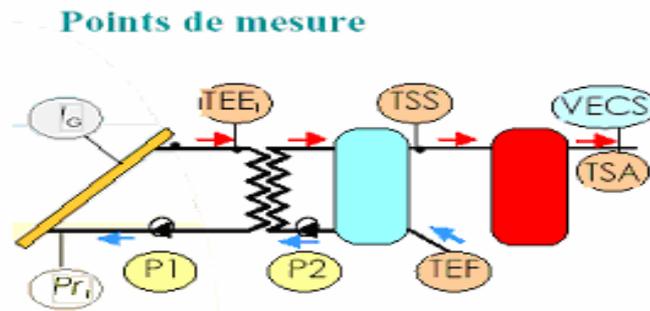


Figure IV.2 Les différents Points de Mesure [16]

- c) compteurs électriques pour la mesure de l'énergie électrique, lorsqu'il s'agit d'appareillage (moteurs, pompes etc...)

IV.2 – MESURES POSSIBLES :

IV.2.1 L'irradiation solaire :

La mesure de l'irradiation solaire doit être prise dans le plan du champ des capteurs ou à l'horizontale. Cette mesure est toujours intéressante lorsqu'il n'existe pas de station météorologique pour être mesurée par un solarimètre ou un pyranomètre. Dans le cas d'un pyranomètre, il faudra mettre en œuvre un intégrateur (avec ou sans afficheur) qui transformera la tension variable en impulsions dont le nombre sera directement proportionnel au rayonnement global reçu par unité de temps. Cet intégrateur jouera, de plus, le rôle d'amplificateur, car les impulsions pourront sans difficulté être transmises par des câbles ordinaire et de grande longueur.

IV.2.2 Débit d'eau chaude

La consommation d'eau chaude a une influence considérable sur la production énergétique de l'installation mais les compteurs pour eau chaude sont plus chers que ceux réservés à l'eau froide, pour cela il suffira souvent de mesurer la quantité d'eau froide entrante dans le ballon solaire, sachant que cette quantité est constante d'un bout à l'autre de l'installation. Le compteur d'eau doit impérativement être placé juste à l'entrée du ballon de stockage solaire, de manière, à ne pas mesurer les circulations supplémentaires dues aux bouclage de distribution, et au mitigeur qui crée un apport d'eau froide. Ces compteurs sont munis d'un émetteur d'impulsion, qui fermera brièvement un contact électrique à chaque passage de l'unité de volume voulue (1,10,100 ,etc....) et selon la précision désirée. Les impulsions électriques seront totalisées par le télécontrôleur.

IV.2.3 Energie solaire utile :

L'énergie solaire utile peut être calculée par la relation ci-dessous. Elle se fait à partir du débit volumique et des écarts de températures entre l'entrée du ballon de stockage solaire et sa sortie.

$$E_{su} = Q C_p (T_{SS} - T_{EF}) / k \quad (\text{KWh}) [18]$$

Avec : E_{su} : Energie solaire thermique sur l'intervalle de temps t (KWh)

Q : volume de fluide circulant durant le même intervalle de temps t (litre).

C_p : capacité calorifique du fluide (Kcal / litre°C)

TSS : température du fluide à la sortie du ballon
solaire (°C)

K : constante = 860

IV.2.4 Energie d'appoint

L'énergie d'appoint est mesurée par la même voie que l'énergie solaire, quelle que soit l'énergie employée.

$$E_{app} = Q C_p (T_{SA} - T_{SS}) / K \quad (\text{KWh}) [18]$$

Avec :

E_{app} : énergie d'appoint sur intervalle de temps t (KWh)

TSS : température du fluide à la sortie du ballon solaire (°C)

TSA : température du fluide à la sortie du ballon d'appoint
(°C)

IV.2.5 Energie électriques :

Les différentes consommations d'énergies électrique (résistances, moteurs, pompes etc...) pourront être mesurées à l'aide de compteur munis d'émetteurs d'impulsions. On pourra aussi différencier les appareils : résistances électrique dans un ballon d'appoint ou réchauffeur de boucle de distribution. Les émetteurs d'impulsions pourront être du type à contacts secs, similaires à ceux des compteurs d'eau. Il sera demandé au fabricant d'indiquer précisément la valeur de l'impulsion, compte tenu du compteur et de la constante du compteur, résistance électrique, de la période de fonctionnement et de la connaissance de sa puissance sont souvent suffisante et toujours beaucoup plus simple et moins cher, pour obtenir la consommation électrique.

On peut calculer l'énergie électrique dissipée par la relation suivante :

$$E_{elec.} = P t / f \quad (\text{kWh}) \quad [18]$$

Avec :

$E_{elec.}$: énergies totale dissipée sur l'intervalle de temps t (kWh).

P : puissance totale nominale de la résistance électrique (KW).

t : durée de fonctionnement de la résistance (heure).

f : rendement de conversion = 98% dans le cas de résistance noyées, pour tenir compte des pertes par les câbles électriques de branchement.

IV.2.6 Bilans et rendement globaux :

Les bilans feront apparaître les flux totaux d'énergie dans l'installation. Les rendements seront obtenus par le rapport de l'énergie utile (en sortie du système) à la totalité de l'énergie entrante (solaire + appoint + auxiliaire). On pourra également faire apparaître le taux de couverture qui représente la part de la production solaire dans les besoins thermiques : solaire / (solaire + appoint). Ces bilans et rendements seront établis sur la périodicité quotidienne et pourront être réalisés directement dans la centrale d'acquisition ou au niveau du PC.

IV.3 CENTRALE DE MESURE : TBC Solaire

Le TBC Solaire est une unité locale intelligente qui se présente dans un boîtier de dimension (200mmx73mmx118mm) fixé à proximité des installations à surveiller Réf [18]. Il est raccordé aux capteurs (sondes de températures, solarimètre, compteurs, contacts, etc...) et à une ligne téléphonique classique. Son Modem intégré communique à 1200Bps/solaire mesure en permanence :(période de scrutation=15sec).

- l'ensoleillement (entrée 0 – 1Volt).
- Les températures à différents points du circuit (entrée Pt 1000Ω).

- Température eau froide.....(TEF)
- température sortie ballon de stockage solaire.....(TSS)
- température entrée échangeur (circuit primaire).....(TEE)
- température sortie ballon appoint..(TSA)

- les débits du circuit solaire et du circuit d'appoint (par comptage d'impulsion).

Par ailleurs, une entrée analogique et 3 entrée logiques (ou comptage) restent disponible et pouvant être configurées selon les besoins de l'utilisateur. A partir des mesures effectuées, le TBC solaire traite les signaux des capteurs pour les convertir en information directement utilisables.

- Il calcule :
 - a) le cumul journalier de l'ensoleillement,
 - b) les valeurs moyennes des températures sur une période de 10 minutes,
 - c) les consommations en valeurs moyennes sur 10 minutes et journalières,
 - d) l'énergie solaire utile, l'énergie d'appoint , le taux de couverture en cumuls journaliers.
- il stock en mémoire l'historique de toutes ces informations, pendant 3 jours pour les valeurs moyennes sur 10 minutes, et pendant 12 jours pour les cumuls journaliers.
- Il présente les historiques sous forme de courbes pouvant être visualisées sur PC.

La communication avec le TBC solaire se fait en local ou à distance.

Son Modem intégré nous permet de le consulter à toutes heures, il est aussi possible de transférer automatiquement les fichiers de données du TBC solaire sur un poste central constitué par un micro-ordinateur, grâce à une procédure intégrée à son logiciel. Le TBC peut détecter des anomalies de fonctionnement, qui déclenchera une alerte sur le réseau téléphonique afin de prévenir la ou les personnes chargées de la maintenance de l'installation.

En cas de défaillance de l'alimentation électrique, le TBC solaire peut conserver les données grâce à 2 piles, l'une de sauvegarde des fichiers de données enregistrées, ainsi que les différents programmes et paramétrages, et l'autre assurant la continuité du fonctionnement de la centrale pendant 20 minutes environ après avoir lancé une alarme.

IV.3.1 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

a) Entrées logiques : 5 voies TOR (tout ou rien)

- contacts secs auto alimenté (13 V) et opto – isolés, (État : des circulateurs , des vannes motorisées, de l'appoint)
- comptage jusqu'à 100 Hz (compteur : volumétrique,électrique).

b) Entrées mesures : 6 voies ANA (Analogique) :

- une entrée 0-1 v (ensoleillement),
- une entrée 0-10 (à la disposition de l'utilisateur),
- quatre entrées Pt 1000, 100 Ω (capteurs de températures)

Autres caractéristiques :

- logiciel d'interrogation automatique microordinateur compatible PC.
- Microcontrôleur 8 bits SIEMENS SAB 80515
- Convertisseur A/ N 12 bits.

- EPROM 60 Ko contient les paramétrage et
- RAM mémoire de 32 Ko (capacité maximum des fichiers de données)
- Modem numéroteur 1200/ 75 bauds
- Sortie série informatique opto-isolée
- Alimentation 220 V mono (secours de fonctionnement 20 minutes par batterie interne en option).
- Température ambiante d'utilisation : -15°C à 50°C
- Deux sorties logiques TOR.



Figure IV.3 LA CENTRALE DE MESURE TBC SOLAIRE

IV.4 PROGRAMMATION DU TBC SOLAIRE

La programmation du TBC solaire s'effectue par un logiciel d'exploitation qui gère en continu et de façon quasi simultanée les tâches suivantes :

- calculs et transformation du signal
- communication et dialogue avec l'utilisateur.

La connexion du TBC solaire se fait en local ou à distance, affichant le menu principal dès le raccordement avec le PC.

Les fonctions essentielles programmables du TBC solaire sont les suivantes :- définition du logo (page d'accueil avec informations diverses concernant le site contrôlé)

- définition des codes d'accès : un pour la lecture seule et l'autre autorisant la programmation.
- mise à l'heure de l'horloge
- paramétrage des voies de mesure :

1. attribution d'un n° d'ordre et d'un nom à chaque capteur raccordé.
2. définition du type de capteur et étalonnage,
3. définition des seuils d'alarmes éventuels,
 - paramétrage des voies d'action :
 1. attribution d'un n° d'ordre et d'un nom à chaque actionneur raccordé,
 2. définition du type et du mode d'action,
 - définition des voies de calcul :
 1. attribution d'un n° d'ordre et d'un nom à chaque calcul,
 2. définition des facteurs de conversion et seuils d'alarmes éventuels,
 - définition des voies d'alarmes :
 1. attribution d'un n° d'ordre et d'un nom à chaque voie,

2. définition de la fonction :

- a) stockage et/ ou impression des évènements
- b) commande des voies d'action,
- c) appels téléphoniques.
- définition des 4 n° d'appels téléphoniques utilisés par les alarmes.
- définition de l'acquisition : périodicité de la scrutation
choix des voies actives,
- paramétrage des fichiers de stockage des données
mesurées calculées et des alarmes.

Toute cette programmation peut être réalisée localement ainsi qu'à distance, par le réseau téléphonique. Les centrales sont préprogrammées limitant les ajustements selon le site d'implantation.

IV.5 INTERROGATION DU TBC SOLAIRE

IV.5.1 INTERROGATION PAR MICRO-ORDINATEUR

A partir d'un PC, on peut interroger n'importe quel site équipé d'un TBC SOLAIRE pourvu que l'on soit équipé d'un modem V23 et du logiciel adapté. Lors de la connexion du TBC SOLAIRE avec le PC, menu principal est affiché et donne accès à 4 types de lecture spécifiques: tableau de bord, courbes, alarmes et messages. Réf[16]

- **tableau de bord** : dans cette rubrique on peut lire les informations concernant :

Entrées logiques :

- l'état de la pompe primaire (marche ou arrêt)
- l'état de la vanne 3 voie (ouverte ou fermée)
- boucle de recyclage (arrêt ou marche)

Entrées analogiques :

- La température de l'eau froide (TEF) (°C).
- La température à la sortie du ballon solaire (TSS).
- La température à l'entrée de l'échangeur (TEE).
- La température à la sortie du ballon d'appoint (TSA).

- **Courbes** : dans cette rubrique on peut visualiser l'évolution des paramètres suivants :

- L'énergie solaire journalière.
- L'énergie d'appoint journalière.
- La consommation d'eau chaude journalière.
- Le taux de couverture journalier.
- L'énergie solaire utile chaque 10 minutes.
- L'énergie d'appoint chaque 10 minutes.
- La consommation de l'eau chaude chaque 10 minutes.
- les différentes températures (TEF, TSS, TEE et TSA).

La période de mémorisation est de 12 jours pour les quatre premiers paramètres, la durée de mémorisation est de 3 jours pour les autres.

- **Fichier d'alarme** : dans cette rubrique on peut consulter les 22 derniers événements d'alarmes survenus (dépassement de seuils analogiques, changement d'état logiques,...etc.)
- **Message** : dans cette rubrique nous pouvons introduire deux messages, lisible par tous les utilisateurs, tels:

1. Message1 vérifier le fonctionnement pompe P1 du circuit primaire.
2. Message2 vérifier la régulation.

IV.6 EXEMPLE D'INTERROGATION DU TBC SOLAIRE.

Dans un premier temps, on sélectionne tous les sites qui sont fonctionnels, après, grâce au logiciel de communication intégré dans un micro-ordinateur, les sites seront interrogés, l'un après l'autre, par ordre de sélection.

Première étape : le logiciel de communication compose le numéro de téléphone du site correspondant par le biais du modem. Dès qu'il y'a connexion des deux modems, un voyant « CONNEXION » s'allume sur le modem qui appelle (modem de l'ordinateur). Le modem qui est appelé (celui du TBC Solaire) réagit à la sonnerie, si elle est assez longue et se place en mode réponse : il se branche sur la ligne téléphonique et émet sa porteuse (le sifflement qu'on entend dans le combiné). Il attend ainsi pendant environ une vingtaine de secondes que le modem appelant (modem de l'ordinateur) se manifeste, sinon il raccrochera .le modem appelant, dès qu'il détecte le sifflement, allume le voyant « PORTEUSE », attend une demi seconde environ, puis envoie à son tour sa porteuse, et les deux modems commencent la communication. Sur l'écran du PC on peut voir, à chaque connexion avec le TBC Solaire, une page d'accueil du site en communication. Le modem du TBC demande un code confidentiel pour qu'il puisse transmettre ses mesures. A chaque transmission, deux voyants clignotent '' EMISSION'' ''RECEPTION '' sur le modem du PC indiquant ainsi l'émission et la réception du fichier de mesures. Le protocole de transfert utilisé est le protocole X-MODEM (voir annexe) qui permet la vérification du bon déroulement du transfert.

Après le transfert des données du TBC Solaire vers le PC, le logiciel commande la déconnexion entre les deux modems et ainsi de suite pour tous les sites sélectionnés.

A la fin des interrogations, le logiciel commence à gérer les données du fichier journalier reçue (décodage, calculs...etc.) et les organise

dans une carte mensuelle qui visualise les performances journalières. Ainsi les résultats réels de l'installation peuvent être comparés aux valeurs prévisionnelles qui sont calculés par le logiciel SIMSOL qui nous avons vu dans le chapitre précédent.

A la fin des traitements, tous les résultats seront imprimés semaine par semaine choisie, pour permettre les analyses des mesures. A chaque fin de mois une feuille de résultats détaillés est envoyée aux exploitants de l'installation qui le concerne.

IV.7 APPLICATION DE TELECONTROLE

La phase pratique de notre travail, a nécessité l'expérimentation sur une installation munie de tous les équipements de télécontrôle, un déplacement donc s'est imposé vers un site équipé en France.

IV.7.1 DESCRIPTION DE L'INSTALLATION :

L'installation expérimentée fait partie d'une réalisation de CUS habitat (Strasbourg) : Ostwald, 9 rue d'Eschau portant sur 328 logements HLM, répartis dans 12 immeubles, la date de mise en service juin 2003 .

Elle comporte 67 capteurs de 146.8 m² de surface, installés sur le toit des immeubles. Et sont orientés en plein sud avec une inclinaison de 45° par rapport à l'horizontale, deux ballons de stockage, l'un pour le stock solaire et l'autre pour l'appoint, d'une capacité de 5250 LITRES chacun, un échangeur externe, deux pompes primaire et secondaire commandés par un régulateur différentiel, un appoint hydraulique déjà existant (chaudière à gaz). Un thermoplongeur (résistance électrique) de 15 KW placé dans le ballon de stockage, des compteurs électriques et volumétriques à impulsion, différentes sondes de température (PT1000), vase d'expansion, différentes vannes. La centrale de mesure TBC SOLAIRE est placée dans une armoire.



Figure IV.4 Installation de production d'eau chaude de STRASBOURG



Figure IV.5 circuit hydraulique de l'installation

IV.8 CONCLUSION

Les systèmes de télésurveillances permettent de contrôler les performances des installations solaires à distance, ils sont l'outil nécessaires pour garantir les résultats solaires.

CHAPITRE V

RESULTATS ET INTERPRETATION

CHAPITRE V

RESULTATS ET INTERPRETATION

V. INTRODUCTION

Les résultats représentés dans ce chapitre, sont donnés à partir de la date de mise en service de l'installation solaire le 01 juin 2003 jusqu'au mois de mars 2004, sous forme de courbes, concernent la consommation de l'eau chaude calculée et mesurée, fonctionnement des pompes, la productivité solaire calculées et mesurées ainsi que les variations des températures et ce pour des données annuelles, mensuelles et journalières. Les courbes obtenues à partir de la simulation sont superposées à celles mesurées. Dans le tableau V.1 sont représentés les relevés instantanés des données à intervalle de 10 minutes, du premier jour de l'année, le mois de mars 2004, les données des pompes solaires et des pompes suivantes sont confidentielles, les énergies utiles solaires et d'appoints.

V .1 INTERPRETATION DES COURBES

Dans un premier temps nous faisons la comparaison entre les résultats garantis et mesurés pour les données annuelles, pour cela nous constatons que les résultats garantis sont généralement respectés. Concernant les résultats mensuels et journaliers, on remarque que la garantie est respectée avec un écart de 10%, ceci à cause de certaine période marquant une grande augmentation dans la consommation de l'eau chaude particulièrement en hivers, une panne des pompes peut être une cause aussi, comme on remarque dans le tableau V.1 qu'il y'a des heures où la pompe primaire ne fonctionne pas alors

que la pompe secondaire fonctionne, mais l'avantage est que ces pannes on peut les réparer rapidement grâce au suivi journalier de l'installation, cette dernière reviens à son fonctionnement normal comme on le remarque sur les courbes

CONCLUSION

En examinant les résultats obtenues, on constate que, l'utilisation du système de télécontrôle, qui permet d'assurer un suivi permanent des performances de l'installation solaire, du fonctionnement de tous ses organes et l'intervention à tout moment lors d'un dysfonctionnement , s'avère un outil essentiel pour l'obtention de résultats garantis

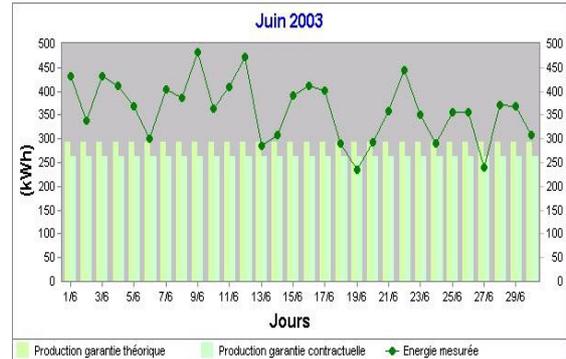
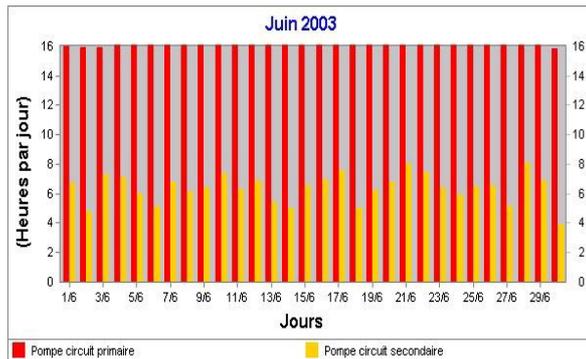


Figure (V.1.a) fonctionnement des pompes Pendant le mois de juin (heures /jours)

Figure (V.1.b) comparaison entre la productivité garantie et mesurée pendant le mois de juin (kwh/ jours)

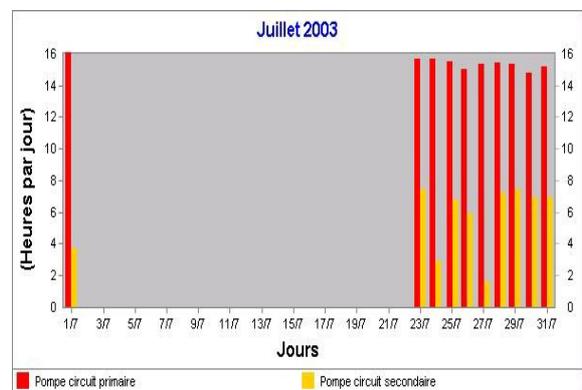
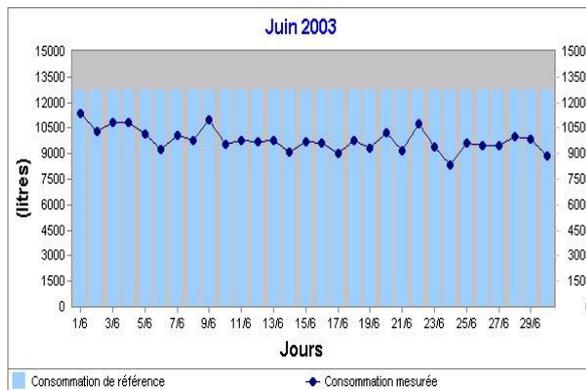


Figure (V.1.c) comparaison entre la consommation référence et mesurée pendant le mois de juin (litres/jours)

Figure (V.1.a') fonctionnement des pompes Pendant le mois de juillet (heures / jours)

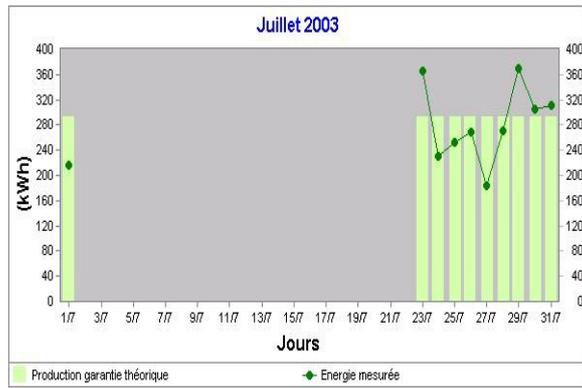


Figure (V.1.b') comparaison entre la productivité garantie et mesurée pendant le mois de juillet (kwh/ jours)

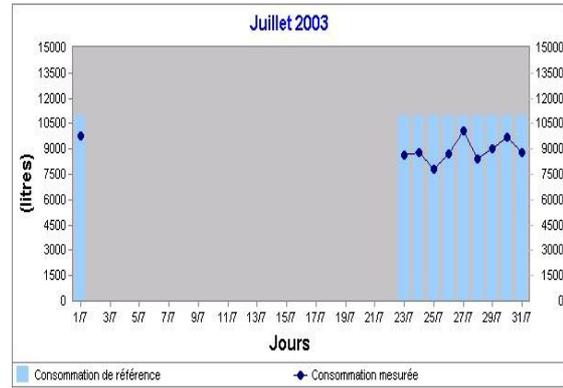


Figure (V.1.c') comparaison entre la consommation de référence et mesurée pendant le mois de juillet (litres /jours)

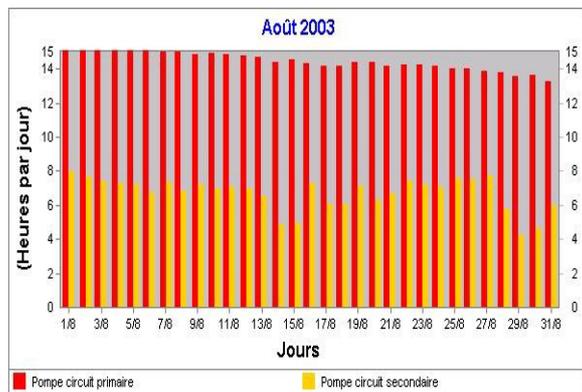


Figure (V.2.a) fonctionnement des pompes Pendant le mois d'août (Heures/jours)

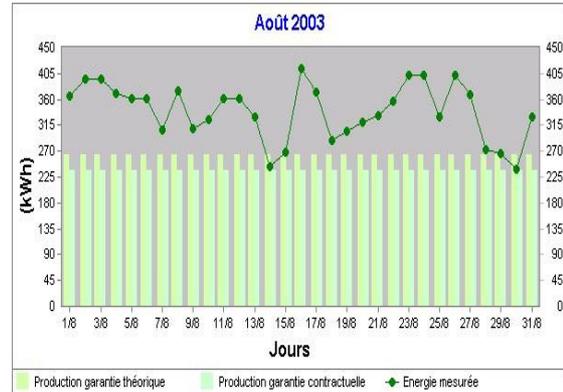


Figure (V.2.b) comparaison entre la productivité garantie et mesurée Pendant le mois d'août (kWh/jours)

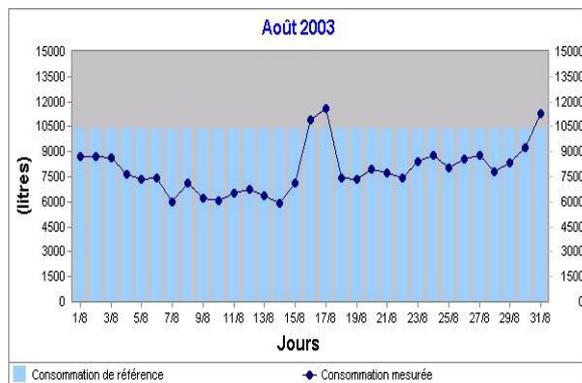


Figure (V.2.c) comparaison entre la consommation référence et mesurée pendant le mois d'août (litres/jours)

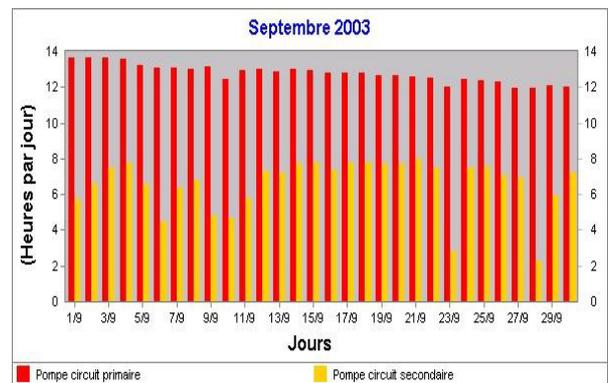


Figure (V.2.a') fonctionnement des pompes pendant le mois de septembre (heures /jours)

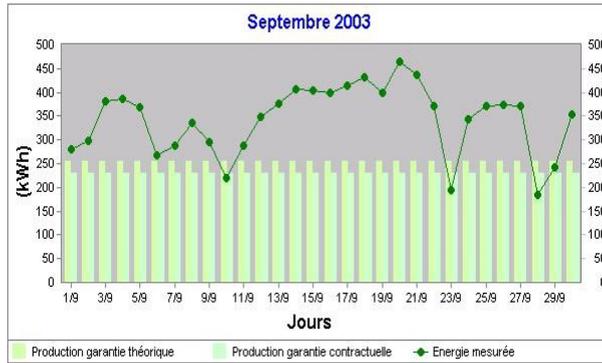
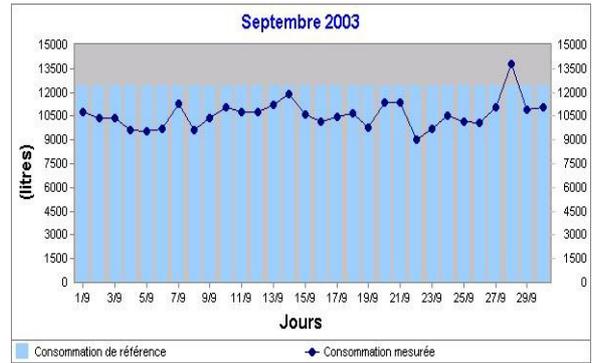


Figure (V.2.b') comparaison entre la productivité Garantie et mesurée pendant le mois de septembre (kwh/jours)



Figure(V.2.c') comparaison entre la consommation de référence et mesurée pendant le mois de septembre (litres/ jours)

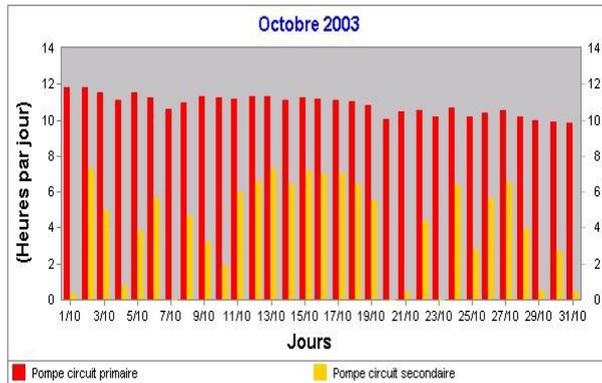


Figure (V.3.a) fonctionnement des pompes pendant le mois d'octobre (Heures /jours)

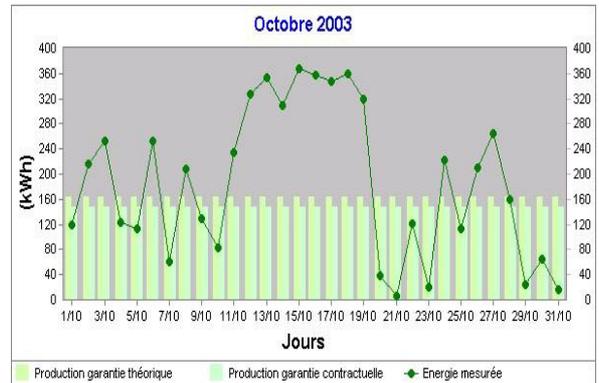
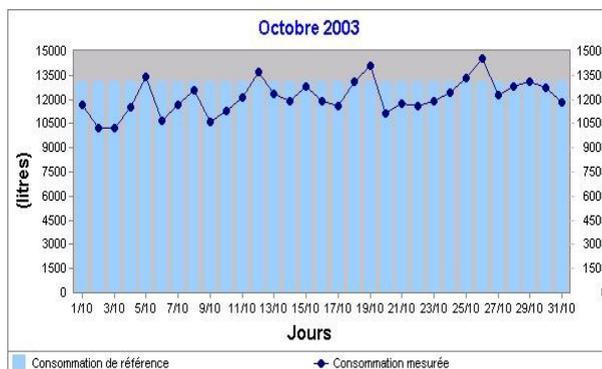


Figure (V.3.b) comparaison entre la productivité Garantie et mesurée pendant le mois d'octobre (kWh/jours)



Figure(V.3.c) comparaison entre la consommation de référence et mesurée pendant le mois d'octobre (litres/ jours)

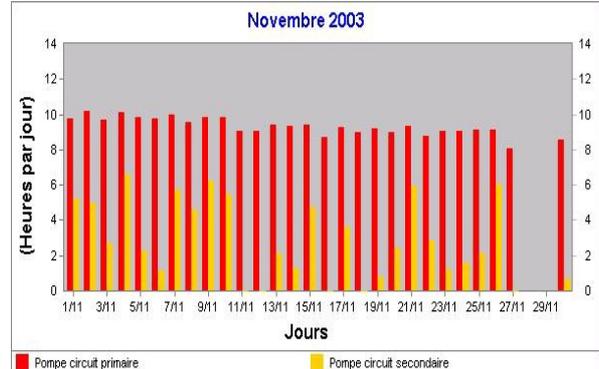


Figure (V.3.a') fonctionnement des pompes pendant le mois de novembre (heures/jours)

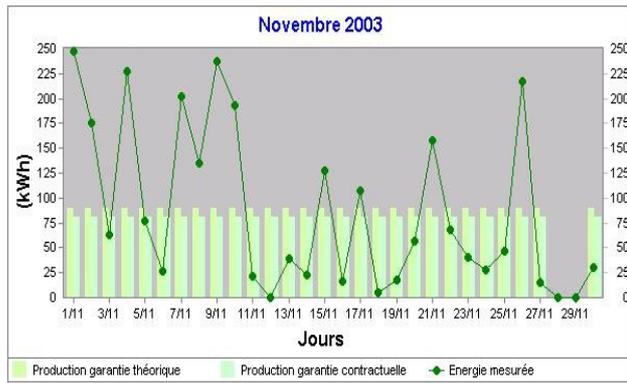
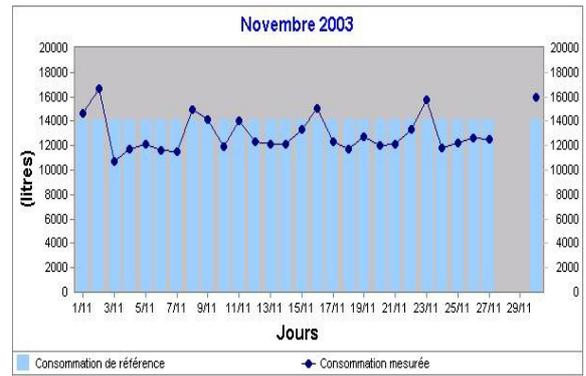


Figure (V.3.b') comparaison entre la productivité garantie et mesurée pendant le mois de novembre (kWh/jours)



Figure(V.3.c') comparaison entre la consommation de référence et mesurée pendant le mois de novembre (litres/jours).

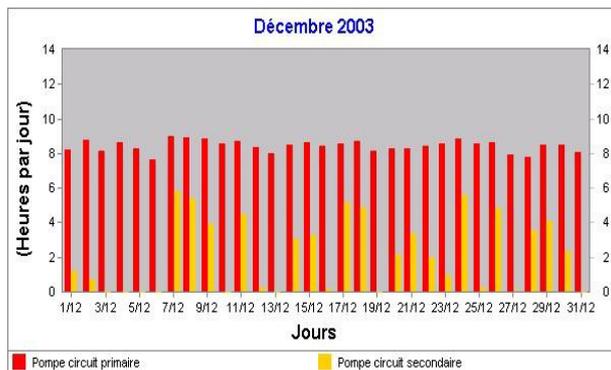


Figure (V.4.a) fonctionnement des pompes Pendant le mois de décembre (Heures/ jours)

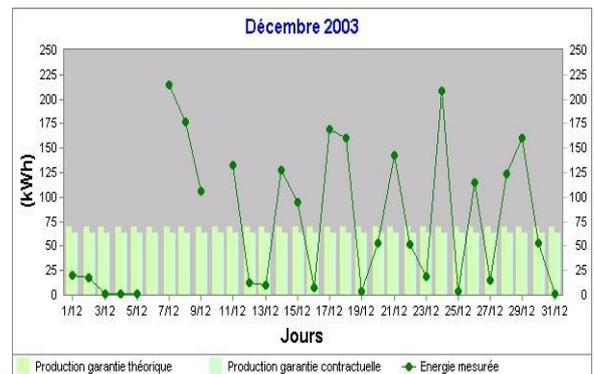
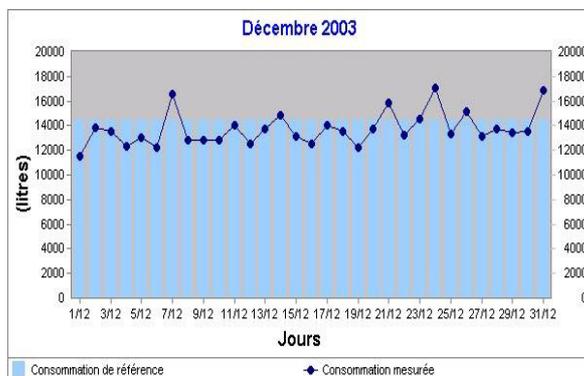
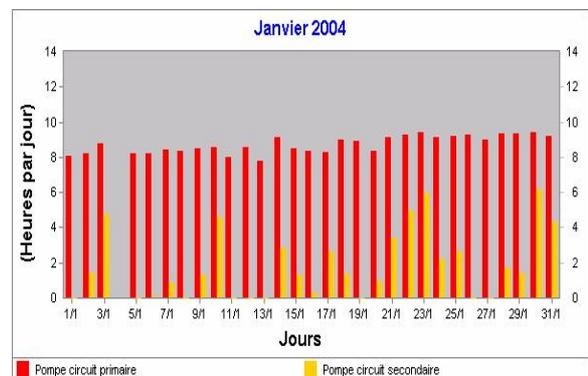


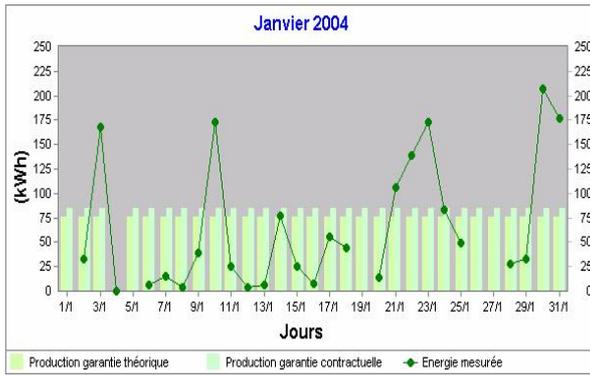
Figure (V.4.b) comparaison entre la productivité garantie et mesurée pendant le mois de décembre (kWh/jours).



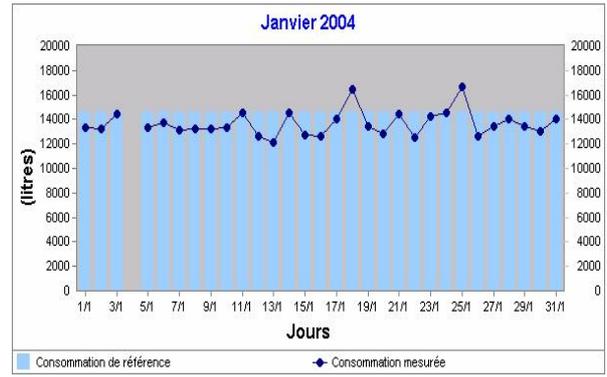
Figure(V.4.c) comparaison entre la consommation référence et mesurée pendant le mois de décembre (litres/jours)



Figure(V.4.a') fonctionnement des pompes pendant le mois de janvier (heures/ jours)



Figure(V.4.b') comparaison entre la productivité garantie et mesurée pendant le mois de janvier (kWh/jours)



Figure(V.4.c') comparaison entre la consommation de référence et mesurée pendant le mois de janvier (litres / jours)

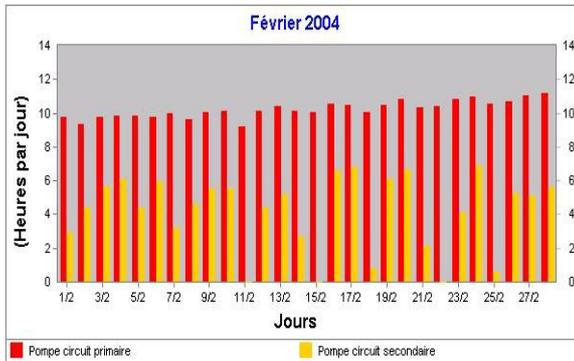


Figure (V.5.a) fonctionnement des pompes Pendant le mois de février (Heures / jours)

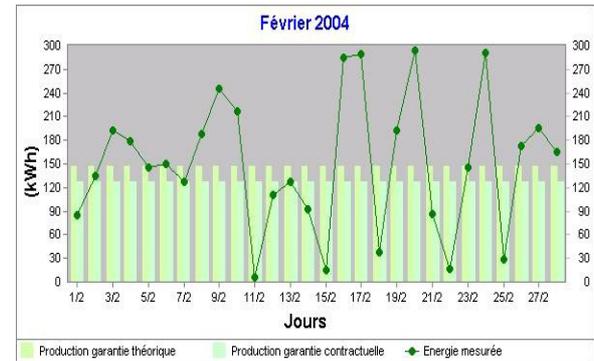


Figure (V.5.b) comparaison entre la productivité garantie et mesurée pendant le mois de février (kWh /jours)

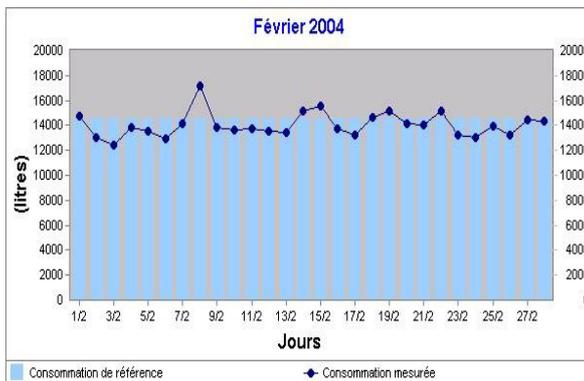


Figure (V.5.c) comparaison entre la consommation référence et mesurée pendant le mois de février (litres / jours)

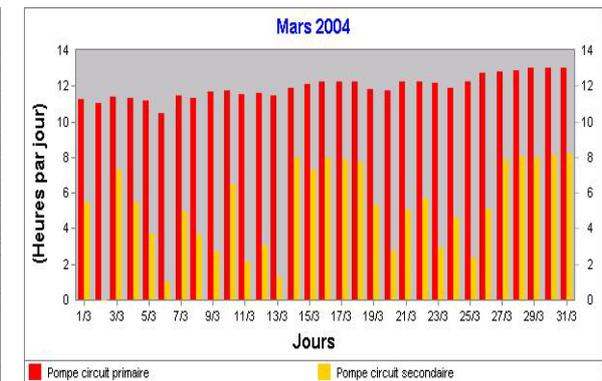


Figure (V.5.a') fonctionnement des pompes pendant le mois de mars (heures / jours)

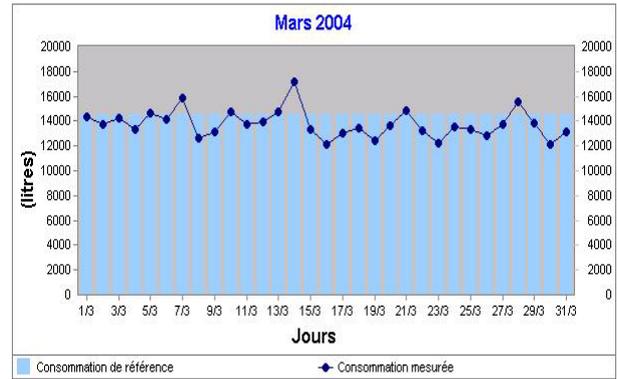
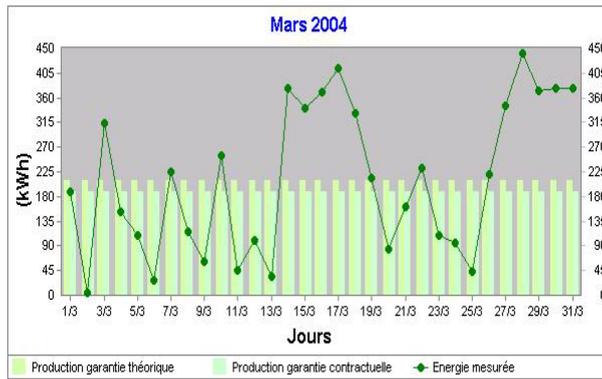
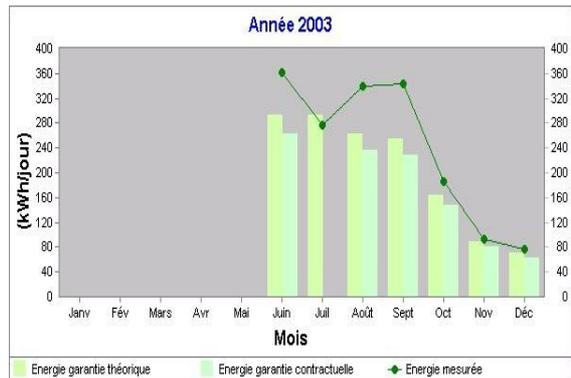
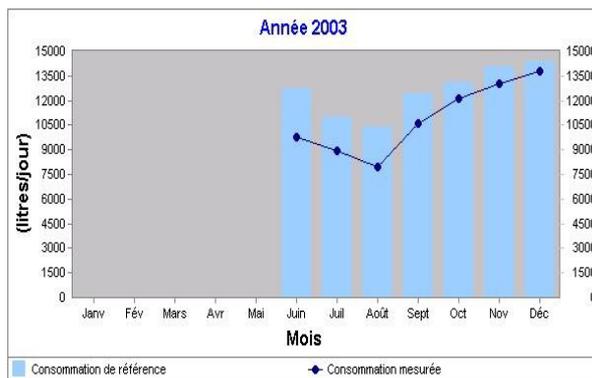


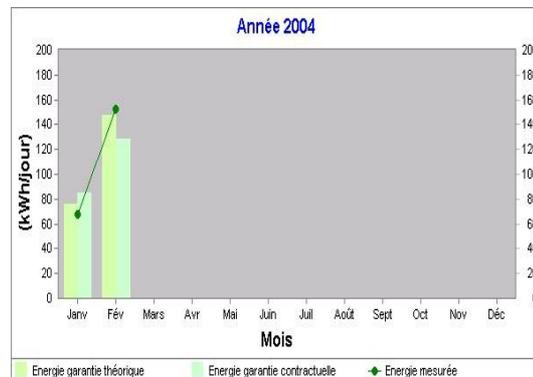
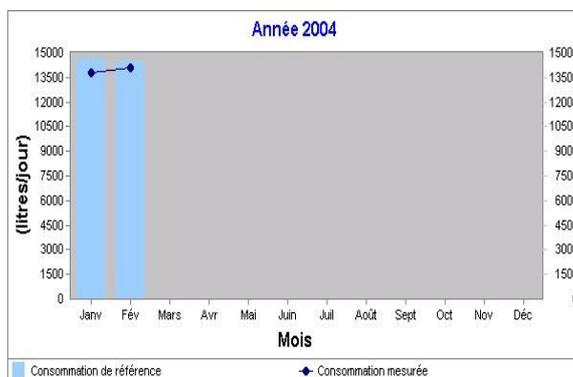
Figure (V.5.b') comparaison entre la productivité garantie et mesurée pendant le mois de mars (kWh / jours)

Figure (V.5.c') comparaison entre la consommation de référence et mesurée pendant le mois de mars (litres / jours)



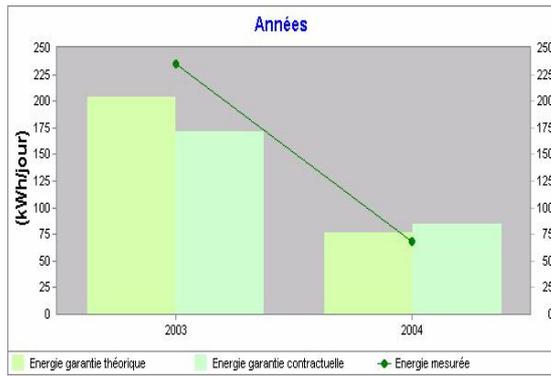
Figure(V.6.a) comparaison entre la consommation de référence et mesurée du mois de juin au mois décembre 2003 (litres/jours/mois)

Figure(V.6.b) comparaison entre l'énergie garantie et mesurée du mois de juin au mois de décembre 2003 (kWh /jours/mois)

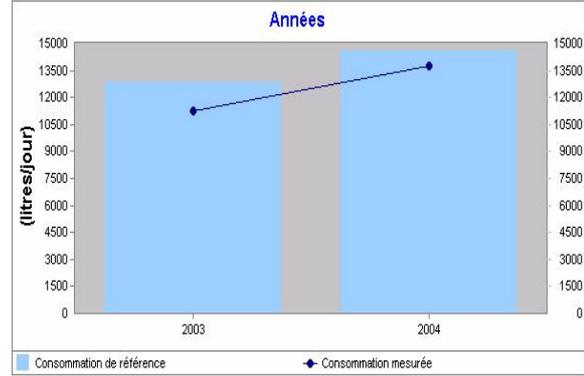


Figure(V.6.a') comparaison entre la consommation de référence et mesurée du mois de janvier au mois de février 2004 (litres/jours/mois)

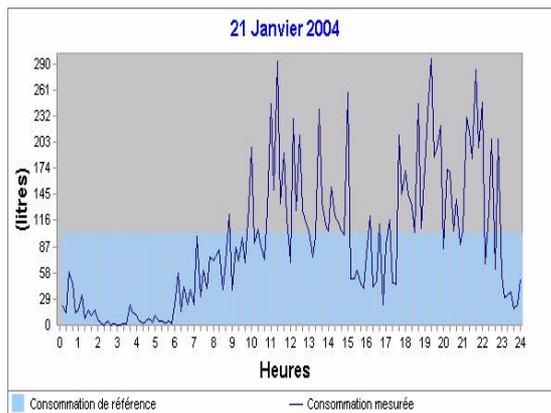
Figure(V.6.b') comparaison entre l'énergie garantie et mesurée du mois de janvier au mois de février 2004 (kWh /jours/mois)



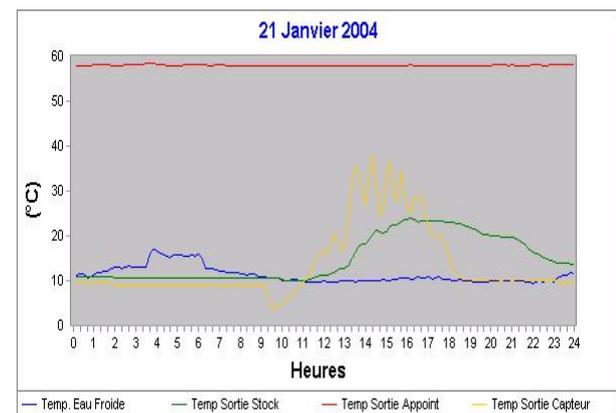
Figure(V.7.a) comparaison entre L'énergie garantie et mesurée pour l'année 2003 et 2004 (kWh /jours/ans)



Figure(V.7.b) comparaison entre la consommation de référence et mesurée pour l'année 2003 et 2004 (Litres/ jours/ans)



Figure(V.8.a) comparaison entre la consommation référence et mesurée pendant la journée du 21 Janvier 04 (litres /heures)



Figure(V.8.b) comparaison entre les différentes températures(eau froide, sortie stock, sortie appoint, sortie capteur) Pendant la journée du 21 janvier04 (°C/ heures)

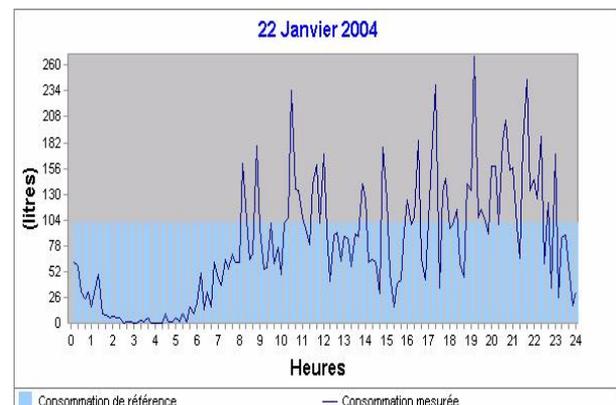
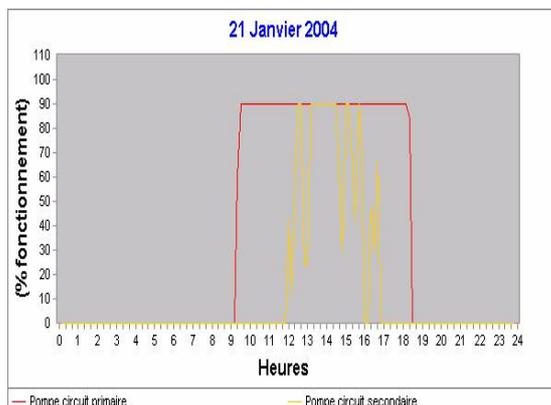
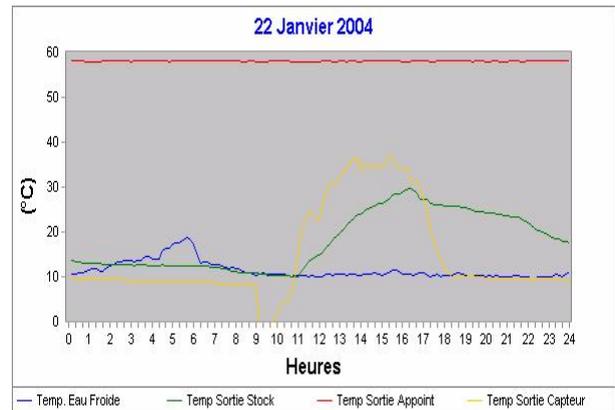
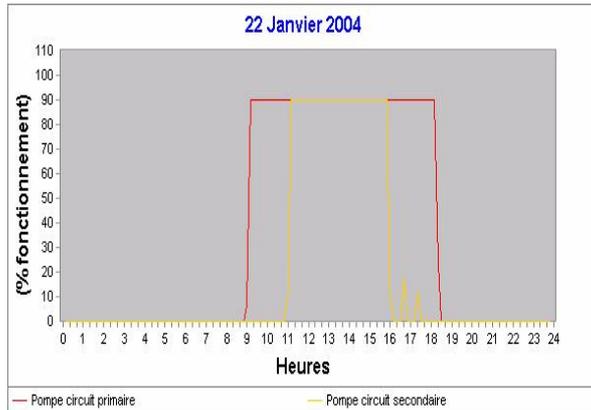


Figure (V.8.c) le pourcentage de fonctionnement des pompes pendant la journée du 21 janvier 04 (%fonctionnement/ heures)

Figure (V.8.a') comparaison entre la consommation de référence et mesurée pour la journée du 22 janvier 04 (Litres/ heures)



Figure(V.8.b') le pourcentage de fonctionnement des pompes pendant la journée du 22 janvier04 (% fonctionnement/heures)

Figure (V.8.c') comparaison entre les températures(eau froide,sortie stock,sortie appoint, sortie capteur) pendant la journée du 22 janvier04 (°C / heures)

LES DONNEES A 10' POUR LE 01 MARS 2004

TBC SOLAIRE

Date	L1 Heure	L3 CONS0 ECS	L4 10'(CT) TEF Eau Froide	Calcul TPS P1	Calcul 10'(CT) TSS Eau Solaire	A3 TPS P2	A4 10'(CT) TSC Eau Capteur	AS E SOLAIRE	A6 10'(CT) TSAEAU APPOINT	E APPOINT 10'(CT)
01/03/04	00:09	87,0	0,0	0,0	0,7	4,1	9,8	6,8	9,2	57,8
01/03/04	00:19	85,0	0,0	0,0	0,7	4,1	9,7	16,5	9,2	57,8
01/03/04	00:29	53,0	0,0	0,0	0,4	2,6	9,9	16,3	9,2	57,8
01/03/04	00:39	33,0	0,0	0,0	0,2	1,6	10,1	16,1	9,2	57,8
01/03/04	00:49	28,0	0,0	0,0	0,2	1,4	10,0	16,0	9,2	57,8
01/03/04	00:59	14,0	0,0	0,0	0,1	0,7	10,3	15,9	9,2	57,9
01/03/04	01:09	21,0	0,0	0,0	0,1	1,0	10,8	15,8	9,2	58,0
01/03/04	01:19	31,0	0,0	0,0	0,2	1,5	11,1	15,7	9,2	57,9
01/03/04	01:29	9,0	0,0	0,0	0,0	0,4	11,1	15,6	9,2	57,9
01/03/04	01:39	13,0	0,0	0,0	0,1	0,6	11,3	15,5	9,2	57,9
01/03/04	01:49	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	11,3	15,4	9,2	57,9
01/03/04	01:59	7,0	0,0	0,0	0,0	0,3	11,5	15,4	9,2	58,0
01/03/04	02:09	2,0	0,0	0,0	0,0	0,1	11,9	15,4	9,2	57,9
01/03/04	02:19	5,0	0,0	0,0	0,0	0,2	12,2	15,3	9,2	58,0
01/03/04	02:29	6,0	0,0	0,0	0,0	0,3	12,7	15,3	9,2	58,1
01/03/04	02:39	9,0	0,0	0,0	0,0	0,4	13,2	15,3	9,2	57,9
01/03/04	02:49	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,4	15,2	9,2	57,9
01/03/04	02:59	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,1	15,0	9,2	58,0
01/03/04	03:09	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	15,0	9,2	57,9
01/03/04	03:19	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	13,1	15,0	9,2	58,0
01/03/04	03:29	13,0	0,0	0,0	0,0	0,6	14,0	15,2	9,2	58,2
01/03/04	03:39	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	14,3	15,0	9,1	58,2
01/03/04	03:49	2,0	0,0	0,0	0,0	0,1	14,3	15,0	9,1	58,2
01/03/04	03:59	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,0	14,9	9,1	57,9
01/03/04	04:09	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	14,9	9,1	57,8
01/03/04	04:19	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	13,9	14,9	9,1	57,7
01/03/04	04:29	6,0	0,0	0,0	0,0	0,3	14,4	15,0	9,1	57,7
01/03/04	04:39	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	14,3	14,9	9,1	57,7
01/03/04	04:49	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	14,5	14,9	9,1	57,8
01/03/04	04:59	3,0	0,0	0,0	0,0	0,1	14,4	14,9	9,0	57,9
01/03/04	05:09	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	14,1	14,7	9,0	57,9
01/03/04	05:19	1,0	0,0	0,0	0,0	0,1	13,8	14,6	9,0	58,1
01/03/04	05:29	2,0	0,0	0,0	0,0	0,1	14,0	14,8	9,0	58,2

Date	L1 Heure	L3 CONSO	L4 ECS 10'(CT) TEF Eau Froide	Calcul TPS P1	Calcul 10'(CT) TSS Eau Solaire	A3 TPS P2	A4 10'(CT) TSC Eau Capteur	A5 E SOLAIRE 10'(CT)	A6 TSA EAU APPOINT	E APPOINT 10'(CT)
01/03/04	05:39	12,0	0,0	0,0	0,0	0,6	14,3	14,9	9,0	58,3
01/03/04	05:49	6,0	0,0	0,0	0,0	0,3	14,5	14,9	9,0	58,3
01/03/04	05:59	4,0	0,0	0,0	0,0	0,2	14,2	14,8	9,0	58,2
01/03/04	06:09	11,0	0,0	0,0	0,0	0,6	14,0	14,9	8,9	58,1
01/03/04	06:19	7,0	0,0	0,0	0,0	0,4	13,7	14,8	8,9	58,1
01/03/04	06:29	12,0	0,0	0,0	0,0	0,6	13,2	14,8	8,9	58,1
01/03/04	06:39	7,0	0,0	0,0	0,0	0,4	12,9	14,8	8,9	58,1
01/03/04	06:49	22,0	0,0	0,0	0,1	1,1	12,6	14,8	8,9	58,1
01/03/04	06:59	51,0	0,0	0,0	0,2	2,6	11,3	14,7	8,8	58,1
01/03/04	07:09	37,0	0,0	0,0	0,1	1,9	11,2	14,6	8,8	58,0
01/03/04	07:19	19,0	0,0	0,0	0,1	1,0	11,2	14,6	8,8	58,0
01/03/04	07:29	41,0	0,0	0,0	0,2	2,1	11,3	14,5	8,8	57,9
01/03/04	07:39	51,0	0,0	0,0	0,2	2,6	10,9	14,5	8,8	58,0
01/03/04	07:49	54,0	0,0	0,0	0,2	2,7	10,6	14,3	8,8	58,0
01/03/04	07:59	96,0	0,0	0,0	0,4	4,9	10,7	14,1	8,7	58,0
01/03/04	08:09	78,0	3,6	0,0	0,3	4,0	10,7	13,8	6,5	57,9
01/03/04	08:19	206,0	9,0	0,0	0,6	10,8	10,3	13,0	2,0	57,9
01/03/04	08:29	114,0	9,0	0,0	0,3	6,1	9,7	12,1	2,2	57,9
01/03/04	08:39	110,0	9,0	0,0	0,3	5,9	9,5	11,5	2,3	57,9
01/03/04	08:49	77,0	9,0	0,0	0,1	4,2	9,5	10,9	2,7	58,0
01/03/04	08:59	78,0	9,0	0,0	0,1	4,3	9,5	10,4	3,2	58,0
01/03/04	09:09	105,0	9,0	0,0	0,1	5,8	9,4	10,1	4,1	58,0
01/03/04	09:19	146,0	9,0	0,0	0,1	8,2	9,2	9,9	5,1	57,9
01/03/04	09:29	60,0	9,0	0,0	0,0	3,4	9,4	9,8	6,0	57,9
01/03/04	09:39	96,0	9,0	0,0	0,0	5,4	9,4	9,7	7,5	57,9
01/03/04	09:49	264,0	9,0	0,0	0,1	14,8	9,1	9,6	9,7	57,9
01/03/04	09:59	199,0	9,0	0,0	0,2	11,1	9,0	9,7	11,5	57,8
01/03/04	10:09	104,0	9,0	1,2	0,1	5,8	9,1	10,0	14,8	57,8
01/03/04	10:19	166,0	9,0	9,0	0,3	9,1	9,1	10,4	16,7	57,8
01/03/04	10:29	141,0	9,0	9,0	0,3	7,7	9,0	11,1	17,5	57,8
01/03/04	10:39	193,0	9,0	9,0	0,6	10,4	9,0	11,5	17,8	57,9
01/03/04	10:49	215,0	9,0	9,0	0,8	11,5	9,0	12,1	20,3	57,9
01/03/04	10:59	175,0	9,0	9,0	0,8	9,2	9,0	12,7	22,6	57,8
01/03/04	11:09	137,0	9,0	9,0	0,7	7,1	9,0	13,6	24,9	57,9
01/03/04	11:19	135,0	9,0	9,0	0,9	6,8	9,0	14,5	26,9	57,8
01/03/04	11:29	153,0	9,0	9,0	1,1	7,6	8,9	15,4	28,9	57,9

Date	L1 Heure	L3 CONSO	L4 ECS 10 ³ (CT) TEF Eau Froide	Calcul TPS P1	Calcul 10 ³ (CT) TSS Eau Solaire	A3 TPS P2	A4 10 ³ (CT) TSC Eau Capteur	A5 E SOLAIRE 10 ³ (CT)	A6 TSA EAU APPOINT	E APPOINT 10 ³ (CT)
01/03/04	11:39	141,0	9,0	9,0	1,2	6,8	9,0	16,3	30,0	57,9
01/03/04	11:49	154,0	9,0	9,0	1,5	7,3	9,0	17,1	30,7	57,9
01/03/04	11:59	100,0	9,0	9,0	1,0	4,7	9,0	17,7	28,1	57,8
01/03/04	12:09	133,0	9,0	9,0	1,4	6,2	9,0	18,0	29,5	57,8
01/03/04	12:19	125,0	9,0	9,0	1,4	5,7	9,1	18,9	32,3	57,8
01/03/04	12:29	121,0	9,0	9,0	1,5	5,3	9,0	19,9	34,4	57,8
01/03/04	12:39	72,0	9,0	9,0	1,0	3,0	9,2	21,5	40,5	57,8
01/03/04	12:49	74,0	9,0	9,0	1,2	3,0	9,3	22,9	39,7	57,8
01/03/04	12:59	73,0	9,0	9,0	1,2	2,9	9,3	23,4	36,6	57,8
01/03/04	13:09	84,0	9,0	9,0	1,5	3,3	9,3	24,3	38,0	57,8
01/03/04	13:19	145,0	9,0	9,0	2,7	5,5	9,3	25,0	38,7	57,8
01/03/04	13:29	129,0	9,0	9,0	2,4	4,9	9,2	25,2	36,0	57,7
01/03/04	13:39	126,0	9,0	9,0	2,5	4,6	9,2	26,1	41,8	57,7
01/03/04	13:49	181,0	9,0	9,0	3,7	6,5	9,2	26,9	39,3	57,7
01/03/04	13:59	120,0	9,0	3,6	2,4	4,4	9,2	26,5	31,1	57,8
01/03/04	14:09	139,0	9,0	5,4	2,8	5,1	9,1	26,3	34,3	57,8
01/03/04	14:19	131,0	9,0	9,0	2,7	4,7	9,1	26,9	40,1	57,8
01/03/04	14:29	140,0	9,0	9,0	3,0	5,0	9,1	27,3	37,2	57,8
01/03/04	14:39	123,0	9,0	9,0	2,7	4,3	9,1	27,8	38,9	57,8
01/03/04	14:49	112,0	9,0	7,2	2,4	3,9	9,1	27,9	33,5	57,8
01/03/04	14:59	137,0	9,0	5,4	3,0	4,8	9,1	27,7	35,1	57,9
01/03/04	15:09	73,0	9,0	9,0	1,6	2,5	9,3	28,2	37,8	57,9
01/03/04	15:19	98,0	9,0	6,0	2,2	3,4	9,2	28,4	36,7	57,9
01/03/04	15:29	89,0	9,0	9,0	2,1	3,0	9,3	29,3	41,0	57,9
01/03/04	15:39	95,0	9,0	1,2	2,2	3,2	9,3	29,3	33,1	57,9
01/03/04	15:49	42,0	9,0	9,0	1,0	1,4	9,4	29,3	37,8	57,9
01/03/04	15:59	56,0	9,0	6,0	1,3	1,9	9,6	29,5	34,5	57,9
01/03/04	16:09	58,0	9,0	0,0	1,4	1,9	9,5	29,6	35,0	58,0
01/03/04	16:19	44,0	9,0	3,0	1,0	1,5	9,7	29,5	34,3	58,0
01/03/04	16:29	28,0	9,0	0,0	0,6	0,9	10,0	29,1	29,8	58,0
01/03/04	16:39	111,0	9,0	0,0	2,5	3,7	9,8	29,2	27,7	58,0
01/03/04	16:49	54,0	9,0	0,0	1,2	1,8	9,6	29,2	28,5	58,0
01/03/04	16:59	44,0	9,0	0,0	1,0	1,5	9,8	29,1	27,4	58,1
01/03/04	17:09	81,0	9,0	0,0	1,8	2,7	9,8	29,1	24,7	58,0
01/03/04	17:19	73,0	9,0	0,0	1,7	2,5	9,7	29,1	22,7	58,0
01/03/04	17:29	161,0	9,0	0,0	3,7	5,4	9,5	29,1	21,0	58,0
01/03/04	17:39	102,0	9,0	0,0	2,3	3,4	9,5	29,0	19,4	58,0

Date	L1 Heure	L3 CONSOECS	L4 10 ³ (CT) TEF Eau Froide	Calcul TPS P1	Calcul 10 ³ (CT) TSS Eau Solaire	A3 TPS P2	A4 10 ³ (CT) TSC Eau Capteur	A5 E SOLAIRE	A6 10 ³ (CT) TSA EAU APPOINT	E APPOINT 10 ³ (CT)
01/03/04	17:49	179,0	9,0	1,8	3,9	6,2	9,4	28,1	18,7	58,0
01/03/04	17:59	28,0	9,0	0,0	0,6	1,0	9,5	26,8	17,2	57,9
01/03/04	18:09	67,0	9,0	0,0	1,3	2,4	9,8	26,8	16,6	57,9
01/03/04	18:19	76,0	9,0	0,0	1,5	2,8	9,7	26,8	15,1	57,9
01/03/04	18:29	34,0	9,0	0,0	0,7	1,2	9,7	26,7	13,7	58,0
01/03/04	18:39	37,0	9,0	0,0	0,7	1,3	10,0	26,7	12,8	58,0
01/03/04	18:49	211,0	9,0	0,0	4,3	7,7	9,6	26,8	12,1	58,0
01/03/04	18:59	186,0	9,0	0,0	3,8	6,8	9,3	26,7	10,8	57,9
01/03/04	19:09	167,0	9,0	0,0	3,3	6,1	9,3	26,4	9,6	57,9
01/03/04	19:19	286,0	9,0	0,0	5,6	10,6	9,1	26,1	8,5	58,0
01/03/04	19:29	263,0	1,2	0,0	5,0	9,9	9,1	25,6	7,9	58,0
01/03/04	19:39	209,0	0,0	0,0	3,9	8,0	9,1	25,2	8,0	58,0
01/03/04	19:49	144,0	0,0	0,0	2,6	5,5	9,2	24,9	8,1	58,0
01/03/04	19:59	188,0	0,0	0,0	3,4	7,3	9,2	24,8	8,2	58,1
01/03/04	20:09	265,0	0,0	0,0	4,8	10,3	9,1	24,6	8,3	58,1
01/03/04	20:19	140,0	0,0	0,0	2,5	5,5	9,2	24,4	8,4	58,1
01/03/04	20:29	115,0	0,0	0,0	2,0	4,5	9,4	24,3	8,4	58,1
01/03/04	20:39	205,0	0,0	0,0	3,6	8,1	9,2	24,2	8,5	58,1
01/03/04	20:49	237,0	0,0	0,0	4,1	9,4	9,2	24,0	8,6	58,1
01/03/04	20:59	219,0	0,0	0,0	3,7	8,7	9,2	23,8	8,7	58,1
01/03/04	21:09	217,0	0,0	0,0	3,7	8,7	9,1	23,7	8,7	58,2
01/03/04	21:19	169,0	0,0	0,0	2,8	6,8	9,2	23,4	8,8	58,1
01/03/04	21:29	100,0	0,0	0,0	1,6	4,1	9,4	23,1	8,8	58,2
01/03/04	21:39	154,0	0,0	0,0	2,4	6,4	9,3	22,5	8,9	58,3
01/03/04	21:49	141,0	0,0	0,0	2,1	6,0	9,3	22,0	8,9	58,3
01/03/04	21:59	109,0	0,0	0,0	1,5	4,7	9,3	21,4	9,0	58,4
01/03/04	22:09	166,0	0,0	0,0	2,2	7,2	9,4	20,9	9,0	58,3
01/03/04	22:19	142,0	0,0	0,0	1,8	6,3	9,3	20,2	9,0	58,3
01/03/04	22:29	163,0	0,0	0,0	1,9	7,3	9,3	19,6	9,1	58,3
01/03/04	22:39	192,0	0,0	0,0	2,1	8,8	9,2	18,7	9,1	58,3
01/03/04	22:49	46,0	0,0	0,0	0,5	2,1	9,4	18,1	9,1	58,3
01/03/04	22:59	108,0	0,0	0,0	1,0	5,1	9,6	17,8	9,2	58,3
01/03/04	23:09	57,0	0,0	0,0	0,5	2,7	9,5	17,4	9,2	58,2
01/03/04	23:19	45,0	0,0	0,0	0,4	2,2	9,9	17,1	9,2	58,2
01/03/04	23:29	10,0	0,0	0,0	0,1	0,5	10,1	16,9	9,2	58,2
01/03/04	23:39	107,0	0,0	0,0	0,8	5,2	10,2	16,6	9,3	58,3
01/03/04	23:49	77,0	0,0	0,0	0,6	3,8	9,5	16,1	9,3	58,3
01/03/04	23:59	98,0	0,0	0,0	0,7	4,9	9,7	15,8	9,3	58,3

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Le suivi des performances des installations solaires impose la mise en place d'équipements spécifiques de mesure et de télésuivi qui permettent de garantir les résultats solaires et de promouvoir de bonnes installations.

Pour garantir les performances de ces installations, il faut les connaître et les qualifier par, le développement des méthodes de dimensionnement et de simulation les plus avancées technologiquement, et développer les composants de bonne qualité conformément aux normes et aux spécifications techniques.

Les chauffe eaux solaires connaissent un grand essor en Europe et en Amérique qu'ailleurs car ce genre d'installation est très rentable et la durée de vie dépasse les 25 ans sans aucun problème et sans entretien, elle évite l'émission des gaz à effet de serre, préserve les énergies conventionnelles, en plein hiver, l'installation de production d'eau chaude solaire n'a besoin que de quelques degrés pour chauffer l'eau qui est déjà préchauffée dans les capteurs.

Les prix des énergies fossiles sur le marché mondial dépendent de nombreux facteurs non maîtrisables, alors que le coût de kWh solaire produit, lui, est stable et garanti pendant la durée de vie de l'installation solaire.

Notre travail contribue au développement du domaine de production d'eau chaude solaire dans notre pays, par la recherche de système solaires les plus performants de point de vu économie et environnement. Notre souhait est que l'état encourage ce genre d'application à travers des subventions et Un programme national pour le développement des chauffe eaux solaires avec la condition de pouvoir appliquer le principe de garantie des résultats solaires en employant les systèmes d'acquisition et de traitement de données.

Une telle contribution mènera inévitablement à la création d'un marché des chauffe eaux solaires dont l'efficacité a été prouvée mondialement mais tardent à connaître la diffusion souhaitée sur le plan local.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Manuel du chauffe eau solaire collectif, TECSOL, formation tunis 2002, www.tecsol.fr

- [2] THIERRY CABIROL, ALBERT PELISSOU, DANIEL ROUX. Le chauffe-eau solaire, Edisud. Cop, 1980

- [3] M.CHATEAUMINOIS, T.TOGELMON. Eau chaude solaire, guide de l'installateur, Edisud, 1981

- [4] J.F.SACADURA, Initiation aux transferts thermiques, CAST, INSA de Lyon, Editions technique et documentation.

- [5] Guide pratique de l'ADEME, l'eau chaude solaire collective, www.ademe.fr

- [6] THIERRY CABIROL, DANIEL ROUX. Chauffage de l'habitat et énergie solaire, Edisud. Cop,1982,1984, 2 VOL.

- [7] BOUHIRED, Etude et réalisation d'un système de régulation et contrôle destiné pour l'alimentation électrique d'un chauffe-eau solaire, pub, Revue des Energies Renouvelables.98

- [8] MEMENTO DE L'INSTALLATEUR. La régulation de chauffage, Pyc Edition, 1979.

- [9] HAUSRUEDI BUHLER, 'Réglage par logique floue', Presses Polytechniques et Universitaires romandes, 1994

- [10] F. BOUHIRED, A.MALEK, Application de la logique floue dans un système de régulation de température pour le chauffe eau solaire, Séminaire ADRAR, ENERSOL2001.

- [11] B. BOUCHON-MEUNIER, 'La logique floue et ses applications', Edition Addison –Wesley France, 1995.
- [12] GIORDANO. Notice d'étude d'installation, mars 2000,
www.Giordano.fr
- [13] D.GILLIAERT, J.Y.QUINETTE, LUC GRELICHE, performances Prévisionnelles des installations solaires de production d'eau chaude sanitaire, TECSOL, PERPIGNAN, France, www.tecsol.fr.
- [14] J.C FANTOU . Calcul pratique des circuits électroniques,
1- Les alimentations, Edition radio, paris, 1986
- [15] H.BUHLER, Electronique de réglage et de commande, Dunod, 1979
- [16] ANDRE JOFFRE, cours d'Alsace, Tecsol , FORMATION Strasbourg Janvier 2004, www.tecsol.fr
- [17] Mathworks INC, Fuzzylogic ToolBox, For use with MATLAB, user guide, version 5.3
- [18] J.Y.QUINETTE , télécontrôle des installations solaires collectives de production d'eau chaude sanitaire , conception des équipements, TECSOL, FRANCE. www.tecsol.fr
- [19] Manuel de l'installation de systèmes solaires thermiques en tunisie.
Nov. 98
- [20] Eau chaude solaire conception, dimensionnement et réalisation des installations collectives A.F.M.E

[21] Logiciel SIMSOL, CSTB, France, version 1..0.1, formation Strasbourg France 2004, www.cstb.fr

[22] P. BORNE, J. ROZINOER, J.Y Dieulot et L, Dubois, 'Introduction à la commande floue', Edition technip, 1998.

ANNEXES

ASPECTS ECONOMIQUES

1. Coûts de systèmes solaires :

Les investissements liés à l'achat et l'installation de l'équipement sont des facteurs importants qui ont de lourdes conséquences sur la rentabilité de ces systèmes. Ils comprennent le prix de fourniture de l'équipement, tel que capteurs, unité de stockage, pompes et systèmes de contrôle, tuyaux et canalisations, échangeurs de chaleur, et tout autre dispositif relatif au fonctionnement d'un système solaire. On doit également tenir compte du coût de l'installation de ces dispositifs, qui peut égaler voir excéder le prix d'achat. Il faut aussi prendre en considération le coût des structures construites pour soutenir les capteurs et d'autres modifications nécessaires pour l'installation d'un système solaire.

- Le coût de l'équipement solaire installé peut être considéré comme la somme de deux termes, l'un proportionnel à la superficie du capteur et l'autre indépendant de cette superficie : Réf [19].

$$C_s = C_a A_c + C_e$$

Avec :

C_s = coût total de l'équipement solaire installé

C_a = coût total dépendant de la superficie du capteur

A_c = superficie du capteur (m²)

C_e = coût total de l'équipement indépendant de la superficie du capteur

Le coût dépendant de la superficie CA comprend le coût d'achat et d'installation, ainsi qu'une partie du coût de stockage. Le coût indépendant de la superficie SE comprend les systèmes de contrôle et l'équipement de construction et de montage, qui ne dépendent pas directement de la superficie du capteur.

Un coût de fonctionnement est attribué aux systèmes solaires. Ce coût de nature répétitive comprend le coût de l'énergie des pompes.

2. Concept des économies solaires :

le concept des économies solaires décrit par Beckman en 1977 est très utile. Les économies solaires sont tout simplement la différence entre le coût d'un système conventionnel et le coût d'un système solaire. (les économies peuvent être négatives, elles représentent des pertes) la formule est :

économies solaires = coût d'énergie conventionnelle – coût d'énergie solaire

Dans cette formule il n'est pas nécessaire d'estimer les coûts communs aux systèmes conventionnels et solaires. Par exemple la chaudière d'appoint et la plupart des travaux de plomberie et de canalisation d'un système solaire thermique sont souvent identiques à ceux d'un système conventionnelle. Le concept des économies solaires implique seulement l'estimation du coût différentiel d'installation d'un système solaire.

TECHNIQUE DE TRANSMISION

PROTOCOLE X-MODEM :

Ce protocole a été mis au point par Ward Christensen, bien connu dans le domaine de la télématique, et se nomme X-MODEM. Il s'est rapidement imposé comme un des bons standards de communication. Son principe de base est l'interactivité entre émetteur et receveur. Le fichier à transmettre est segmenté en tronçon de 128 octets. Chaque tronçon est émis, accompagné d'octets de contrôle tels que numéro d'ordre de checksum (vérification de la somme des octets d'un bout à l'autre de transmission). C'est le programme receveur qui dirige la transmission : si une erreur apparaît, il redemande automatiquement la réémission du bloc erroné. ainsi, chaque bloc reçu et validé est exempt d'erreur. Chaque bloc peut être réémis plusieurs fois, jusqu'à ce qu'il soit "OK".

Le format de transmission des données est : série asynchrone, 8 bits, sans parité, un bit stop. La convention de bloc obéit à la règle suivante : chaque bloc émis commence par SOH (start of heading), n° de bloc, 255 moins n° de bloc, puis viennent les 128 octets du bloc, suivi d'un octet de somme de contrôle (checksum). Le format général d'un bloc est donc :

< SOH> <N° bloc> < 255-n°bloc > < data ...> < checksum>.

Ainsi, de par sa conception, ce protocole XMODEM est capable de transmettre n'importe quel type de fichier : binaire, ASCII codé sur 7 ou 8 bits, programme BASIC, même s'il est demi compilé, fichier des tableau et autres calques...etc.

ملخص

إن إنتاج الماء الساخن بالطاقة الشمسية يسمح بأحسن استعمال لمصادر الطاقة الموجودة والنقص من إصدار الغازات المساهمة في الأثر الحراري الهدف من هذا العمل هو دراسة الكفاءة الطاقية لأجهزة إنتاج الماء الساخن الشمسي و هذا من خلال استعمال تقنيات متطورة سامحة بذلك التحكم و المراقبة عن بعد للمردود الطاقوى و ضمان السير الحسن لهذه الأجهزة في اى وقت و بالتالي ضمان النتائج الشمسية. عدة قياسات أجريت عن طريق آلات خاصة لذلك منها (.....اللاقطات الحرارية و العدادات الكر بائية الخ) حيث ان اللاقطات الحرارية تقوم بإجراء القياسات اللازمة ثم إرسالها إلى مركز المراقبة اين تجرى هناك التحكمات اللازمة في بعض العناصر منها المضخات، المعدلات، المكمل الكهربائي الخ ... ان تحديد الأبعاد لكل عناصر الجهاز يجب ان يكون بطريقة صحيحة لضمان إنتاج شمسي محكم، من اجل ذلك استعملنا حبكة إعلامية جديدة قد تم تطويرها من طرف CSTB بفرنسا و هو SIMSOL حيث يركز على النموذج الديناميكي قياس حسب الوقت لكل ساعة) النتائج المحصل عليها بالنموذج قد قمنا بمقرنتها بالنتائج الحقيقية اى نتائج القياس و التي أثبتت على مرد ودية و نجاعة هذا النوع من الأجهزة الشمسية

الكلمات الأساسية الطاقة الشمسية، الماء الساخن، التحكم، تحديد الأبعاد، الكفاءة، اللاقط الشمسي

ABSTRACT

The productions of hot water with solar energy allow the best use of available energy resources and contribute to reduce emission of greenhouse gas effect.

The purpose of this work is to study the energy performances of solar water heater installations through the use of advanced technology by using the remote control to monitor the energy efficiency and ensure the good working of installation at all moments so we guaranteed the results.

The set of experimental measurement has been undertaken by the use of different instruments of measurement (temperature transmitter, pulse meter, electrical counter...etc). The temperature transmitter measure and transmit the information to control station, here the necessary control has been transmit to pumps, electrical contribution, valves....etc). A good dimensioning or calculation of the installation, to ensure an optimal productivities, is required, in this way a new software is used which is developed in CSTB FRANCE called "SIMSOL" based on dynamic simulation (measure with a step of a hour), the result of the simulation is compared to the measured ones, and we can deduce that the employed process is quite reliable and profitable for the tested installation.

Keywords: Solar energy, Hotwater, Control, Dimensioning, Solar collector.