

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République algérienne démocratique et populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
جامعة عين تموشنت بلحاج بوشعيب
Université Ain-Temouchent- Belhadj Bouchaib
Faculté des Sciences et de Technologie
Département Génie Mécanique



Projet de Fin d'Etudes
Pour l'obtention du diplôme de Master en : Energétique
Domaine : Science et Technologie
Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Energétique
Thème

**Modélisation et conception du chauffe-eau solaire à
circulation forcée**

Présenté Par :

- 1) **Mr. Djadane Farouk**
- 2) **Mr. Benmimoun Otmane.**

Devant le jury composé de :

Dr. Nehari TayebMCA UAT.B.B (Ain Temouchent) Président
Pr. BOUAFIA Farida PR UAT.B.B (Ain Temouchent) Examineur
Dr. Remlaoui Ahmed M CBUAT.B.B (Ain Temouchent) Encadrant

Année Universitaire 2022/2023

Remerciement

*Tout d'abord nous commencerons par remercier dieu tout-puissant,
de nous avoir donné le courage, l'optimisme et la patience
d'accomplir ce modeste travail.*

Nous remercions nos parents pour leurs sacrifices

« Merci d'être ce que vous êtes »

*Nous remercions notre enseignant : Mr REMLAOUI Ahmed, pour leur
encadrement, leur aide et surtout leur patience tout au long de
l'année.*

*Merci d'avance aux membres du jury, qui nous ont honorés de leurs
participations et attentions portées à notre mémoire de fin d'études*

*Enfin, nous remercions vont à tous ceux et à toutes celles, qui ont
contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail avec
générosité et un égard exemplaires*

Dédicace

Remercier, c'est le plaisir de se souvenir de tous ceux qui, par leurs encouragements, leur disponibilité, leur amitié et leur compétences, Je dédie ce modeste travail.

Un grand merci à :

- ✓ A mes très chers parents, la lumière de ma vie, pour leur amour et soutien durant toute ma vie et en particulier durant toutes mes années estudiantines;
- ✓ A mes très chers frères Rachid; Saïd; Sofiane; Hicham;
- ✓ A toute ma famille DJADANE;
- ✓ A tous mes enseignants;
- ✓ A mes chères amies Ilyes; Hamouda; Abdellaoui; Saïd
- ✓ A tous ceux qui m'ont aidé;
- ✓ A mes collègues de promotion Génie Mécanique énergétique 2022/2023..

Enfin, A Mon collègue : Otman

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible, je vous dis
Merci.

Résumé

Dans le cadre de ces travaux, nous avons proposé de réaliser une étude énergétique et d'installer une chaudière solaire à circulation forcée. Avec l'aide de la recherche énergétique, nous pouvons gérer ce type d'équipements sans dépendre des combustibles fossiles et des combustibles issus de l'électricité ou d'autres réseaux. Cela se fait avec le code TRNSYS, qui permet également l'optimisation des ressources énergétiques disponibles localement.

Après une étude bibliographique sur le sujet, nous sommes passés à la modélisation énergétique du chauffe-eau solaire à partir des données de rayonnement de Beni-Saf, après quoi nous avons fait une étude thermique tout au long de l'année et à différentes saisons. Il y a de l'intérêt pour ce travail; généralement dans leur contribution à la production eau chaude de qualité à prix réduit. Les résultats obtenus sont satisfaisants et ne représentent qu'une partie du champ large.

Mots-clés: Chauffe-eau solaire, étude énergétique, TRNSYS, simulation

المستخلص :

كجزء من هذا العمل، تم اقتراح إجراء دراسة حول الطاقة الشمسية وتركيب سخان المياه بالطاقة الشمسية القسري. سيسمح لنا فحص الطاقة بإدارة هذا النوع من التركيب دون اللجوء إلى الوقود الأحفوري والإمداد من الكهرباء أو الشبكات الأخرى. يتم محاكاة التركيب باستخدام كود TRNSYS، فقد سمح لنا أيضا بتحسين الطاقة المتوفرة في الموقع .

بعد دراسة ببيوغرافية حول الموضوع، شرعنا في نمذجة الطاقة لسخان المياه بالطاقة الشمسية استنادا إلى بيانات الإشعاع التي تأخذ بعين الاعتبار حالة بني صاف ، ثم أجرينا الدراسة الحرارية على مدار العام وللصول المختلفة من السنة. المصلحة من هذا العمل تكمن؛ بشكل عام، في مساهمتها في إنتاج مياه ساخنة عالية الجودة بتكلفة منخفضة. النتائج التي تم الحصول عليها مرضية وتشكل فقط جزءا من مجال واسع.

الكلمات المفتاحية: سخان المياه بالطاقة الشمسية، دراسة الطاقة، TRNSYS، المحاكاة.

Abstract

As part of this work, we proposed to carry out an energy study and install a forced circulation solar boiler. With the help of energy research, we can manage this type of equipment without depending on fossil fuels and fuels from electricity or other networks. This is done with the TRNSYS code, which also allows the optimization of locally available energy resources.

After a bibliographic study on the subject, we moved on to the energy modeling of the solar water heater from the radiation data of Beni-Saf, after which we made a thermal study throughout the year and in different seasons. . There is interest in this work; generally in their contribution to the production of quality hot water at a reduced price. The results obtained are satisfactory and represent only part of the wide field.

Keywords: Solar water heater, energy study, TRNSYS, simulation.

Table de Matière

I	Remerciement	
II	Dédicace	
III	Résumé	
IV	Table de matière	
V	Liste des figures	
VI	Liste de tableaux	
VIII	Nomenclature	
I.1	Introduction générale 01	

Chapitre 1 : Généralités sur l'énergie solaire

I.1.	Introduction :.....	17
I.2.	L'historique l'énergie solaire :.....	17
I.3.	Les énergies renouvelables :.....	18
I.4.	L'énergie solaire :.....	19
I.4.1.	Définition :.....	19
I.4.2.	Importance de l'énergie solaire :	20
I.4.3.	L'énergie solaire, pour quelles utilisations ? (Applications) :.....	20
I.4.3.1.	L'électrification :	20
I.4.3.2.	La climatisation :.....	20
I.4.3.3.	Production d'eau chaude :.....	21
I.4.3.4.	L'agriculture :	21
I.4.4.	Rayonnement solaire.....	21
I.4.4.1.	Définition rayonnement solaire :	21
I.4.4.2.	Différents types du rayonnement solaire :	22
I.4.4.3.	Caractéristiques du rayonnement solaire :.....	24
I.4.4.4.	Mesure du rayonnement solaire :.....	25

I.5. Gisement solaire :	27
I.5.1. Gisement solaire en Algérie :	28
I.6. Différents type d'énergie solaire :	29
I.6.1. Quelles sont les différents types d'énergies solaires ?.....	29
I.6.2. Les 3 types d'exploitations de l'énergie solaire :.....	30
I.6.2.1. L'énergie solaire photovoltaïque :	30
I.6.2.2. L'énergie solaire thermique :	30
I.6.2.3. L'énergie solaire thermodynamique :	30
I.7. Avantages de l'énergie solaire :.....	31
I.8. Les perspectives d'avenir de l'énergie solaire :.....	32
I.9. Conclusion	33

Chapitre 2 :GENERALITES SUR LES CHAUFFE-EAUX SOLAIRES

II.1. Introduction:	35
II.2. Généralités sur les chauffe-eaux solaires :	35
II.2.1. les phénomènes physiques mis en jeu :	35
II.2.1.1. La conduction :	35
II.2.1.2. La convection :	36
II.2.1.3. Transferts combinés :	37
II.2.1.4. Le rayonnement :	38
II.2.1.5. L'effet de serre :	40
II.2.1.6. l'effet thermosiphon :	41
II.3. Les capteurs:	41
II.3.1. Le Principe de fonctionnement :.....	41
II.3.2. Les type de capteurs :	41
II.3.3. Le choix d'un modèle de capteur :	44
II.4. Le réservoir et les canalisations:.....	44
II.4.1. Le réservoir :.....	44
II.4.2. Les canalisations :.....	45
II.5. Bilan Thermique:.....	45
II.5.1. Mécanisme de pertes :	45
II.5.2. Calcul du rendement :.....	48
II.6. Mode de fonctionnement d'un chauffe-eau:.....	48

II.6.1. Mode de circulation :	48
II.6.1.1. Circulation naturelle (par thermosiphon) :	48
II.6.1.2. Circulation forcée (par pompe) :	49
II.6.2. Types de stockage :	50
II.6.2.1. Stockage avec échangeur: système à deux fluides :	50
II.6.2.2. Stockage sans échangeur: système à un fluide :	51
II.7. Dimensionnement:	51
II.7.1. Etude des besoins:	51
II.7.1.1. Variables qui influent sur la consommation :	51
II.7.1.2. Besoin dans les habitations :	52
II.7.2. Choix des matériaux:	54
II.7.2.1. Le vitrage :	54
II.7.2.2. L'absorbeur et le serpentin :	54
II.7.2.3. L'isolation :	55
II.7.2.4. Le cadre (ou coque) :	55
II.7.2.5. L'enveloppe intérieure du réservoir :	55
II.7.3. Dimensionnement du capteur:	55
II.7.3.1. L'absorbeur :	55
II.7.3.2. Le serpentin :	56
II.7.3.3. L'isolation :	56
II.7.4. Dimensionnement du réservoir :	57
II.7.4.1. L'enveloppe intérieure :	57
II.7.4.2. L'isolant :	57
II.7.5. APPLICATION : Cas particulier du domicile :	59
II.7.5.1. Définition du cahier de charge :	59
II.7.5.2. Dimensionnement du modèle :	59
II.7.5.3. Design du modèle :	60
II.8. Conclusion	61

Chapitre 3 :Simulation du chauffe-eau solaire a circulation forcée par program TRNSYS

III.1. Introduction :	63
III.2. Présentation du logiciel TRNSYS :	64
III.3. Principaux caractéristiques de TRNSYS :	64

III.4. Avantages du logiciel TRNSYS :	65
III.5. Limites du logiciel TRNSYS :	65
III.6. TRNSYS pour l'énergie solaire :	65
III.6.1. Gestion énergétique des bâtiments :	66
III.6.2. Simulation de système complexe :	66
III.6.3. Optimisation sur la fraction solaire Solaire :	67
III.6.4. Compatibilité et combinaison TRNSYS :	67

Chapitre 4 :Interprétation Des Résultats

IV.1. Introduction :	83
IV.2. DESCRIPTION DES MODÈLES ÉTUDIÉS :	84
IV.2.1. La chaîne du soleil	84
IV.2.2. Profil de consommation :	84
IV.2.3. Données météorologiques :	85
IV.3. FORMULATION MATHÉMATIQUE :	87
IV.4. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS :	88
IV.4.1. Résultats météo :	88
IV.4.2. Résultats de la température sortie du panneau solaire et le ballon de stockage :	91
IV.4.3. Résultats de l'énergie utile et l'énergie auxiliaire :	93
IV.5. Conclusion :	95

Liste des figures

Figure I.1 : La répartition spectrale du rayonnement solaire	22
Figure I.2 : Conversion de l'énergie cinétique du vent.....	22
Figure I.3 : Décomposition du rayonnement solaire	23
Figure I.4 : Pyranomètre (direct+diffus+albédo)	25
Figure I.5 : Le Pyréliomètre (direct)	26
Figure I.6 : le Pyranomètre (diffus).....	27
Figure I.7 : Albédo mètre (réfléchi)	27
Figure I.8: Carte du monde de l'enseillement moyen annuel	28
Figure I.9 : Rayonnement solaire direct (Juillet 2001).....	29
Figure II.1: Conduction travers un mur	36
Figure II.2 : convection au niveau de surface d'un mur.....	37
Figure II.3 : Conduction et convection combinée	38
Figure II.4 : spectre d'émission du soleil	40
Figure II.5 : Description schématique de l'effet de serre	41
Figure II.6 : Capteur plan vitré.....	42
Figure II.7 : Capteur non vitré.....	43
Figure II.8 : Capteur sous vide	44
Figure II.9 : coupe capteur sous vide	44
Figure II.10 : mécanisme des pertes.....	45
Figure II.11 : perte par convection	46
Figure II.12: variation des facteurs de réflexion de transmission et d'absorption de verre ordinaire en fonction de l'incidence de flux.....	47
Figure II.13 : Le rendement d'un capteur rayonnement pour $1000-200 \text{ w/m}^2$	48
Figure II.14 : fonctionnement du thermosiphon.....	49
Figure II.15 : Fonctionnement avec circulateur	50
Figure II.16 : Stockage avec échangeur	50
Figure II.17 : stockage sans échangeur	51
Figure II.18 : la variation de la consommation d'eau chaude dans un an	52
Figure II.19 : La variation de la Consommation de l'eau chaude en ville d'Oran en fonction des jours et les heures de la journée	52
Figure II.20 : Vue partielle de l'isolement du capteur	56
Figure II.21: Répartition de la température autour de la solution du réservoir	58
Figure II.22: Vue éclatée du capteur	60
Figure II.23 : Coupe transversale du réservoir	61
Figure III.1: Création d'un projet de simulation	68
Figure III.2: nouvelle page du projet	68
Figure III.3: choisir l'outil de météo Type109-TMY2.....	69

Figure III.4: : choisir la station de météo	69
Figure III.5: choisir l'outil de ballon stockage Type60d.....	70
Figure III.6: choisir l'outil de la pompe Type3b	71
Figure III.7: : choisir l'outil de capteur solaire Type1b	73
Figure III.8: choisir l'outil de contrôleur Type2b	74
Figure III.9: choisir l'outil de vanne Type14b	75
Figure III.10: choisir l'outil de calculatrice Type14h	75
Figure III.11: choisir l'outil de convecteur Type57	76
Figure III.12: choisir l'outil de ploter Type65c.....	76
Figure III.13: Comment relier des outils	77
Figure III.14: la boucle de simulation par le logiciel TRNSYS.....	77
Figure III.15: comment relier entre les outputs de Type60d et les inputs de Type3b.....	78
Figure III.16: comment relier entre les outputs de Type3b et les inputs de Type1b.....	78
Figure III.17: comment relier entre les outputs de Type1b et les inputs de Type60d.....	79
Figure III.18: comment relier entre les outputs de Type109 et les inputs de Type1b.....	79
Figure III.19: comment relier entre les outputs de Type109 et les inputs de Type65c	80
Figure III.20: comment lancer la simulation	80
Figure IV.1: Schéma de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire à circulation forcée	84
Figure IV.2: Profil journalier de consommation d'eau chaude sanitaire	85
Figure IV.3: la température moyenne mensuelle	86
Figure IV.4: Rayonnement global et rayonnement diffus.....	Erreur ! Signet non défini.
Figure IV.5: Schématisation du bilan du ballon de stockage	88
Figure IV.6: variation de la température ambiante pour une journée	89
Figure IV.7: La variation de la vitesse de vent pour une journée	90
Figure IV.8: variation de la radiation solaire pour une journée	91
Figure IV.9: température à la sortie du panneau solaire pour une journée	92
Figure IV.10: la température à la sortie du ballon de stockage pour une journée.....	93
Figure IV.11: Variation d'énergie thermique utile d'une journée	94
Figure IV.1: variation de l'énergie auxiliaire pour une journée	95

Liste des Tableaux

Tableau I.1 : Quelques valeurs de L'albédo selon la surface du sol.....	23
Tableau I.2. Ensoleillement reçu en Algérie par régions climatiques.....	29
Tableau II.3: la consommation quotidienne par personne	53
Tableau II.4 : les quantités par appareil et par type de boîtier	53
Tableau III.5:Fiche technique de Type60d (300L)	70
Tableau III.6: Fiche technique de Type3b	71
Tableau III.7 : Fiche technique de Type 1b	73

Nomenclatures

T: la température ($^{\circ}\text{C}$)
t : la variable temporelle en seconde (s)
x : la variable d'espace en mètre (m)
 λ : la conductivité thermique (W/m.K)
 ρ : la masse volumique (Kg/m^3)
q : la source de chaleur (W/m^3)
 Q_c : la quantité de chaleur (W)
 C_p : chaleur massique d'eau
h : le coefficient d'échange convectif ($\text{W}/\text{m}^2.\text{C}$)
 A_e : la surface d'échange (m^2)
 ΔT : la différence de température ($^{\circ}\text{C}$)
 e_i : l'épaisseur de la couche i (mm)
 λ_i : la conductivité thermique de la couche i (W/m.K)
 h_i : le coefficient d'échange convectif relatif au fluide j
 σ : la constante de STEFAN-BOLTZMANN $5,6697.10^{-8}$ ($\text{W}.\text{m}^{-2}.\text{K}^{-1}$)
M : l'émittance en (W/m^2)
 ζ : la longueur d'onde en (μm)
 θ : la température absolue (K)
 ε : l'émissivité
 η : le rendement
E : l'ensoleillement (KWh/m^2)
H : la distance entre deux plans (m)
g : accélération de pesanteur m/s^2
J : le coefficient globale de perte de charge
U : la vitesse d'écoulement du fluide
 Φ : le flux de chaleur
 V_s : le volume de stockage
 r_i : le rayon interieur de reservoir en metre (m)
 r_e : le rayon exterior de reservoir en metre (m)

Abréviation

ISA : International Solar Alliance
SEER : Seasonal Efficiency Energy Ratio
ASA : L'Agence Spatiale Allemande
SREC : Système de récupération de l'énergie cinétique
CESI : Chauffe-Eau Solaire Individuel
ECS : L'Eau Chaude Sanitaire

SSC : Systèmes Solaires Combinés

TRNSYS : Logiciel commercial de la simulation numérique de thermique solaire

CFD : Computational Fluid Dynamics

SWH : Solar Water Heater

ISWH : individual solar water heater

INTRODUCTION GENERALE

Développement et expansion de l'industrie et croissance rapide la population a considérablement augmenté la demande d'énergie. Quoi de neuf a long terme, cependant, l'utilisation de combustibles fossiles d'autre part, la surexploitation de ces ressources et la pollution de l'environnement. Utilisation de sources d'énergie respectueuses de l'environnement telles que l'énergie solaire nécessaire dans certains cas. Cette source d'énergie est utilisée de plusieurs façons différent, par exemple : dans les systèmes de chauffage (chauffe-eau solaires) production d'eau chaude, terrain en plein développement surtout dans le secteur du logement.

A cet effet, notre projet qui concerne l'énergie solaire et surtout les capteurs solaires nécessitent une étude de cas spécifique. Et donc nous avons appliqué nous avons exploré la maison à Bani Safi et essayé de connaître ses besoins installation de capteurs solaires thermiques. Notre objectif était de voir si nous pouvions envisagez d'installer un système de chauffage solaire. Utilisation des informations obtenues grâce au programme TRNSYS 16 qui a permis la planification sur le terrain escalader.

D'autre part, le contrôle de la température dans les systèmes de chauffage solaire il joue un grand rôle. Le contrôle de ce paramètre dépend vraiment de plusieurs choses produits (besoins des utilisateurs en fonction de la quantité d'eau chaude ; température de l'eau chaude ; Performance du système de capteur plat dans les conditions climatiques locales).

Les technologies de contrôle et de régulation de la température ont beaucoup évolué. Des systèmes de contrôle contrôlés par des microcontrôleurs ou des modules sont couramment utilisés. la gestion de la plupart des fonctions de contrôle, notamment les fonctions de température, L'avantage de ces systèmes est là; Généralement dans leur contribution à la production qualité à petits prix.

Cette thèse est divisée en quatre chapitres, qui se répartissent comme suit :

- ✓ Dans le premier chapitre, nous avons fourni des informations générales sur l'énergie solaire.
- ✓ Dans le deuxième chapitre, il est prévu de donner un maximum d'informations sur le chauffe-eau solaire et notamment celui à circulation forcée, et des différents capteurs thermiques
- ✓ Dans le troisième chapitre, nous avons fait la Simulation du chauffe-eau solaire a circulation forcée par program TRNSYS 16
- ✓ Dans le quatrième chapitre, on à l'Interprétation des Résultats, Elles sont représentés sous forme de courbes avec une interprétation physique.

Chapitre 1 :

Généralités sur l'énergie solaire

I.1.Introduction :

L'énergie solaire est la majorité des autres sources d'énergie renouvelables, le soleil produit une énergie constante pour la terre 1000 fois par rapport à la consommation de toute l'humanité, ce qui assure une durée de vie de plusieurs milliards d'années.

L'utilisation et la collecte de cette énergie pour le chauffage solaire nécessitent une certaine connaissance des concepts de rayonnement solaire

Dans ce chapitre, nous avons fourni des rappels sur l'énergie solaire, les différents paramètres affectant la charge de rayonnement et l'intensité du flux solaire reçu sur terre.

I.2. L'historique l'énergie solaire :

L'utilisation de l'énergie solaire remonte à l'Antiquité. Par exemple, les Grecs allumaient la flamme olympique à l'aide d'un système de miroir qui focalisait les rayons du soleil. Cependant, le début des applications pratiques est apparu au XVII siècle.

Le Français Salomon de Caus a construit une pompe solaire en 1615 en utilisant de l'air chauffé par le rayonnement solaire. Au XVII siècle, l'opticien du château de Versailles, François Vilette, conçoit un miroir en bronze d'un mètre de diamètre (appelé miroir brûlant), grâce auquel il démontre la fusion d'objets². En 1747, Georges-Louis de Buffon expérimente un miroir qui concentre la lumière du soleil sur un foyer. Il parvient à faire fondre une pièce d'argent (c'est à dire au dessus de 1044°C). A la fin du XVIII siècle, Antoine Lavoisier construit un four solaire à lentille liquide, qui focalise les rayons du soleil, dont la température atteint 1800 °C. Dans les années 1780, H.B. de Saussure invente un appareil de mesure qui lui permet d'étudier les effets thermiques des rayons solaires, qu'il appelle « l'héliothermomètre » ; cet instrument utilise un effet de serre obtenu à partir d'une vitre placée au-dessus d'un caisson isolant ; cela crée un capteur solaire à basse température.

Edmond Becquerel a découvert la conversion de la lumière en électricité, appelée effet photovoltaïque, en 1839, mais il a fallu près d'un siècle aux scientifiques pour étudier et exploiter ce phénomène physique.

En 1875, Werner Von Siemens a présenté un article sur les effets photovoltaïques dans les semi-conducteurs à l'Académie des sciences de Berlin.

En 1913, William Coblentz a déposé le premier brevet pour une cellule solaire, qui n'a malheureusement jamais été mise en service.

En 1916, Robert Millikan est le premier à produire de l'électricité avec une cellule solaire, mais durant les quarante années suivantes personne n'avance dans le domaine de l'énergie solaire car les cellules solaires sont trop inefficaces pour convertir la lumière du soleil en énergie.

Le phénomène est encore une découverte anecdotique.

En 1954, trois scientifiques américains (Chapin, Pearson et Prince) mettent au point une cellule photovoltaïque efficace (9%) et Belle Laboratoires construit le premier panneau solaire, mais il est trop cher pour une production de masse.

L'exploration spatiale fait vraiment progresser l'énergie solaire; le panneau solaire est le seul moyen non nucléaire d'alimenter les satellites, et de plus, l'énergie solaire est une source d'énergie continue pour les satellites en orbite.

En fait, 1958 a vu le lancement du premier satellite à énergie solaire. L'industrie spatiale investit beaucoup d'argent dans le développement de panneaux solaires. C'est la première grande utilisation de la technologie photovoltaïque.

Dans les années 1970 et 1980, des efforts ont été faits pour réduire les coûts afin que l'électricité solaire puisse également être utilisée dans des applications terrestres.

L'énergie solaire a reçu un nouvel élan lors du premier choc pétrolier des années 1970.

Lorsque le prix du pétrole a fortement augmenté, les panneaux solaires ont commencé à être utilisés dans les maisons pour la première fois.

En fait, en 1973, la première maison à énergie solaire a été construite à l'Université du Delaware, et en 1983, la première voiture à énergie solaire a parcouru 4 000 km en Australie. Depuis, les panneaux solaires ont lentement évolué. Pendant longtemps, ils ont été considérés comme des sources naturelles d'énergie. L'énergie solaire est à nouveau en plein essor alors que des pénuries de pétrole sont prévues, que le réchauffement climatique est abordé et que les prix de l'énergie n'ont jamais été aussi élevés. L'énergie solaire devient une priorité dans de plus en plus de pays. Des centrales solaires sont construites partout dans le monde. Les entreprises investissent également. Les services publics et les gouvernements ont offert des subventions et des remises pour encourager les propriétaires à investir dans l'énergie solaire pour leurs maisons. En fait, les programmes de toits solaires connectés au réseau ont été lancés au Japon et en Allemagne en 1995 et sont devenus plus courants depuis 2001.

Un nouveau type de panneau solaire a été développé ; panneaux solaires ultra fins (4 mm d'épaisseur) et souples, peintures solaires. L'objectif est de faire baisser significativement le prix de l'énergie solaire.

En novembre 2015, l'"International Solar Alliance" (ou ISA, "International Solar Alliance". Le projet était porté par Narendra Modi (Premier ministre de l'Inde). Cette alliance doit réunir des pays disposant de moyens importants pour mieux coordonner leur développement). par des activités d'énergie solaire et de conversion photovoltaïque (électricité thermique et solaire) par des activités de formation, de normalisation d'équipements, de partage d'expériences, de joint-ventures, etc. La cérémonie d'ouverture a eu lieu lors de la conférence COP21 de Paris, organisée par l'Inde et la France avec le soutien du secteur privé, informe Energie [1].

I.3. Les énergies renouvelables :

Les énergies renouvelables sont perçues aujourd'hui et à long terme comme une solution suffisante pour couvrir ce besoin énergétique et réduire la dépendance aux énergies fossiles, puisqu'une grande partie de la production énergétique mondiale est fournie par le charbon, le gaz naturel et le pétrole.

L'énergie renouvelable est une source d'énergie qui se renouvelle si rapidement qu'elle peut être considérée comme inépuisable à l'échelle du temps humain. L'énergie renouvelable provient de phénomènes naturels réguliers ou continus provoqués par les étoiles, principalement le Soleil (rayonnement), mais aussi la Lune (marées) et la Terre (géothermie). A noter que le caractère renouvelable de l'énergie dépend non seulement du rythme de renouvellement de la source, mais aussi du rythme de sa consommation [2].

Les sources d'énergie renouvelables les plus importantes sont :

- ✓ L'énergie hydraulique,
- ✓ L'énergie solaire,
- ✓ L'énergie éolienne,
- ✓ La géothermie.
- ✓ L'énergie de biomasse.

I.4. L'énergie solaire :

I.4.1. Définition :

L'énergie solaire est la fraction de l'énergie électromagnétique provenant du soleil et parvenant à la surface de la Terre, après filtrage par l'atmosphère terrestre. Sur Terre, l'énergie solaire est à l'origine du cycle de l'eau, du vent et de la photosynthèse réalisée par le règne végétal, dont dépend le règne animal via les chaînes alimentaires. Le Soleil est à l'origine de la plupart des énergies sur Terre à l'exception de l'énergie nucléaire et de la géothermie profonde.

Les sources d'énergie issues indirectement de l'énergie solaire sont notamment : l'énergie hydraulique, dérivée de l'énergie cinétique de l'eau dont le cycle dépend du Soleil, l'énergie marémotrice issue principalement de l'effet des forces de gravitation de la Lune et plus faiblement de celle du Soleil et dépendant d'autres paramètres tels que la géographie des côtes. Il y a également l'énergie éolienne provenant de l'énergie cinétique du vent lié à l'échauffement, et à l'évaporation de l'eau, générés par le Soleil, la rotation de la Terre et l'effet Coriolis, l'énergie hydrolienne et l'énergie des vagues liées aux mouvements des océans et des cours d'eau, le bois énergie et l'énergie de la biomasse ainsi que la géothermie de très basse température, provenant des couches superficielles du sol réchauffées par le Soleil. On peut ajouter les énergies fossiles provenant de matières organiques créées par photosynthèse (charbon, pétrole, gaz naturel...) auxquelles s'ajoute l'énergie biochimique de la matière organique vivante.

L'énergie produite par l'homme en captant le rayonnement émis par le Soleil, principalement sous forme électrique ou thermique. C'est l'une des principales formes d'énergies renouvelables.

I.4.2. Importance de l'énergie solaire :

On ne peut nier l'importance de l'énergie solaire. Le retour sur investissement de l'énergie solaire est très précieux, et pas seulement financièrement, mais pour la santé publique et la durabilité environnementale. Avec chaque année qui passe, l'énergie solaire devient plus populaire pour les propriétaires de maisons et d'entreprises à mesure que les gens découvrent ses nombreux avantages et que les coûts d'installation diminuent. Si vous êtes curieux de connaître l'importance de l'énergie solaire, nous avons plusieurs raisons pour lesquelles l'énergie solaire est la voie à suivre [3].

I.4.3. L'énergie solaire, pour quelles utilisations ? (Applications) :

L'éventail des applications de l'énergie solaire est relativement large. Il va de l'électrification à l'agriculture en passant par la climatisation, le chauffage, la production de l'eau chaude solaire et le pompage solaire [4]

I.4.3.1. L'électrification :

Avec des panneaux solaires photovoltaïques on peut produire de l'électricité. Cette électricité peut être utilisée de plusieurs manières :

- ❖ L'éclairage domestique : toutes vos ampoules domestiques peuvent fonctionner avec l'énergie solaire. En utilisant des ampoules LEDs de 10 kWh, un panneau de 100 w pourrait vous permettre d'utiliser jusqu'à 10 ampoules dans votre maison.
- ❖ L'éclairage public, avec les lampadaires solaires
- ❖ Les équipements électriques domestiques : vos panneaux vont produire du courant continu. L'onduleur de votre installation va le transformer en courant alternatif qui sera utilisable par la totalité de vos appareils électriques : lave-linge, micro-ondes, télévisions, ventilateurs, climatiseurs, réfrigérateurs, etc.

I.4.3.2. La climatisation :

Les besoins en climatisation sont très importants au Sénégal. D'avril à mi-juin le besoin se fait sentir, de la mi-juin à mi-décembre, la vie est quasiment impossible sans climatisation. Or, la climatisation coûte cher. L'énergie solaire vient ici à la rescousse en permettant de diviser par trois votre facture énergétique liée à la climatisation.

L'énergie solaire peut être utilisée pour la climatisation de 2 manières :

D'abord en produisant de l'électricité qui peut être utilisée pour faire fonctionner un climatiseur classique : cette option n'est pas recommandée car elle est très coûteuse vu que le climatiseur sera en général très consommateur (plus de 2000 kWh) et aussi qu'il va

fonctionner avec du courant alternatif qui doit être converti par un onduleur avec une puissance conséquente (donc plus).

En faisant directement marcher des climatiseurs solaires : ces climatiseurs solaires ont en général une meilleure efficacité énergétique (Coefficient SEER) ce qui leur permet d'avoir une consommation énergétique réelle de 600 kWh pour les modèles 12 BTU.

I.4.3.3. Production d'eau chaude :

Les capteurs solaires thermiques ainsi que les panneaux solaires aérovoltaiques permettent d'utiliser la chaleur du soleil pour chauffer de l'eau.

Cette eau peut être à usage sanitaire et donc envoyée vers un ballon d'eau chaude ou à usage de chauffage et donc envoyé vers des radiateurs ou un plancher chauffant.

Un chauffe-eau solaire permet de couvrir jusqu'à 100% des besoins en eau chaude du ménage. D'une part que les températures élevées permettent un excellent rendement et d'autre part parce que les besoins en eau chaude sont assez limités. Ainsi un **chauffe-eau solaire de 150 litres** sera souvent suffisant pour la plupart des ménages.

Une troisième application est le chauffage des piscines.

I.4.3.4. L'agriculture :

L'énergie solaire a plusieurs applications dans l'agriculture et l'élevage :

Elle peut servir à électrifier les champs et domaines qui bien souvent ne sont pas raccordés au réseau électrique. L'installation de panneaux solaires permet alors à la personne travaillante ou installées sur place de pouvoir utiliser leurs appareils électriques.

Elle peut être utilisée pour le pompage de l'eau, quelques panneaux (sans batteries, sans régulateurs et sans onduleurs) peuvent suffire pour faire fonctionner des pompes (DC) de surface ou immergées. L'eau pompée peut être stockée dans des réservoirs pour utilisation ultérieure, dans des bassins surélevés pour l'irrigation par gravitation, ou déversée dans les abreuvoirs du bétail.

Le courant produit peut aussi être utilisé pour électrifier les clôtures.

I.4.4. Rayonnement solaire

I.4.4.1. Définition rayonnement solaire :

Le soleil est essentiel pour notre planète, la véritable source de vie qu'il est le centre du système qui porte son nom (le système solaire auquel appartient la terre). Sa lumière Il faut 8 minutes et 18 secondes pour atteindre la Terre à travers 150 millions de kilomètres spatiaux.

La puissance rayonnante du Soleil est estimée à $1,7 \cdot 10^{23}$ kW, dont une partie atteint la Terre. Terrestre, elle est de l'ordre de $8,5 \cdot 10^{13}$ kW ; Seulement 70% de celui-ci (environ $6 \cdot 10^{13}$ kW). Force pénètre dans l'atmosphère.

Le soleil nous envoie de l'énergie sous forme de rayonnement électromagnétique. La longueur d'onde varie de 0,22 μm à 10 μm , (Fig. I.1) représente la variation de la distribution le spectre de ce rayonnement.

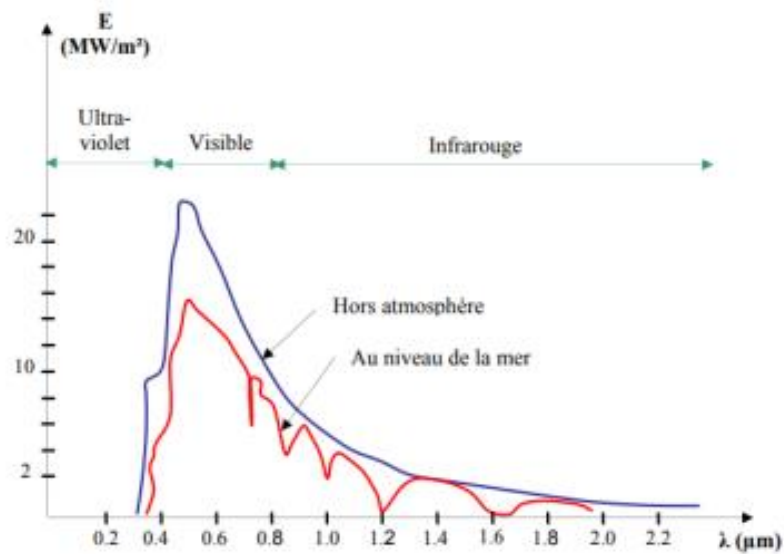


Figure I.1 : La répartition spectrale du rayonnement solaire [18].

Ces rayonnements atteignent le sol soit directement, soit après une certaine atténuation ou les pertes dues aux phénomènes d'absorption et/ou de diffusion.

Le rayonnement terrestre global (total) est divisé en rayonnement direct (rayonnement provenant directement du soleil) et diffus (rayonnement de l'atmosphère); Une sonde inclinée d'un certain angle par rapport au plan horizontal traverse une autre composante radiative : la partie renvoyée à l'atmosphère après réflexion diffuse sol (voir figure I.2) [5].

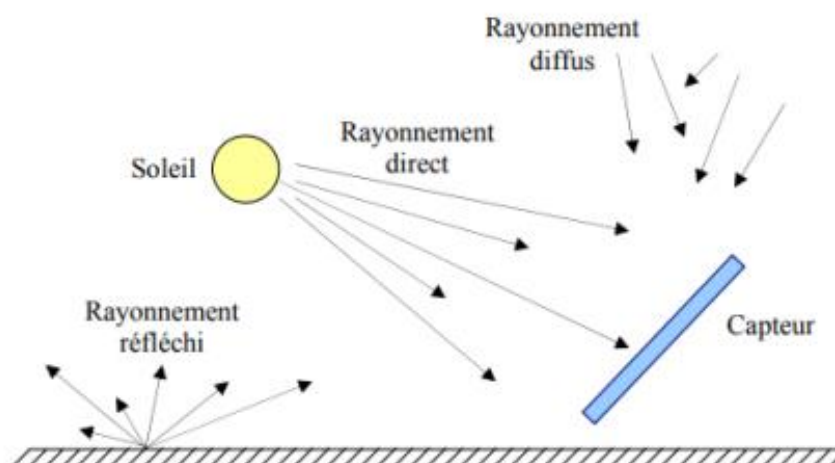


Figure I.2 : Conversion de l'énergie cinétique du vent.

I.4.4.2. Différents types du rayonnement solaire :

Le soleil produit une énorme quantité d'énergie, $15 \cdot 10^{17}$ kWh/an. La demande globale de la terre (demande d'électricité, énergie thermique, transport) est de $30 \cdot 10^{13}$ kWh/an. Ainsi, chaque année, le Soleil fournit 5000 fois plus que les besoins énergétiques globaux de la Terre. La proportion de rayonnement absorbé varie en fonction de la longueur d'onde. Le rouge absorbe mieux que le bleu ou le jaune [6].

I.4.4.2.1. Rayonnement global :

Le rayonnement global de la Terre dépend donc de la composition et de l'épaisseur de l'atmosphère que traversent les rayons lumineux au cours de la journée. Il se décompose en rayonnement direct et diffus, et les générateurs solaires utilisent ces deux rayonnements.

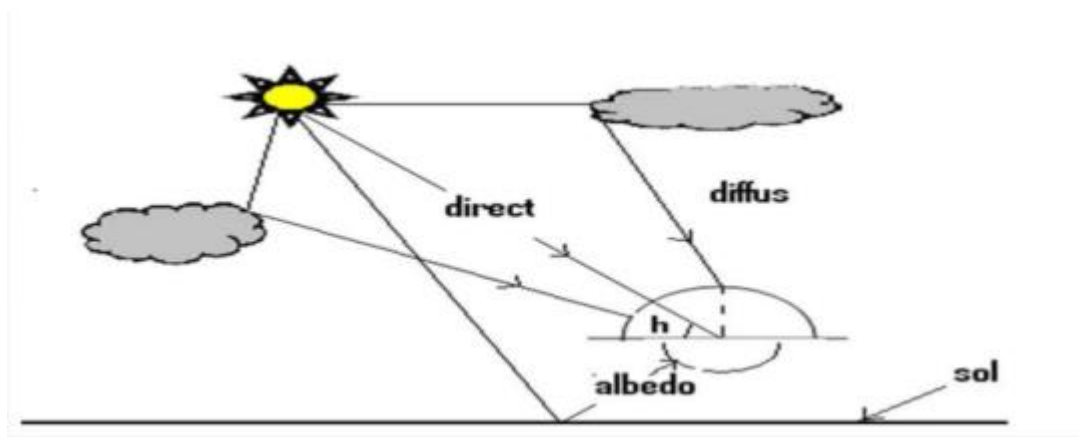


Figure I.3 : Décomposition du rayonnement solaire [7]

I.4.4.2.2. Rayonnement direct :

C'est un rayonnement solaire atteignant un certain niveau, provenant d'un coin de l'espace, dont le centre est le disque solaire.

I.4.4.2.3. Rayonnement diffus :

Il s'agit du rayonnement émis par les obstacles (nuages, sol, bâtiments) venant de toutes les directions. Les rayonnements direct et diffus sont représentés sur la figure (I.3).

I.4.4.2.4. Albédo :

C'est la proportion du rayonnement incident diffusé ou réfléchi par la barrière. Comme ce terme est généralement réservé à la terre plutôt qu'aux nuages, il s'agit de la moyenne de ces réflecteurs pour le rayonnement observé et tous les angles d'incidence possibles. Par définition, un corps noir n'a pas d'albédo.

0-1 : Quelques valeurs de L'albédo selon la surface du sol [6]

Surface du sole	Albédo

Surface d'eau	0,03 à 0,1
Forêt	0,05 à 0,2
Sol cultivé	0,07 à 0,14
Pierres et rochers	0,15 à 0,25
Champs et prairies	0,1 à 0,3
Sol nu	0,15 à 0,4
Neige ancienne	0,5 à 0,7
Neige fraîche	0,8 à 0,95

I.4.4.3. Caractéristiques du rayonnement solaire :

I.4.4.3.1. Insolation :

Insolation potentielle (théorique) SS0 :

L'insolation potentielle est définie comme étant la valeur de l'insolation de la journée considérée en absence de l'atmosphère, elle ne dépend que de la position géographique du lieu considéré

Durée d'insolation (SS) :

La durée d'ensoleillement ou heures d'ensoleillement est un indicateur climatique qui mesure la durée d'ensoleillement sur une période de temps (généralement un jour ou un an) à un endroit sur Terre, généralement exprimée sous forme de moyenne sur plusieurs années. Il indique généralement la nébulosité d'un emplacement et diffère donc de l'énergie solaire totale sur une période de temps.

La durée d'ensoleillement est généralement exprimée en heures par an ou (en moyenne) heures par jour. La première mesure montre l'ensoleillement général d'un lieu par rapport à d'autres lieux, tandis que la dernière permet une comparaison de l'ensoleillement à différentes périodes de l'année au même endroit. Une autre mesure couramment utilisée est le rapport en pourcentage de la durée mesurée de l'ensoleillement à la durée de la lumière du jour pendant la période considérée.

Une utilisation importante des données sur la durée d'ensoleillement est de caractériser le climat des lieux, en particulier les centres de santé. L'effet psychologique d'un fort ensoleillement sur le bien-être humain est également pris en compte ici. Il est souvent utilisé pour promouvoir des destinations touristiques.

✓ La fraction d'insolation σ :

C'est un paramètre qui dépend des conditions climatiques de nébulosité du ciel. La nébulosité est le rapport entre la surface du ciel couverte par les nuages et la surface totale du ciel au-dessus du territoire correspondant.

I.4.4.3.2. La constante solaire :

Une surface plane d'un mètre carré perpendiculaire au rayonnement solaire et situé à la limite de l'atmosphère terrestre reçoit une puissance rayonnée fonction de la distance Soleil Terre. Cette distance varie quelque peu au cours de l'année, compte tenu de la légère excentricité de l'orbite terrestre.

I.4.4.4. Mesure du rayonnement solaire :

L'ensoleillement (G) correspond à l'intensité du rayonnement solaire reçu sur un plan à un moment donné. Il s'exprime habituellement en watts par mètre carré (W/m²). L'ensoleillement varie de zéro, au lever du Soleil, à sa valeur maximale, typiquement au midi solaire il existe quatre types de rayonnement [8].

I.4.4.4.1. Mesure du rayonnement global (pyranomètre) :

La puissance du rayonnement solaire global sur une surface horizontale est mesurée à l'aide de au pyranomètre (Figure I.4). qui comprend une coupelle en verre double, thermophile (kit thermocouples) et un système d'enregistrement de la force électromotrice qu'il produit thermophile par rayonnement. Si l'appareil est exposé au soleil, une différence de température se produit entre les secteurs noir et blanc. Cette différence de température est détectée par un thermophile, qui convertit l'énergie chaleur en électricité.

Ce courant peut être mesuré et amplifié en tant que signal millivolt recalculé avec un facteur d'étalonnage en watts par mètre carré. Il représente le montant du rayonnement total reçu (albédo diffus direct) [9].



Figure I.4 : Pyranomètre (direct+diffus+albédo).

I.4.4.4.2. Mesure du rayonnement direct (le Pyrhéliomètre) :

Un héliomètre hélicoïdal mesure le rayonnement direct (Figure I.5). Il a une ouverture et une surface de réception plus petites que le système de suivi automatique doit maintenir normales en termes de rayonnement.

La surface sensible est une plaque argentée peinte en noir placée au fond du tube, qui est équipée d'un obturateur et d'un diaphragme limitant l'angle d'ouverture à $5,7^\circ$ (le diamètre apparent du soleil est de $0,5^\circ$). Le tube est fixé à une monture équatoriale [10].



Figure I.5 : Le Pyrhéliomètre (direct) [11].

I.4.4.3. Mesure du rayonnement diffus (le Pyranomètre) :

C'est le rayonnement qui vient de tout le firmament.

Ce rayonnement résulte de l'absorption et de la diffusion d'une partie du rayonnement solaire par l'atmosphère et de sa réflexion par les nuages. Elle peut être mesurée avec un pyranomètre (Figure I.6).

Avec un pare-soleil (bande métallique ronde) qui protège le pyranomètre des rayons directs du soleil. [9]



Figure I.6 : le Pyranomètre (diffus).

I.4.4.4. Mesure du rayonnement solaire réfléchi (Albédo mètre) :

C'est le rapport entre l'énergie solaire réfléchie par la surface et l'énergie solaire entrante. Sa valeur varie de 0 à 1. Plus une surface est réfléchissante, plus son albédo est élevé. Les éléments qui influencent le plus l'albédo terrestre sont : les nuages, les surfaces de neige et Geler Par exemple, la neige fraîche a un albédo de 0,87, ce qui signifie 87 % d'énergie le soleil se reflète sur ce type de neige. Cela peut être mesuré avec un albédo mètre (Figure I.7). [9].



Figure I.7 : Albédo mètre (réfléchi).

I.5. Gisement solaire :

Un champ solaire est un ensemble de données qui décrit l'évolution du rayonnement solaire disponible sur une période de temps. Il est utilisé pour simuler le fonctionnement du système d'énergie solaire et rendre les dimensions aussi précises que possible en fonction du besoin à satisfaire. Grâce à sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un énorme potentiel solaire, comme vous pouvez le voir sur la figure I.8.

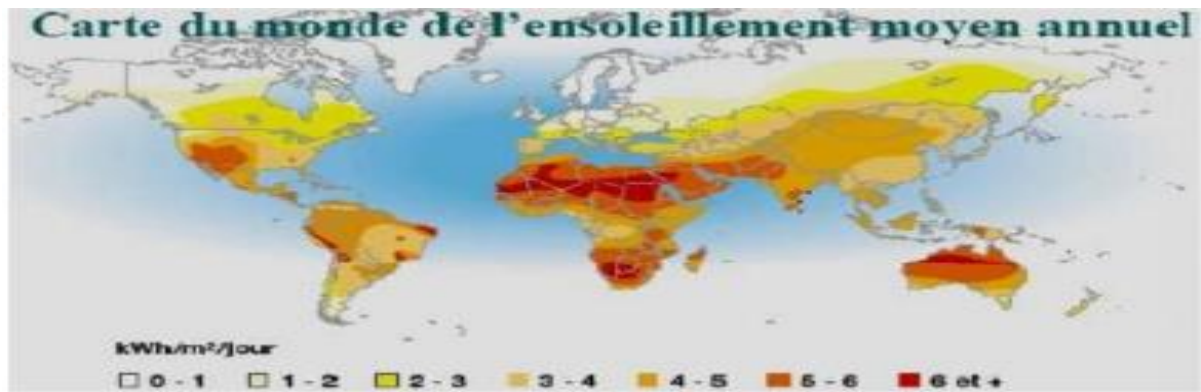


Figure I.8: Carte du monde de l'ensoleillement moyen annuel

Le rayonnement solaire annuel sur l'ensemble de la planète au niveau de la mer (754 millions de TWh) est plus de 5000 fois supérieure à ce que nous consommons [12]. A long terme (environ 50 ans), le potentiel d'extraction des différentes énergies renouvelables pourrait pratiquement couvrir la consommation mondiale actuelle : photosynthèse d'abord 6 Gtep (70 000 TWh), puis éolien 1,7 Gtep (20 000 TWh), hydraulique 14 tonnes 20 000 TWh, dont le potentiel théorique global est d'environ 40 000 TWh, 0,25 Gtep (2900 TWh) de solaire installé sur les toitures industrielles, commerciales, tertiaires et résidentielles et 0,2 Gtep (2300 TWh) de géothermie [12]

I.5.1. Gisement solaire en Algérie :

Le champ solaire algérien est immense, comme le montre la figure I.9. L'Agence spatiale allemande (ASA) a conclu après une évaluation par satellite que l'Algérie représente le potentiel d'énergie solaire le plus élevé de toute la région méditerranéenne, c'est-à-dire 169 000 TWh/an pour le solaire thermique et 13,9 TWh/an pour le solaire. Le potentiel solaire de l'Algérie équivaut à dix grands gisements de gaz naturel découverts à HassiR'Mel

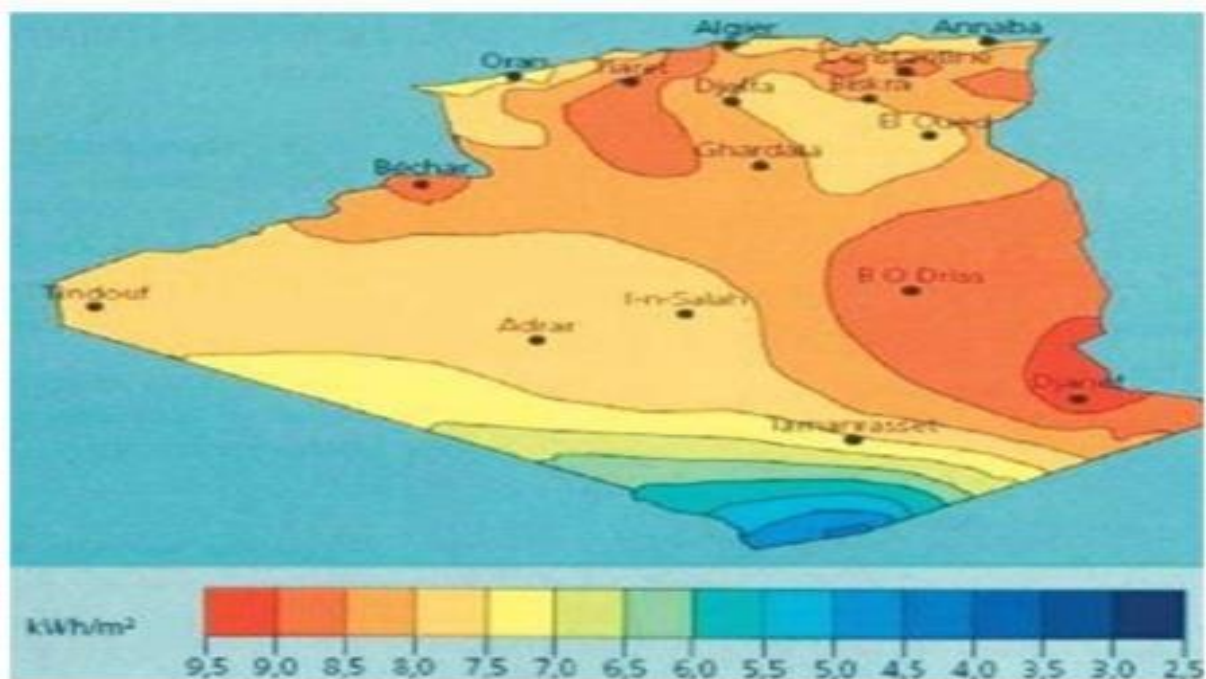


Figure I.9 : Rayonnement solaire direct (Juillet 2001) [13]

La répartition du potentiel solaire selon la zone climatique au niveau régional algérien est présentée dans le tableau I.2. Selon l'ensoleillement chaque année

0 I-2 : Ensoleillement reçu en Algérie par régions climatiques

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (KWh/m ² /an)	1700	1900	2650

La durée d'ensoleillement au Sahara algérien est d'environ 3500h/an, c'est la plus importante au monde, elle est toujours supérieure à 8h/j et en été elle peut monter jusqu'à 12h/j, sauf dans l'extrême sud, où elle diminue à 6h/jour en saison estivale [14]. La région de l'Adrar est particulièrement ensoleillée et possède le potentiel le plus élevé de toute l'Algérie.

I.6. Différents type d'énergie solaire :

I.6.1. Quelles sont les différents types d'énergies solaires ?

Toutes les installations solaires nécessitent trois éléments pour assurer que les rayons du soleil soient captés, puis convertis en électricité et distribués :

- ✓ Une installation de type panneaux photovoltaïques ;
- ✓ Un onduleur permettant de convertir l'électricité obtenue en courant alternatif ;
- ✓ Un compteur servant à comptabiliser la quantité de courant ainsi produite et distribuée

I.6.2. Les 3 types d'exploitations de l'énergie solaire :

I.6.2.1. L'énergie solaire photovoltaïque :

Le terme électricité solaire peut désigner un phénomène physique (découvert par le Dr Edmond Becquerel en 1839) ou une technologie apparentée. L'avantage de cette technologie est la conversion directe de l'énergie solaire en électricité. L'énergie solaire photovoltaïque est l'électricité produite en convertissant une partie photovoltaïque en une cellule solaire. Les cellules photovoltaïques sont fabriquées à partir de semi-conducteurs comme le silicium, qui sont fabriqués à partir de matières premières très pures. Cette forme d'énergie est encore quantitativement limitée ; Cependant, on s'attend à ce qu'il ait un avenir en raison des avancées attendues, de la réduction des coûts, de la simplicité et des économies. Insouciant et durable, peut fonctionner à la fois connecté à la maison et sans et peut satisfaire les besoins électriques de la maison (capteurs de toit) ou de l'usine. la première application est apparue dans le domaine spatial des satellites. D'autres ont ensuite utilisé la technologie photovoltaïque, notamment les télécommunications, la marine et l'air, l'éclairage domestique et le pompage de l'eau. Cependant, le soleil 3 étant visible d'un point de la Terre 24 heures sur 24, cette application nécessite la conversion de l'énergie solaire et de l'électricité solaire à l'aide de batteries ou d'autres systèmes assurant le stockage d'énergie pour une consommation hors soleil.

I.6.2.2. L'énergie solaire thermique :

L'énergie solaire thermique consiste en l'utilisation de la chaleur du rayonnement solaire :

- Pour une utilisation directe de la chaleur : chauffe-eau et chauffe-eau solaires, cuiseurs et séchoirs solaires ;
- En utilisation indirecte, la chaleur est utilisée à d'autres fins : refroidissement par énergie solaire, dessalement, etc.

En fait, il est principalement utilisé pour le chauffage de l'eau ou des locaux. Des capteurs de chaleur sont utilisés pour cela. Il en existe plusieurs catégories, mais le principe est toujours le même : un capteur de chaleur absorbe les photons du soleil et les transforme en chaleur. Il est ensuite transféré au liquide ou au gaz qui le transporte (le gaz est alors appelé fluide frigorigène) dans un réservoir de stockage thermique.

I.6.2.3. L'énergie solaire thermodynamique :

L'énergie solaire thermodynamique est produite par des centrales solaires centralisées. C'est un ensemble miroir qui contient des fluides caloporteurs reliés au générateur solaire.

Comme les panneaux solaires thermiques, les miroirs convertissent l'énergie captée par les rayons du soleil en chaleur.

Cette chaleur a une température très élevée. Beaucoup plus élevée que la température à laquelle il a été recueilli. Elle peut varier de 250 à 800 degrés selon la technologie utilisée.

Cette chaleur est convertie en électricité à l'aide d'un turbogénérateur

I.7. Avantages de l'énergie solaire :

Plus nous pourrions profiter des avantages de l'énergie solaire, moins nous dépendrions des combustibles fossiles. L'ajout d'un système d'énergie solaire à votre maison vous permet de profiter de ces avantages de l'énergie solaire [15] :

L'énergie solaire est une source d'énergie renouvelable et réduit les émissions de carbone :

L'énergie solaire est une source d'énergie renouvelable, ce qui signifie que vous ne l'épuisez jamais. L'énergie solaire est propre.

Il ne crée aucune émission de carbone ni aucun autre gaz à effet de serre piégeant la chaleur. Il évite les dommages environnementaux associés à l'exploitation minière ou au forage de combustibles fossiles.

De plus, l'énergie solaire utilise peu ou pas d'eau, contrairement aux centrales électriques qui produisent de l'électricité à l'aide de turbines à vapeur.

L'énergie solaire peut réduire la facture d'électricité de votre maison

Un système d'énergie solaire pour votre maison peut réduire votre dépendance au réseau et vous aider à économiser sur votre facture d'électricité. Certains propriétaires de systèmes d'énergie solaire résidentiels peuvent même disposer d'un excédent d'électricité qu'ils peuvent vendre au service public. Au lieu de payer un service public pour l'électricité, les propriétaires sont payés par le service public. Vous n'aurez peut-être pas besoin d'acheter un système d'énergie solaire complet pour réduire la facture d'électricité de votre maison. Choisissez simplement des lampes solaires, des lampes qui sont alimentées par le soleil au lieu du système électrique de votre maison, pour vous aider à économiser de l'argent.

L'énergie solaire peut vous permettre de récupérer de l'argent grâce aux crédits d'énergie solaire renouvelable (SREC)

Certains états proposent des certificats d'énergie solaire renouvelable (SREC). Chacun représente un mégawatheure d'électricité produite grâce à l'énergie solaire. Les fournisseurs d'électricité achètent ces certificats pour satisfaire à la norme de portefeuille renouvelable de leur État, une exigence selon laquelle une certaine quantité de leur énergie renouvelable

provient de l'énergie solaire. Vous pouvez vendre des SREC pour la sortie de votre système, ce qui est une autre façon de gagner de l'argent grâce à votre investissement.

Les maisons avec des panneaux solaires installés peuvent améliorer la valeur de la maison

Les acheteurs de maisons paieront probablement plus pour une maison avec des panneaux solaires installés. Considérant les avantages et les inconvénients de l'énergie solaire, les économies sur les factures d'électricité et l'argent gagné en revendant l'énergie au service public, tout compte dans la colonne plus. Les systèmes d'énergie solaire résidentiels sont très appréciés et peuvent augmenter la valeur de revente d'une maison. La valeur foncière d'une maison équipée de panneaux solaires peut valoir jusqu'à 15 000 \$ de plus que celle de ses voisins.

Les systèmes solaires sont assez faciles à installer et nécessitent très peu d'entretien. Les deux sont gérés par votre fournisseur solaire, si vous optez pour un bail solaire ou un contrat d'achat d'électricité (PPA). Considérez cela comme vous vous demandez si l'énergie solaire en vaut la peine.

Les panneaux solaires ont de faibles coûts de maintenance

Les panneaux solaires sont faciles à entretenir, car ils n'ont pas de pièces mobiles qui s'usent avec le temps. Il suffit de les garder propres et en bonne condition physique pour qu'ils fonctionnent correctement. Entre leurs faibles coûts de maintenance et leur durée de vie moyenne de 25 ans, il peut être facile d'en avoir pour son argent en investissant dans des panneaux solaires.

L'énergie solaire peut produire de l'électricité dans n'importe quel climat

Les systèmes d'énergie solaire peuvent produire de l'électricité dans n'importe quel climat. L'un des inconvénients de l'énergie solaire est qu'elle est sujette à des perturbations météorologiques temporaires. Les jours nuageux réduisent la quantité d'électricité que vous produisez. Le froid, cependant, n'affecte pas la productivité. Les chutes de neige peuvent en fait aider votre système solaire, car la neige nettoie les panneaux à mesure qu'elle fond et le soleil réfléchi par la neige augmente la quantité de lumière qui frappe vos panneaux. Le résultat est une plus grande production d'électricité.

I.8. Les perspectives d'avenir de l'énergie solaire :

D'ici 2030, si les objectifs posés par la loi sont respectés, les énergies renouvelables devraient représenter 30% de la consommation énergétique française. Pour l'instant, cependant, nous en sommes encore loin.

Aujourd'hui, le parc photovoltaïque français produit suffisamment d'électricité pour couvrir 2,4 % de la consommation électrique totale.

Cela représente un potentiel inexploité. Sachant que la France fait partie des pays les plus ensoleillés d'Europe, avec le Portugal et l'Espagne.

Quatre régions se partagent actuellement près de 80 % de la production nationale. Il s'agit de l'Auvergne Rhône-Alpes, de la Nouvelle Aquitaine, de l'Occitanie et de la Provence-Alpes-Côte-d'Azur.

Au niveau mondial, la Chine, les États-Unis et le Japon devancent les pays européens en matière de production d'énergie solaire.

En 2022, Pékin a ainsi augmenté ses exportations de panneaux solaires vers l'Union européenne de 138%.

Est-ce à dire que l'énergie solaire a de beaux jours devant elle ? En 2040, elle devrait en tout cas fournir 20% de la production totale d'électricité dans le monde.

De plus en plus de particuliers et de professionnels se tournent également vers l'énergie photovoltaïque, en faisant installer des panneaux solaires.

L'augmentation des prix de l'énergie et le souhait d'atteindre une forme d'indépendance énergétique ne sont pas pour rien dans ce choix. 110 000 foyers français sont aujourd'hui raccordés au solaire, un chiffre qui devrait augmenter dans les années à venir.

D'un point de vue réglementaire, l'installation de panneaux photovoltaïques chez des particuliers s'avère en outre plus simple que le développement de centrales solaires. D'autant que les panneaux photovoltaïques peuvent être installés dans de nombreux endroits : toit, combrières, entrepôt, voire le sol [16].

I.9. Conclusion

L'énergie solaire est une énergie toujours disponible qui ne dépend d'aucune autre source d'énergie. L'Algérie possède la plus grande énergie solaire de la région méditerranéenne. La quantité totale d'énergie reçue est estimée à 169 400 TWh/an, soit 5 000 fois plus que la consommation électrique annuelle du pays. L'optimisation de l'utilisation de l'énergie solaire et de sa collecte par les systèmes solaires thermiques nécessite des informations précises sur la distribution du rayonnement.

Soleil est fonction de plusieurs paramètres géographiques, météorologiques et astronomiques à partir desquels ce système est construit. Dans ce chapitre, il est écrit que la lumière du soleil est l'élément principal dans la conversion de l'énergie rayonnante en énergie thermique, c'est-à-dire l'énergie solaire, la mesure de ce paramètre se fait avec des éléments très élaborés et précis, dont le plus célèbre est le pyranomètre et pyrhéliomètre présentés dans cette chapitre

Chapitre 2 :

GENERALITES SUR LES CHAUFFE-EAUX SOLAIRES

II.1. Introduction:

Les systèmes solaires combinés et les chauffe-eau solaires sont des systèmes de chauffage actifs qui utilisent l'énergie solaire à travers la partie captation solaire pour couvrir les besoins (eau sanitaire, chauffage).

Il existe deux types d'installations :

- Le chauffe-eau solaire individuel (CESI) couvre partiellement le besoin en eau chaude sanitaire (ECS).
- Le système solaire combiné (SSC) couvre partiellement les besoins de chauffage et d'eau chaude.

II.2. Généralités sur les chauffe-eaux solaires :

II.2.1. les phénomènes physiques mis en jeu :

Un chauffe-eau solaire est un appareil qui produit de l'eau chaude par rayonnement soleil. Ce système consiste en un capteur solaire, généralement placé sur le toit, qui récupère l'énergie solaire pour élever la température de l'eau dans le tuyau qui la traverse et ça fonctionne sur le principe de l'effet de serre.

Le transfert de chaleur est le transfert d'énergie sous une forme microscopique désordonnée. Il se produit lorsque deux corps sont à des températures différentes. Le transfert de chaleur a trois formes : conduction, convection et rayonnement.

Dans cette rubrique, nous proposons quelques rappels sur ces phénomènes. Qui est à la base du principe des chauffe-eau solaires.

II.2.1.1. La conduction :

C'est une méthode de transfert de chaleur dans un corps solide. Il obéit à la loi de Fourier qui indique que la densité de flux de chaleur est proportionnelle au gradient de température.

$$\varphi = -\lambda \cdot \overline{\text{grad}T} \quad (1)$$

$$\rightarrow \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \Delta T = \frac{1}{\rho} \frac{\partial T}{\partial t} \quad (2)$$

On a ;

$a = \frac{\lambda}{\rho \times c}$ signifie une diffusion thermique soutenue continue en (m²/s).

T : La température du point M du corps en (°C).

t : La variable temporelle en seconde en (s).

x : La variable d'espace en mètre en (m).

λ : La conductivité thermique (W/m.k). est une grandeur physique qui décrit la capacité des matériaux à résister au flux de chaleur.

ρ : La masse volumique en (kg/m³).

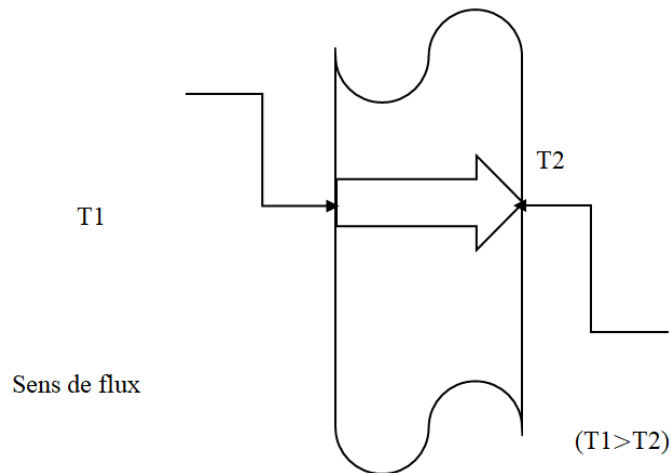


Figure II.1: Conduction travers un mur

S'il s'agit d'une conduction avec une source de chaleur interne, l'équation (2) change.

$$\Delta T - \frac{1}{\alpha} \frac{\partial T}{\partial t} + \frac{q}{\lambda} = 0 \quad (3)$$

→ q : représente la source de chaleur en W/ m³.

II.2.1.2.La convection :

C'est l'échange de chaleur entre la surface du solide et le liquide. les deux sont présents différentes températures.

Il existe essentiellement deux types de convection : la convection forcée et la convection Naturelle.

- a) La convection forcée : La convection est forcée lorsqu'un mouvement fluide est réalisé à travers un élément extérieur (pompe. ventilateur...).
- b) La convection naturelle : Aussi appelée convection libre, elle décrit le mode de transfert dans lequel le fluide se déplace sous l'effet de la variation de densité.

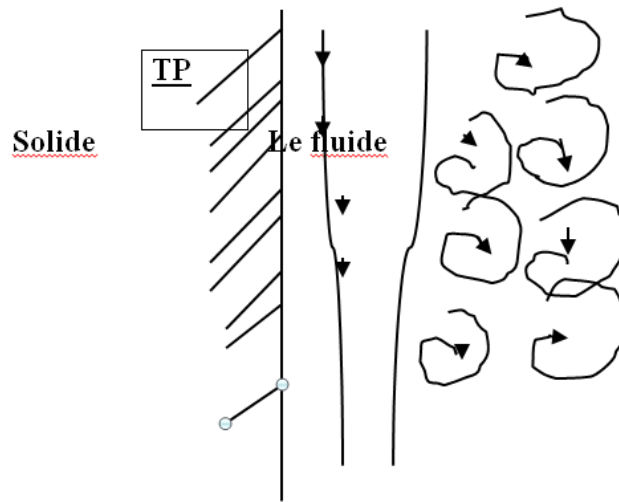


Figure II.2: convection au niveau de surface d'un mur.

Cette méthode de transfert de chaleur implique la quantité de chaleur Q_c (W), qui est donnée par la formule de NEWTON-RIEMANN :

$$Q_c = h \times A_e \times \Delta T \quad (4).$$

h : Le coefficient d'échange convectif en $W/m^2 \cdot ^\circ C$.

A_e : La surface d'échange en m^2 .

ΔT : La différence de température entre la surface de la paroi solide et le liquide qui s'en éloigne mur en $^\circ C$.

Notez que " h " est déterminé à l'aide de corrélations empiriques nombres sans dimension déterminés en fonction des propriétés des fluides, qui ne sont pas pris en compte dans ce projet.

II.2.1.3. Transferts combinés :

Habituellement, la conduction est combinée à la convection, qui comprend un facteur est appelé coefficient de transfert de chaleur global.

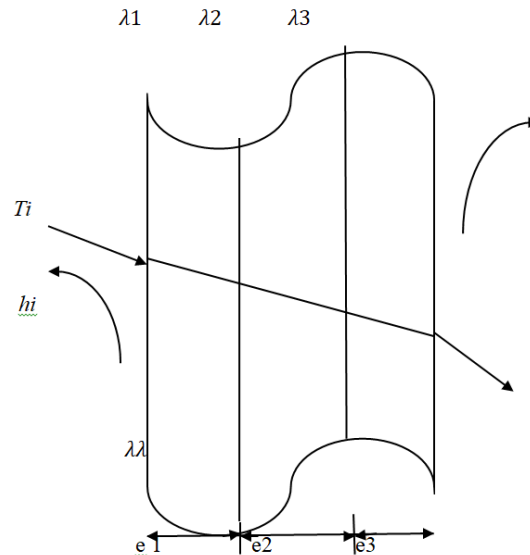


Figure II.3: Conduction et convection combinée.

Pour les murs constitués de n couches, un coefficient, souvent noté heq est donné par la relation:

$$heq = \frac{1}{\frac{1}{hi} + \sum \frac{ei}{\lambda i} + \frac{1}{he}} \quad (5)$$

ei : L'épaisseur de la couche i.

λi : La conductivité de la couche i.

hi : Le coefficient d'échange convectif relatif au fluide j.

Ainsi, la quantité de chaleur transférée s'écrit en :

$$Q = heq \times Ae \times (Ti - Te) \quad (6)$$

II.2.1.4. Le rayonnement :

Contrairement aux autres formes de transfert de chaleur, le rayonnement est un mode d'échange de chaleur entre deux corps séparés par le vide ou un milieu immatériel, grâce aux ondes électromagnétiques.

Dans cette étude, nous nous intéressons particulièrement au rayonnement solaire, Rappelons cependant quelques notions sur le rayonnement thermique.

- a) Le corps noir : C'est un concept théorique qui décrit un corps qui absorbe tout le rayonnement qui l'atteint, il ne réfléchit ni n'émet rien.
L'énergie de rayonnement d'un corps noir est obtenue à partir de la relation de STEFAN-BOLTZMANN :

$$Q = \sigma \times Ae \times T^4 \quad (7)$$

Avec :

σ : La constante de STEFAN-BOLTZMANN $5,6697 \times 10^{-8} (W.m^{-2}.K^{-1})$.

A_e : La surface d'échange en (m^2) .

T : La température absolue en $(^{\circ}C)$. .

L'émittance M , qui représente la puissance de rayonnement par unité de surface sur toute la gamme de longueurs d'onde. Le rayonnement spectral $M_{0,\lambda}$ d'un objet réel est inférieur à celui d'un objet corps noir, il est donné selon PLANCK :

$$M_{0,\zeta} = \frac{C_1}{\zeta^5 \times (e^{C_2 - 1/\zeta\theta} - 1)} \text{ en } W.m^2 \quad (8)$$

ζ : La longueur d'onde en (μm) .

θ : La température absolue en Kelvin (K).

C_1 : $3,74 \times 10^8 W.\mu m/m^2$.

C_2 : $1,6729 \times 10^4 \mu m. K$.

L'émittance est le rapport du rayonnement du corps M au rayonnement du corps noir M_0 à la même température, on a :

$$\varepsilon = \frac{M}{M_0} \quad (9)$$

L'émittance du corps noir donnée par : $M_0 = \sigma T^4$.

✓ le rayonnement solaire :

A environ 150 millions de kilomètres de la Terre, le Soleil est une étoile d'un rayon de 750 000 km et émet $3,85.10^{26}$ W par seconde. un rayonnement est un rayonnement électromagnétique similaire à un corps noir à 5770 K. " rayonne à des longueurs d'onde principalement comprises entre 0,3 et 3 micromètres.

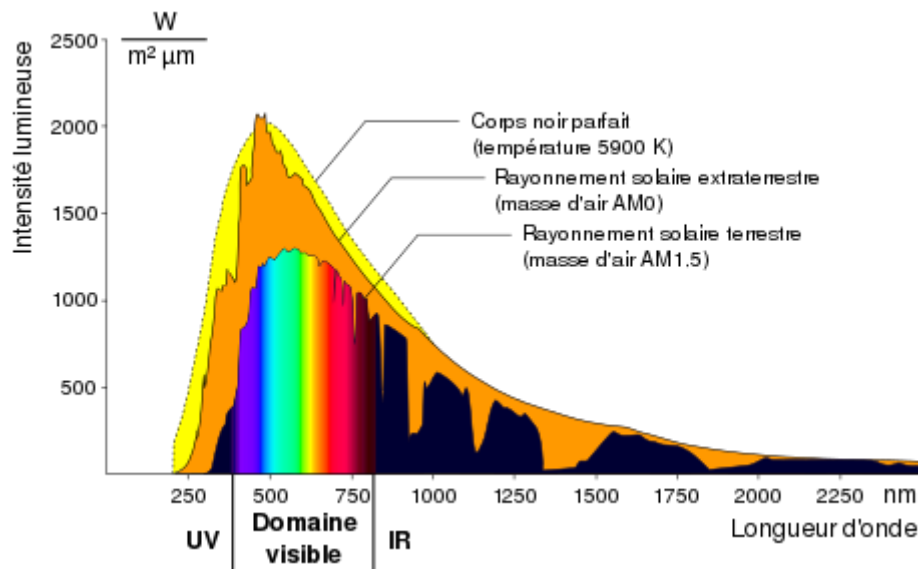


Figure II.14: spectre d'émission du soleil.

Irradiance ou irradiance déterminée par le flux de rayonnement électromagnétique travers une unité de surface. Le cas d'une machine particulière dépend de plusieurs facteurs : saison, heure de la journée, latitude du lieu observé. La latitude de ce lieu, mais surtout l'état de l'atmosphère et l'angle d'incidence.

Nous définissons également la constante solaire comme l'irradiance de la surface normale aux rayons du soleil, qui est située à la limite de l'atmosphère. Sa valeur a été évaluée $1353 W/m^2$.

II.2.1.5. L'effet de serre :

Son principe est qu'un matériau qui émet un rayonnement solaire peut être imperméable au rayonnement infrarouge. Le rayonnement à courte longueur d'onde traverse ces matériaux, chauffe la plaque absorbante, qui émet une longue longueur d'onde, c'est-à-dire un rayonnement infrarouge.

Ce rayonnement infrarouge, qui ne peut pas s'échapper, est en partie absorbé par la couverture chauffante et en partie réfléchi vers la plaque qui s'échauffe également.

Mais naturellement, si la puissance du capteur est constante, l'équilibre sera atteint après un certain temps.

L'apport solaire est alors égal aux pertes de chaleur. Ces derniers se font principalement par rayonnement et convection du revêtement vers l'extérieur.

Lorsque le capteur a atteint son équilibre thermique, la température de la plaque est d'autant plus élevée que l'effet de serre est fort. Cela se voit dans les doubles collecteurs, qui permettent d'atteindre une température d'équilibre plus élevée qu'avec des verres simples [17].

L'effet de serre

Un phénomène à l'oeuvre naturellement

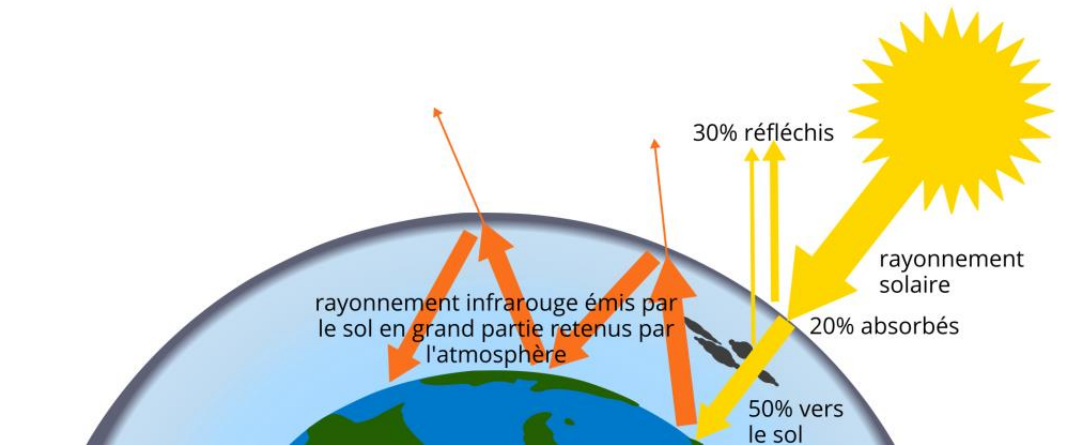


Figure II.5: Description schématique de l'effet de serre.

II.2.1.6. l'effet thermosiphon :

Le thermosiphon est un phénomène où la circulation naturelle du liquide dans la plante est due au changement de sa densité en fonction de la température, la partie du liquide chaud devient légère, monte et est remplacée par du liquide froid, qui est lourd. , ce qui crée un flux naturel. Liquide.

II.3. Les capteurs:

II.3.1. Le Principe de fonctionnement :

Les capteurs solaires convertissent le rayonnement solaire en chaleur à l'aide d'un absorbeur (un corps noir caractérisé par des caractéristiques d'absorption très élevées et de très faibles émissions). L'absorbeur transfère la chaleur à un fluide caloporteur (généralement de l'eau glycolée) qui circule dans chaque collecteur.

Le fluide caloporteur circulant dans le circuit primaire transfère l'énergie solaire des capteurs vers les ballons de stockage. [18]

II.3.2. Les type de capteurs :

Compte tenu des différents usages, les besoins en eau chaude sont spécifiques température et volume. Plusieurs capteurs différents ont été développés pour répondre à différentes exigences.

Ainsi, ils peuvent être classés par températures de fonctionnement ou par fluide utilisé (eau ou air).

Ils peuvent être divisés en trois groupes : les capteurs plans vitrés, les capteurs non vitrés et les capteurs sous vide.

a) Les capteurs plans vitrés :

Le capteur plan vitré est généralement utilisé dans les systèmes d'eau sanitaire ou de chauffage des locaux. La température de fonctionnement est généralement comprise entre 30 °C et 60 °C. Il se compose d'un caisson recouvert de verre isolant. A l'intérieur se trouve un absorbeur où circule le liquide chauffant. Le verre bloque le rayonnement infrarouge et isole l'espace d'air au-dessus de l'amortisseur pour retenir la chaleur.

Dans ce type de modèle, le registre est protégé contre les pertes de chaleur par un matériau isolant (principalement de la laine de roche). [19]

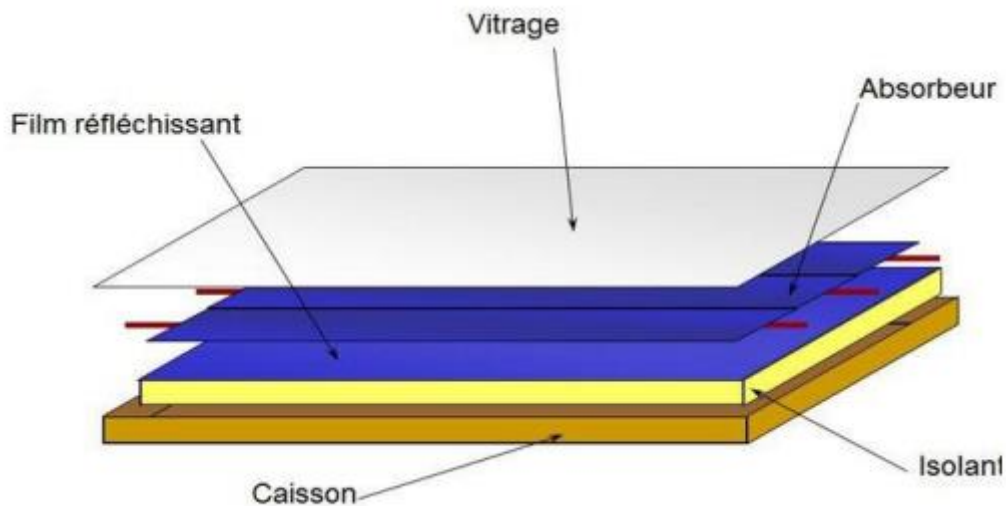


Figure II.6: Capteur plan vitré [20].

b) Les capteurs non vitrés :

Un tuyau de niveau non vitré est beaucoup plus économique, mais moins courant. Selon la température extérieure, il est généralement utilisé dans les systèmes de chauffage de piscine, mais peut parfois fonctionner comme système de chauffage d'eau sanitaire dans les pays chauds. Dans les climats tempérés, la température de fonctionnement est généralement inférieure à 30 °C. Il se compose uniquement d'un absorbeur dans lequel circule le fluide caloporteur.[19]

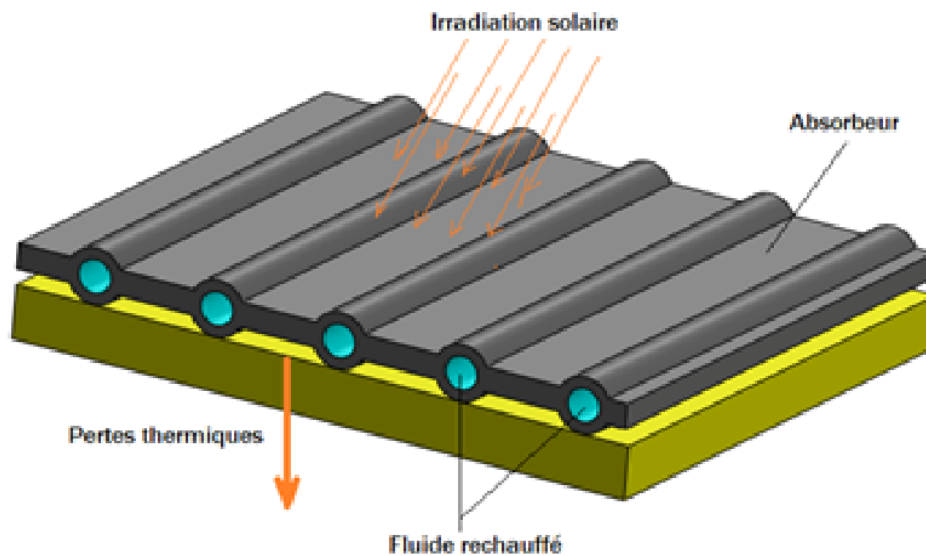


Figure II.7: Capteur non vitré

c) Les capteurs sous vide :

Les capteurs solaires à tubes creux sont des capteurs solaires plus performants que les capteurs à plaques planes à haute température de 77-170°C. Ils conviennent aux applications de chauffage commerciales et industrielles.

Un capteur solaire à tube creux se compose de rangées de tubes de verre parallèles reliés à un tube collecteur, comme illustré à la figure (II.8). L'air à l'intérieur de chaque tube est évacué et atteint une dépression d'environ 10-3 mbar. Cela crée des conditions d'isolation élevées pour éliminer la perte de chaleur par convection et rayonnement pour atteindre des températures plus élevées. Ces capteurs sont classés selon les nœuds de liaison de leurs matériaux ; par exemple, verre-métal ou verre-verre et avec une disposition de tuyau (concentrique ou tuyau en U). A l'intérieur de chaque tube se trouve une bande métallique plate ou incurvée, elle est fixée à un tube de cuivre. La nervure est recouverte d'un film mince dont les propriétés optiques sélectives permettent une absorption élevée du rayonnement solaire et réduisent les pertes de chaleur dues au rayonnement [21].

Il existe 04 famille de capteurs a tube sous vide

- Capteur à tube vide a circulation direct
- Capteurs a tube sous vide a "Caloduc"
- Les capteurs à tube sous vide à effet "thermos"
- Les capteurs à tube sous vide "Schott"

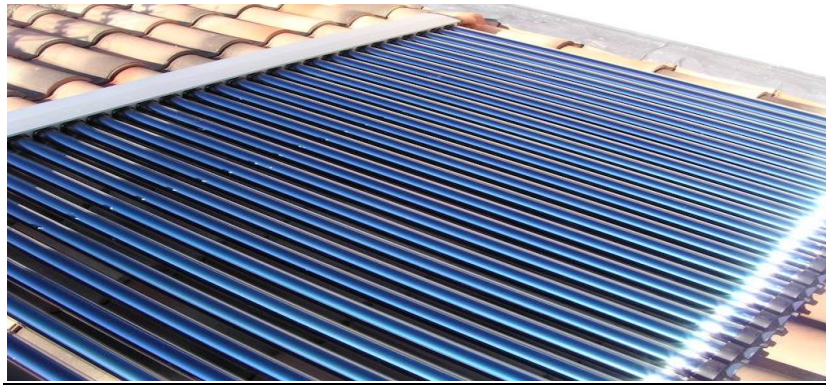


Figure II.8: Capteur sous vide.

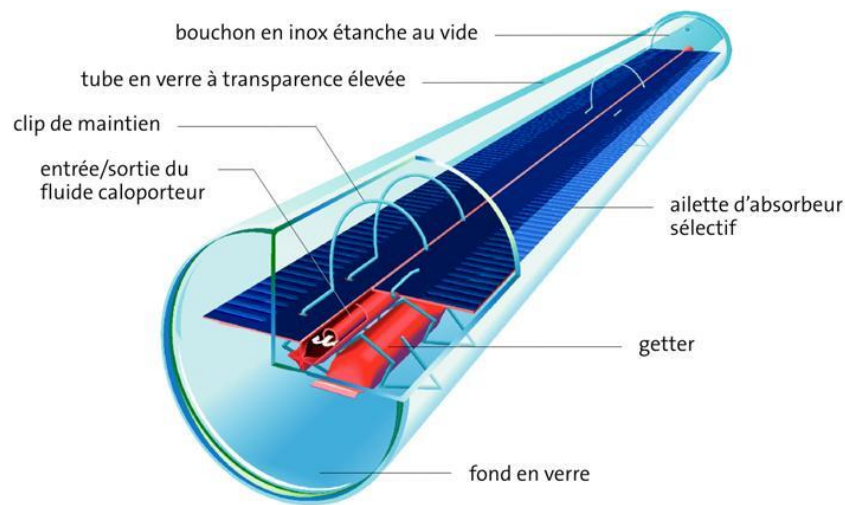


Figure II.9: coupe capteur sous vide.

II.3.3. Le choix d'un modèle de capteur :

Considérant nos besoins (alimentation en eau chaude sanitaire) et nos caractéristiques différent : capteur existant. Notre choix porte sur le capteur plan vitré.

II.4. Le réservoir et les canalisations:

Il existe deux façons de produire de l'eau chaude : la production instantanée et production par accumulation, les premières rares et très chères, on choisit une autre méthode consiste à produire et à stocker de l'eau chaude. Et c'est tout transport et stockage. le réservoir et les tuyaux doivent répondre à certaines exigences, que nous essaierons de résumer dans les paragraphes suivants,

II.4.1. Le réservoir :

Le réservoir doit répondre aux besoins quotidiens de l'appartement pendant la température de fonctionnement souhaitée plutôt que la quantité souhaitée. À noter mais la température de stockage est différente en raison de la température de fonctionnement pertes encourues par type d'assemblage. Il doit aussi résister à la pression liquide, qui souvent ne dépasse pas 2 bars [22].

II.4.2. Les canalisations :

Pour faire circuler l'eau entre l'isolateur, le réservoir et le point d'utilisation, nous avons des canalisations, qui sont le lieu de perte de chaleur. Pour surmonter cette perte de chaleur, une bonne isolation du circuit de tuyauterie est nécessaire. Ce dernier est considéré comme un type de circulation (naturelle avec thermosiphon ou pompe forcée), la longueur du circuit et la température désirée.

II.5. Bilan Thermique:

II.5.1. Mécanisme de pertes :

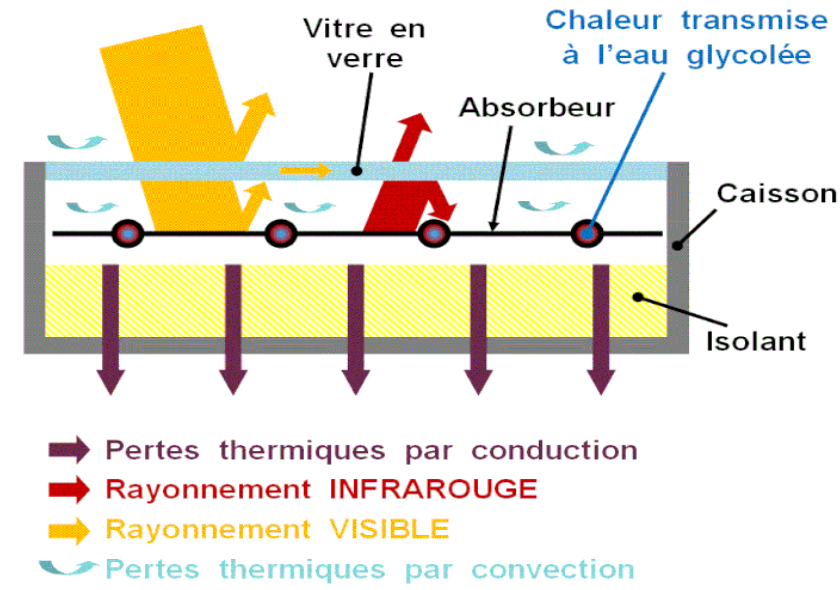


Figure II.10: mécanisme des pertes

a) Pertes par conduction :

Les pertes de conduction observées à l'arrière et sur les côtés de l'isolant sont données avec le rapport [23] :

$$Q_c = \frac{T_i - T_e}{\frac{e_i + e_b + e_a}{\lambda_i + \lambda_b + \lambda_a}} \times A_b + \frac{T_1 - T_2}{\frac{e_i + e_b}{\lambda_i + \lambda_b}} \times A_f \quad (10)$$

A_b Et A_f : Les aires du fond et latérale du capteur.

e_i et λ_i : sont l'épaisseur et la conductivité thermique de l'isolation.

e_a et λ_a : l'épaisseur et la conductivité thermique de l'absorbeur.

e_b et λ_b : l'épaisseur et la conductivité thermique de cadre.

T_1 : La température de surface absorbante.

T_2 : La température inférieure du cadre.

T_e : La température latérale du cadre.

T_i : La température de l'isolant au niveau des flancs.

Observation :

Le premier terme représente les pertes en bas et le second terme à côté. Mais notez que cette formule suppose que nous ayons tous la même isolation affronter.

b) Pertes par convection :

Il existe deux types de convection : sous le verre (entre le verre et l'absorbeur) et au-dessus, comme le montre la Figure I.11.

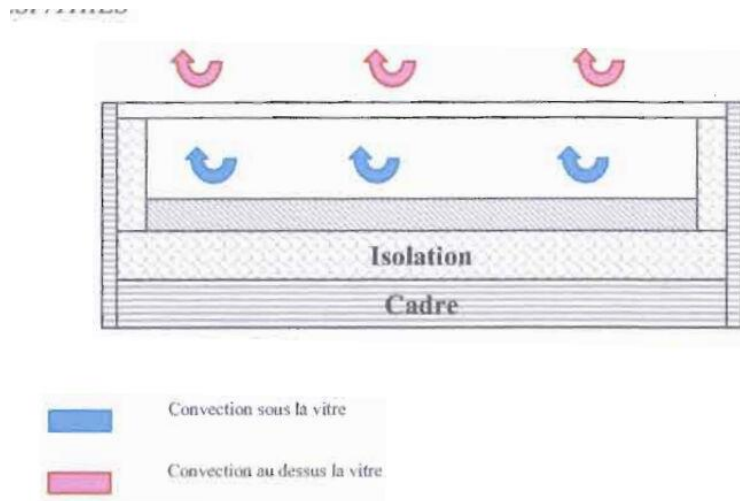


Figure II.11: perte par convection

Ces pertes correspondent au transfert de chaleur dû à l'air entre les absorbeurs et verre loin e Ils sont alors obtenus par le rapport :

$$Q_{cv} = \frac{\lambda_{air}}{e}(T_1 - T_V) \quad (11)$$

λ_{air} : La conductivité thermique de l'air.

T_1 : La température de l'absorbeur.

T_V : La température de vitre.

Observation :

Il existe deux façons de réduire ces pertes :

- Réduire λ_{air} c'est-à-dire remplacer l'air par un autre gaz telque le dioxyde de carbone.
- Augmentere e .

L'augmentation de l'espacement semble plus facile, mais s'avère inefficace en raison de la convection.

c) Pertes par réémission :

Cette quantité notée Q_r est donnée par la relation suivante :

$$Q_r = \frac{\sigma_0 \times S \times (T_1^4 - T_V^4)}{\frac{1}{\varepsilon_1} + \frac{1}{\varepsilon_V} - 1} \quad (12)$$

T_1 : La température de l'absorbeur.

T_V : La température de vitre.

ε_1 : L'émissivité de l'absorbeur.

ε_v : L'émissivité de la vitre.

Remarque :

vitrage multiple réduisent les émissions (voir Figure I.12). A noter également que dans ce cas, le premier verre doit être placé à environ 28 mm de l'absorbeur puis l'interface entre autres à une distance de 15 mm. Seule la vitre supérieure doit être fixée rigidement, les autres doivent être laissés avec un espace de 2 mm afin qu'ils puissent se dilater librement.

d) Pertes par réflexion :

Ils sont visibles au niveau du cache transparent et de l'absorbeur.

Le verre normal reflète 7 à 8 % du rayonnement entrant et la couleur noire atténuée 2 à 6 %.
[24] On a:

$$Q_{rf} = (\rho + 0.61 \times \alpha) \times E \times S + 0.006 \times E \times S \quad (13)$$

Le premier terme représente la réflexion du verre et le second la réflexion de l'atténuateur. Les coefficients α et ρ sont donnés par la courbe ci-dessous :

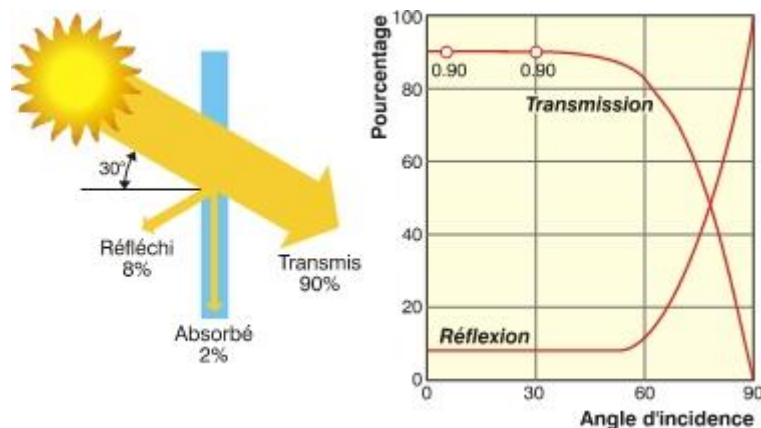


Figure II.12: variation des facteurs de réflexion de transmission et d'absorption de verre ordinaire en fonction de l'incidence de flux.

e) Pertes totales :

Les pertes totales sont indiquées par Q_t et la somme de toutes les pertes évaluées dans ces paragraphes. Et donc on a :

$$Q_t = Q_c + Q_{cv} + Q_r + Q_{rf} \quad (14)$$

II.5.2. Calcul du rendement :

Elle dépend de l'ensoleillement et de la différence de température entre l'environnement et l'adoucisseur, ainsi que du vent (qui favorise les pertes convectives).

Il est donné par :

$$\eta = 1 - \frac{Q_t}{EA} \quad (15)$$

Avec :

- A : La surface de l'isolateur en (m^2).
- E : L'ensoleillement en (kWh/m^2).

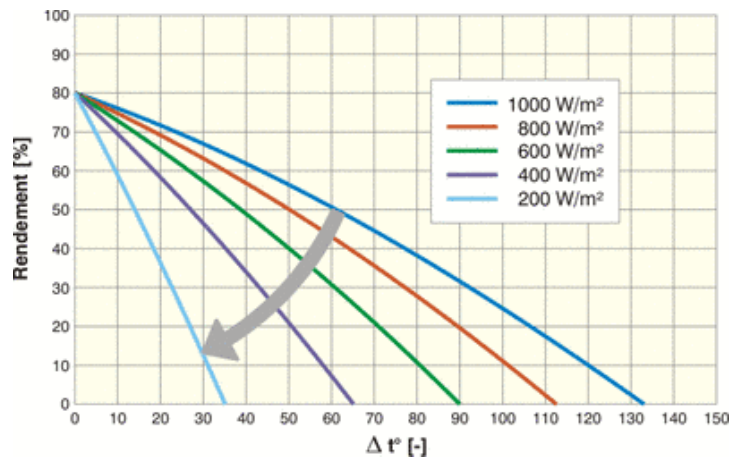


Figure II.13 : Le rendement d'un capteur rayonnement pour 1000-200 w/m^2 .

II.6. Mode de fonctionnement d'un chauffe-eau:

II.6.1. Mode de circulation :

II.6.1.1. Circulation naturelle (par thermosiphon) :

Pour éviter les inconvénients d'un système monobloc, tout en conservant les avantages et la simplicité, les panneaux peuvent être séparés du ballon d'eau chaude. Tant que les panneaux restent sous le réservoir de stockage, l'eau peut continuer à circuler naturellement par effet thermosiphon. A la sortie du panneau, l'eau est plus chaude donc plus légère, et elle monte jusqu'au réservoir, elle est remplacée par l'eau la plus froide du réservoir, qui est plus lourde et descend au fond des panneaux. Cependant, sous certains climats, il n'est malheureusement pas possible de faire circuler l'eau à travers des panneaux solaires toute l'année en raison du risque de gel. Ensuite, deux options sont possibles : les chaudières à circulation forcée et les chaudières antigels et auto vidangeâtes. [25]

Le fluide est mis en mouvement selon le principe du thermosiphon décrit au paragraphe II.14.

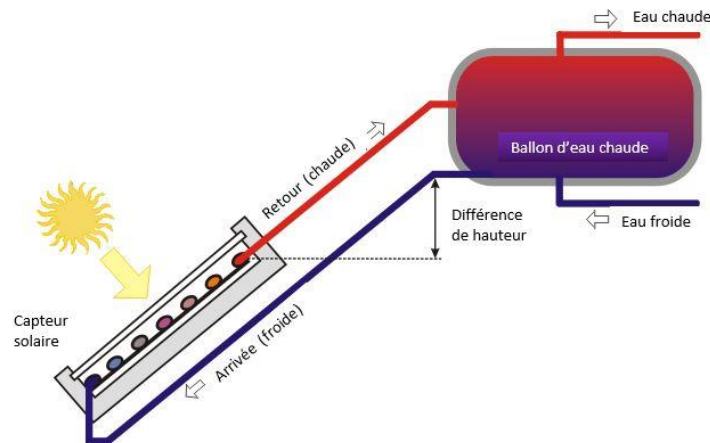


Figure II.14 : fonctionnement du thermosiphon.

Le mouvement du fluide est décrit par la relation suivante [26] :

$$H \times g \times (\rho_f - \rho_c) = \frac{J \times U^2}{2} \times \rho_m \quad (16)$$

Avec :

H : La distance (en mètres) entre les deux plans médians horizontaux du réservoir et du capteur, L'effet thermosiphon se produit immédiatement lorsque $H=300$ mm.

g : Accélération de la pesanteur en (m/s^2) .

ρ_f : Masse volumique de l'eau froide en (Kg/m^3) .

ρ_c : Masse volumique de l'eau chaude en (Kg/m^3) .

$\rho_m = \sqrt{\rho_f \times \rho_c}$ masse volumique moyenne de l'eau en (Kg/m^3) .

J : Le coefficient global de pertes de charge dans la conduite de circulation.

U : La vitesse d'écoulement du fluide donnée par la relation :

$$U^2 = \frac{2}{J} \times H \times \Delta T \quad (17)$$

ΔT : La différence entre les deux températures de fluide la froide et la chaude.

L'effet thermosiphon dépend donc de la charge" et de la variation de température ΔT .

II.6.1.2. Circulation forcée (par pompe) :

Les panneaux solaires sont remplis d'un liquide qui ne craint pas le gel (généralement de l'eau glycolée). Ce liquide étant impropre à la consommation et ne devant pas être mélangé à de l'eau chaude sanitaire, la chaleur est reprise dans le ballon au moyen d'un échangeur de

chaleur. Le radiateur à l'intérieur du ballon remplit ce rôle et évite le contact de l'eau chaude et du fluide caloporteur. La pompe assure la transmission du fluide entre le capteur solaire et l'échangeur de chaleur, du coup la position du ballon par rapport aux panneaux n'a plus d'importance. [25]

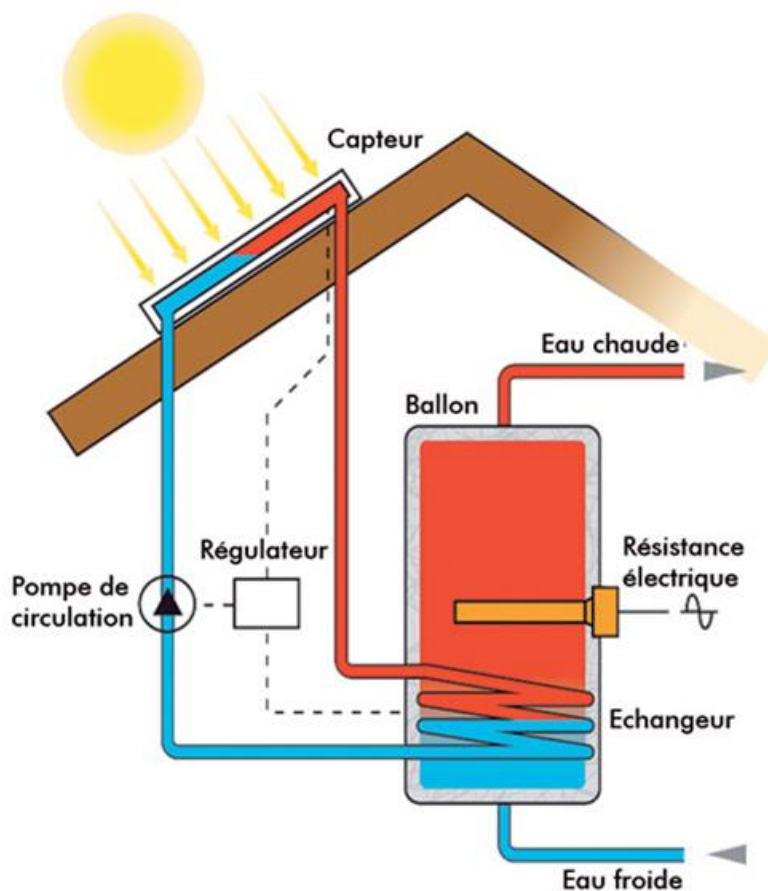


Figure II.15 : Fonctionnement avec circulateur.

II.6.2. Types de stockage :

II.6.2.1. Stockage avec échangeur: système à deux fluides :

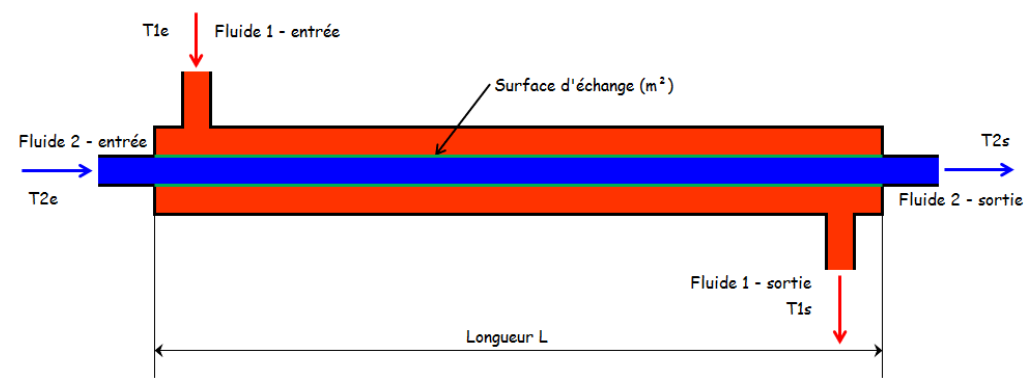


Figure II.16 : Stockage avec échangeur.

II.6.2.2. Stockage sans échangeur: système à un fluide :

Pour cette disposition, le liquide récupère la chaleur du collecteur. L'échange est donc préparé par mélange.

L'inconvénient est que le liquide circulant dans le capteur est constamment renouvelé, ce qui favorise la formation de tartre dans l'absorbeur [27].

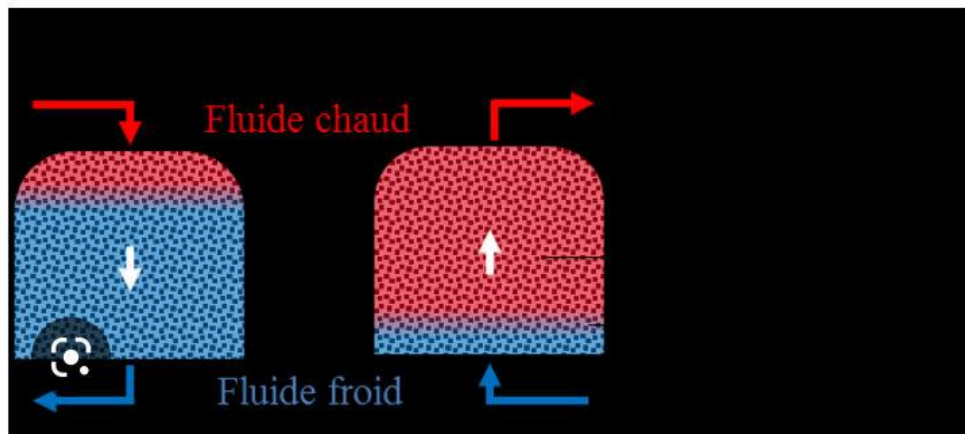


Figure II.17 : stockage sans échangeur.

II.7. Dimensionnement:

II.7.1. Etude des besoins:

La première étape du dimensionnement d'un chauffe-eau solaire consiste à déterminer la consommation individuelle. Cependant, ce montant dépend de plusieurs paramètres. Et sa valeur est différente selon les autres.

II.7.1.1. Variables qui influent sur la consommation :

Les besoins individuels en ECS sont liés aux éléments suivants :

- type d'utilisation correspondant au type de pièce (maison, hôtel, bureau ou hôpital, etc.) ;
- le mode de vie des utilisateurs, compte tenu du pays, des coutumes, de la région, du climat et du niveau de vie ;
- équipement sanitaires thermiques;
- saison : selon que l'on a froid ou non, la consommation d'eau chaude sanitaire varie fortement, comme le montre la figure ci-dessous [28] :

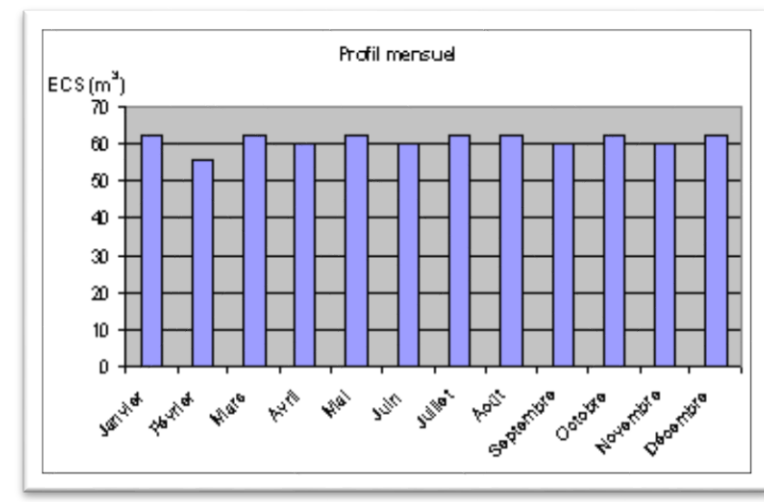


Figure II.18 : la variation de la consommation d'eau chaude dans une année.

Et nous pouvons voir que la consommation varie d'un mois à l'autre. Cependant, il convient de noter que seule la valeur maximale est importante lors de la détermination des dimensions.

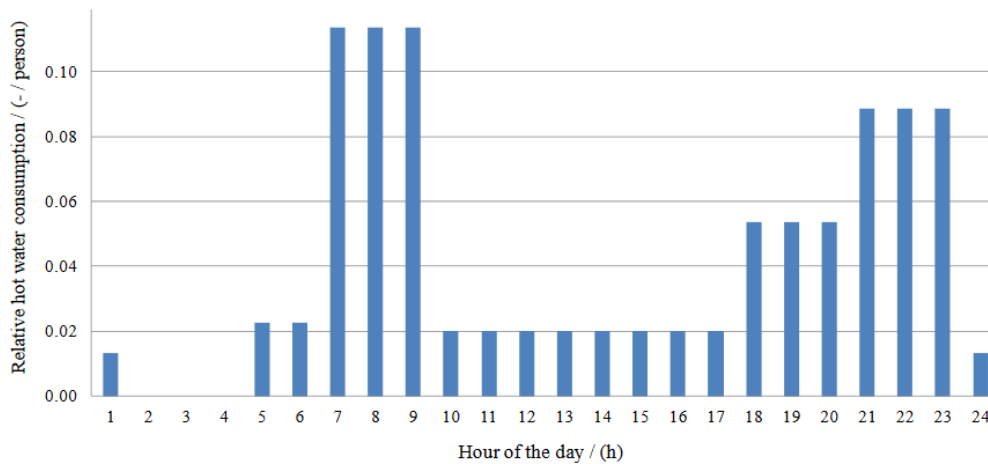


Figure II.19 : La variation de la Consommation de l'eau chaude en ville d'Oran en fonction des jours et les heures de la journée.

Ce graphique illustre la différence de consommation entre un seul jour et les jours de la semaine. Cependant, les valeurs considérées dans les calculs sont les valeurs de la courbe enveloppe.

II.7.1.2. Besoin dans les habitations :

La quantité d'eau chaude sanitaire nécessaire à la résidence peut être déterminée de deux manières différentes : soit en fonction du nombre d'habitants, soit celle équipement. Il convient également de noter que les valeurs données ci-dessous sont à revoir pour les pays en développement.

❖ Besoins en fonction des habitants :

Le tableau suivant résume la consommation quotidienne par personne [28] :

0-3 : la consommation quotidienne par personne

Habitations	Confort minimal	Confort normal	Confort maximal
Consommation (l/j) par personne à 50 °C	30	50	75
	Dans la prochaine décennie		
	35	55	80

Les besoins d'un bâtiment occupé, dont le nombre d'occupants est connu, peuvent être obtenus en multipliant le nombre d'occupants par la valeur de consommation. Pour atteindre le niveau de confort souhaité. Dans le nouveau bâtiment, la moyenne d'occupation normale est utilisée, soit environ 1,5 personne par chambre.

❖ Besoins en fonction des logements et de l'équipement :

On connaît généralement le nombre d'appareils : toilettes installées (ou à installer). Dans ce cas, les exigences sont un cumul des quantités requises pour chaque appareil, le tableau ci-dessous indique les quantités par appareil et par type de boîtier [28].

Tableau II-4 : les quantités par appareil et par type de boîtier

EQUIPEMENTS SANITAIRES ALIMENTES EN ECS					
Désignations Appareils	Température		Débits de base Qdtu (l/s)	ΣNb x robinet	Σ débits Qecs l/s
	EF	EC			
	Tf (°C)	Tm (°C)			
Lavabo et vasque	10 °C	40 °C	0,20 l/s	1	0,13l/s
Bidet	10 °C	40 °C	0,20 l/s	1	0,13l/s
Lave bassins	10 °C	55 °C	0,33 l/s	1	0,33l/s
Baignoire	10 °C	55 °C	0,33 l/s	1	0,33l/s
Douche	10 °C	40 °C	0,20 l/s	1	0,13l/s
Evier	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
Kitchenette	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
Vidoir mural	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
Postes d'eau	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
Pailleuse humide	10 °C	55 °C	0,20 l/s	1	0,20l/s
Poste de lavage	10 °C	55 °C	0,33 l/s	1	0,33l/s

❖ Besoins journaliers d'une habitation en kWh :

Le besoin en eau chaude sanitaire peut être exprimé en capacité. Le ratio suivant permet de passer aux besoins en litres par jour (L/J) (kWh/J) [29]:

$$C=0.001611 \times V \times (Tc-Tf) \quad (18)$$

Avec :

- ✓ C : la puissance qui représente les besoins (KWh/J).
- ✓ V : le volume d'eau besoins en (L/J).
- ✓ Tc : la température de l'eau chaude en (°C).
- ✓ Tf : la température de l'eau froide en (°C).

II.7.2. Choix des matériaux:

Le choix du matériau joue un rôle très important dans la conception. En fait, il s'agit d'une étape de mesure et affecte la mise en œuvre. Cela dépend des exigences que nous nous fixons tant au niveau de la conception (dimensions et fabrication) qu'à l'intérieur. Commercialisation

Dans cette section, nous n'aborderons pas toutes les pièces du chauffe-eau, mais seulement les plus importantes.

Veillez noter que le choix des matériaux est très important, c'est pourquoi tous les organes de notre appareil sont rigoureusement sélectionnés.

II.7.2.1. Le vitrage :

Un cache transparent est placé devant le silencieux à deux fins :

- **Isolation** : Elle empêche l'air extérieur d'affecter le silencieux et lui permet ainsi de se réchauffer correctement.
- **Effet de serre** : En laissant passer le rayonnement solaire et en stockant les émissions de l'absorbeur, on réalise l'effet de serre. L'espace optimal pour s'évader la distance entre la vitre et le silencieux est de 28 mm (en pratique 25 ou 40 mm)

Le matériau le plus adapté est le verre uni le plus blanc, épaisseur 4mm. Mais ce dernier est de moins en moins courant sur le marché, et nous utilisons donc ce qui est actuellement en vente. Parce que la présence d'oxydes métalliques y est presque imperceptible.

Vous pouvez également utiliser du verre "martelé" ou trempé et du Mylar, du Tedlar ou de l'Adlar, mais le premier (martelé ou trempé) est très cher et les autres vieilliront. Rapide au soleil.

II.7.2.2. L'absorbeur et le serpentin :

Cet ensemble sert à chauffer le fluide circulant dans la canalisation. L'absorbeur est en tôle galvanisée peinte en noir mat et la batterie est en cuivre. Propriétés thermiques et le cuivre résiste bien à la corrosion.

Pour que le thermosiphon mûrisse facilement, le circuit d'eau de l'isolant doit lui être favorable [22]. A cet effet, la classification des formes gastriques est présentée en annexe 2, nous choisissons un modèle avec des tubes verticaux parallèles

II.7.2.3. L'isolation :

Pour des performances optimales, le capteur et le réservoir doivent être bien isolés. Et donc un choix judicieux est essentiel.

L'annexe 1 répertorie certains isolants avec leurs propriétés.

Nous choisissons le polystyrène pressé à chaud en raison de sa disponibilité et de ses propriétés adaptées.

II.7.2.4. Le cadre (ou coque) :

Il maintient les troupes rigides. Les matériaux possibles pour sa fabrication sont :

- **Feuilleinoireunie** : bon marché, mais facilite la déperdition de chaleur et nécessite du matériel lourd (plieuse, poste de soudure, etc.)
- **Bois** : peu coûteux mais relativement éphémère
- **Plastique** : fibre de verre et résine. Sûr et pas très cher, ne nécessite pas de matériel particulier, demande beaucoup d'entretien, mais s'utilise de plus en plus.

Dans notre cas, nous choisissons d'utiliser du bois car il est plus facilement disponible sur le marché.

II.7.2.5. L'enveloppe intérieure du réservoir :

Il est fabriqué en tôle galvanisée pour éviter la corrosion. Un revêtement antirouille peut être installé pour une meilleure protection.

II.7.3. Dimensionnement du capteur:

Dans cette section, nous ne couvrirons que le dimensionnement des amortisseurs. Bobinage et isolation. En fait d'autres dimensions dépendent des dimensions de ces éléments.

II.7.3.1. L'absorbeur :

La première étape de la conception d'un collecteur consiste à déterminer la surface de l'isolant. Cette aire de collection est donnée par la relation suivante [29] :

$$A = \frac{1}{\eta_{sys}} \times \frac{f \times C}{E} \quad (19)$$

A : la surface en (m²).

η_{sys} : le rendement du système.

f : la fraction des besoins couverts dans les périodes les plus défavorables.

C : les besoins en (kWh/J) donnée par l'équation (7).

E : l'ensoleillement (kWh/J) (on utilise sa valeur maximale E_{max} pour un système qui secours et sa valeur minimale E_{min} dans un système 100% solaire).

II.7.3.2. Le serpentin :

$$Dth = \sqrt{\frac{4QB}{\rho\pi U}} \quad (20)$$

Déterminer la taille de l'échangeur consiste à déterminer son diamètre D, car sa longueur dépend de la taille du silencieux. Ce diamètre est obtenu à partir de la relation [30]

Q^B : représente le débit de base de l'appareil de service.

U : la vitesse de circulation du fluide caloporteur, ici de l'eau (choisie entre 0,5-2 m/s) ;

ρ : la masse volumique (kg/m^3);

Cependant, la pression résiduelle du point de fonctionnement Ps doit être vérifiée

II.7.3.3.L'isolation :

Pour ce calcul, nous supposons aucune chute de température entre le clapet et le verre ($\rho=0,998 \text{ kg/m}^3$ et $C_p=1009 \text{ J/kg.K}$ à 350 K) et un volume de $0,2 \text{ m}^3$

La mousse de polystyrène pressée à chaud ($\lambda= 0,029 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$).

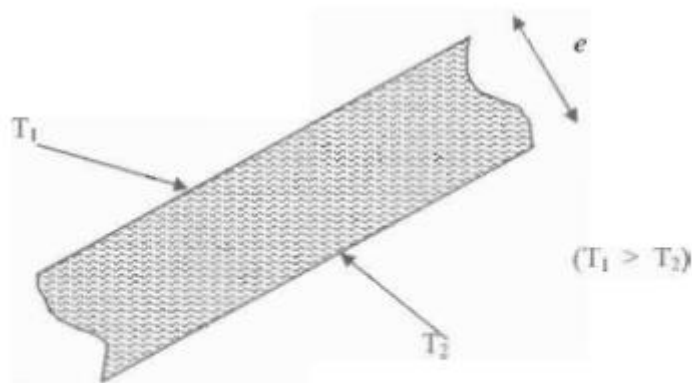


Figure II.20: Vue partielle de l'isolement du capteur

e : l'épaisseur de l'isolant (mm) ;

T1 : la température de coté de vitrage ($^\circ\text{C}$) ;

T2 : la température du coté opposé de vitrage ($^\circ\text{C}$);

Prenons $T1 = 80.^\circ\text{C}$ et $T2 = 25.^\circ\text{C}$

Le flux de chaleur ϕ à travers l'isolant s'écrit :

$$\phi = \frac{\lambda}{e} (T1 - T2) \quad (21)$$

Les pertes estimées sont généralement de l'ordre de 100-200 W/m² [9]. Nous prenons la perte à environ 150 W/m². Il permet l'épaisseur et nous avons donc :

$$e = \frac{\lambda \times (T_1 - T_2)}{\Phi} \quad (22)$$

Application numérique :

$$e = \frac{0.041 \times (80 - 25)}{150} \quad (23)$$

$$e = 15,03 \text{ mm}$$

Nous décidons de renforcer l'isolation inférieure avec une plaque d'aluminium 4/10. Il se place entre le polystyrène et le silencieux en veillant à ce qu'il n'entre pas en contact avec celui-ci.

Sa contribution à l'isolation est qu'il réfléchit le rayonnement infrarouge de l'absorbeur.

II.7.4. Dimensionnement du réservoir :

Cette section concerne uniquement la détermination de la taille et de l'isolation de la coque intérieure, pour les mêmes raisons que dans les dimensions du capteur.

II.7.4.1. L'enveloppe intérieure :

Le volume de stockage V_s en litres est obtenu à partir du rapport [29]:

$$V_s = 350 \times E \times \left(\frac{A}{T_c - T_f} \right) \quad (24)$$

Avec :

E : l'ensoleillement quotidien du meilleur moi de l'année (kWh/m²/jr) ;

350 : le nombre de jour de l'année ;

A : la surface de capteur solaire (m²) ;

$\Delta T = (T_c - T_f)$: la température de l'eau chaude et la température de l'eau froide (en °C).

Ainsi, en fixant la longueur L (en mètres) du récipient cylindrique supposé L_0 , son rayon intérieur r_i (en mètres) est obtenu en fixant :

$$V_s = 0.001 \times \pi \times r_i^2 \times L_0 \quad (25)$$

$$\Rightarrow r_i = \sqrt{\frac{V_s}{0.001 \times \pi \times L_0}} \quad (26)$$

II.7.4.2. L'isolant :

Cette section traite de la détermination de l'épaisseur de l'isolant. Pour ce faire, nous devons déterminer le flux de chaleur qui le traverse.

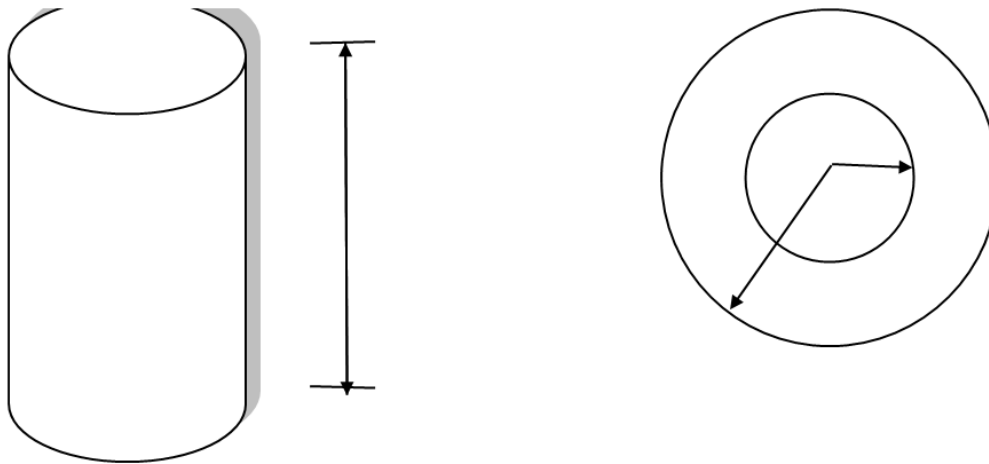


Figure II.21 : Répartition de la température autour de la solution du réservoir

La plupart des pertes de chaleur proviennent des pertes nocturnes, que nous devons déterminer, alors déterminons d'abord ces pertes.

a. Les pertes nocturnes q :

Supposition de calcul:

- la température dans le réservoir T_i à 18h00 est $T_i = 60^\circ C$.
- la température dans le réservoir T_i' à 8h00 est $T_i' = 57^\circ C$.
- la masse d'eau dans le réservoir M est $M = 250 \text{ kg}$.

Calcul de q :

On a : $q = M \cdot C_p \cdot \Delta t$

Avec :

M : Masse d'eau (kg) ;

C : Chaleur massique ;

Δt : c'est la variation de température entre 18h00 et 08h00 ($^\circ C$)

$$q = 250 \times 1004 \times 3$$

$$q = 753000 \text{ J} \quad \text{soit} \quad 14,45 \text{ W}$$

b. L'épaisseur e de l'isolant :

La quantité de chaleur à travers l'isolation est donnée par le rapport :

$$q = \frac{2\pi \times \lambda \times L_o \times (T_i - T_e)}{\log\left(\frac{r_e}{r_i}\right)} \quad (27)$$

Placé : $r_e = r_i + e$

(27) devient :

$$q = \frac{2\pi \times \lambda \times L_o \times (T_i - T_e)}{\log\left(l + \frac{e}{r_i}\right)}$$

D'où :

$$e = r_i \left[\exp\left(\frac{2\pi \times \lambda \times L_o \times (T_i - T_e)}{q}\right) - l \right]$$

En plus des hypothèses données au point 4.2.1, on suppose que $T_e = 20^\circ\text{C}$, $L_o = 1,2 \text{ m}$ et l'isolant est en polystyrène pressé à chaud ($\lambda = 0,029 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$).

On a : $V_s = 250 = (0,001 \times \pi \times r_i^2 \times L_o)$

$$\Rightarrow r_i = \sqrt{\frac{V_s}{0,001 \times \pi \times L_o}} \quad (28)$$

$$\Rightarrow r_i = 257 \text{ mm.}$$

En mettant ces valeurs numériques dans (26), on obtient :

$$e = 40,76 \text{ mm.}$$

II.7.5. APPLICATION : Cas particulier du domicile :

II.7.5.1. Définition du cahier de charge :

Dans la maison de 15 personnes, de l'eau chaude (destinée exclusivement à la toilette du corps) à une température de 36°C est demandée.

II.7.5.2. Dimensionnement du modèle :

Le modèle est mesuré avec une marge de 10% en fonction des besoins individuels. Par diverses méthodes décrites dans les sections II.3 et II.4 on obtient les valeurs données dans le tableau II.3.

Besoin par personne (l/j)	15
15 personnes sont nécessaires (l/j)	250
15 personnes sont nécessaires (kWh/j)	8,7025
Surface de captation (m ²)	2,327371938
Volume de stockage (l)	162,9160356

II.7.5.3. Design du modèle :

Compte tenu des dimensions, nous avons fait un dessin. Notre capteur et la coupe transversale de notre réservoir sont illustrés respectivement aux Figures II.22 et II.23 S, et nous vous fournissons le dessin de notre chauffe-eau dans.

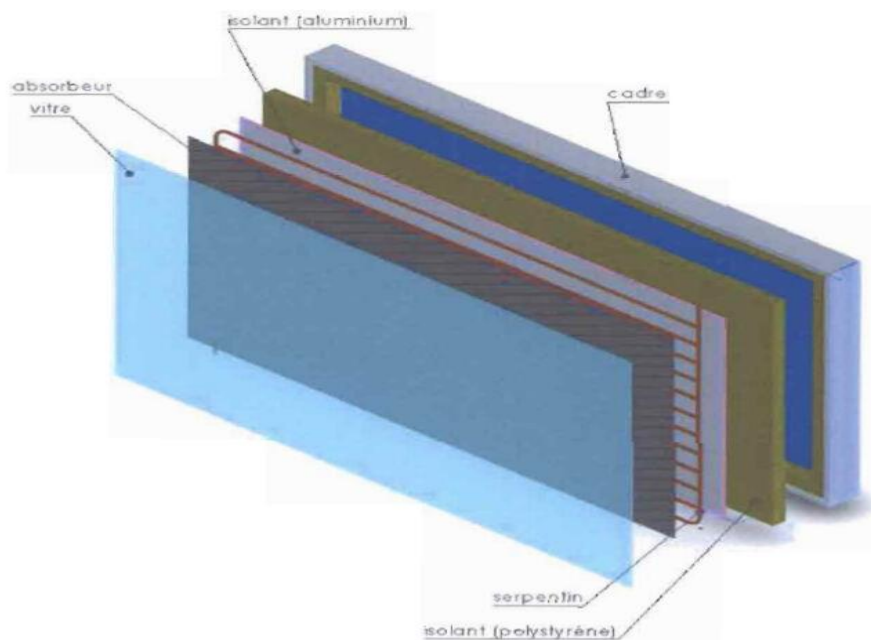


Figure II.22 : Vue éclatée du capteur.

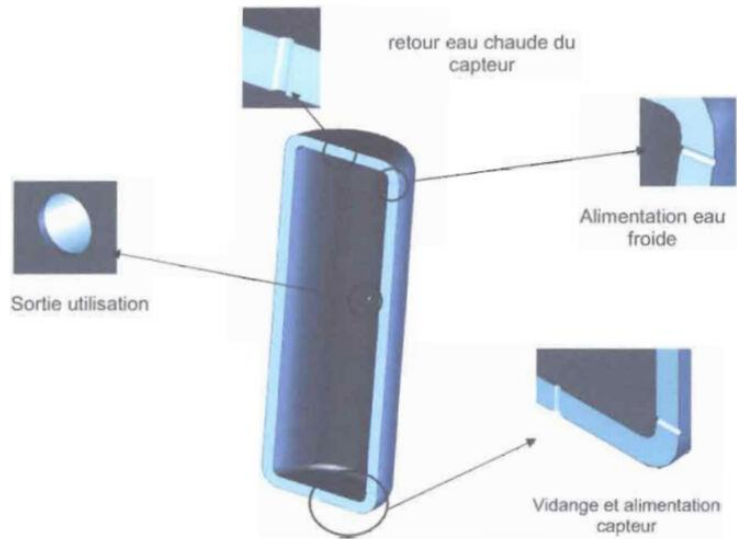


Figure II.23 : Coupe transversale du réservoir

II.8. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de donner un aperçu des différents types d'installation panneaux solaires thermiques utilisés pour le chauffage et la production d'eau chaude et pour comprendre leur technologie.

Nous avons examiné les paramètres les plus importants pouvant affecter leurs performances.

Chapitre 3 :

Simulation du chauffe-eau solaire a circulation forcée par program TRNSYS

III.1. Introduction :

Les scientifiques ont tenté de résoudre le problème grâce à une série d'expériences à grande échelle. Mais plusieurs techno-commerciaux en raison des limitations, l'application de la technique de test est très difficile. dans une vision d'expérimentation, de modélisation et de simulation à long terme et s'est avéré être une alternative prometteuse pour réduire significativement le nombre de tentatives répétées et répétées. Physique similaire test; La simulation peut être appelée une expérience numérique. Une notion qui ne peut pas être sondée par des expériences physiques, car les environnements plus rares plus rares n'existent pas.

Une installation abordable peut également être simulée. En général, les expériences physiques sont très coûteuses et prennent beaucoup de temps, tandis que les simulations sont relativement bon marché et plus rapides. Résultats de la simulation dépend largement du degré de précision du modèle mathématique. La simulation facilite l'exécution répétée d'un ensemble d'expériences réglages des paramètres. L'effet de divers facteurs d'incertitude, par ex. Les conditions météorologiques, les erreurs humaines, les biais, etc. sont exclus. Gunnar Wilson, grand vieil homme et entrepreneur suédois, dit "C'est normal". Le temps est inhabituel". La simulation permet la synthèse informations météo si nécessaire. Scientifiques de l'énergie solaire l'énergie fait également face à de nombreux défis diurnes et saisonniers fluctuations et nature temporaire. Cohérence et cohérence des données obtenu en essayant est nécessaire mais l'incertitude L'énergie solaire est importante. De plus, il est très difficile de le prouver journée de répétition sous le soleil.

De plus, il est courant que les chercheurs appartiennent à d'autres formations en informatique à de grandes difficultés en programmation informatique. Leur tâche principale est la discipline parentale; c'est pourquoi c'est très difficile d'acquérir une technologie apparemment nouvelle menace la recherche nucléaire. Le script actuel est essayé de fournir une base de connaissances à ces chercheurs. Le manuscrit serait utile à ces chercheurs en herbe et

participer en tant que travail complet dans les outils populaires de modélisation et de simulation de chauffe-eau solaires et la perspective TRNSYS.

TRNSYS est un logiciel de simulation développé en 1975 par l'université du Wisconsin.

- Principalement utilisé dans le domaine des énergies renouvelables et du bâtiment.
- Il permet de simuler rapidement un très grand nombre de systèmes.

III.2. Présentation du logiciel TRNSYS :

Abréviations pour TRNSYS Transient System est l'un des programmes de système de simulation les plus populaires conçu par Duffy Beckman en 1935. Il s'agit d'un environnement de simulation complet et extensible qui traite principalement des problèmes liés aux systèmes à comportement transitoire tels que les applications d'énergie solaire, l'analyse thermique des bâtiments, systèmes électriques, CVC, etc. Le projet de bâtiment solaire passif est situé à Boulder et simulé à Madison. Le projet était une coentreprise entre le SolarEnergyLaboratory, l'Université du Wisconsin, Madison et l'Université du Colorado. À la fin du projet, un nouveau défi s'est présenté avec l'ajout d'un by-pass au four et la simulation d'un nouveau système. Changer le système de chauffage a pris une demi-journée, tandis que la reprogrammation de la simulation a pris environ deux mois. Ce besoin a ouvert la voie à une simulation modulaire et flexible. TRNSYS s'est avéré être une solution prometteuse à tous ces défis. Modélisation des composants individuels du système énergétique comme une seule boîte noire ; est la philosophie de base de TRNSYS. Le logiciel a été développé à l'origine pour un système solaire thermique et a ensuite été étendu à plusieurs systèmes transitoires [31]. De nombreux chercheurs, ont optimisé divers paramètres de conception et de fonctionnement, et un bon accord a été rapporté dans la variation admissible. TRNSYS nous permet de concevoir des composants personnalisés basés sur notre propre modélisation mathématique ; par conséquent, le taux de convergence de l'optimisation dépend de manière critique de la modélisation. Des valeurs empiriques appropriées peuvent également être saisies pour compenser la variation non linéaire du paramètre transitoire.

III.3. Principaux caractéristiques de TRNSYS :

TRNSYS est principalement divisé en deux parties, dont la première est le moteur (appelé noyau) qui lit et traite le fichier d'entrée. Le noyau résout itérativement le système, détermine la convergence et trace les variables système. Le deuxième élément est une bibliothèque de composants préfixés par un type, qui est un modèle mathématique indépendant et peut fonctionner à la fois indépendamment et dans le cadre d'un assemblage. Par exemple, capteurs solaires, modules solaires, bâtiments multizones, éoliennes, données météorologiques, etc. L'utilisateur peut modifier des composants existants ou écrire les siens. Tout langage de programmation tel que FORTRAN, C, C++, PASCAL capable de générer des fichiers DLL peut être utilisé pour développer des modèles de composants personnalisés. Le studio de simulation est le principal espace de travail où les projets sont généralement placés en faisant simplement glisser et en connectant graphiquement les composants. Un type particulier de composant (par exemple, le type 1 pour un capteur solaire, le type 56 pour un modèle de bâtiment multizone, etc.) contient des informations sur les entrées, les sorties et les

paramètres [32]. Le modèle de boîte noire TRNSYS est visualisé Fig.6.1. Basé sur l'assemblage de composants assemblés; Un fichier d'entrée de texte appelé fichier pont est créé pour le simulateur TRNSYS. Gestion des sorties telles que traceur en ligne, imprimante, etc. est utilisé pour analyser les résultats de la simulation. Cela facilite également le réglage fin de la simulation. Vous pouvez créer une variété de rapports de simulation définis par l'utilisateur. TRNSYS fournit une interface utilisateur graphique conviviale pour la conception de composants de sous-système. Le fonctionnement de ces composants du sous-système est basé sur un modèle mathématique différentiel ou algébrique [33,34]. TRNSYS est un programme de simulation transitoire séquentielle et modulaire qui utilise la méthode du calcul séquentiel pour résoudre des équations algébriques et différentielles ordinaires [35,36]. Les paramètres, l'architecture et la conception des composants du studio de simulation pour atteindre la puissance souhaitée sont analogues à l'expérience physique. Jones et al. (2001) ont montré qu'un modèle de composants cohérent et distributif basé sur une simple équation d'énergie peut être développé. Une marge d'amélioration considérable a été confirmée par des experts du monde entier [37]. TRNSYS fournit des solutions aux problèmes d'un large éventail d'utilisateurs dans le monde entier, des ingénieurs aux chercheurs, des chercheurs spécialisés et des spécialistes de la simulation de construction aux architectes.

III.4. Avantages du logiciel TRNSYS :

Les avantages offerts par le logiciel TRNSYS sont nombreux. En effet, à l'aide de l'utilitaire Prebid, définir un bâtiment est devenu encore plus simple et permet de modifier très facilement divers paramètres. D'autre part, TRNSYS se trouve être un logiciel modulaire auquel on peut ajouter des modules écrits soit en FORTRAN soit en Matlab soit en EES, ce qui laisse la possibilité d'améliorer le modèle en incluant divers phénomènes thermo-aérogologiques ainsi que la simulation du modèle. systèmes de chauffage, de climatisation, de ventilation et de refroidissement. Enfin, comparé à CFD, TRNSYS est plus rapide dans les simulations. Certes, ce n'est pas le même concept ou les mêmes équations à résoudre, mais dans notre cas, nous devons trouver les charges thermiques de l'arène, que TRNSYS peut déterminer instantanément.

III.5. Limites du logiciel TRNSYS :

Les contraintes TRNSYS pour la simulation thermique d'arène sont au nombre de deux : le transfert d'air et le rayonnement entre les surfaces internes.

TRNSYS ne calcule pas réellement la vitesse de l'air entre les différentes zones thermiques, ce qui oblige à définir les flux d'air qui s'échangent entre les zones.

D'autre part, TRNSYS traite les surfaces internes comme des surfaces noires et ne nous permet pas de modifier l'émissivité des surfaces internes des extérieurs du bâtiment.

III.6. TRNSYS pour l'énergie solaire :

Le vaste domaine de la simulation de systèmes d'énergie solaire comprend la gestion de l'énergie des bâtiments, les applications solaires thermiques, la production d'énergie solaire,

etc. Des chercheurs et des professionnels du monde entier ont utilisé TRNSYS pour valider leurs expériences, concevoir et concevoir de nouveaux systèmes et effectuer des analyses de conception. Voici les principales caractéristiques basées sur le travail effectué dans le monde entier :

III.6.1. Gestion énergétique des bâtiments :

Des recherches d'importance mondiale ont été publiées sur la simulation énergétique des bâtiments. Datta Gouri (2001) a étudié l'effet des dispositifs d'ombrage à lamelles horizontales fixes sur la performance thermique d'un bâtiment en utilisant la simulation TRNSYS et la variation du coefficient d'ombrage observé avec l'heure de la journée et les conditions météorologiques. Siddiqui et al (2008) ont développé un modèle basé sur TRNSYS d'un bâtiment urbain à énergie zéro à Toronto en utilisant TRNSYS, qui semble prometteur pour les climats plus froids [38]. Purohit et Kumar (2006) ont utilisé TRNSYS pour présenter une simulation d'une technologie de refroidissement unique pour les bâtiments en Inde utilisant le refroidissement par évaporation de la surface du toit. Les paramètres de performance analysés sont l'inconfort du bâtiment climatisé (DDH) et la charge de refroidissement mensuelle. Des études approfondies incluent différentes configurations de murs et de plafonds avec différents coefficients de transfert de chaleur. Le refroidissement par évaporation est très efficace dans les régions tropicales aux climats chauds et secs. Les refroidisseurs de desserts se sont avérés les plus efficaces dans ces domaines. Álvarez et al. (2010) ont étudié le comportement thermique d'un lieu de rencontre dans le désert de Tabernas en Espagne et ont validé l'expérience.

III.6.2. Simulation de système complexe :

En plus de la simulation des composants de base, des systèmes complexes tels que l'ensemble de la centrale électrique ont également été simulés. Braithwaite et Boehm (2004) ont développé deux nouveaux composants et ont étudié l'ajout d'un dispositif de stockage thermique à une centrale SEGS en utilisant TRNSYS [39]. Yao et al. (2009) ont décrit que deux étapes critiques peuvent être suivies dans la modélisation et la simulation d'une installation. Le premier est de déterminer les variables critiques du processus et le second est d'évaluer le comportement dynamique de ces variables. Casimiro et al (2013) ont réalisé une simulation TRNSYS d'un système d'évaporation à simple effet basé sur un cycle solaire concentré de Rankine ; utilisant des usines de dessalement pour la cogénération d'eau et d'électricité. Vatcharasathien et al (2005) ont analysé le système thermoélectrique solaire TRNSYS. Deux systèmes sont considérés, l'un constitué de collecteurs paraboliques tronqués (CPC) avec un récepteur plat, et l'autre constitué de collecteurs plats normaux. Le programme TRNSYS IIsibat-15 est développé pour le module TE en fonction de ses spécifications et de ses paramètres de fonctionnement. L'angle d'inclinaison et la moitié de l'angle d'acceptation du CPC ont été optimisés pour une puissance maximale. Yao et al. (2009) ont présenté la modélisation et la simulation d'un système récepteur de champ thermique solaire DAHAN 1 MW en Chine. L'outil HFLD est utilisé pour concevoir la disposition de l'héliostat et effectuer une analyse de puissance TRNSYS en utilisant le bilan énergétique de l'ensemble du modèle de l'usine. Effet du facteur de bruit et modification de l'apport de travail ; sur le comportement

transitoire des variables thermodynamiques est présenté dans. L'étude montre que l'approche modulaire de TRNSYS est très utile pour concevoir un système complexe en simulation.

III.6.3. Optimisation sur la fraction solaire:

Fraction est un paramètre système basé sur lequel ; la part de l'énergie solaire dans la demande énergétique totale est définie. Sa valeur élevée justifie l'adoption d'un système d'énergie solaire. Hobbi et Siddiqui (2009) ont nommé la fraction solaire comme paramètre d'optimisation pour la conception du système SWH. L'optimisation comprenait la surface du collecteur, le rapport d'aspect du collecteur, le volume et la hauteur du réservoir de stockage, le type de fluide, le débit massique, l'efficacité de l'échangeur de chaleur, la taille et la longueur du tube, l'épaisseur et le matériau de la plaque absorbante, la taille et le nombre et l'espacement des élévateurs. . Le taux d'ensoleillement est de 83 à 97 % en été et de 30 à 62 % en hiver. La contribution annuelle de l'énergie solaire est d'environ 54 % pour un capteur couvert non sélectif produit localement. Ji et al. (2014) ont présenté des capteurs solaires innovants à double fonction DFSC avec deux utilisations principales, l'une pour le chauffage des locaux et l'autre pour le chauffage de l'eau lorsque ce dernier n'est pas nécessaire. Basé sur une approche théorique et expérimentale, un nouveau composant de DFSC a été développé et simulé à l'aide de TRNSYS. La contribution solaire est d'environ 30 % pour un rayonnement solaire modéré et 59 % pour un rayonnement solaire élevé. Charia et al. (2002) ont optimisé l'angle d'inclinaison à l'aide de TRNSYS en calculant la fraction solaire annuelle du SWH [40]

III.6.4. Compatibilité et combinaison TRNSYS :

Une étude basée sur la comparaison, la combinaison et la compatibilité de différents outils de simulation a également été rapportée afin que les meilleures fonctionnalités de ces outils puissent être appliquées. Morrison et al (2014) ont montré que les simulations de performance des bâtiments sont très complexes et qu'un seul outil BPS n'est pas suffisant pour effectuer une simulation avec la capacité souhaitée. TRNSYS est compatible avec différents environnements tels que la simulation ESP-r pour résoudre des simulations complexes de physique du bâtiment et de systèmes énergétiques. Pernigotto et Gasparella (2013) ont comparé deux programmes de simulation dynamique à savoir. TRNSYS et EnergyPlus pour construire des charges de chauffage et de refroidissement dans les climats du sud de l'Europe. L'importance de variables telles que l'isolation des murs et la capacité thermique, les dimensions et l'orientation du verre, l'isolation du verre et la transmission solaire, les inclusions internes et la quantité de surface dissipative est étudiée. Une approche statistique inférentielle de la pondération relative des entrées et de son effet sur les sorties est présentée dans. Bansal et Bhandari (1996) ont comparé une méthode de résolution périodique pour simuler des bâtiments thermiques entre TRNSYS, SUNCODE et ADMIT. Ils ont montré que les suppositions initiales sont importantes dans TRNSYS en raison de son approche de la fonction de transfert, tandis que dans SUNCODE, une approche RC est utilisée et les pertes de chaleur ont été sous-estimées. ADMIT n'est pas adapté à l'analyse des systèmes transitoires car il représente la variation périodique de l'état stationnaire apparent. De nombreux chercheurs ont validé leurs expériences à l'aide de l'outil de simulation TRNSYS et l'erreur moyenne était inférieure à 10 % [41]. Sur la base des études publiées ci-dessus dans le monde

entier, on peut conclure que les chercheurs utilisent la simulation TRNSYS pour analyser le système d'énergie solaire.

III.7. Les étapes de simulation chauffe-eau solaire sur TRNSYS :

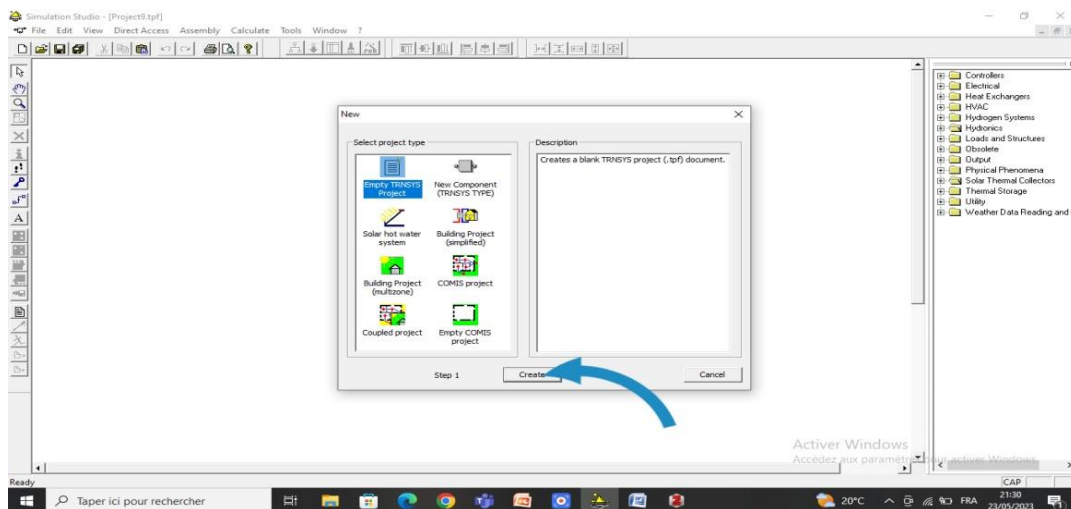


Figure III.1 : Création d'un projet de simulation

1 ère phase : Création d'un projet de simulation

Etape 1 : On clique sur : file/ New/ empty TRNSYS project puis on clique sur « create » Une page blanche apparaît alors

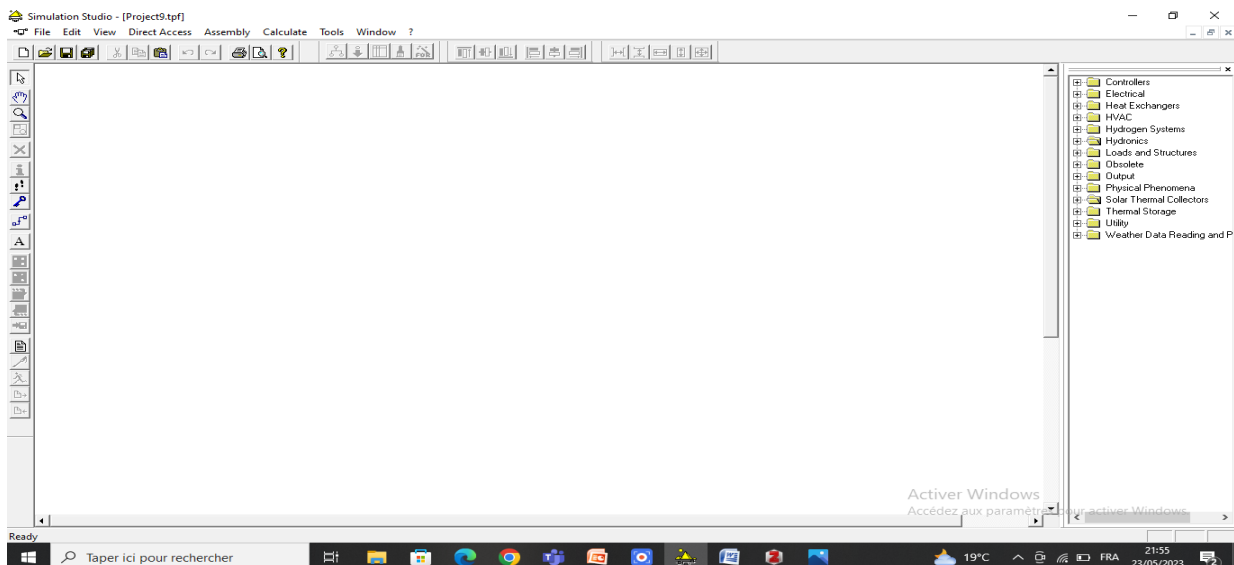


Figure III.2 : nouvelle page du projet

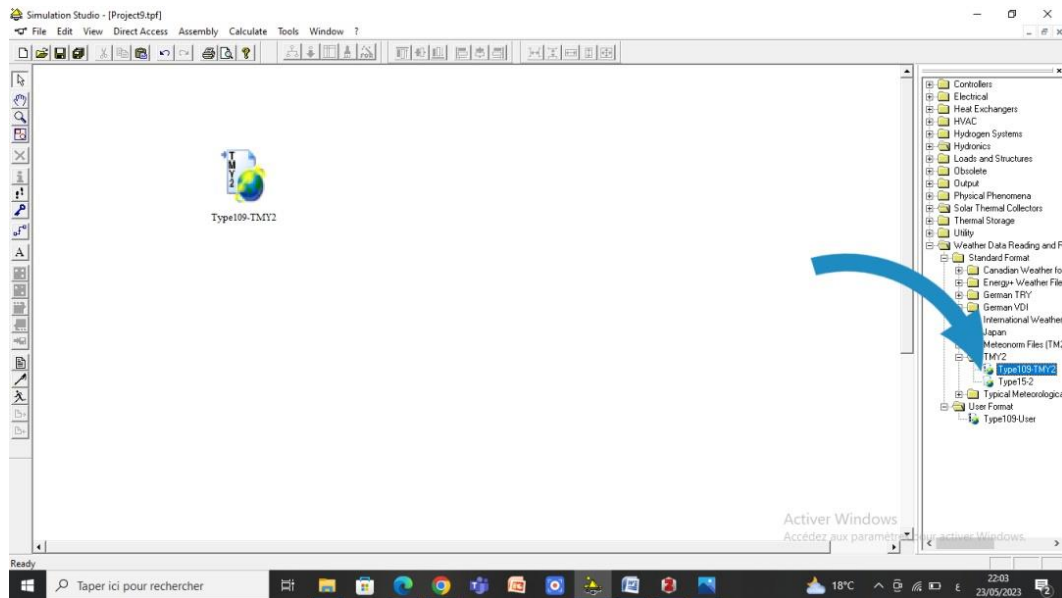


Figure III. 3 : choisir l'outil de météo Type109-TMY2

Etape2 : On clique sur : weather data reading and processing / standard format / TMY2 / Type109-TMY2 puis on clique sur la page du projet

Etape 3 : On clique deux fois sur « Type109-TMY2 » puis « External files » , puis « brows »

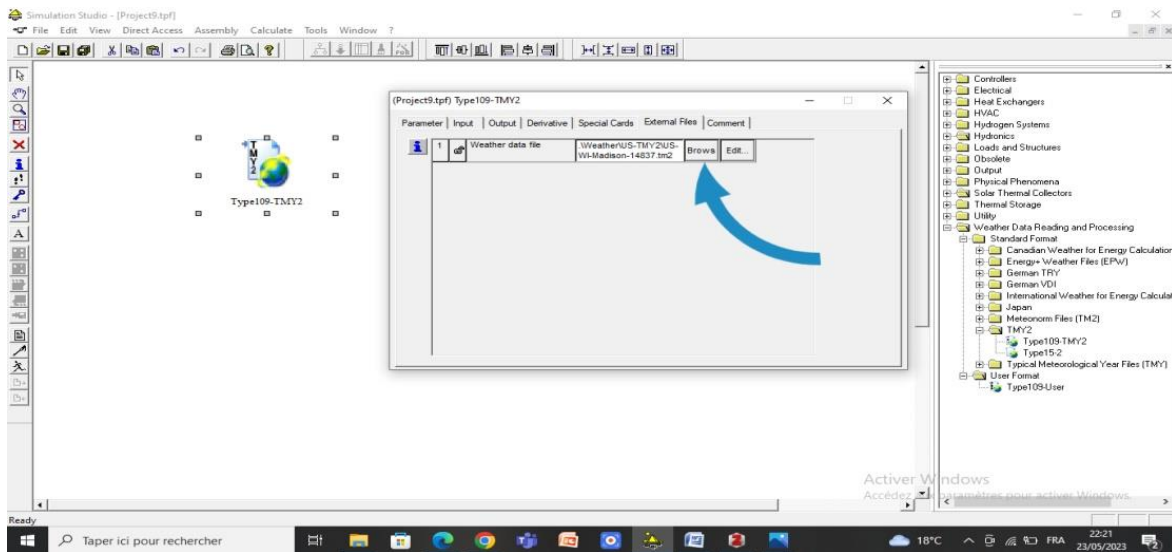


Figure III.4 : choisir la station de météo

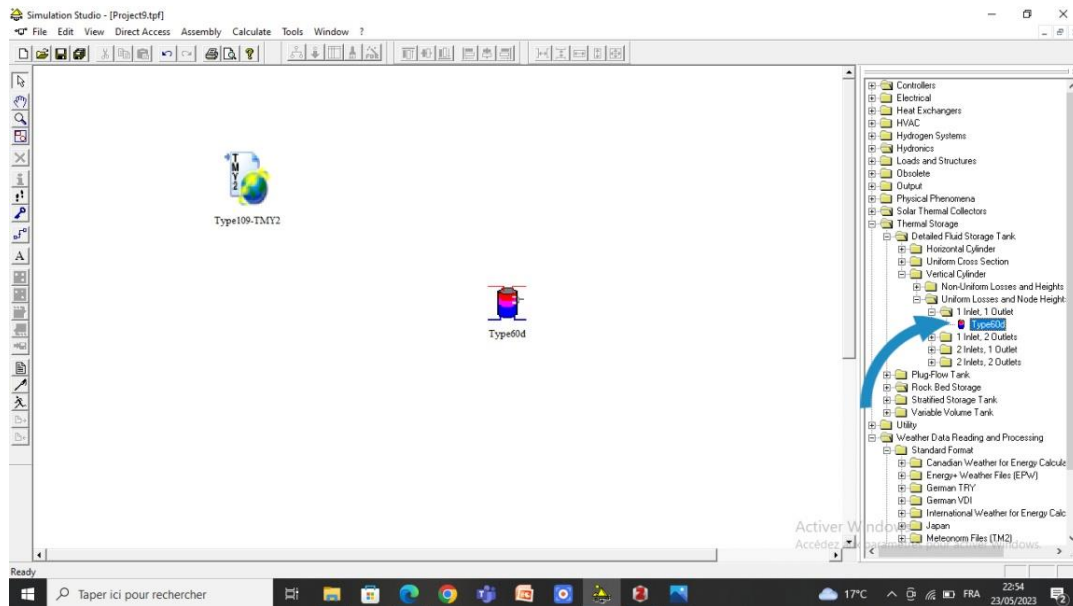


Figure III.5: choisir l’outil de ballon stockage Type60d

Etape04 :On clique sur Thermal Storage / Detailed Fluid Storage Tank / Vertical Cylinder / Uninform Losses and Node Heights / 1 Inlet, 1 Outlet / Type60d

Fiche technique de Type60d (300L)

Tableau III-5 : Fiche technique de Type60d (300L)

MODÈLE		BPB	300		
Classe d’efficacité énergétique			B		
Capacité cuve		L	290		
Surface d’échange		m ²	1,70		
Volume échangeur		L	11,4		
Débit nominal fluideprimaire		m ³ /h	3,0		
ΔP circuit primaire au débit nominal		KPa	17,0		
À température de sortie ecs = 60 °C	Tempe. primaire entrée	°C	70	80	90
	Puissance échangée	Kw	28,6	44,3	58,3
	Débit horaire à Δt = 50 K	l/h	490	760	1005
Débit sur 10 min à Δt = 30 K (1)		l/10 min	520		

Coefficient de pertes thermiques (UA)	W/K	1,48
Consommation d'entretien à $\Delta t = 45$ K (Qpr)	kWh/24h	1,6
Hauteur relative de l'échangeur de base (Hrelech_base)		0,60
Poids net	Kg	99
COLISAGE		EC611

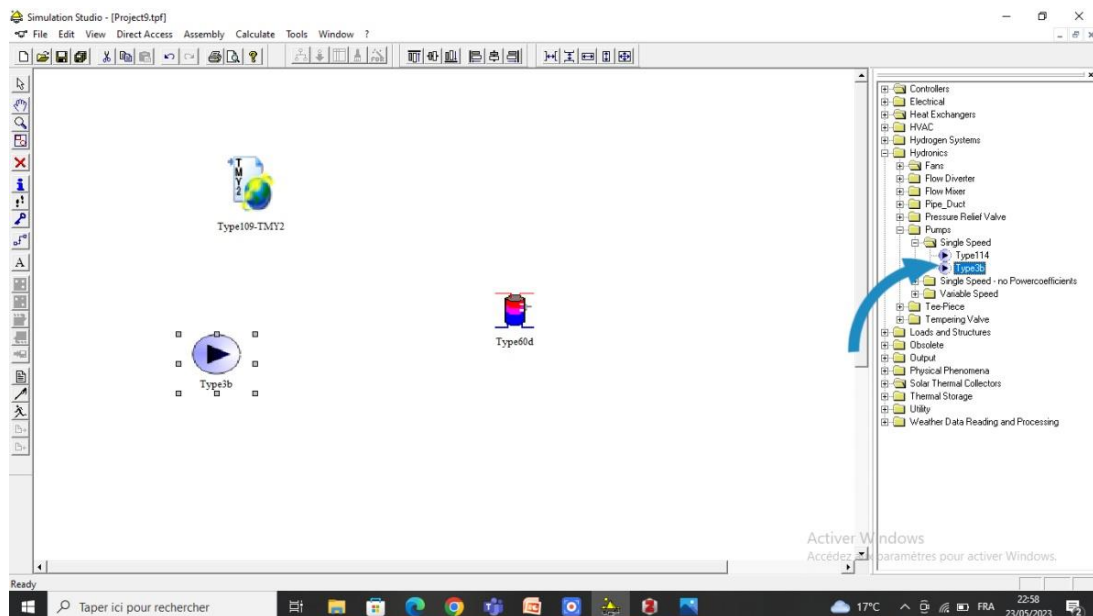


Figure III.6 : choisir l'outil de la pompe Type3b

Etape 05 : On clique sur Hydronics / Pumps / Single Speed / Type3b

Fiche technique de Type3b :

Tableau III -6: Fiche technique de Type3b

Réf.	3B-33 230V KOND
Puissance [kW]	1,1 Kw
Alimentation	230V/400V

Rendement Q max [l/m]	65 [l/min]
Hauteur de relevage H maximale [m]	110
Filetage	1¼"
Diamètre ø [mm]	75
Indice de protection	IP 68
Isolation	Classe B
Refroidissement à débit [m/s]	min. 0,08 m / s
Profondeur d'immersion maximale [m]	50 m
Corps et Rotor	Laiton
Température de l'eau	max 35 °C
Longueur du câble [m]	1.5 m
Nombre maximum de démarrages	20 x / h.
Hauteur de la pompe [mm]	1604 mm
Destination	Les pompes immergées de 3" sont conçues pour être installés dans des puits de diamètre minimum 80mm. Elles sont conçues pour le transport d'eau propre et froide ne contenant pas de solides de broyage ou d'éléments à fibres longues.

Application :

Les pompes immergées de 3" sont conçus pour être installés dans des puits de diamètre minimum 80mm.

Ils sont conçus pour le transport d'eau propre et froide ne contenant pas de solides de broyage ou d'éléments à fibres longues.

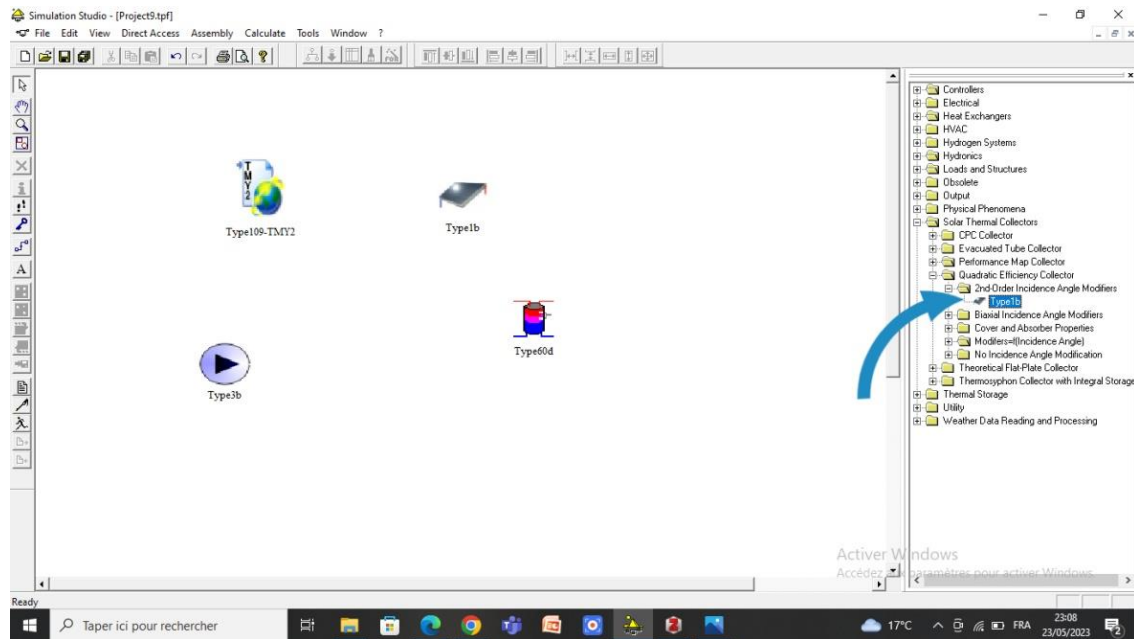


Figure III.7 : choisir l’outil de capteur solaire Type1b

Etape06 :On clique sur Solar Thermal Collectors / Quadratic Efficiency collector / 2nd-order Incidence Angle Modifiers / Type1b

Tableau III -7 : Fiche technique de Type 1b

Solar Collector			
		PT-2A	PT-2B
Dimensions (L*W*D)	Mm	2015*1015*105	2015*1015*105
Shipping dimensionGross area	m2	2070*1075*140	2070*1075*140
Gross area	m2	2.05	2.05
Absorber area	m2	1.72	1.72
Absorption	%	95±2	95±2
Emission	%	5±2	5±2
Max.operating pressure	Bar	6	6
Content	L	0.95	0.95
Flow / return distance	Mm	1800	850
Connections	G	3/4"	3/4"
Angle of inclination		0-90	0-90

Absorber	eta plus-Cu
Absorber coating	High selective vacuum coating
Heat transfer medium	Polypropylene glycol / water mixture

Application :

Le capteur solaire thermique à plaque plate convient aux projets de chauffage solaire de l'eau résidentiels ou commerciaux, tels que l'eau chaude pour les biens immobiliers, les hôtels, les usines, les hôpitaux, les écoles, les piscines, le chauffage des locaux ou du sol, etc.

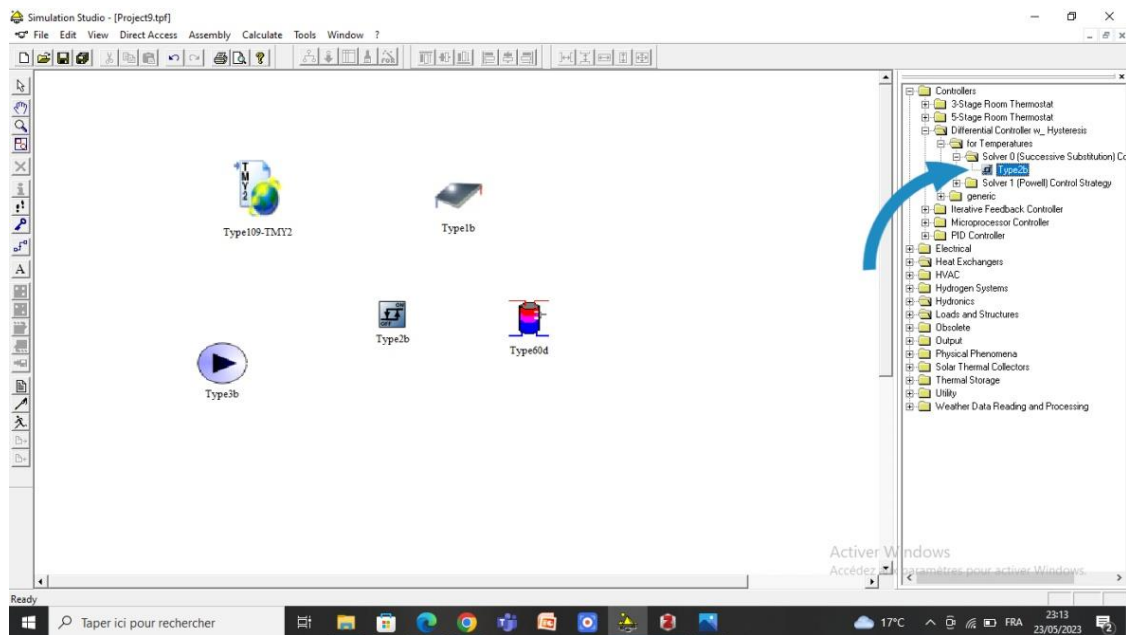


Figure III.8 : choisir l’outil de contrôleur Type2b

Étape07 : On clique sur Controllers / Differential Controller w_Hysteresis / for Temperatures / Solver 0 / Type2b

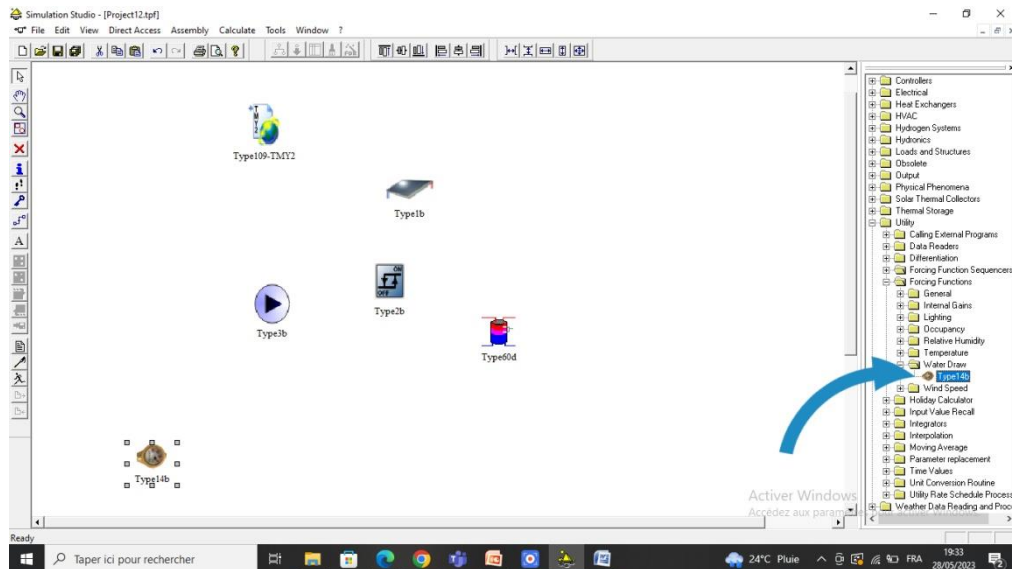


Figure III.9 : choisir l'outil de vanne Type14b

Etape08 :On clique sur Utility / Forcing Fonctions / Water Draw / Type14b

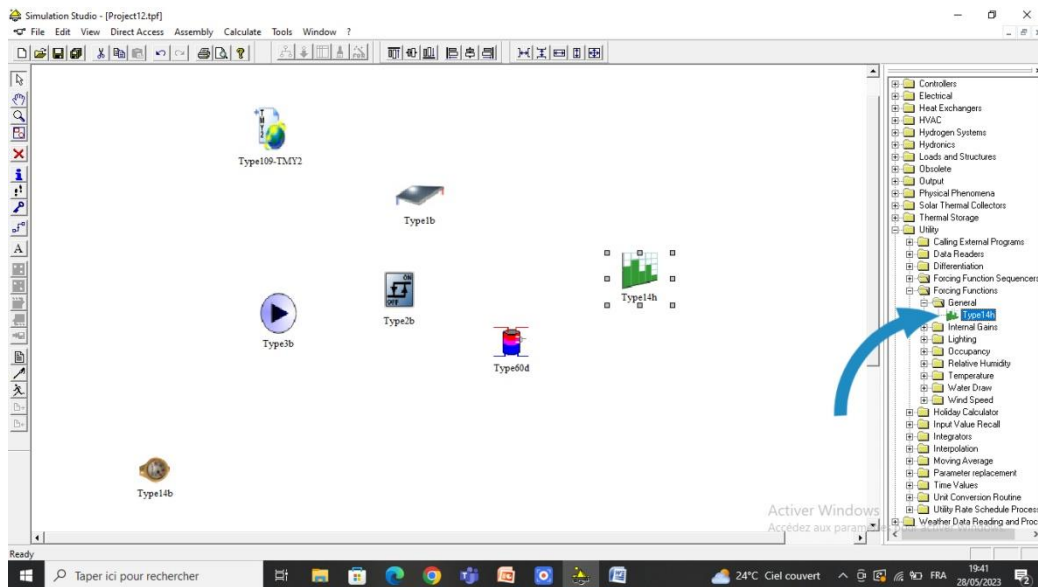


Figure III.10 : choisir l'outil de calculatrice Type14h

Etape09 :On clique sur Utility / Forcing Fonctions / General / Type14h

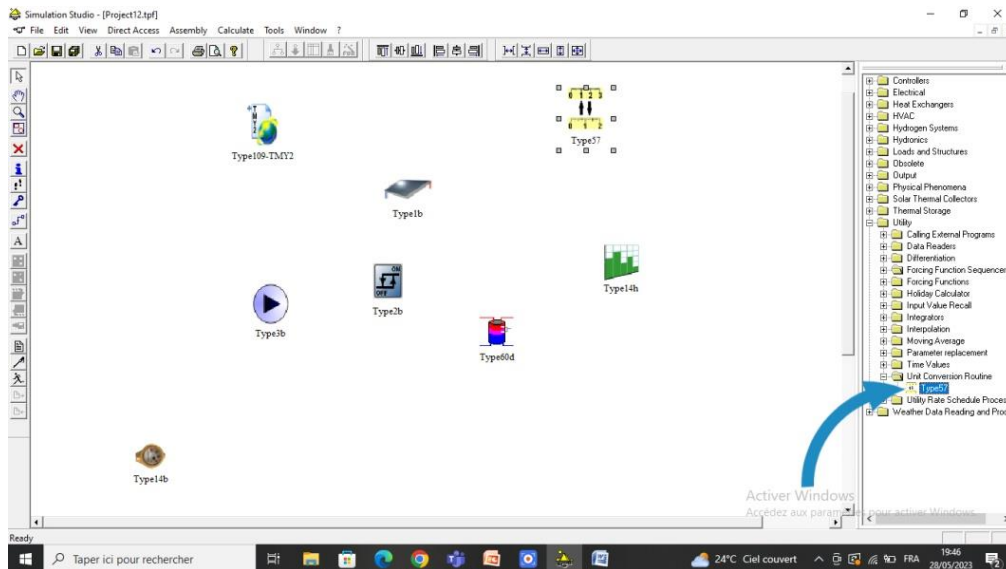


Figure III.11 : choisir l'outil de convecteur Type57

Etape 10 : On clique sur Utility / Unit Conversion Routine / Type57

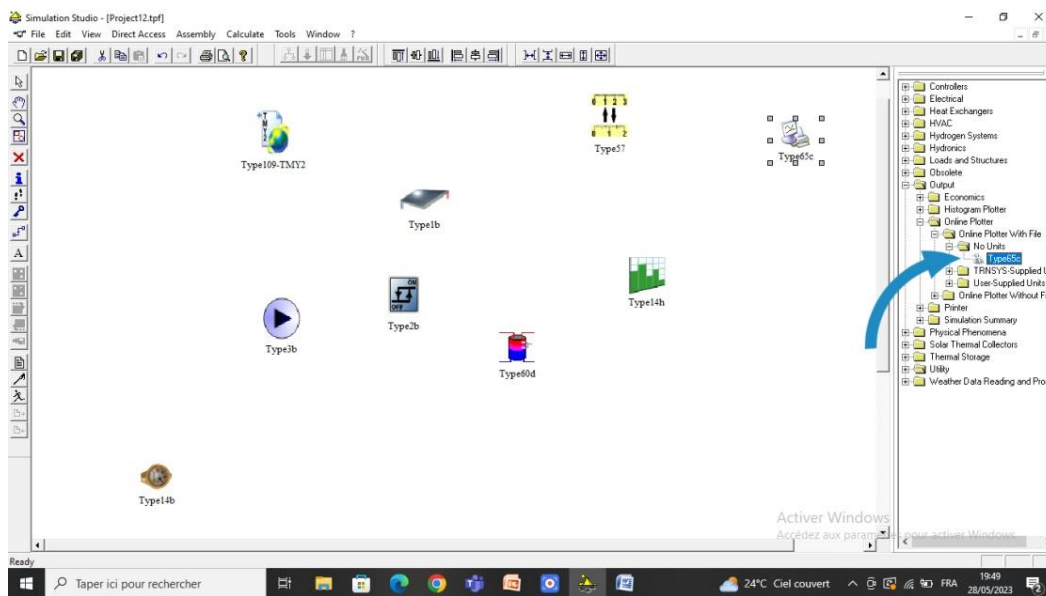


Figure III.12: choisir l'outil de ploter Type65c

Etape11 :On clique sur Output / Online Plotter / Online Plotter With File / No Units / Type65c

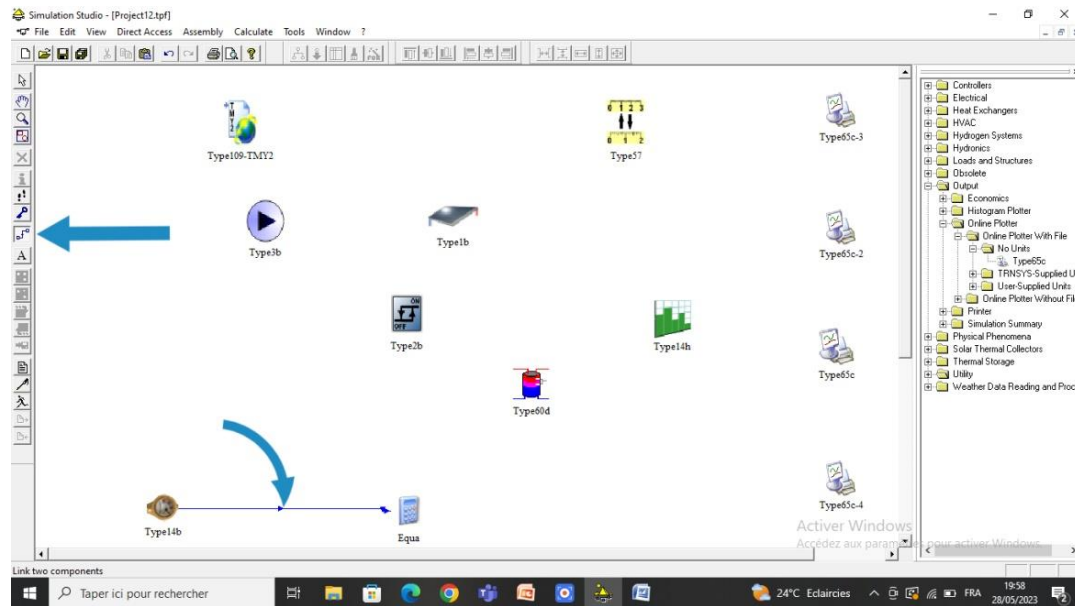


Figure III.13 : Comment relier des outils

Etape 12 : On clique sur Link puis on clique sur un point de type14b Et on clique aussi sur un point de T_AMBK (Exemple de liaison entre les outils)

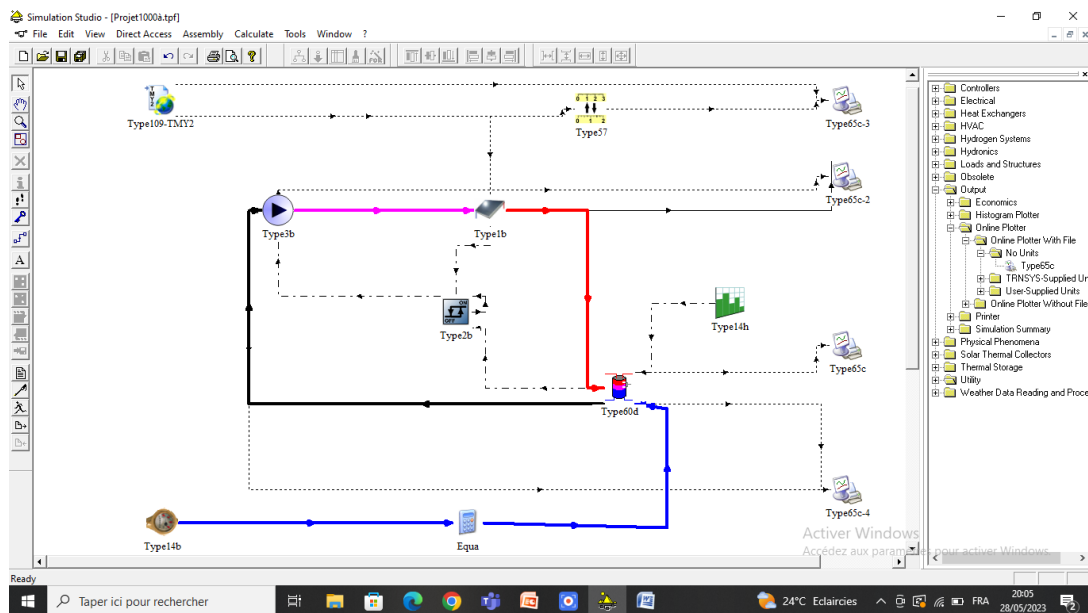


Figure III.14 : la boucle de simulation par le logiciel TRNSYS.

Après de faire le liaison entre tous les outils, on a cette schéma de simulation.

Etape 13 : Connexions de les ^input^ et ^output^ entre les outils

1^{er} Phase : On clique deux fois sur la ligne qui entre le Type60d et Type3b

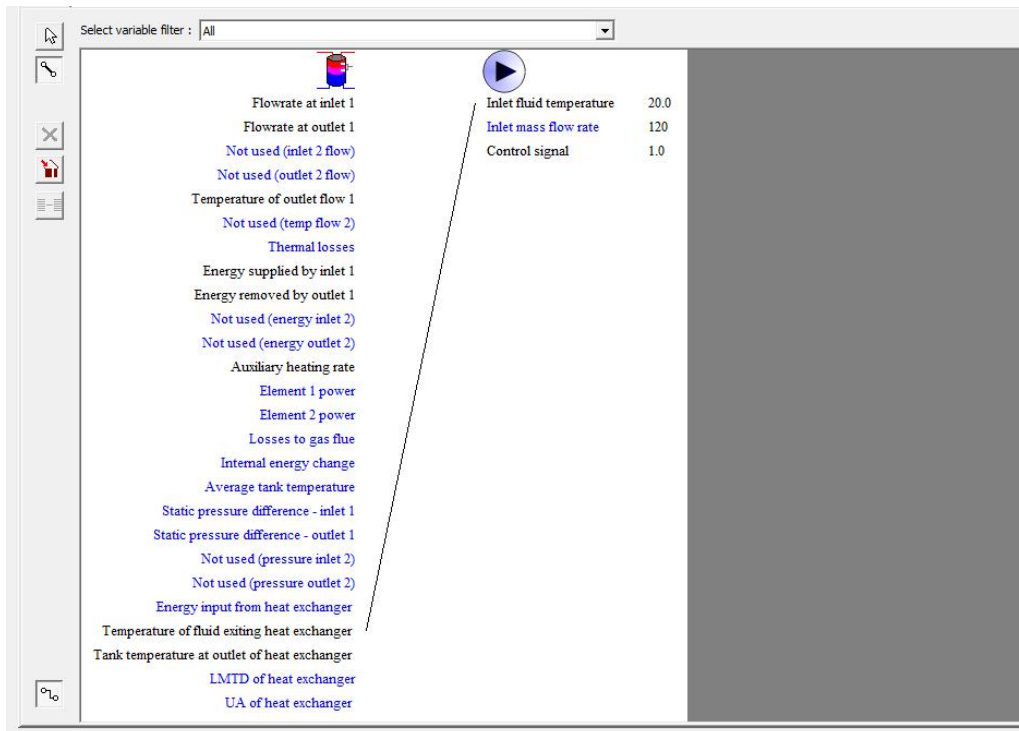


Figure III.15 : comment relier entre les outputs de Type60d et les inputs de Type3b

2^{ème} Phase : On clique deux fois sur la ligne qui entre le Type3b et Type1b

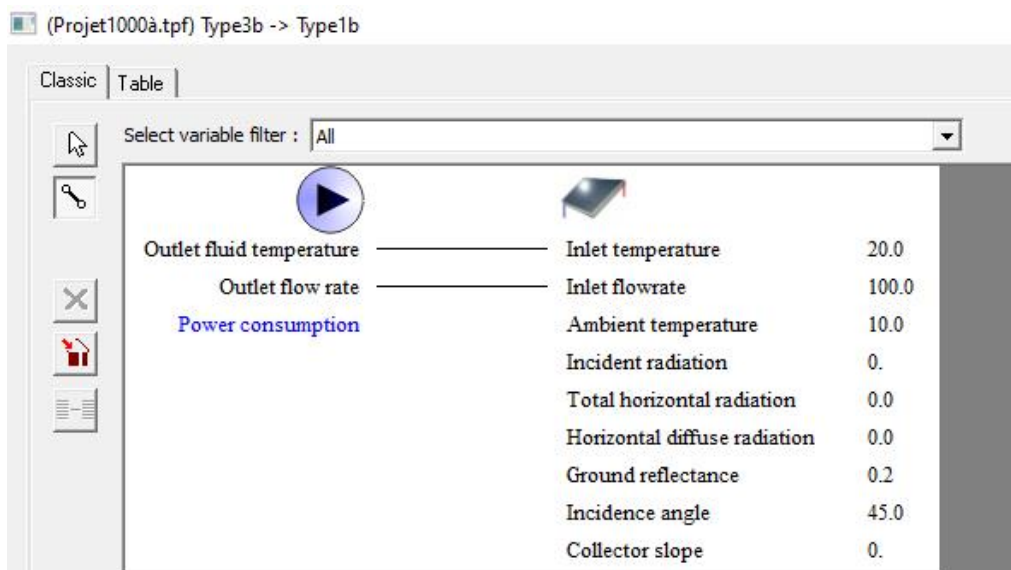


Figure III.16 : comment relier entre les outputs de Type3b et les inputs de Type1b

3^{ème} Phase : On clique deux fois sur la ligne qui entre le Type1b et Type60d

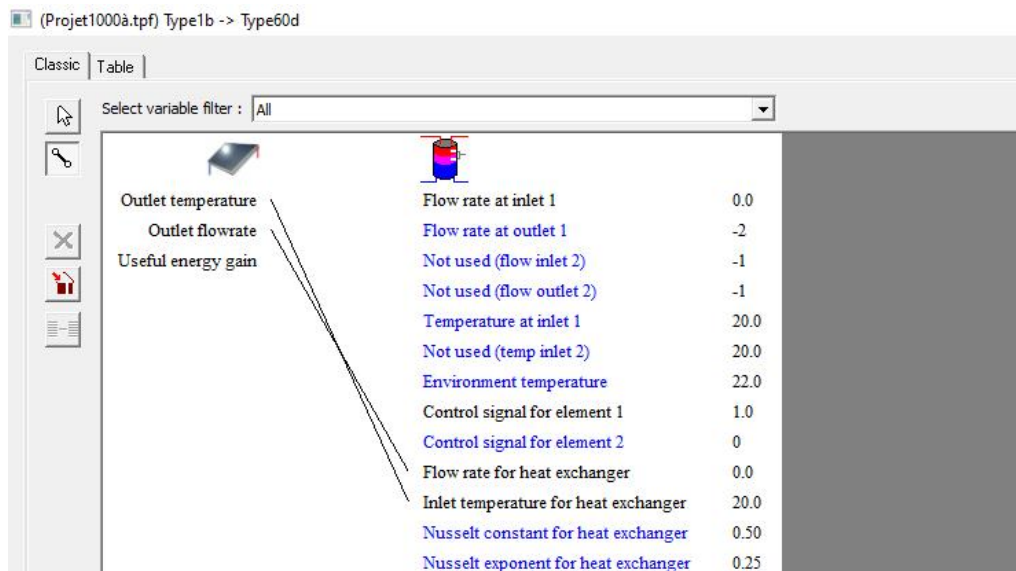


Figure III.17 : comment relier entre les outputs de Type1b et les inputs de Type60d

4^{ème} Phase : On clique deux fois sur la ligne qui entre le Type109-TMY2 et Type1b

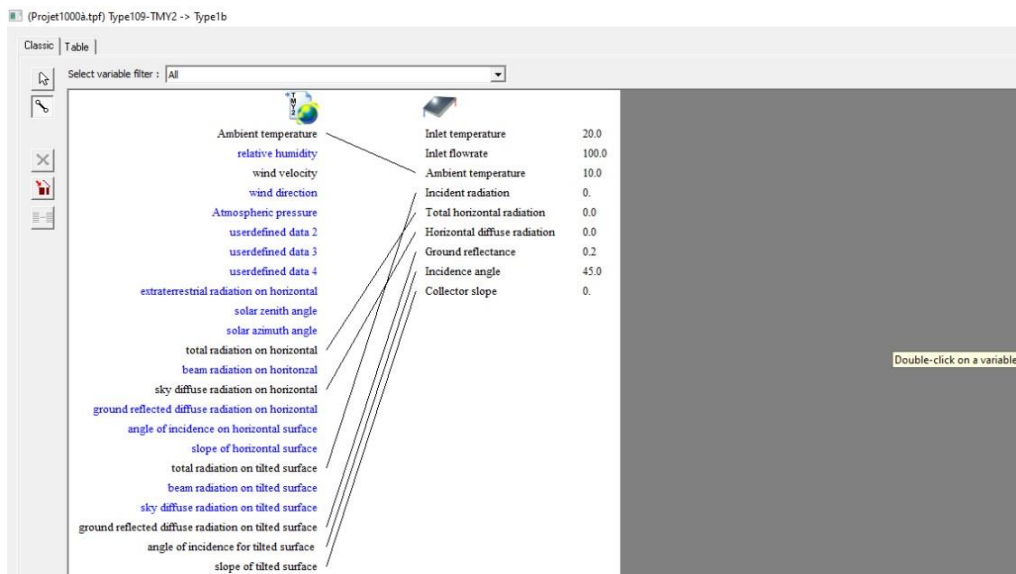


Figure III.18 : comment relier entre les outputs de Type109 et les inputs de Type1b

5^{ème} Phase : On clique deux fois sur la ligne qui entre le Type109-TMY2 et Type65c

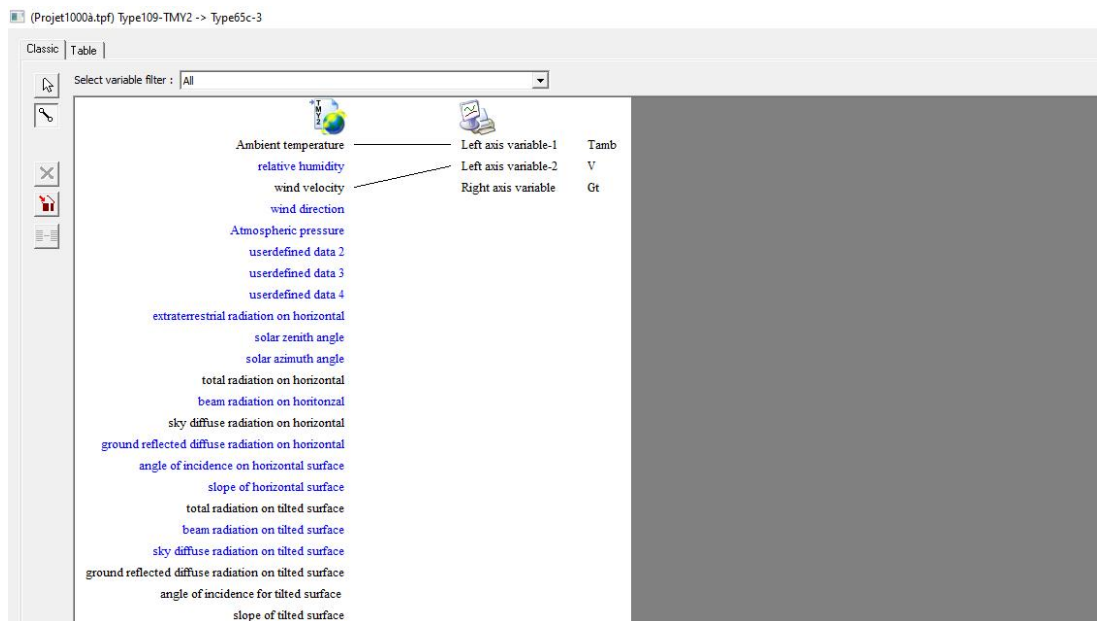


Figure III.19 : comment relier entre les outputs de Type109 et les inputs de Type65c

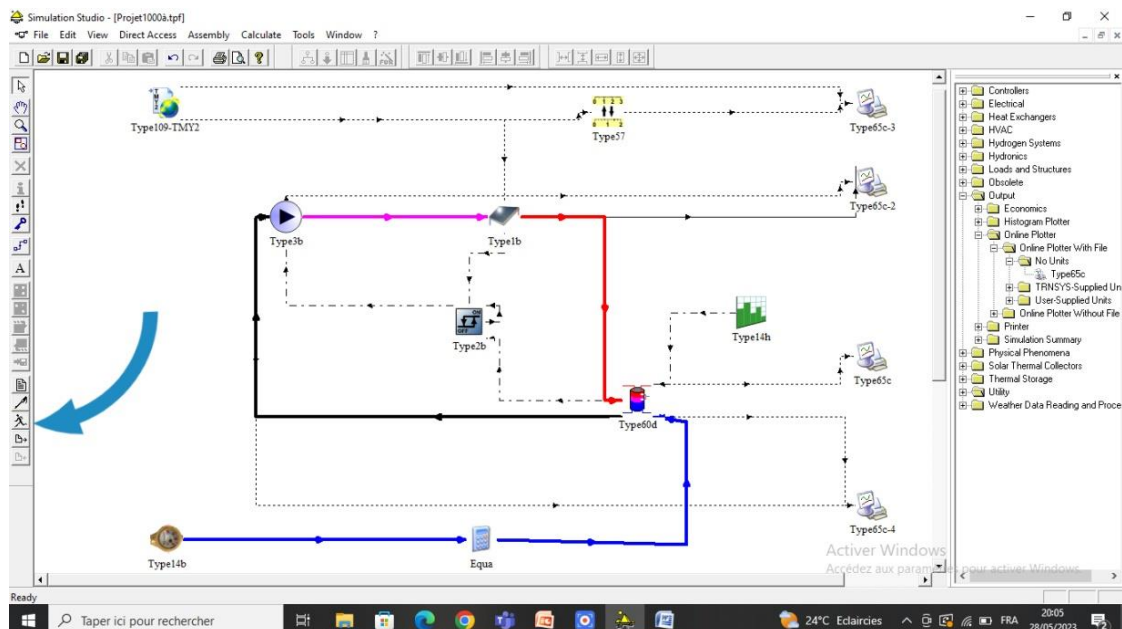


Figure III.20 : comment lancer la simulation

Etape 14 : On clique sur Run

III.8. Conclusion :

La simulation et l'expérimentation sont complémentaires. Une base de connaissances et une expérience solides sont nécessaires pour concevoir une simulation avec un bon accord. C'est la capacité de la personne avec exactitude et précision; le comportement physique des composants peut être exprimé en équations algébriques et différentielles. La simulation de SWH inclut des paramètres transitoires et dynamiques. Les variations diurnes et saisonnières de l'ensoleillement et du profil de tirage affectent considérablement ses performances. La simulation de SWH dépend de facteurs tels que l'emplacement géographique, la météo ; en

fonctionnement conditions; la cohérence et la cohérence des données, l'erreur humaine, etc. et beaucoup d'entre eux sont hors de contrôle. De nombreuses hypothèses émises au cours de la modélisation se rapportent au débit massique, au modèle de tirage, à la stratification, à la capacité calorifique du collecteur, à la direction du flux de chaleur, etc. peut être incohérente et incohérente. Phénomène physique comme une fuite, la formation de tartre, les dysfonctionnements, etc. entraînent des inefficacités ; donc difficile à simuler. Des valeurs empiriques et des constantes peuvent être considérées de manière appropriée pour rendre compte de ces inefficacités. Version actuelle de TRNSYS a subi 12 révisions majeures et environ 35 ans d'amélioration et de développement constants. La vérification croisée des performances des composants individuels doit être effectuée en les déployant dans différents systèmes et environnements. Les composants de bibliothèque intégrés permettent à l'utilisateur de se familiariser avec les outils ; mais cela ne peut pas être utilisé facilement. La qualité des résultats dépend du degré de précision et des détails pris en compte lors de la modélisation. La simulation peut être utilisée de la meilleure façon si les données acquises par le biais de séries d'expériences est utilisé pour former le logiciel avec précision. En aucun cas des travaux de recherche de qualité ; la simulation peut remplacer les expériences dans leur ensemble. Même les composants individuels doivent être simulés dans des projets chimériques. Les expériences répétitives, destructrices et consommatrices de ressources peuvent être considérablement réduites.

Chapitre 4 :

Interprétation Des Résultats

IV.1. Introduction :

Croissance de la demande énergétique en Algérie les besoins des ménages suivent une courbe ascendante avec l'ajout d'une population en net développement ; les ménages dépensent une proportion importante de gaz naturel pour la cuisine et le chauffage.

L'eau chaude sanitaire a une part relativement importante ici consommation Utilisation de l'énergie solaire dans la production

Sachant cela, l'eau chaude sanitaire peut produire une partie de cette énergie

L'Algérie dispose d'une grande offre de soleil et d'une très longue période soleil Les chauffe-eau solaires sont la solution grâce à eux faisabilité technique à basse température et leur rentabilité faisabilité à faible coût.

Nous avons simulé les performances d'un module solaire individuel un chauffe-eau pour les besoins d'une famille de six personnes à Beni Saf, dans l'ouest de l'Algérie Avec le code de calcul d'eau solaire TRNSYS installation d'un radiateur à Beni Saf et suivi de ses performances.

L'établissement, qui se compose d'un groupe d'appartements d'une superficie de 2 mètres carrés et d'un Réserve 300 litres Volume de consommation d'eau 240 litres pendant la journée, un apport d'électrolyte est nécessaire pour la même énergie.

La simulation a montré qu'il n'y avait pas assez de rayonnement pendant l'opération

Pendant les mois les plus chauds, une alimentation électrique adéquate et une alimentation électrique sont fournies et sa vie est plus que cela.

Cet article traite de l'évolution de la température dans ce pays

Un réservoir de chauffe-eau solaire utilisé pour les besoins en eau chaude de la maison.

Une approche analytique basée sur le bilan énergétique a été mise en place entrée, sortie et accumulation dans ballon, la modélisation en a été déduite, soit déterminer la température de l'eau toutes les heures

Ballon pendant une journée complète Ces calculs ont été répétés pendant quatre mois de l'année Choisissez un mois dans la saison.

Ses performances ont été calculées en comparant l'énergie du soleil

Intrant versus énergie auxiliaire dans la région de Beni Saf, Algérie. Baki et Etudes sur les performances des chauffe-eau solaires

Le réchauffement climatique forcé à besoin de l'individu de l'eau pour la famille d'une femme en Algérie Les résultats montrent que l'énergie solaire. La couverture peut être de 7% en hiver ou de 57% dans la même proportion.

IV.2. DESCRIPTION DES MODÈLES ÉTUDIÉS :

Le reportage porte sur un chauffe-eau individuel qui utilise l'énergie solaire consommation d'une famille algérienne moyenne de six personnes, un couple et quatre enfants vivant dans le climat côtier de Beni-Saf.

IV.2.1. La chaîne du soleil

Le chauffe-eau solaire individuel est conçu pour une circulation forcée ; c'est se compose d'un panneau solaire plat et d'un réservoir de stockage, d'un ensemble de tubes relie les deux éléments et dans le circuit fermé de la pompe à eau de circulation, l'eau est fournie par la partie basse de la ville et récupération d'eau chaude sanitaire par le haut côté qui est injecté dans la grille du boîtier, voir figure IV.1.

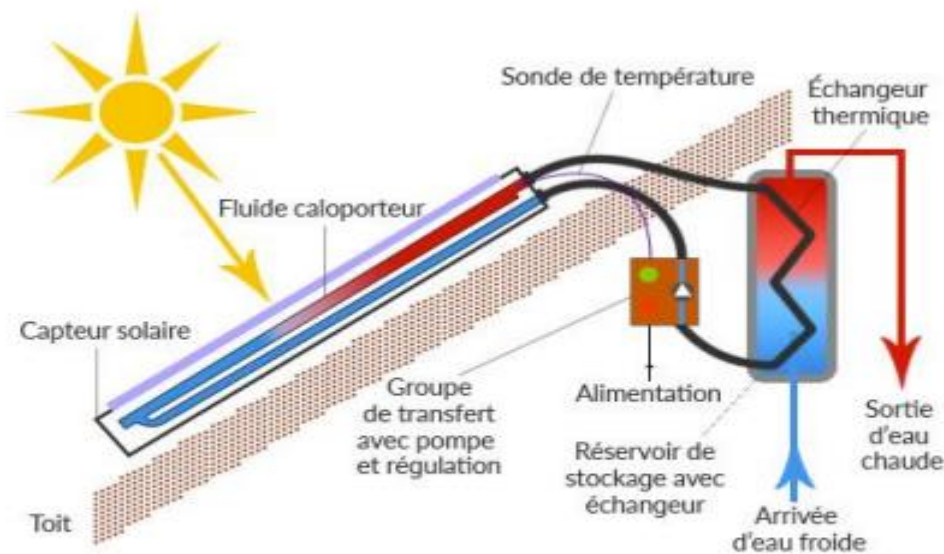


Figure IV.1 : Schéma de fonctionnement d'un chauffe-eau solaire à circulation forcée.

Un panneau solaire plat capte le rayonnement solaire et le chauffe fluide en mouvement; le chauffage est assuré par le circuit solaire l'eau à l'intérieur du réservoir grâce à l'échangeur de chaleur, aide l'alimentation hydraulique ou électrique est intégrée pour remplir le vide et chauffe le seuil à 60 °C ; le système de surveillance assure que la pompe démarre lorsque la température de sortie du panneau est supérieure à la température du fond du réservoir, alors le réservoir est entièrement isolé pour minimiser les pertes. Un panneau solaire a une surface 2 m² et a une inclinaison horizontale de 45° et est orienté au sud Le volume du réservoir est de 300 litres

IV.2.2. Profil de consommation :

Le besoin en eau chaude est en moyenne de 240 litres par jour pour une famille de 6 personnes, La température de l'eau chaude du ballon est de 60 °C, ce qui fait partie de la consommation horaire d'eau chaude suit le profil représenté sur la figure IV.2 ; Ce profil montre variation du chiffre,

La consommation est nulle entre 20h00 et 6h00 et est à son apogée vers 10h00 et 14h00

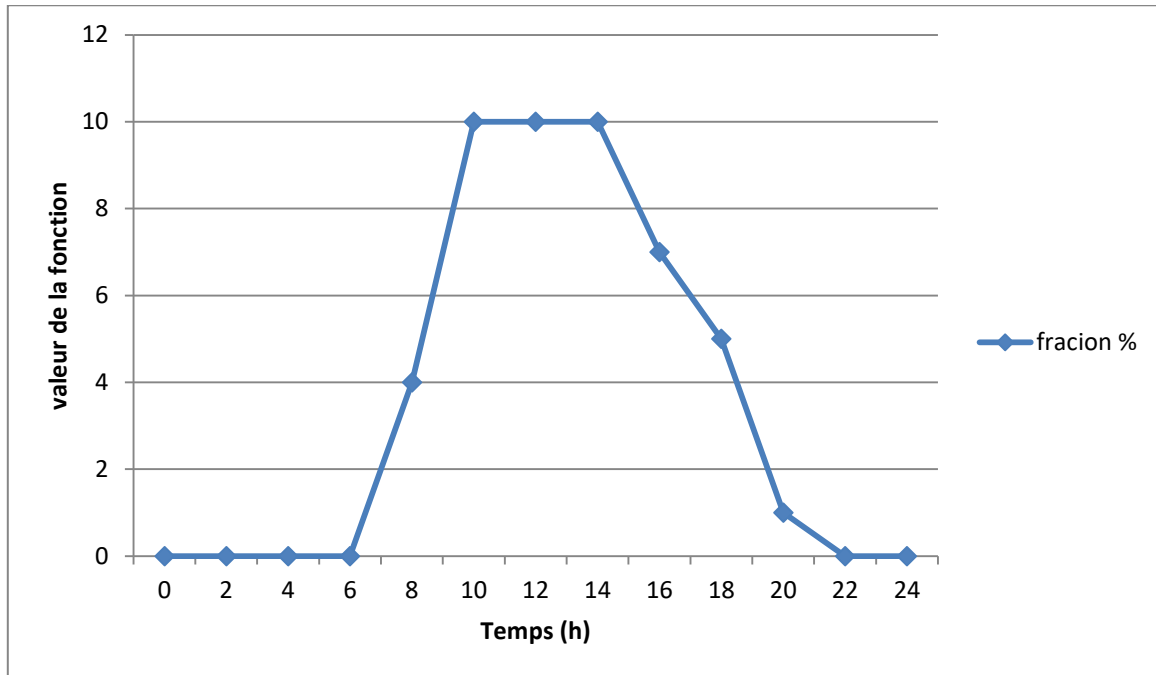


Figure IV.2 : Profil journalier de consommation d'eau chaude sanitaire

IV.2.3. Données météorologiques :

La ville de Beni-Saf est une ville côtière du sud de la mer Méditerranée, classée Csa (Koppen-Geiger) ; il est situé au nord-ouest de l'Algérie, Elle se situe à une altitude de 35,300° et une longitude de -1,350 °.

Cette ville bénéficie d'un climat méditerranéen classique et sec caractérisé par des étés secs et des hivers doux et un ciel clair et lumineux; la température moyenne annuelle est de 19,5°C, elle peut atteindre limites de 6°C en janvier et 34°C en juillet. Et son rayonnement annuel moyen est 154,9 KWh/m²

La figure IV.3 montre la variation de la température moyenne mensuelle de la ville de Beni-Saf, elle varie de 12,5°C à plus de 26,9°C, en janvier, elle est à ses plus bas puis augmente, et elle passe ses plus hauts en les mois de juillet, puis la température diminue en août jusqu'à 13,1 degrés Celsius en décembre, et les températures les plus élevées l'attendent en juillet et août, et la température la plus basse est janvier, suivie de février et décembre.

La figure IV.4 montre le rayonnement maximal moyen durant les mois de l'année pour la ville de Beni Saf sur une surface horizontale, et ce rayonnement est à son niveau le plus bas en décembre et sa valeur la plus élevée en juin environ 93 kWh/m² et augmente au cours des mois pour atteindre plus de 220 kWh/m² en juin, puis elle diminue jusqu'à une valeur arrondie de 82 kWh/m².

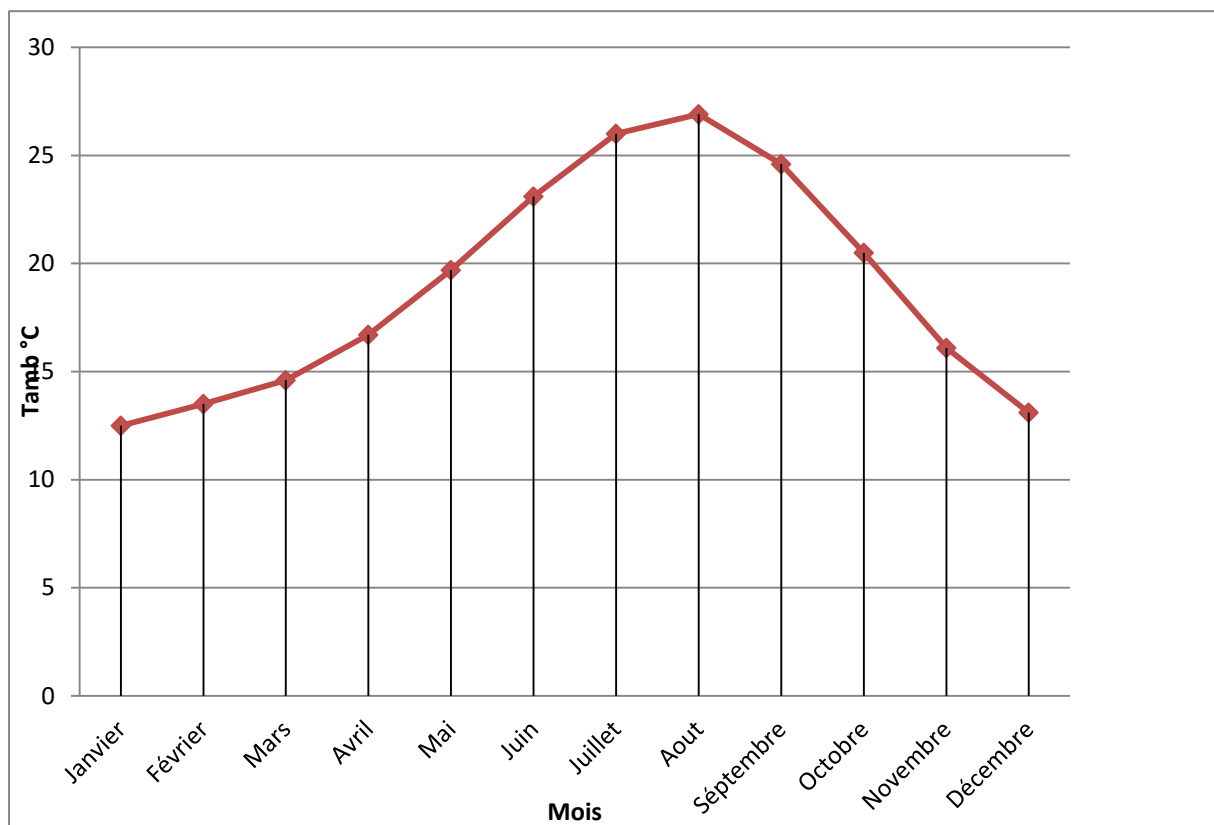


Figure IV.3 : la température moyenne mensuelle

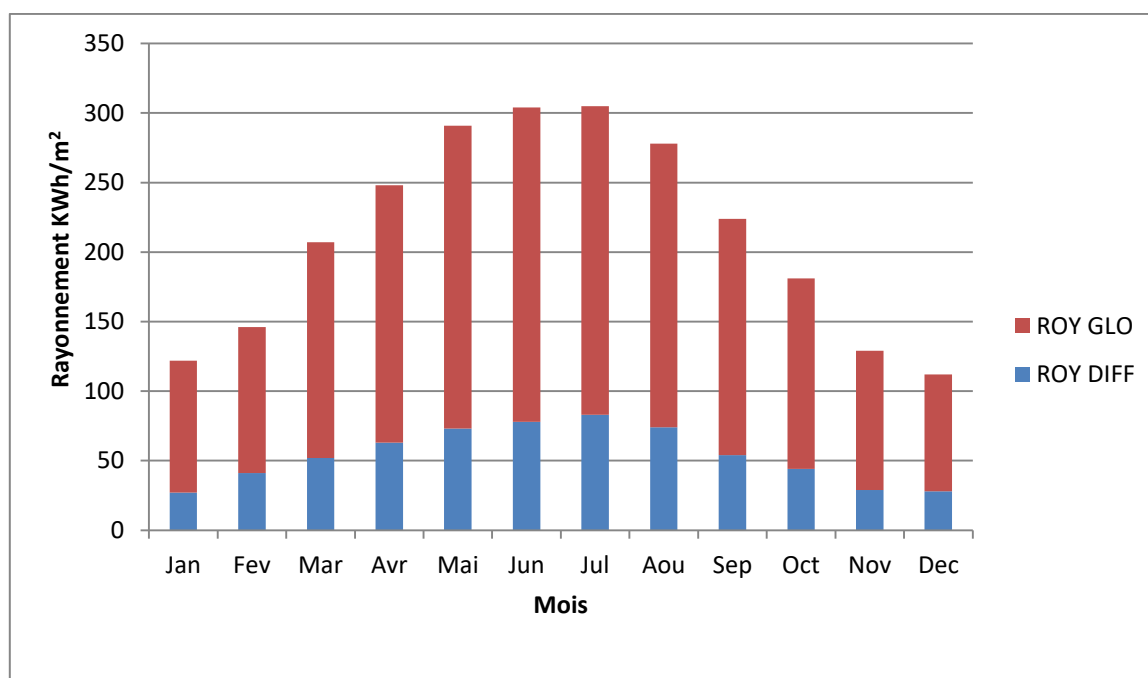


Figure IV.4 : Rayonnement global et rayonnement diffus

IV.3. FORMULATION MATHÉMATIQUE :

Le bilan énergétique du réservoir met en évidence toutes les informations du réservoir installation Le réservoir absorbe la quantité de chaleur provenant du panneau solaire, qui chauffe l'eau à travers l'échangeur de chaleur L'eau accumulée dans le réservoir devient froide et chaude au fond l'eau sort par le haut pour un usage domestique, le réservoir est enveloppé dans une coque isolante pour minimiser les pertes ; la puissance auxiliaire fournie chauffe l'eau dans des conditions météorologiques défavorables. La figure IV.5 montre le traitement énergétique du bilan des entrées et des sorties du système.

Le bilan énergétique au niveau du ballon donne :

$$P_{useful} - P_{loss} - P_{cons} = P_{ac} \quad (29)$$

P_{useful} est la puissance précieuse du panneau solaire ; c'est déterminé par les caractéristiques du collecteur et sa valeur est :

$$P_{useful} = \eta \cdot G \cdot A_p \quad (30)$$

Le rendement est calculé comme suit :

$$\eta = \eta_0 - [a_0 (T_{mean} - T_{ambient}) + a_1 (T_{mean} - T_{ambient})^2] / G \quad (31)$$

P_{loss} représente les pertes à travers les parois du réservoir ; Ce la valeur est déterminée par :

$$P_{loss} = U \cdot S \cdot (T_{in} - T_{out}) \quad (32)$$

La consommation du puisage de l'eau chaude est :

$$P_{cons} = \dot{m} \cdot c_p (T_{in} - T_{water}) \quad (33)$$

Et l'accumulation au niveau du ballon :

$$P_{acc} = \dot{m} \cdot c_p (T_{in+1} - T_{in}) / \Delta t \quad (34)$$

La résolution de ces équations va permettre la détermination de la température moyenne à l'intérieur du ballon à l'instant, en connaissant tous les paramètres à l'instant, le calcul sera fait sur une période d'une journée de 24 heures avec un pas de temps de 1h. Et se répète en janvier, avril, juillet et octobre.

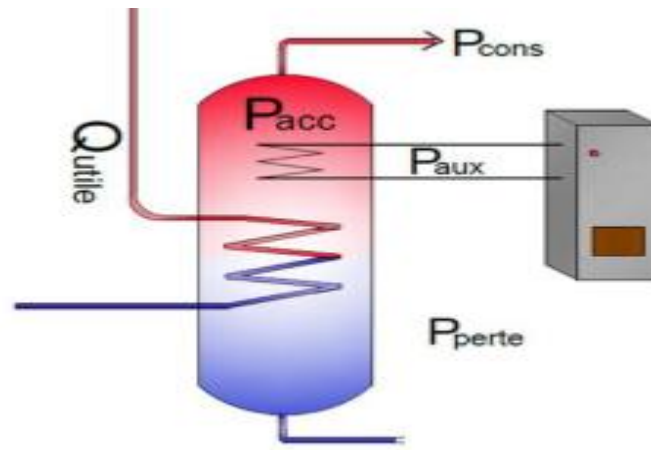


Figure IV.5 : Schématisation du bilan du ballon de stockage

IV.4. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS :

IV.4.1. Résultats météo :

Beni-Saf est une ville côtière située au sud de la mer Méditerranée, avec un climat chaud et doux. Les températures maximales varient de 6°C en janvier à 34°C en juillet, et la température annuelle moyenne est de 19,5°C.

La figure IV.6 montre la variation de la température ambiante durant les mois de janvier, juin et septembre, et les courbes sont similaires, avec une valeur maximale de 25,88 °C en septembre à 17h00 et 26,03 °C en juin, et une valeur minimale de 19,03 °C et 19,21 °C à minuit, respectivement.

Quant au mois de janvier, la température est plus basse par rapport aux deux autres courbes, puisqu'elle atteint 17,99°C comme valeur maximale à 16h00 et 11,55°C comme valeur minimale à 9h00.

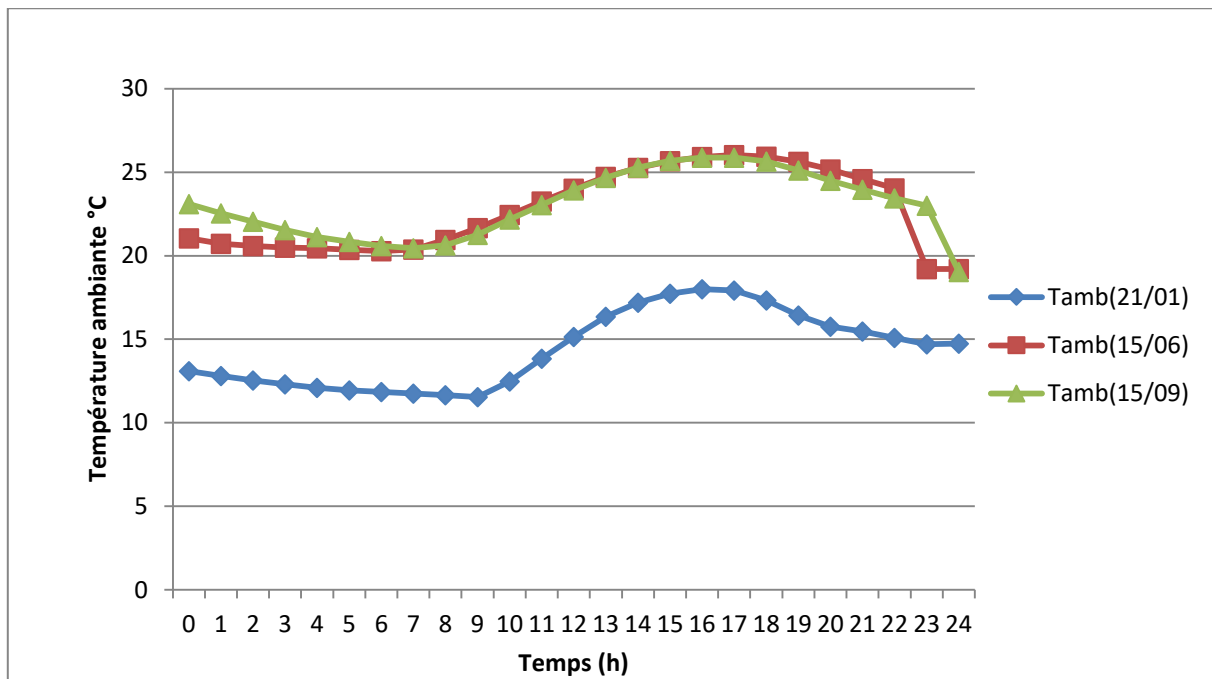


Figure IV.6 : variation de la température ambiante pour une journée

La figure IV.7 montres que la vitesse du vent est élevée en janvier et en septembre, atteignant respectivement 13,55m/s et 12,25m/s comme valeur maximale, et 1,85m/s et 3,35m/s comme valeur minimale.

Quant à juin, la vitesse du vent est faible par rapport aux deux autres courbes, puisqu'elle atteint 9,1m/S comme valeur maximale à 00h00, car elle n'affecte pas notre travail, et 2m/s comme valeur minimale.

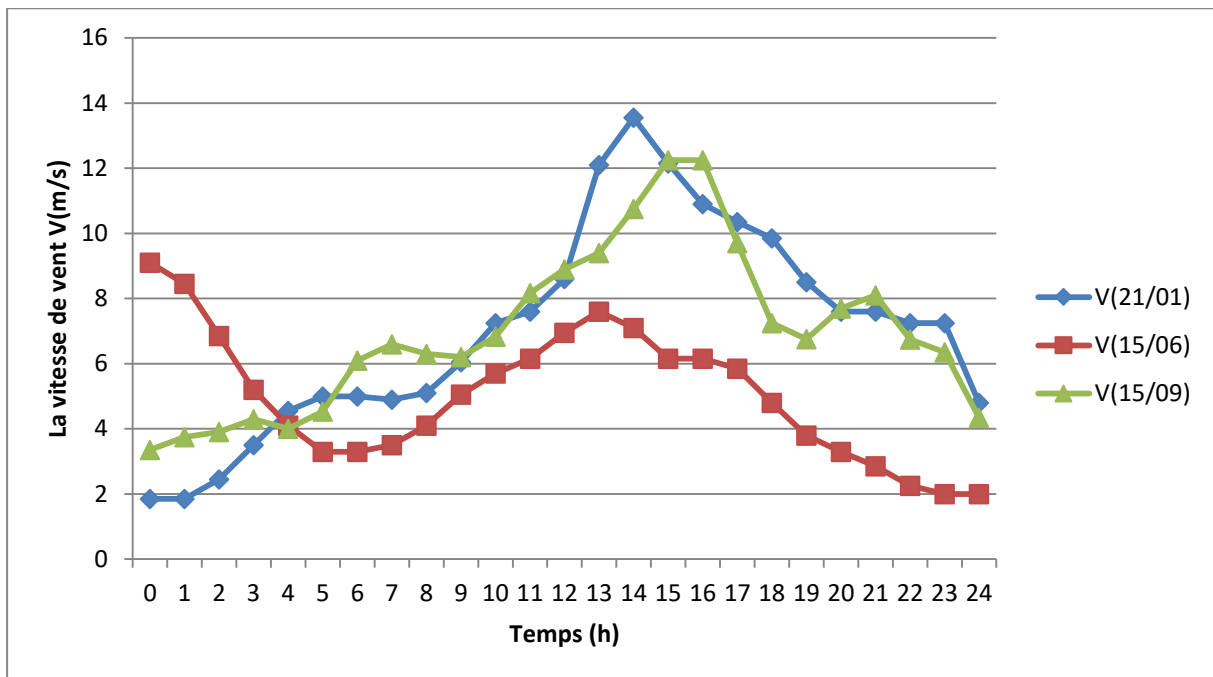


Figure IV.7 : La variation du la vitesse de vent pour une journée.

La figure IV.8 nous montre que le radiation solaire pour juin et septembre commence à augmenter progressivement à 7h00, atteignant un pic à $764,9w/m^2$ et $986,3w/m^2$, respectivement, puis diminue progressivement jusqu'à être absent à 20h00.

En janvier, le rayonnement solaire est élevé par rapport aux autres mois, puisqu'il commence à monter à 9h00 pour atteindre un pic où il atteint $1029w/m^2$, puis diminue progressivement jusqu'à disparaître à 19h.

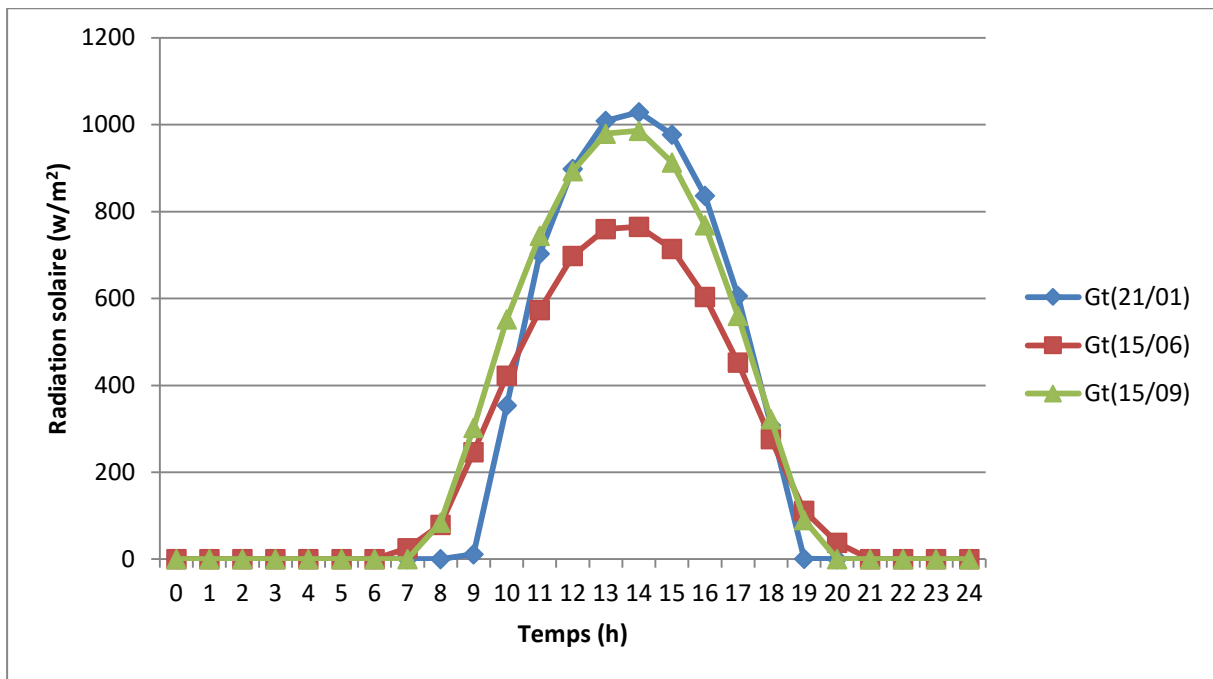


Figure IV.8 : variation de la radiation solaire pour une journée.

IV.4.2. Résultats de la température sortie du panneau solaire et le ballon de stockage :

La température en sortie de la plaque solaire est représentée sur la figure IV.9; La courbe de température suit le rayonnement solaire, augmentant en début de journée, atteignant un pic à midi, puis décroissant. Puis elle augmente le soir pour atteindre à nouveau le pic puis diminue en fin de journée. Les trois courbes ont le même rythme, juin a été décalé plus haut en raison des températures élevées dans cette saison qui atteignant 65,35°C à 9h00h et 70,13°C à 19h00h.

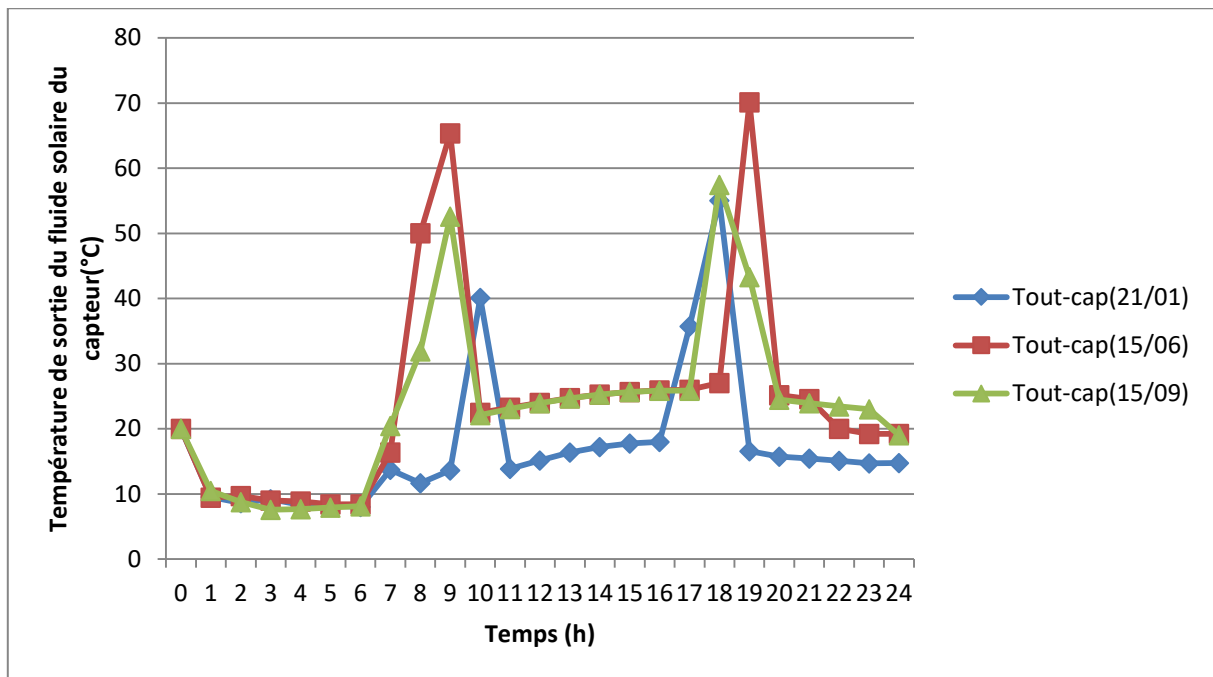


Figure IV.9 : température à la sortie du panneau solaire pour une journée.

La figure IV.10 montre la température à la sortie du ballon pour une journée en janvier, juin et septembre. La température augmente progressivement de 7h00 jusqu'à 11h00 pour atteindre 54,28 degrés Celsius, et après cela elle reste quasiment stable, car elle ne dépasse pas le minimum estimé à 50 degrés Celsius jusqu'en fin de journée. La courbe de janvier reste faible par rapport aux autres courbes jusqu'à 11h00, On remarque également la courbe du juin, qui est plus élevée que les courbes de janvier et septembre, et cela est dû à la température élevée en cette saison.

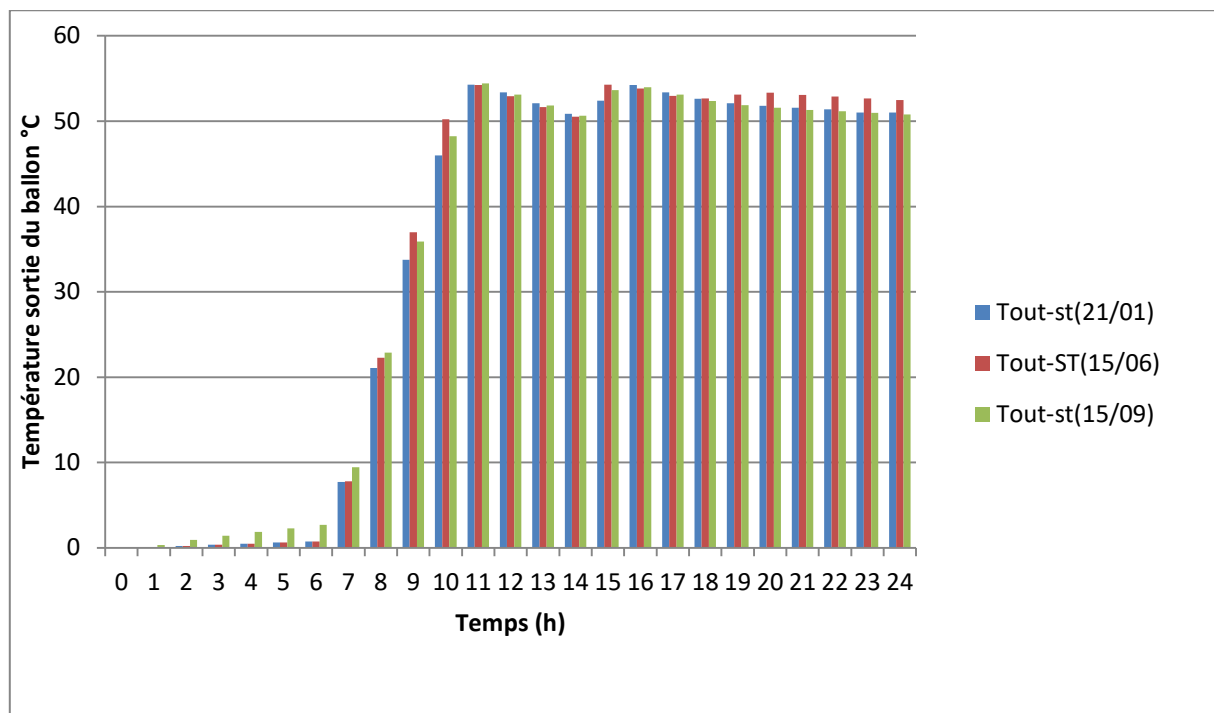


Figure IV.10 : la température à la sortie du ballon de stockage pour une journée.

IV.4.3. Résultats de l'énergie utile et l'énergie auxiliaire :

Les courbes de la Figure IV.11 montres la puissance (l'énergie utile) fournie par le panneau aux mois de janvier, juin et septembre. Elle suit l'ensoleillement; entre 0h et 7h l'énergie utile est nulle en raison du manque d'ensoleillement, Puis elle augmente progressivement en janvier et septembre, atteignant la valeur la plus élevée à 364,4 kJ/h en septembre, puis diminue progressivement jusqu'à disparaître à 19h00.

En juin, l'énergie utile atteint son maximum à 1632 kJ/h à 15h00, en raison de la température élevée en cette saison, puis diminue progressivement jusqu'à s'arrêter à 20h00.

Au contraire, la valeur énergétique utile est faible en janvier, en raison de la basse température en cette saison.

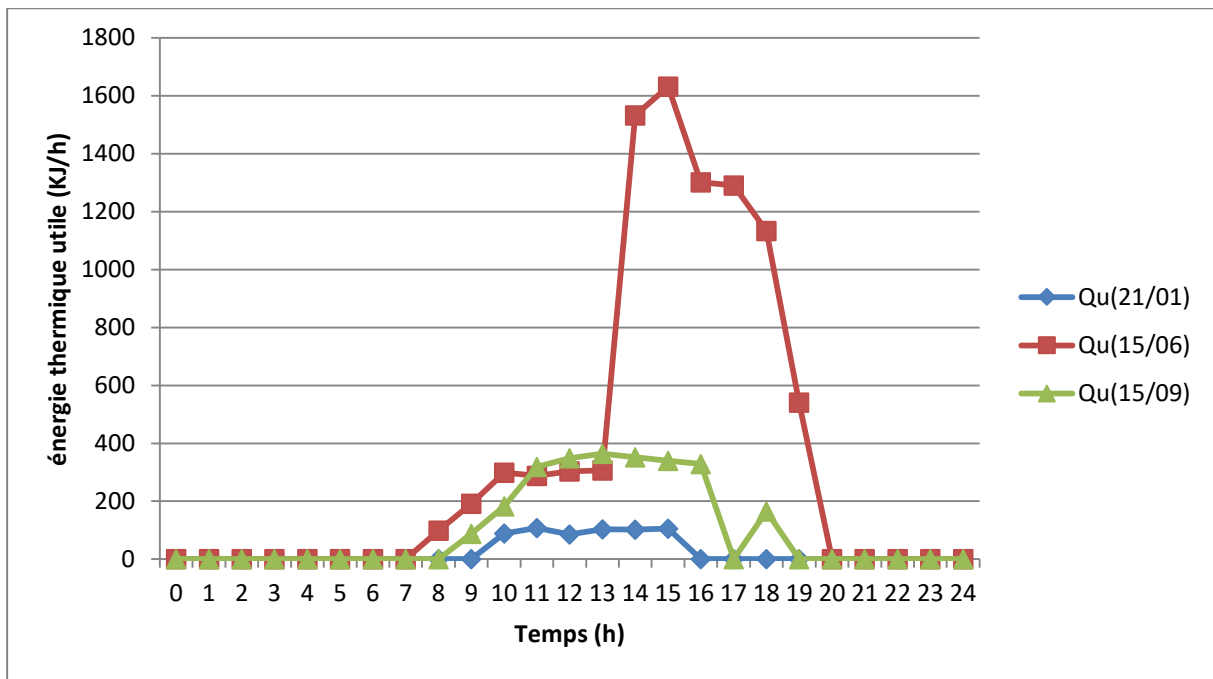


Figure IV.11 : Variation d'énergie thermique utile d'une journée.

La figure IV.1 nous montre les courbes de l'évolution de l'énergie thermique utile en janvier, juin et septembre, elle est affectée par le puisage de consommation d'eau chaude et par l'ensoleillement, entre 0h et 6h l'énergie thermique utile est nulle en raison d'une consommation moindre. Elle augmente de 7h00 à 10h00 en raison de la consommation d'eau chaude élevée et du manque de soleil pendant cette période.

Après 10h00, nous n'avons pas besoin d'énergie thermique utile car la température est élevée à ce moment-là, et donc de l'énergie thermique utile est disponible

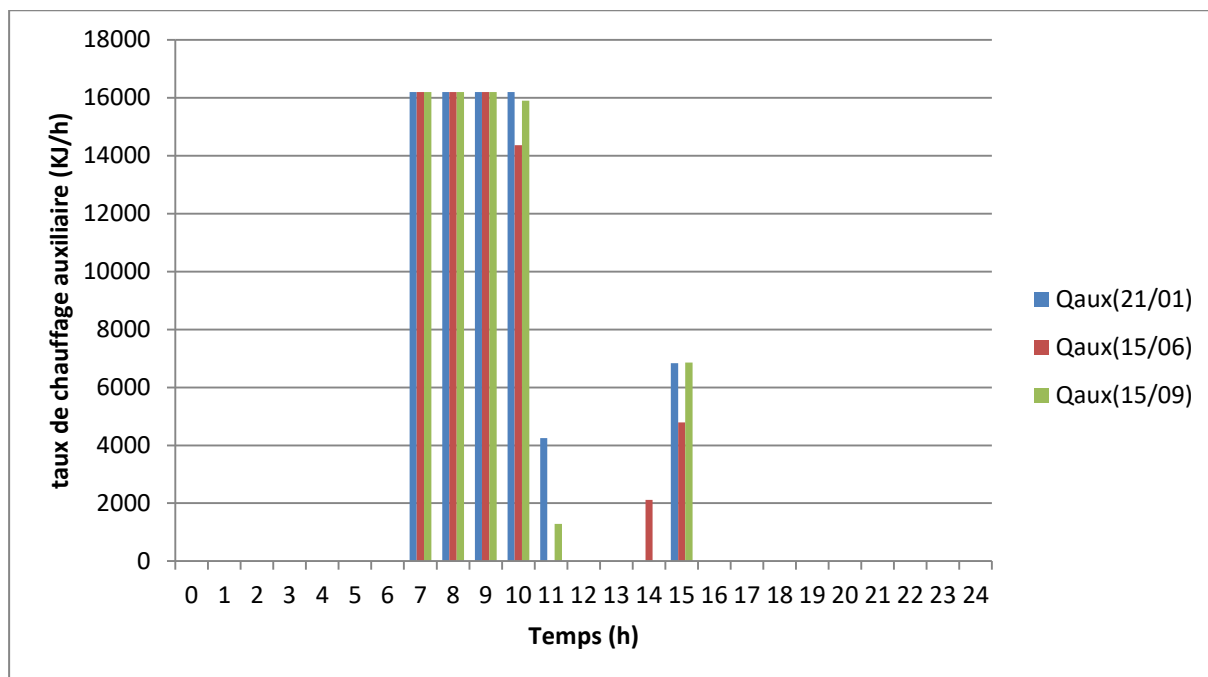


Figure IV.12 : variation de l'énergie auxiliaire pour une journée

IV.5. Conclusion :

Simulation d'un Chauffe-eau Solaire Individuel (ISWH). Pour une famille de 6 personnes à Beni-Saf, elle a été mise en place avec le logiciel TRNSYS, l'installation se compose d'un capteur solaire thermique de 2m² et d'un ballon de 300 litres fonctionnant en circulation forcée avec une pompe, la consommation est estimée à 240 litres. D'eau chaude par jour, rajout d'électricité si le rayonnement ne suffit pas à chauffer l'eau ; les conditions climatiques utilisées sont de la ville de Beni-Saf.

La simulation avec TRNSYS a montré l'efficacité d'un chauffe-eau solaire, qui transforme le rayonnement solaire en énergie utile ; L'énergie solaire absorbée en milieu de journée est suffisante pour les besoins en eau chaude surtout pendant les mois chauds de l'année.

CONCLUSION GENERALE

La surveillance des performances des panneaux solaires nécessite l'installation d'équipements de mesure et de surveillance spécifiques qui peuvent être utilisés pour garantir les bons résultats attendus. Pour assurer le fonctionnement de ces installations, elles doivent être reconnues et qualifiées en développant les équipements de mesure et de mesure les plus avancés technologiquement. Méthodes de simulation et développer des composants corrects de haute qualité selon les normes et les spécifications techniques.

Les chaudières solaires se multiplient actuellement, car ce type d'installation est très rentable et leur durée de vie dépasse les 25 ans, elles évitent l'émission de gaz à effet de serre, elles économisent les énergies conventionnelles, en plein hiver il ne manque plus que l'usine de production de l'eau thermique solaire. Quelques degrés pour chauffer l'eau déjà préchauffée dans les collecteurs.

Notre travail contribue au développement du domaine de la production d'eau chaude solaire en recherchant et en cartographiant des systèmes électriques solaires plus durables sur le plan économique et environnemental. Nous espérons que l'Etat algérien continuera à encourager ce type d'application à travers des subventions et des programmes nationaux pour développer ce secteur.

Après une brève introduction à l'énergie solaire, nous vous avons préparé les meilleurs chauffe-eau solaires. Notre intérêt s'est alors porté sur les chauffe-eau solaires forcés planaires.

La modélisation numérique est réalisée avec le code TRNSYS qui utilise la méthode du bilan énergétique global. Les résultats de la simulation numérique permettent d'identifier des profils de température dans différentes zones de l'installation.

Les résultats obtenus mettent l'accent sur l'influence de différents paramètres sur la formation de la température de l'eau et le fonctionnement immédiat du collecteur de niveau.

Economique, surtout pendant les mois chauds de l'année, l'énergie auxiliaire est minimale, de sorte qu'une quantité suffisante d'eau chaude sanitaire peut être chauffée par l'énergie solaire, un banc d'essai est installé où les résultats des tests sont comparés aux résultats TRNSYS.

Références bibliographiques

- [1] R. Rosen, G. Von Wiechert, G. Lo, and K. D. Bettenhausen, "l'énergie solaire," in IFAC-PapersOnLine, 2015, vol. 28, no. 3, pp. 567–572.
- [2] Baroud Hinde, Djekaoua Habiba. Estimation de l'ensoleillement par deux modèles semi empiriques dans la région de Ghardaïa. Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master. Université De Ghardaïa 2017.
- [3] 2021-05-14T14:26:21.EmPower.Solar The importance of solar water.11-04-2023, <https://www.empower-solar.com/blog/why-choose-solar-importance-of-solar-energy-empower-solar/>.
- [4] Nadir, Ibrahima;2021-06-11.Application énergie solaire: climatisation, électricité.11-04-2023, <https://senegrid.sn/le-blog/applications-de-l-energie-solaire>.
- [5] Gama Fatiha Née Yettou, Mohand Oussaid Kahina. Système de Régulation et de contrôle des installations photovoltaïques. Université Saad Dahlab de Blida . Faculté des sciences de l'ingénieur.2005.
- [6] Zouach fodil , Thèse Présenté pour l'obtenir du Diplôme de Magistère en Electronique titled par étude de concertation solaire sur les performances des systèmes photovoltaïque ,2009
- [7] Energie Plus. 12/04/2023, <https://energieplus-lesite.be/theories/climat8/ensoleillement-d8/>.
- [8] Benjamin Dessus, François Pharabod. l'énergie solaire. Presses universitaires de France. Paris.1996.
- [9] Benkhelifa Abdelaziz . Modélisation et expérimentation d'un capteur solaire plan à eau Influence de l'intensité de l'éclairement solaire et de l'inclinaison du capteur solaire sur le rendement du capteur. Mémoire Présenté pour l'obtention du diplôme de master. Université Kasdi Merbah Ouargla.2012.
- [10] Hadja Guedaouria. Dimensionnement d'un système photovoltaïque pour alimenter le laboratoire LPDS au sien de l'université de Béchar. Université Bechar. Faculté des sciences exactes.2017.
- [11] Site web: inconnu, 12-04-2023, <https://www.blet-mesure.fr/premiere-classe/pyrheliometre-pyhh0-1tcp.html>.
- [12] Oudrane A. and Aour B., Numerical Simulation of Heat Exchanges for a Desert House Type ADRAR, Advanced Engineering Forum, Vol. 24, (2017), pp. 63-75. 12-04-2023, <http://www.etasr.com/index.php/ETASR/article/view/1337>.
- [13] H. DERBAL, et al, Conversion Solaire Thermique à Concentration les Concentrateurs
- [14] S. Saadi, Effet des paramètres opérationnels sur les performances d'un capteur solaire

[15] The pros and cons of solar energy /constellation.12-04-2023,
<https://www.constellation.com/energy-101/energy-innovation/solar-energy-pros-and-cons.html>.

[16] Razny, Jérémy. 2023-03-07. Lendopolis-Blog officiel de Lendopolis. Les perspectives d'avenir de l'énergie solaire. 12-04-2023, <https://blog.lendopolis.com/energies-renouvelables/energies-solaires-2023/>.

[17] jacques BERNARD. Energie solaire calcul et optimisation.2004

[18] 20-04-2023, https://energieplus-lesite.be/techniques/eau-chaude-sanitaire11/differents-preparateurs/capteur-solaire-a-eau-chaude-d1/#Principe_de_fonctionnement.

[19] 20-04-2023, http://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Capteur_solaire_plan.

[20] 20-04-2023, <https://www.ecohabitation.com/guides/2594/le-panneau-chauffe-air-solaire-pour-prechauffer-lair-de-la-maison/>. [21] MEMOIRE FIN D'ETUDE. Etude Et Réalisation D'un Capteur Solaire A Air Ecologique. UMMTO. 2016/2017

[22] Thierry CAB IROL- Albert PELISSOU - Daniel ROUX « L'INSOLATEU'UR PLAN A EFFET DE SERRE et LE CHAUFFE-EAU SOLAIRE» PROJET DE FIN D'ETUDE ; EDISUD, AIX-EN-PROVENCE 1978

[23] Mamadou KANOUTE

«SYSTEME CHAUFFE –EAU-CAPTEUR SOLAIRE»

PROJET DE FIN D'ETUDES ; Ecole Polytechnique de Thiès (EPT) 1982

[24] Youssouf MBODJI

« Conception d'un nouveau modèle de chauffe eau solaire»

PROJET DE FIN D'ETUDES ; Ecole Polytechnique de Thiés (EPT) 1989

[25] : < l'énergie solaire-thermique et photovoltaïque> MICHEL TISSOT 2ieme édition

[26] Salif GAYE-Mamadou Syll KEBE

« EQUIPEMENT DU C.F.P.DAKAR MARINE D'UN CHAUFFE EAU SOLAIRE POUR LA PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE»

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES : ENSUT (UCAD) 1986

[27] R. BERNARD-G.MENGUY-M.SCHWARTZ

« LE RAYONNEMENTS SOLAIRE : CONVERSION THERMIQUE ET APPLICATION. »

Technique & Documentation Lavoisier, 2^e édition augmentée 1980

[28] Paul DEMBA

« PLOMBERIE ET INSTALLATION DE TUYAUTERIES INDUSTRIELLES»

NOTE DE COURS, Ecole supérieure polytechnique (ESP) Centre de Thiès 2007

[29] Abdel amine BENALLOU-Jacques BOUGARD

« GUIDE DE L'ENERGIE SOLAIRE : LE SOLAIRE THERMIQUE AU SERVICE DU DEVELOPPEMENT DURABLE»

[30] Centre D'Etudes et de Recherche sur les Energies Renouvelables

CERER (Hann DAKAR-SENEGAL)

[31] Bradley, D, Kummert, M. New evolutions in TRNSYS – a selection of version 16 features, Ninth International IBPSA Conference Montréal, Canada; August 15- 18. 2005.

[32] Thermal Energy System Specialists, LLC (2014) TRNSYS 17 a Transient System Simulation program Getting started Madison USA

[33] Zidianakis, G, Tsoutsos, T. Simulation of a solar absorption cooling system, 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century; September 2007. Crete island, Greece.

[34] Gu, Lixing. A simplified hot water distribution system model, 10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition; September 3-6, 2007. Beijing, China.

[35] Fiksel A, Thornton JW, Klein SA, Beckman WA. Developments to the TRNSYS Simulation Program. J Sol Energy Eng 1995;117(2):123–7. <http://dx.doi.org/10.1115/1.2870836>.

[36] Kalogirou SA. Solar thermal collectors and applications. Prog Energy Combust Sci 2004;30(2004):231–95. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pecs.2004.02.001>

[37] Jones, S.A.; Schwarzboezl, R.P.P; Blair, N. and Cable, R. (2001). TRNSYS modeling of the SEGS VI parabolic trough solar electric generating system, Proceedings of Solar Forum 2001: Solar Energy: The Power to Choose, April 21-25, 2001, Washington, DC.

[38] Siddiqui, O.; Fung, A.; Tse, H. and Zhang, D. (2008). Modeling of the net zero energy town house in Toronto using TRNSYS, and an analysis of the impact using thermal mass. In: 2nd international conference on energy sustainability, Volume 2 Jacksonville, Florida, USA, August 10–14, 2008, doi: 10.1115/ES2008-54255.

[39] Braithwaite, JD, Boehm, R. Incorporating Thermal Storage Into a SEGS Plant Using TRNSYS: A Status Report, ASME 2004 International Solar Energy Conference Solar Energy Portland, Oregon, USA; July 11–14, 2004

[40] Shariah A, Akhras MAA, Omari IAA. Optimizing the tilt angle of solar collectors. *Renew Energy* 2002; 26(4):587–98. 03-05-2023,[http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481\(01\)00106-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481(01)00106-9).

[41] Kreider JF, Kreith F. *Solar energy handbook*. New York: McGrawHill; 1981.

