



UNIVERSITE KASDI MERBAH OUARGLA

**Faculté des Hydrocarbures, des Energies Renouvelables
et des Sciences de la Terre et l'Univers**

THESE

En vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Energies Renouvelables en mécanique

Réalisé par :

BADA MOHAMMAD OUAHID

TOUATI AHMED ZINEDDINE

Thème

**DIMENSIONNEMENT ET OPTIMISATION D'UNE
INSTALLATION SOLAIRE COLLECTIVE D'EAU CHAUDE
SANITAIRE POUR LES BESOINS D'UNE FERME
AQUACOLE**

Devant le jury composé de :

Pr. BOUCHEKIMA BACHIR	Université Kasdi MERBAH Ouargla	Encadreur
Dr. CHERRAYE RIDHA	Université Kasdi MERBAH Ouargla	Co-encadreur
Pr. BENMNINE DJAMEL	Université Kasdi MERBAH Ouargla	Président
Dr. HADJADJ ABDESSAMIE	Université Kasdi MERBAH Ouargla	Examineur

Année universitaire : 2022-2023



DEDICACES

Je dédie ce mémoire

à mes parents qui m'ont soutenu et encouragé durant ces années d'études.

Qu'ils trouveront ici le témoignage de ma profonde reconnaissance.

A mes frères, ma grand mère et ceux qui ont partagé avec moi tous les moments d'émotion lors de la réalisation de ce travail. Ils m'ont chaleureusement supporté et encouragé tout au long de mon parcours.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A tous mes amis qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

A tous ceux que j'aime.

Ouahid

DEDICACES

À mes chers parents,

Je tiens à vous dédier ces mots empreints d'amour et de gratitude, en reconnaissance de tous les sacrifices que vous avez consentis, de votre amour inconditionnel.

À mes chères sœurs,

Je souhaite exprimer ma profonde reconnaissance pour vos encouragements constants et votre soutien moral inébranlable.

À mon cher frère,

Je tiens à te remercier du fond du cœur pour votre appui indéfectible et votre encouragement sans relâche.

À toute ma famille,

Je souhaite exprimer ma gratitude sincère pour votre soutien inconditionnel tout au long de mon parcours universitaire.

Que ce travail accompli soit le témoignage de mes efforts pour réaliser vos vœux les plus chers. Votre soutien infailible a été la clé de ma réussite, Merci d'être toujours là pour moi.

Zineddine

REMERCIEMENTS

REMERCIEMENTS

Après avoir rendu nous remercierons Dieu le Tout Puissant et le Miséricordieux de nous avoir donné la volonté, le courage et la patience de mener a terme ce présent travail.

Il s'agit plus particulièrement de notre cher professeur et encadrant Mr. BOUCHEKIMA pour son suivi et pour son énorme soutien, qu'il n'a cessé de nous prodiguer tout au long de la période du projet.

Nous tenons à remercier également notre Co encadrant Mr. CHERRAYE RIDHA pour le temps qu'il a consacré et pour les précieuses informations qu'il nous a prodiguées avec intérêt et compréhension.

Nous adressons aussi nos vifs remerciements aux membres des jurys pour avoir bien voulu examiner et juge ce travail.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui, de près ou de loin ont participé à la rédaction de ce document.

SOMMAIRE

Sommaire

DEDICACES	I
DEDICACES	II
Introduction générale.....	1
Chapitre I: Généralités sur les aquacultures et les installations solaires	
I.1. Généralités sur les Aquacultures	4
I.1.1. L'aquaculture	4
I.1.2. Le tilapia.....	4
I.1.3. Conditions de vie de tilapia	4
I.2. Généralités sur les installations de chauffage solaire.....	5
I.2.1. le gisement solaire	5
I.2.2. Coordonnées terrestres	5
I.2.2.1. La latitude.....	6
I.2.2.2. La longitude.....	6
I.2.2.3. L'inclinaison du plan	6
I.2.3. Coordonnées horizontales.....	6
I.2.3.1. La hauteur du soleil	6
I.2.3.2. L'azimut du soleil	7
I.2.4. L'énergie solaire	7
I.2.5. L'énergie solaire thermique	8
I.2.6. L'utilisation des capteurs solaire à air.....	8
I.2.7. L'utilisation des capteurs solaire à fluide	8
I.2.8. Chauffe-eau solaire thermique.....	8
I.2.9. Types des chauffe-eau solaire	9
I.2.9.1. Chauffe-eau solaire monobloc.....	9
I.2.9.2. Les chauffe-eaux à thermosiphon.....	9
I.2.9.3. Les chauffe-eaux à circulation forcée	10
I.2.9.4. Les chauffe-eau auto vidange.....	10
I.2.10. Composantes d'un système de chauffage solaire.....	11
I.2.11. Les capteurs solaires thermique	11

SOMMAIRE

I.2.11.1.	Le capteur plan vitré	11
I.2.11.2.	Les capteurs ont tubé sous vide	12
I.2.11.3.	Le capteur plan, non vitré	13
I.2.11.4.	Le ballon d'eau chaude solaire	13
I.2.11.5.	Régulateur	14
I.2.11.6.	Pompe de circulation	14
I.2.11.7.	L'échangeur	14
Chapitre II : Synthèse bibliographique		
II.1.	Introduction	16
II.2.	Expériences.....	17
II.3.	Conclusion de synthèse bibliographique	25
Chapitre III: Résultats et discussions		
III.1.	Partie expérimentale	27
III.1.	INTRODUCTION	27
II.2.	SIMULATION DE CHAUFFE-EAU SOLAIRE	28
II.3.	Simulation CFD d'un chauffe-eau solaire.....	28
II.4.	Géométrie et maillage.....	28
II.5.	Traitement.....	31
II.5.1.	Condition aux limites	31
II.6.	Simulations CFD du collecteur solaire à plaque plane.....	32
II.7.	RESULTATS ET DISCUSSIONS	33
II.8.	Matériel et méthodes	34
II.9.	Validation	37
II.9.1.	DIMENSIONNEMENT	41
II.10	Conclusion.....	42
	Conclusion générale	44

LISTE DES FIGURES

LISTE DES FIGURES

Figure I. 1: Pisciculture	4
Figure I. 2: Le tilapia.....	4
Figure I. 3: Carte de l'Irradiation Globale Directe Annuelle Moyenne (Période 2002-2011).....	5
Figure I. 4: coordonnées terrestres	6
Figure I. 5: Coordonnées horizontales[6].....	7
Figure I. 6: chauffe-eau solaire monobloc.....	9
Figure I. 7: chauffe-eau à thermosiphon	10
Figure I. 8: Les chauffe-eau à circulation forcée.....	10
Figure I. 9: capteur plan vitré	11
Figure I. 10: capteur plan vitré placé sur le toit	12
Figure I. 11: les capteurs a tube sous vide placé sur le toit	12
Figure I. 12: les capteurs a tube sous vide.....	13
Figure I. 13: capteur plan, non vitré	13
Figure I. 14: dispositif d'un chauffe-eau solaire	14
Figure II. 1: Schéma de principe d'un collecteur à plaques planes[21]	17
Figure II. 2: Serpentine tube configuration. [22]	17
Figure II. 3: Geometry of the absorber H[24]	18
Figure II. 4: Schéma d'un système de chauffe-eau solaire de type collecteur-stockage intégré non métallique	18
Figure II. 5: Configuration du tube triangulaire[26]	19
Figure II. 6: Un collecteur plat typique de liquide[27].....	19
Figure II. 7: Géométrie du modèle[28]	20
Figure II. 8: Configuration du tube circulaire[29].....	20
Figure II. 9: Maillage 3D de type de plaques absorbantes[31]	21
Figure II. 10: Géométrie du collecteur plan[32]	21
Figure II. 11: Volume de contrôle formé de trois surfaces[33]	22
Figure II. 12: Schéma de principe de la colonne montante et du tuyau collecteur[34].....	22
Figure II. 13: Types of cross sections[35]	23
Figure II. 14: Esquisse pour le capteur solaire[36]	24

LISTE DES FIGURES

Figure II. 15:Schéma du meilleur modèle (modèle droit) [37]	24
Figure III. 1:collecteur à plaque plane dans ANSYS	29
Figure III. 2:Géométrie pour le maillage	30
Figure III. 3: vues 1 de maillages	30
Figure III. 4: vues 2 de maillages	30
Figure III. 5 vues 3 de maillages	31
Figure III. 6:contour de température a 9:00h	33
Figure III. 7:Contour de température a 11:00.....	33
Figure III. 8:Contour de température a 13h.....	34
Figure III. 9:chauffe-eau solaire CESTH 150 L commercial	35
Figure III. 10:débit mètre	36
Figure III. 11:Un pyranometre marque Kipp&ZonenmodeleSMP11	36
Figure III. 12:châssis USB NI Compact DAQ.....	37
Figure III. 13:Intensité solaire en fonction du temps	38
Figure III. 14:la variation de la température en fonction du temps.....	39
Figure III. 15:la variation du rendement en fonction du temps.....	39
Figure III. 16:Rendement cumulée en fonction du temps	40
Figure III. 17:Ecart d'erreur en fonction du temps	41

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I. 1: Le potentiel energetique solaire en Algerie[7]	5
Tableau III.1: Specifications du collecteur à plaque pl.....	29
Tableau III.2: Propriétés matérielles utilisées pour ANSYS FLUENT.....	32
Tableau III.3: Informations sur le maillage provenant du rapport	32

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

La croissance étonnante et rapide de la demande de l'énergie dans le monde entier ces dernières années est liée à la flambée des prix du pétrole provoquée par les fluctuations du marché mondial de l'énergie. L'épuisement des réserves mondiales et le problème persistant du réchauffement climatique a suscité l'inquiétude des professionnels du domaine, des experts et des scientifiques de premier plan pour exprimer leurs opinions sur Préoccupation et appréhension authentiques quant à l'avenir de l'énergie sur notre planète.

La politique énergétique de l'Algérie est en train de se transformer à mesure qu'elle s'oriente vers une plus grande diversification de ses ressources énergétiques et un plus grand recours aux énergies renouvelables. En février 2011, le gouvernement algérien a lancé un programme ambitieux de développement des énergies renouvelables et de l'efficacité énergétique, afin de conserver ses réserves existantes de pétrole et de gaz naturel et d'élargir son portefeuille énergétique dans le but est de diversifier les sources d'énergie et de passer à une énergie durable. [1]

Avec plus de 3000 heures d'ensoleillement annuel, le programme privilégie l'utilisation des chauffe-eau solaires. Il est vrai que des initiatives d'énergie solaire sont en place au niveau national, y compris diverses campagnes et programmes. Diverses initiatives telles que la sensibilisation, les investissements financiers et les multiples projets de développement. De grands progrès ont été réalisés dans la collaboration et les partenariats internationaux.[2]

Cependant, il convient de noter qu'en Algérie, la faible pénétration du marché des chauffe-eau solaires et du au faible cout du gaz naturel ainsi que les prix élevés des systèmes qui sont Généralement importé des pays voisins ou d'Europe. [1].

Le préchauffage de l'aquaculture à l'aide de chauffe-eau solaires est une recherche cruciale dans le domaine de l'aquaculture durable pour répondre à la demande croissante en produits aquatiques tout en améliorant l'efficacité et la rentabilité des systèmes aquacoles. Ce mémoire se divise en trois parties principales : une partie théorique, une partie synthèse bibliographique et une partie pratique.

La partie théorique examine en détail les principes fondamentaux du préchauffage de l'eau en aquaculture, ainsi que les différentes technologies et méthodes de chauffe-eau

Introduction générale

solaires disponibles. Les concepts essentiels tels que la collecte et le stockage de l'énergie solaire, les transferts thermiques, les exigences spécifiques de l'élevage aquatique, et les facteurs influençant l'efficacité des chauffe-eau solaires seront approfondis.

La partie synthèse bibliographique du mémoire se concentre sur une revue détaillée de la littérature existante, en explorant les principes fondamentaux du préchauffage de l'eau dans le contexte de l'aquaculture et en présentant les différentes technologies et méthodes de chauffe-eau solaires disponibles. Des concepts tels que la collecte et le stockage de l'énergie solaire, les transferts thermiques, les exigences spécifiques de l'élevage des espèces aquatiques et les facteurs influençant l'efficacité des chauffe-eau solaires seront abordés de manière approfondie dans cette partie.

La partie pratique se concentre sur l'application concrète des connaissances théoriques et expérimentales acquises pour valider la simulation. Des expérimentations seront menées pour évaluer l'efficacité des chauffe-eau solaires dans le préchauffage de l'eau en aquaculture. Des données expérimentales seront collectées et analysées pour valider les performances des systèmes de chauffe-eau solaires et leur impact sur la température et la qualité de l'eau dans les installations aquacoles. Des recommandations pratiques seront formulées pour optimiser l'utilisation des chauffe-eau solaires dans le domaine de l'aquaculture.

L'objectif de ce mémoire est de combiner une solide approche théorique avec une expérimentation pratique et la simulation afin de fournir une compréhension approfondie du préchauffage de l'aquaculture à l'aide de chauffe-eau solaires. Les résultats et les recommandations de cette étude contribueront à faire progresser les connaissances dans le domaine de l'aquaculture durable, en ouvrant la voie à des solutions énergétiques plus efficaces et respectueuses de l'environnement pour l'élevage des espèces aquatiques.

**Chapitre I : GENERALITES SUR
L'AQUACULTURE ET LES INSTALATIONS
DE CHAUFFAGE SOLAIRES**

CHAPITRE I

I.1. Généralités sur les Aquacultures

I.1.1. L'aquaculture

L'aquaculture est l'élevage d'espèces aquatiques telles que les poissons et les algues, que ce soit en eau douce, en eau saumâtre, ou en milieu marin. elle est considérée de plus en plus comme une alternative à la surpêche des océans du monde, d'autant plus que la demande mondiale de poisson continue d'augmenter[3]



Figure I. 1: Pisciculture[3]

I.1.2. Le tilapia

Le tilapia est un poisson à chair blanche de la famille des cichlides, dont l'élevage remonte à l'Égypte ancienne il y a 4 000 ans. L'une des principales espèces d'aquaculture et le deuxième poisson le plus élevé au monde après la carpe, ce poisson tropical se développe relativement rapidement et se nourrit aux niveaux inférieurs de la chaîne alimentaire. [4]



Figure I. 2: Le tilapia[4]

I.1.3. Conditions de vie de tilapia

Le tilapia est un poisson d'eau douce tiède qui vit dans des eaux peu profondes avec une température minimale de 15°C et une température idéale de 28 à 30°C. [5]

CHAPITRE I

I.2. Généralités sur les installations de chauffage solaire

I.2.1. le gisement solaire

Un gisement solaire désigne la quantité d'énergie solaire reçue par une surface donnée pendant une période donnée, exprimée en kWh/m² ou en W/m². L'Algérie possède l'une des réserves solaires les plus élevées au monde. Presque toutes les terres ont plus de 2 000 heures d'ensoleillement par an, et même jusqu'à 3 900 heures, en particulier dans les régions du plateau et du désert du Sahara. Ainsi, à travers le pays, l'énergie solaire globale reçue par jour au niveau du mètre carré est de 5,1 kWh par jour dans le nord (environ 1860 kWh par mètre carré par an) et de 6,6 kWh par mètre carré par an (environ 2410 kWh par mètre carré par an) entre les changements. m²) dans le Grand Sud. [6]

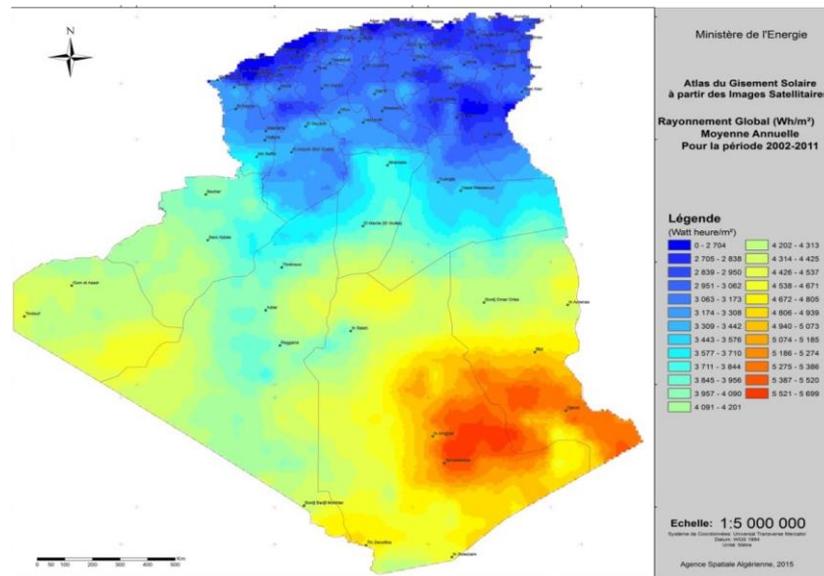


Figure I. 3: Carte de l'Irradiation Globale Directe Annuelle Moyenne (Période 2002-2011)[7]

Tableau I. 1: Le potentiel énergétique solaire en Algérie [8]

Régions	Région côtière	Hauts Plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moyenne d'ensoleillement (Heures/an)	2650	3000	3600
Energie moyenne reçue (KWh/m ² /an)	1700	1900	2650

I.2.2. Coordonnées terrestres

Un lieu donné est situé à deux coordonnées sur la surface de la Terre, latitude φ et Longitude ψ .

CHAPITRE I

I.2.2.1. La latitude

Est l'angle formé par une ligne verticale en un lieu et le plan équatorial terrestre. De 0 à ± 90 en partant de l'équateur, positivement vers le nord négativement vers le sud.

I.2.2.2. La longitude

C'est l'angle formé par le méridien local du site avec le méridien du site Référence (Méridien de Greenwich).

I.2.2.3. L'inclinaison du plan

C'est l'angle entre le plan lui-même et l'horizontal

- $\beta=0$: pour un plan horizontal tourné vers le haut.
- $\beta=90^\circ$: pour un plan vertical
- $\beta=180^\circ$: pour un plan horizontal tourné vers le bas.

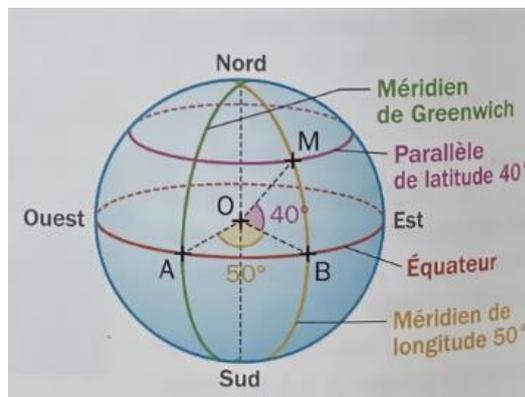


Figure I. 4: coordonnées terrestres[9]

I.2.3. Coordonnées horizontales

C'est le repérage du soleil par la hauteur angulaire h et l'azimut a du soleil.

I.2.3.1. La hauteur du soleil

C'est l'angle qui sépare l'astre du plan horizontal. Il est mesuré selon la verticale de l'observateur. il varie de 0° à 90° de l'horizon au zénith et de 0° à -90° de l'horizon au nadir.

CHAPITRE I

Elle est donnée par la formule :

$$\sin h = \omega \cos \delta \cos \varphi \cos \omega + \delta \sin \varphi \sin \omega$$

I.1.2.3.2 L'azimut du soleil

C'est l'angle formé entre le cercle vertical passant par l'étoile et le plan méridien. L'azimut est compté inférieur à 0 vers l'est et supérieur à 0 vers l'ouest, l'azimut est compté inférieur à 0 vers l'est et supérieur à 0 vers l'ouest.) [6]

L'azimut du soleil est calculé par la formule suivante ;

$$\sin a = \frac{\cosh(\delta) \sin(\omega)}{\cosh h}$$

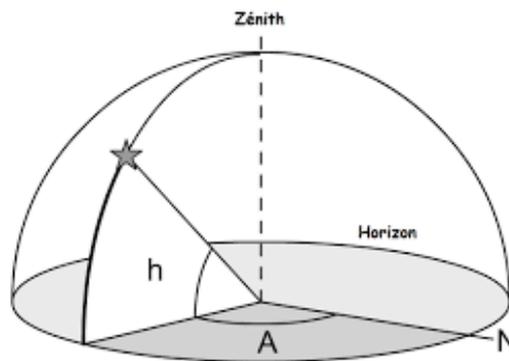


Figure I. 5:Coordonnées horizontales[6]

I.2.4. L'énergie solaire

L'énergie solaire est l'énergie produite par le soleil sous forme de rayonnement électromagnétique. Cette énergie peut être utilisée pour produire de l'électricité ou pour le chauffage. Les technologies d'énergie solaire comprennent les panneaux solaires photovoltaïques (PV), les panneaux thermique , les systèmes de refroidissement solaire et les systèmes de stockage d'énergie solaire[10]

Dans notre cas en s'intéresse aux panneaux solaires thermique

CHAPITRE I

I.2.5. L'énergie solaire thermique

L'énergie solaire thermique est une technologie qui utilise l'énergie solaire pour chauffer l'air ou un fluide, généralement de l'eau ou un liquide antigel, qui peut ensuite être utilisé pour le chauffage ou la production de l'eau chaude sanitaire. Cette technologie est particulièrement adaptée au secteurs de L'industrie ainsi que les secteurs résidentiels et commerciales occupé pratiquement toutes l'année .[11]

Les systèmes thermiques peuvent être utilisés pour ;

- Utilisation directe de la chaleur : chauffe-eaux solaires, chauffage solaire
- Utilisation indirecte de la chaleur : centrales solaires Thermodynamique, refroidissement solaire.

I.2.6. L'utilisation des capteurs solaire à air

Les capteurs solaires à air sont utilisés pour une variété d'applications telle que :

- Chauffage de l'air intérieur
- Chauffage de l'eau
- Séchage des cultures
- Ventilation des espaces de stockage

I.2.7. L'utilisation des capteurs solaire à fluide

- Chauffage de l'eau domestique
- Chauffage des bâtiments en utilisant un système de chauffage par le sol, des radiateurs ou des unités de ventilation.
- Production d'énergie électrique en utilisant un générateur de vapeur et une turbine à vapeur.
- Utilisations industrielles telle que le traitement des eaux usées

I.2.8. Chauffe-eau solaire thermique

les chauffe-eau solaire a énergie thermique sont des systèmes qui convertissent l'énergie solaire en énergie thermique sous forme de chaleur a l'aide des capteurs solaire ,des pompes pour faire circuler le fluide calorifique porteur et un ballon de stockage avec un ou

CHAPITRE I

plusieurs échangeur qui permet de chauffer l'eau sanitaire, des équipements de sécurité qui servent à protéger le matériel et le contrôler pour éviter les pannes. [12]

I.2.9. Types des chauffe-eaux solaires

I.2.9.1. Chauffe-eau solaire monobloc

Il est constitué d'un ballon horizontal de contenance variable relié à des capteurs solaires. On appelle ce système "monobloc" car le ballon et les capteurs sont montés sur le même châssis. [13]



Figure I. 6: chauffe-eau solaire monobloc[14]

I.2.9.2. Les chauffe-eaux à thermosiphon

Son fonctionnement repose sur les propriétés de dilatation des fluides. L'échange entre eau chaude et eau froide s'effectue grâce à ce phénomène physique naturel. Le fluide remonte jusqu'à l'échangeur, où il réchauffe l'eau. Lorsque le fluide redevient froid, il descend et un nouveau cycle peut débuter. [15]

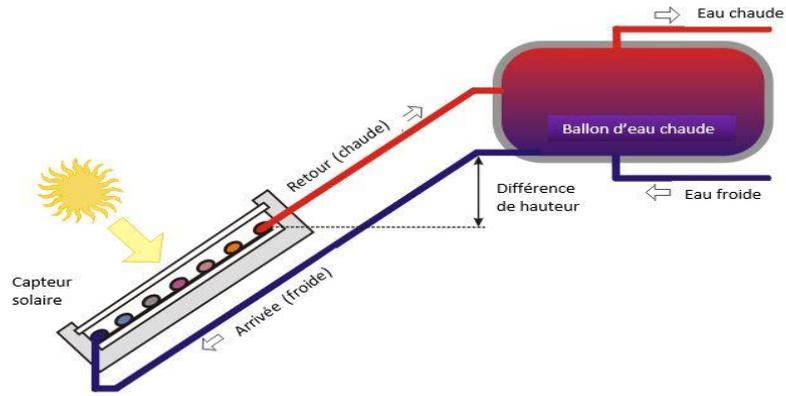


Figure I. 7: chauffe-eau à thermosiphon[16]

I.2.9.3. Les chauffe-eaux à circulation forcée

Le fluide caloporteur circulant dans son circuit est propulsé par une pompe dont la vitesse et la fréquence sont réglables. Vous êtes ainsi assuré que l'échange de chaleur s'effectue d'une manière optimale[17]

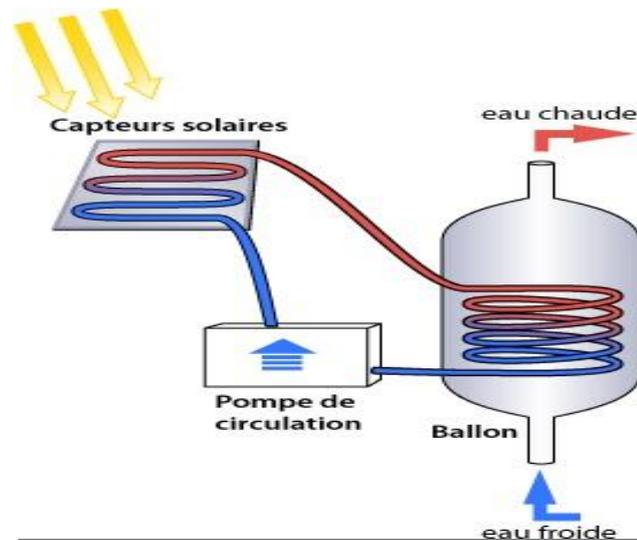


Figure I. 8: chauffe-eau à circulation forcée[18]

I.2.9.4. Les chauffe-eau auto vidange

Le chauffe-eau solaire auto-vidange est un dispositif révolutionnaire qui se base sur le système de la vidange automatique. Avec ce procédé pratique, le fluide solaire ne stagne pas dans les capteurs et les risques de fuites ou de dysfonctionnement sont ainsi écartés[19] .

CHAPITRE I

I.2.10. Composantes d'un système de chauffage solaire

I.2.11. Les capteurs solaires thermique

Les capteurs solaires thermiques permettent d'utiliser l'énergie solaire pour produire de l'eau chaude sanitaire. En absorbant le rayonnement solaire et le convertit en énergie thermique grâce à un fluide caloporteur.

Pour cela, il utilise 3 grands principes physiques :

- Effet corps noir : les corps noirs absorbent la chaleur du soleil
- Effet de serre : les vitres bloquent les rayons infrarouges ce qui empêchant la perte de chaleur.
- Effet d'isolation : Lorsque l'isolation est bonne, la chaleur sera retenue dans le panneau thermique. [20]

Il existe trois types des capteurs solaires thermique :

I.2.11.1. Le capteur plan vitré

C'est le type le plus répandu, il est généralement composé d'un cadre en forme de caisson, un isolant en partie basse, un absorbeur en cuivre ou aluminium, un serpentin (tuyau ondulé) contenant le fluide à réchauffer. et un vitrage à base de verre non-ferrugineux ou en verre acrylique,[21]

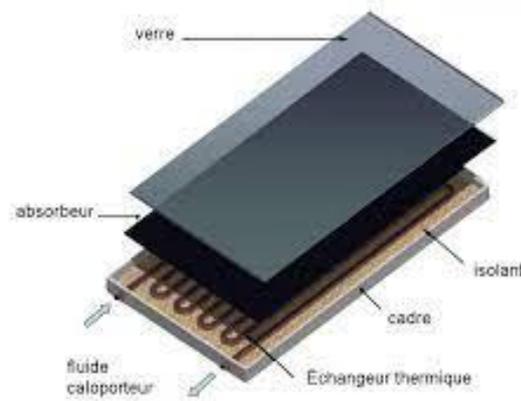


Figure I. 9:capteur plan vitré[22]

CHAPITRE I



Figure I. 10:capteur plan vitré placé sur le toit[23]

I.2.11.2. Les capteurs ont tubé sous vide

Les capteurs solaires à tubes sous vide sont constitués d'un ensemble de tubes cylindriques. Ces²²²²² tubes sont constitués d'absorbeurs sélectifs sur sièges réfléchissants entourés de cylindres en verre transparent. Un vide est créé entre le tube extérieur transparent et l'absorbeur intérieur qui agit comme une paroi transmettant la chaleur. L'absorbeur interne est constitué de caloducs en cuivre contenant le fluide vaporisé. Cette caractéristique permet au fluide caloporteur d'atteindre des températures supérieures à 100° .[24]



Figure I. 11:les capteurs a tube sous vide placé sur le toit[25]

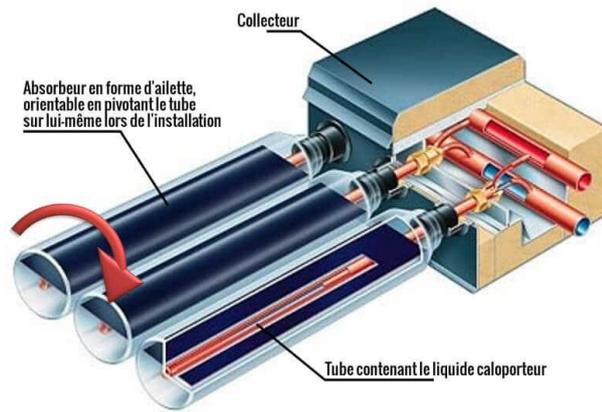


Figure I. 12:les capteurs a tube sous vide[26]

I.2.11.3Le capteur plan, non vitré

Les collecteurs plans non vitrés sont plus économiques, mais moins populaires. Très dépendant de la température extérieure et est couramment utilisée dans les chauffe-piscines, mais peut parfois être utilisée comme chauffe-eau sanitaire dans les pays chauds. Dans les régions tempérées, la température de travail est généralement inférieure à 30°C. Il est constitué uniquement de l'absorbeur dans lequel circule le fluide caloporteur.[27]



Figure I. 13:capteur plan, non vitré[28]

I.2.11.4. Le ballon d'eau chaude solaire

Pour stocker la chaleur récupérée par le capteur, on utilise un réservoir métallique, rempli d'un volume important d'eau sanitaire selon les besoins.

L'eau sanitaire présente dans la cuve est fortement réchauffée du fait du fluide caloporteur circulant dans la boucle de tuyauterie et s'écoulant à l'intérieur de la cuve. Ou il libère des calories. [29]

CHAPITRE I

I.2.11.5. Régulateur

La régulation agit sur l'écart de température, si la sonde du ballon est plus chaude que la sonde du capteur, la régulation coupera le circulateur. Sinon, le circulateur redémarre et le liquide primaire chauffe l'eau sanitaire dans le ballon.[30]

I.2.11.6. Pompe de circulation

Un circulateur solaire est une pompe robuste et fiable dont le but est de faire circuler le liquide caloporteur des panneaux solaires (où la chaleur est stockée par conduction) vers le ballon solaire (où il transfère à nouveau la chaleur à l'eau à travers un échangeur par conduction). La pompe doit faire circuler le fluide à certains moments de la journée, selon les besoins de chauffage ou d'eau chaude sanitaire de l'habitation.[30]

I.2.11.7. L'échangeur

On utilise un échangeur serpentin intégré dans le ballon de stockage qui permettra la circulation du fluide calorifique porteur dans le ballon ou il cède ses calories solaires à l'eau sanitaire.[29]

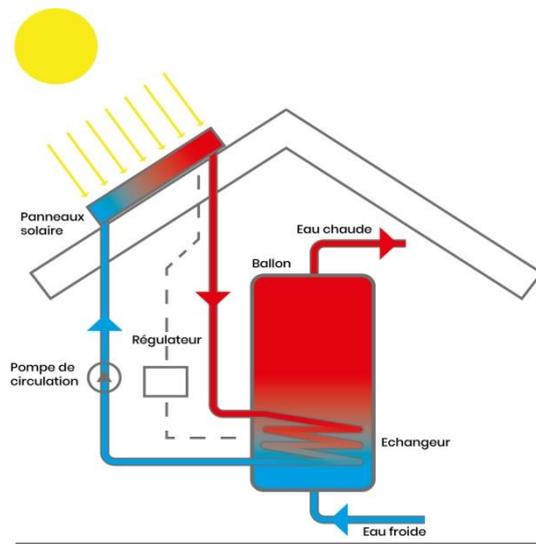


Figure I. 14:dispositif d'un chauffe-eau solaire[31]

Chapitre II : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

II. Synthèse bibliographique

II.1 Introduction

En raison de la crise environnementale et de la demande croissante d'énergie, le développement et la mise en œuvre des énergies renouvelables revêtent une grande importance. L'énergie solaire est une source d'énergie prometteuse en raison de sa disponibilité gratuite et de ses faibles coûts d'exploitation, tout en étant une source non polluante (Li, Liu, Guo et Zhou, 2017 ; Kannan et Vakeesan, 2016)[32]. L'énergie solaire peut être utilisée dans les systèmes de chauffe-eau solaires, les chauffe-piscines et d'autres systèmes de chauffage (Ingle, Pawar, Deshmukh et Bhosale, 2013)[33]. Dans les systèmes d'énergie solaire, le composant principal est le capteur solaire, qui est un échangeur de chaleur qui absorbe et capte le rayonnement solaire incident en convertissant en chaleur, puis en transférant la chaleur à un fluide (généralement de l'eau ou de l'air) qui s'écoule à travers le collecteur. L'objectif de ce chapitre est Le présent travail donne un aperçu des études numériques/CFD sur divers types de méthodes qui ont été utilisées pour améliorer l'efficacité de chauffe-eau solaire.

Bien que les capteurs solaires plats produisent des températures plus basses, ils ont l'avantage d'être de conception plus simple et d'avoir des coûts de maintenance inférieurs et sont donc les capteurs les plus utilisés pour les systèmes de chauffage solaire dans les secteurs résidentiel et industriel.

Rasad, Byregowda & Gangavati 2010 [34] ont réalisé une étude expérimentale sur un chauffe-eau avec un collecteur à plaque plane et un mécanisme de suivi solaire, ce qui a permis d'augmenter l'efficacité thermique du système d'environ 21 %.

II.2 Expériences

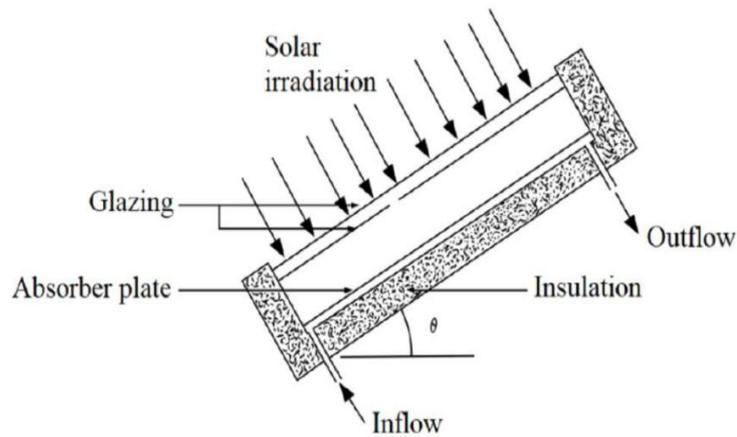


Figure II. 1:Schéma de principe d'un collecteur à plaques planes[34]

Selon Matrawy and Farkas 1997 [35], la configuration d'un capteur solaire est un facteur important qui détermine ses performances thermiques. Un capteur solaire à tube serpentin fonctionne mieux qu'un capteur conventionnel à tubes parallèles en raison de l'apparition précoce d'un écoulement turbulent qui améliore l'application du transfert de chaleur et augmente son efficacité maximale de 62 % à 65 %.

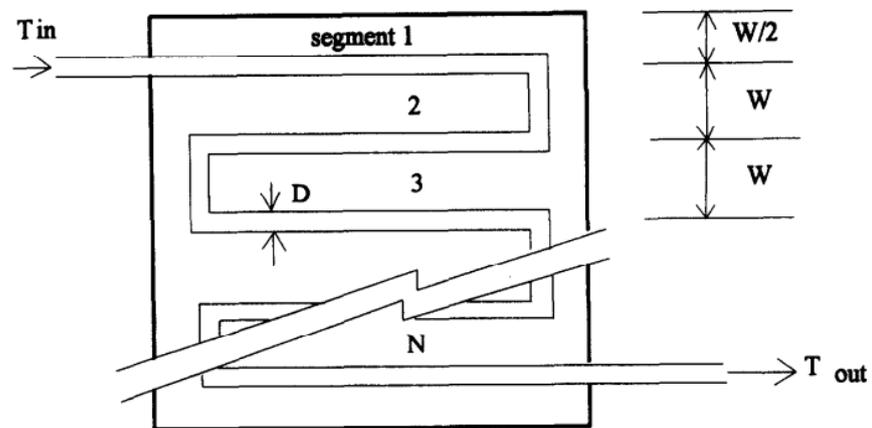


Figure II. 2:Serpentine tube configuration. [35]

Myrna et Beckman 1998[36] ont conclu que le coefficient de transfert de chaleur interne, qui augmentait d'environ 3 % lorsqu'un capteur plat serpentin était utilisé, était la principale raison de la différence de performance entre un capteur plat conventionnel et un capteur plat serpentin.

Chapiter II

Eisenmann, Wiese et al. 2000 [37] ont mené des expériences sur deux collecteurs plats serpentins, qui avaient la même forme et la même géométrie.

Dans le premier collecteur, le tube serpentin était soudé directement à la plaque absorbante ; tandis que dans le deuxième collecteur, le tube serpentin et la plaque étaient assemblés sans fusion thermique. Les deux capteurs ont été placés au soleil dans des conditions climatiques identiques et leurs performances ont été comparées. L'efficacité du premier collecteur est passée de 2 % à 2,5 %.

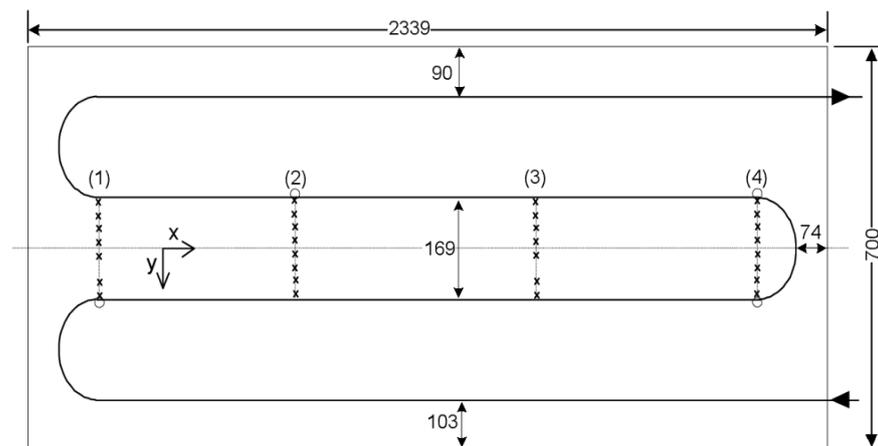


Figure II. 3: Géométrie d'absorber H[37]

(Sopian, Syahri et al. 2004) [38] ont étudié expérimentalement les performances d'une nouvelle conception de chauffe-eau solaire, où le collecteur et le réservoir de stockage étaient intégrés dans la même unité. Les températures enregistrées dans le réservoir oscillaient entre 60 et 63 °C avec un rayonnement de 700 W/m² et le rendement du système était de 45 % avec une température ambiante de 31 °C.

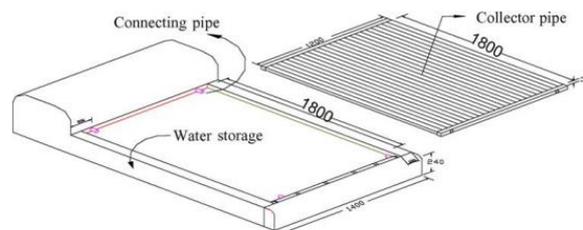


Figure II. 4: Schéma d'un système de chauffe-eau solaire de type collecteur-stockage intégré non métallique [38]

Chapiter II

Basavanna and Shashishekar 2013 [39] ont analysé un capteur solaire à plaque plate avec des tuyaux triangulaires obtenant une augmentation de la température de sortie de l'eau jusqu'à 330 K,

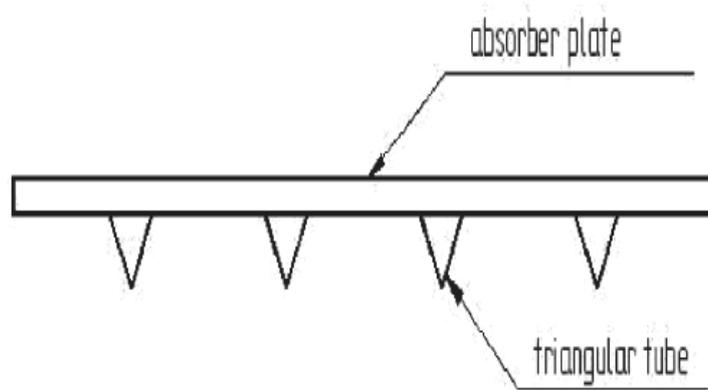


Figure II. 5: Configuration du tube triangulaire[39]

Madhukeshwara and Prakash 2012 [40] ont analysé l'effet des variations de formes de tubes pour l'eau solaire à plaque plate chauffage. Ils ont comparé la température de sortie entre un tube elliptique et un tube circulaire, concluant que le tube elliptique donne la température de sortie maximale de l'eau pour le même flux de chaleur et la même température d'entrée. La différence de température de sortie entre le tube circulaire et le tube elliptique était de 4,17°C.

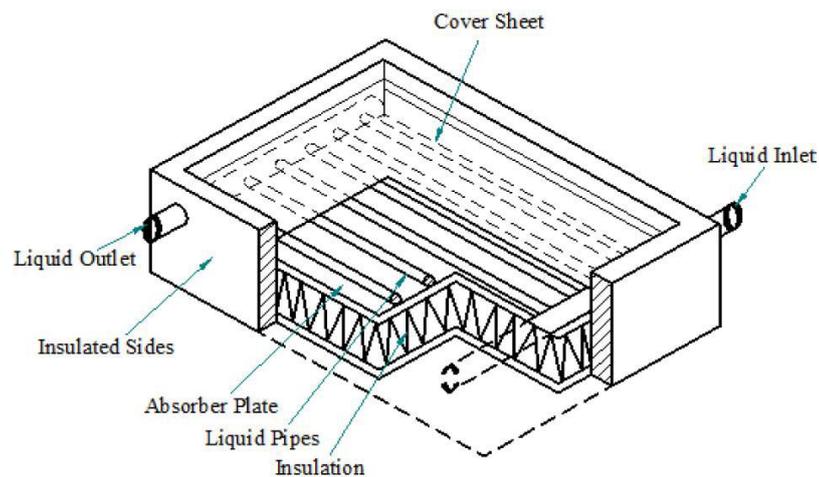
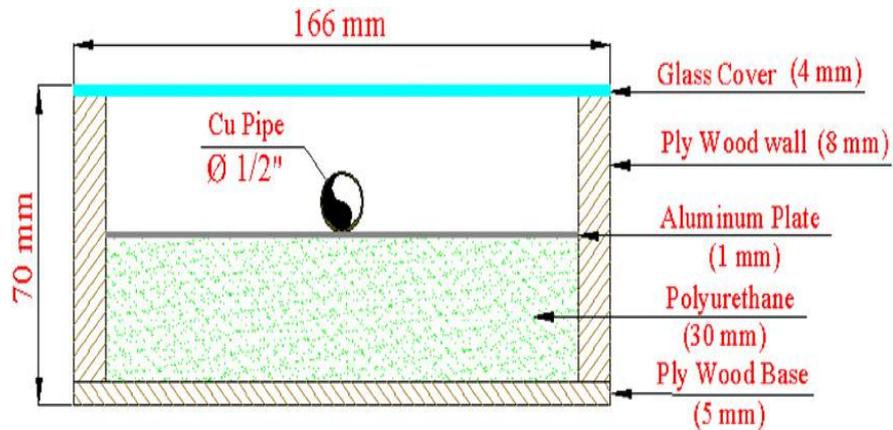


Figure II. 6: Un collecteur plat typique de liquide[40]

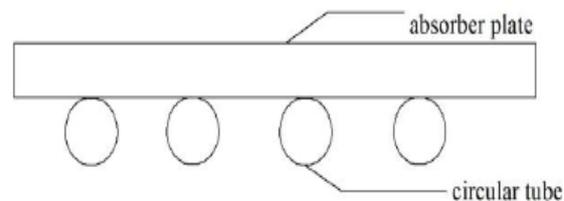
Selmi, Al-Khawaja et al. 2008 [41] ont simulé et analysé un capteur solaire à plaque plane à l'aide d'un logiciel Computational Fluid Dynamics (CFD). Un modèle expérimental

Chapiter II

a été construit et des tests expérimentaux ont été effectués pour valider le modèle CFD, obtenant de bons résultats. La courbe de température simulée a le même comportement que celle expérimentale et elles sont similaires.



Une étude numérique et expérimentale du débit et de la distribution de température dans un capteur solaire a été réalisée par (Ranjitha, Somashekar et al. 2013) [42] Ils ont étudié l'influence de la forme du tube et de l'effet de la plaque absorbante sur le débit et la distribution thermique avec des simulations CFD. La comparaison entre les simulations CFD et les mesures expérimentales n'a montré que 5 % d'écart.



Muhammed Yarshi and Benny [43] ont analysé les performances d'un capteur solaire à plaque plane à l'aide d'ANSYS Fluent. Ils ont étudié l'effet de certains paramètres importants tels que le débit massique, le matériau de la plaque absorbante et les variations de la forme des tubes collecteurs en comparant la température d'entrée et de sortie du fluide. Pendant ce temps, en utilisant également ANSYS Fluent, Manilal 2016 [44] a comparé les solutions CFD de différentes formes utilisées de plaques absorbantes dans les capteurs à

Chapiter II

plaques planes. La plaque avec les meilleurs résultats a été sélectionnée pour être fabriquée. Ils ont conclu que l'analyse CFD est un outil efficace permettant aux chercheurs de simuler plusieurs modèles dans différentes conditions de fonctionnement, sans les fabriquer en comparant leurs résultats, ce qui permet d'économiser du temps et de l'argent.

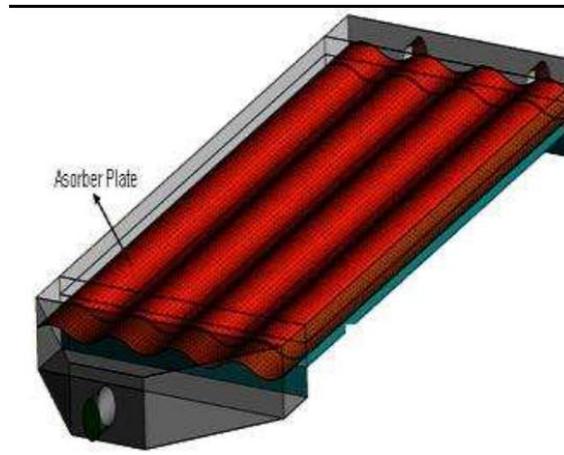


Figure II. 9:Maillage 3D de type de plaques absorbantes[44]

Karanth, Manjunath et al. 2011 [45] ont analysé les performances d'un capteur solaire à plaque plate en utilisant le discrète Transfer Radiation Model (DTRM). Ils ont observé que le transfert de chaleur vers le fluide dû au rayonnement solaire augmentait lorsque le débit massique augmentait, tandis que la température de la plaque absorbante diminuait.

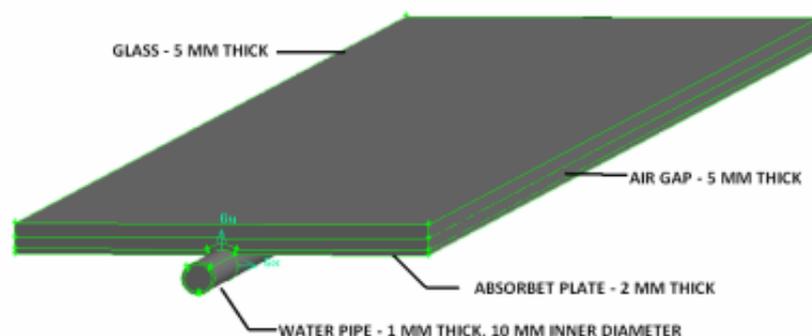


Figure II. 10:Géométrie du collecteur plan[45]

Manuel, Olivares-Ramírez Juan et Omar, Jiménez-Sandoval[46]ont réalisé la simulation CFD de deux collecteurs de sections différentes, avec une section rectangulaire et une section circulaire. Les deux ont montré une augmentation de température jusqu'à 62,5 °C. Les auteurs ont également déterminé le nombre de Reynolds pour chaque

Chapiter II

collecteur, le collecteur A a présenté une variation de $25 < Re < 115$, tandis que le collecteur B a présenté une variation de $200 < Re < 225$, concluant que le collecteur B était le plus efficace car il présentait un débit plus uniforme.

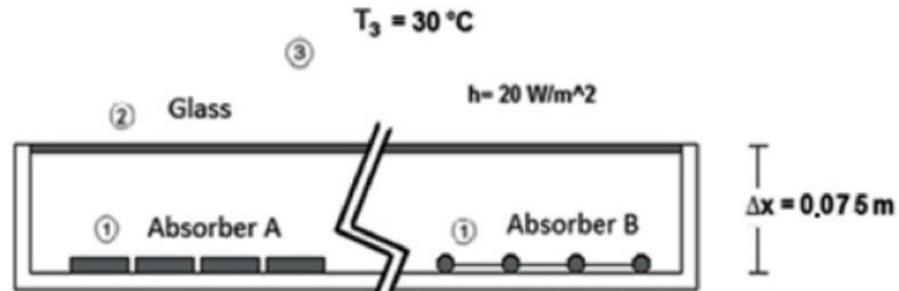


Figure II. 11: Volume de contrôle formé de trois surfaces[46]

Il n'y a pas beaucoup d'enquêtes sur les sections transversales du capteur solaire, à travers lesquelles le fluide s'écoule, les sections sélectionnées ont été choisies selon une analyse thermique. Le modèle CFD proposé dans la présente enquête a été validé avec la simulation réalisée par Gunjo, Mahanta et al. 2017 [47] dans leur recherche intitulée "CFD et investigation expérimentale du système de chauffage solaire plat de l'eau dans des conditions d'état stable".

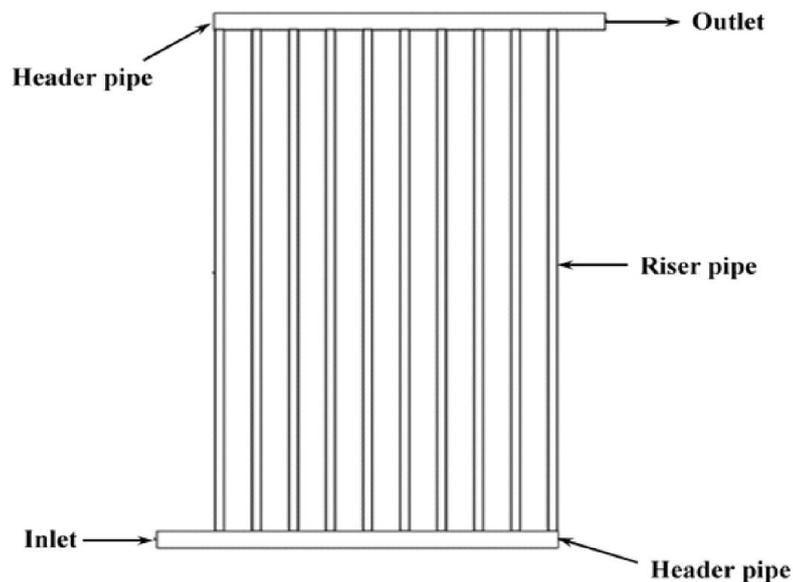


Figure II. 12: Schéma de principe de la colonne montante et du tuyau collecteur[47]

Anthony Xavier Andrade (2020) [48] évalue l'efficacité du capteur solaire plan et le comportement des fluides à l'intérieur de la canalisation avec trois sections différentes, dont les diamètres hydrauliques sont de 10, 5,12 et 6,16 mm, en utilisant ANSYS Fluent. Les résultats obtenus à partir de l'outil Computationnel Fluide Dynamics (CFD) ont montré que le collecteur avec la section transversale de type I atteignait des températures allant jusqu'à 330 K à la sortie du tuyau, obtenant un rendement de 68 %, supérieur à ceux des types II et III, dont les rendements étaient respectivement de 51 % et 60 %. La section transversale de type I a également présenté les valeurs les plus faibles en vitesse et en perte de charge, celles-ci étant respectivement de 0,266 m/s et 108,3 Pa.

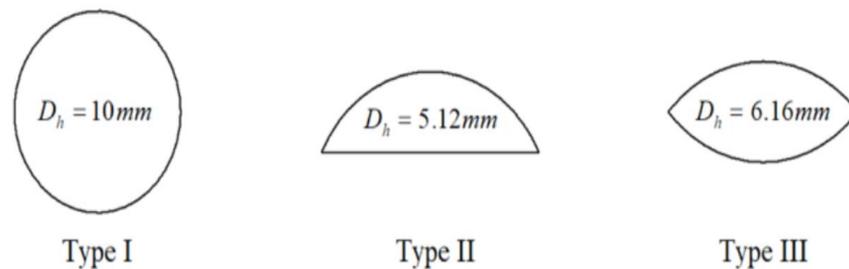


Figure II. 13:Types of cross sections[48]

Amraoui. M. A., Aliane. K.[49] ont mener une étude expérimentale et simulation de dynamique des fluides computationnelle (CFD) d'un collecteur à plaques planes avec écoulement d'air , afin de mieux comprendre sa capacité de transfert de chaleur. À l'aide d'un modèle 3D du collecteur impliquant une entrée d'air, le collecteur est modélisé par ANSYS Workbench et la grille a été créée dans ANSYS ICEM. La simulation a été réalisée pour différents débits, Les résultats obtenus par cette simulation sont comparés aux résultats expérimentaux ou ils affirment l'existence d'un écart 14°C entre la température de sortie expérimentale et simulée.

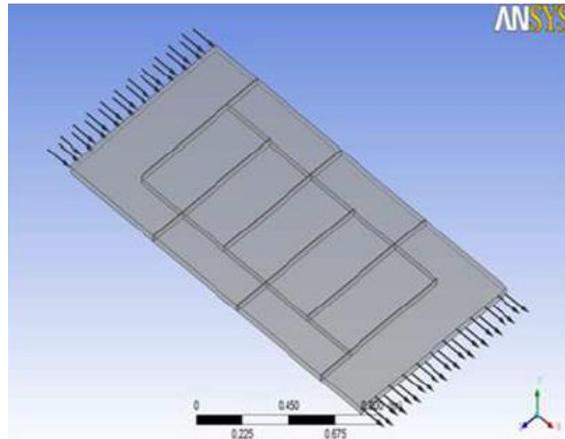


Figure II. 14: Esquisse pour le capteur solaire[49]

L'étude menée par B.Freegah[50] consistait en une approche expérimentale combinée à une simulation visant à améliorer les performances thermiques des systèmes de chauffe-eau solaires à plaques planes. L'objectif principal était d'optimiser le transfert d'énergie des colonnes montantes vers le fluide de fonctionnement à l'intérieur de ces colonnes. Pour ce faire, différentes configurations de tubes ont été insérées à l'intérieur des colonnes montantes, telles que des tubes lisses, hélicoïdaux et ondulés, tout en maintenant la même quantité de liquide de fonctionnement.

Les résultats obtenus ont démontré que le modèle avec un tube droit à l'intérieur de la colonne montante offrait les meilleures performances thermiques, surpassant le modèle conventionnel de 12,3%. Une comparaison entre les résultats expérimentaux et les résultats numériques du modèle optimal (avec tube droit) a également été réalisée. L'étude a révélé qu'il existait une différence moyenne de 7,2% entre ces deux ensembles de résultats.

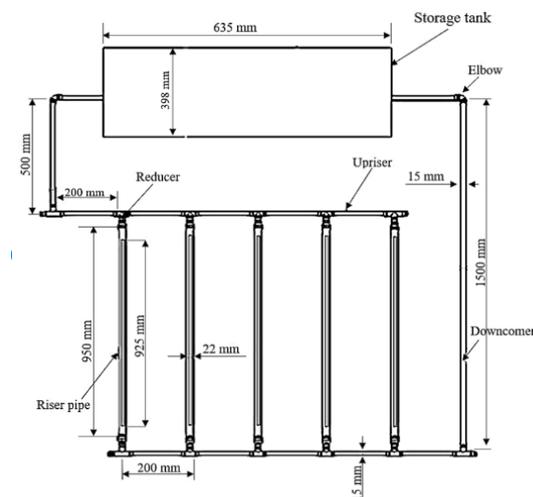


Figure II. 15: Schéma du meilleur modèle (modèle droit) [50]

II.3 Conclusion de synthèse bibliographique

En conclusion de cette synthèse bibliographique sur la simulation de chauffe-eau solaire à l'aide d'ANSYS Fluent, il est clair que la modélisation numérique constitue un outil puissant pour l'analyse et l'optimisation des performances de ces systèmes. ANSYS Fluent offre des fonctionnalités avancées et des capacités de simulation thermique et fluide précises, permettant de simuler de manière réaliste les phénomènes physiques complexes qui se produisent dans les chauffe-eaux solaires.

Les études recensées démontrent que l'utilisation d'ANSYS Fluent permet de prédire avec précision les distributions de température, les écoulements de fluide, les transferts de chaleur et les performances globales des chauffe-eau solaires. Les résultats des simulations sont en bon accord avec les données expérimentales, validant ainsi l'efficacité de cette approche de modélisation.

La simulation avec ANSYS Fluent offre également l'avantage d'être un outil flexible, permettant d'explorer et d'optimiser différents paramètres de conception tels que la géométrie du capteur solaire, les propriétés des matériaux, les conditions d'opération, etc. Cette flexibilité permet d'évaluer rapidement et à moindre coût les performances de différentes configurations et de proposer des améliorations pour maximiser l'efficacité énergétique des chauffe-eau solaires.

Chapitre III : Résultats et discussions

Chapiter III

III.1. Partie expérimentale

III.1.1. NTRODUCTION

La présente partie décrit l'approche expérimentale mise en œuvre pour simuler un chauffe-eau solaire à l'aide du logiciel Ansys Fluent. L'objectif de cette étude était d'évaluer les performances thermiques d'un système de chauffe-eau solaire dans des conditions spécifiques. Cette partie du mémoire présentera les méthodes de simulation utilisées, les paramètres modélisés, ainsi que les procédures mises en place pour recueillir et analyser les résultats de la simulation. Cette recherche visera à fournir une solution à la difficulté de la préservation des stocks de Tilapia et la réduction de la pression sur les ressources marines dans des conditions météorologiques variables, en particulier pendant la saison du changement climatique où la température reste basse tout au long de la période hivernale et évalue des solutions par conception d'assistance solaire à la production de sources alimentaires durables.

Tout d'abord, nous expliquerons le choix du logiciel de simulation Ansys Fluent. Ansys Fluent est un puissant outil de simulation CFD (Computational Fluid Dynamics) largement utilisé dans l'industrie pour modéliser et analyser les flux de fluides, y compris les systèmes de chauffage solaire. Son utilisation permet une modélisation précise des échanges de chaleur et des performances thermiques du système étudié.

Ensuite, nous détaillerons la modélisation du chauffe-eau solaire dans Ansys Fluent. Le système sera représenté sous forme de géométrie tridimensionnelle, avec des paramètres tels que les dimensions du capteur solaire, le type de fluide caloporteur utilisé et les propriétés thermiques des matériaux. Des conditions aux limites appropriées seront définies pour simuler les flux de chaleur, y compris l'apport d'énergie solaire, les pertes de chaleur et les transferts de chaleur vers l'eau.

Nous aborderons ensuite les paramètres modélisés et les résultats attendus de la simulation. La température de l'eau à différentes positions du système, la distribution de la chaleur dans le capteur solaire et l'efficacité globale du chauffe-eau solaire seront des paramètres clés évalués. Les résultats de la simulation permettront de mieux comprendre les performances thermiques du système et d'optimiser sa conception pour maximiser l'efficacité énergétique.

Enfin, nous expliquerons les procédures de collecte et d'analyse des résultats de simulation. Les données de température et d'autres paramètres seront extraits des résultats de

Chapiter III

simulation, et des analyses post-traitement seront réalisées pour évaluer les performances du système. Les résultats seront comparés à des conditions de référence ou à des valeurs cibles pour évaluer l'efficacité et l'adéquation du chauffe-eau solaire simulé.

Cette partie expérimentale du mémoire vise à fournir une compréhension détaillée de la méthodologie de simulation utilisée pour évaluer les performances thermiques d'un chauffe-eau solaire. Les résultats obtenus permettront de mieux comprendre le comportement du système, d'optimiser sa conception et de contribuer à l'amélioration des systèmes de chauffe-eau solaires en termes d'efficacité et de performances énergétiques.

III.1.2. SIMULATION DE CHAUFFE-EAU SOLAIRE

III.1.3. Simulation CFD d'un chauffe-eau solaire

La dynamique des fluides numérique (CFD) est l'analyse des systèmes impliquant l'écoulement des fluides, le transfert de chaleur et les phénomènes associés tels que les réactions chimiques à l'aide de simulations informatiques. Un modèle numérique a été tout d'abord construit en utilisant un ensemble d'équations mathématiques décrivant l'écoulement. Ces équations sont ensuite résolues à l'aide d'un ordinateur programmé afin d'obtenir les variables d'écoulement dans tout le domaine d'écoulement. Le modèle de transfert de rayonnement Rosalend est utilisé pour simuler le collecteur solaire afin de mieux comprendre les capacités de transfert de chaleur du collecteur. Afin de faciliter l'accès à leur puissance de résolution, tous les logiciels commerciaux de CFD incluent des interfaces utilisateur sophistiquées pour entrer les paramètres du problème et examiner les résultats. Par conséquent, tout code contient trois éléments principaux :

- Pré-processeur(input)
- Solveur (treatment)
- Post-processeur (output)

III.1.4. Géométrie et maillage

La géométrie pour ce problème est construite sur ANSYS Fluent.

Tableau III. 1: Spécifications du collecteur à plaque plane.

Spécifications du capteur solaire à plaque plate Spécifications	
Dimensions	Détails
Externes	2000x1000x10
Absorbeur Absorptivité	0,95
Absorbeur Emissivité	0 ,05
Verre épaisseur	4mm
Transmissivité du verre	0,88
Absorbeur et verre	25

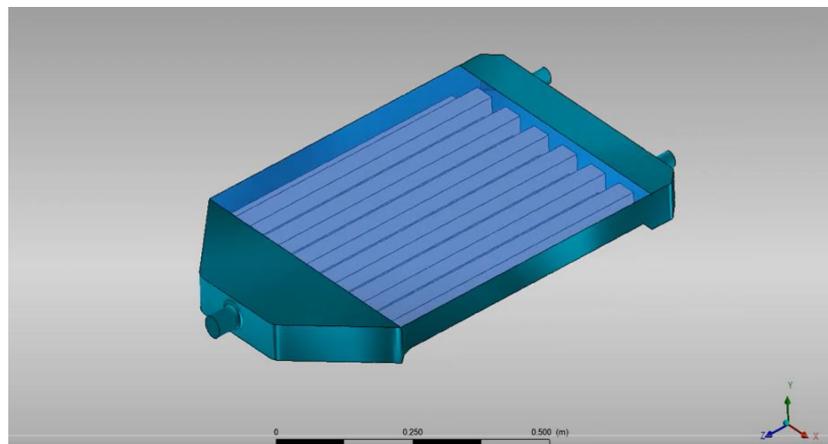


Figure III. 1:collecteur à plaque plane dans ANSYS

La figure 3.1 représente le modèle du collecteur à plaque plane importer dans ANSYS Fluent, préparé pour la procédure de simulation CFD. Toute la géométrie a été préparée pour les simulations CFD. Le maillage computationnel est utilisé comme pré-processeur pour le solveur CFD, et la géométrie post-traitée a été préparée comme indiqué dans la figure 5.

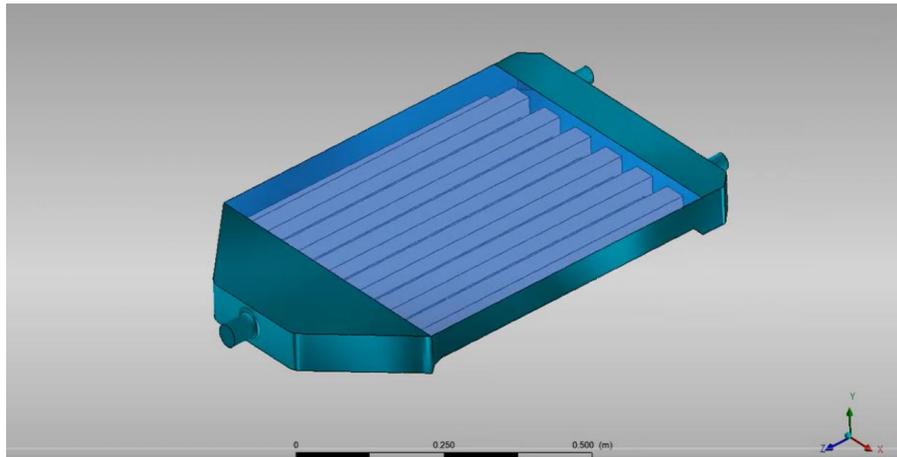


Figure III. 2: Géométrie pour le maillage

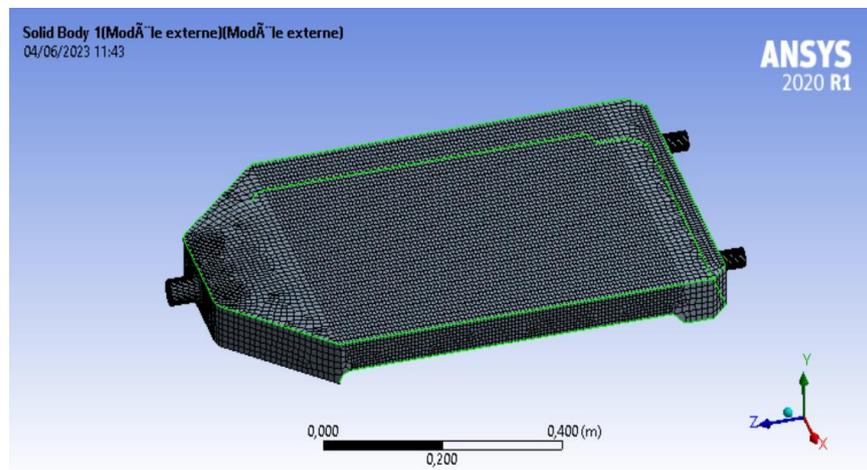


Figure III. 3: vues 1 de maillages

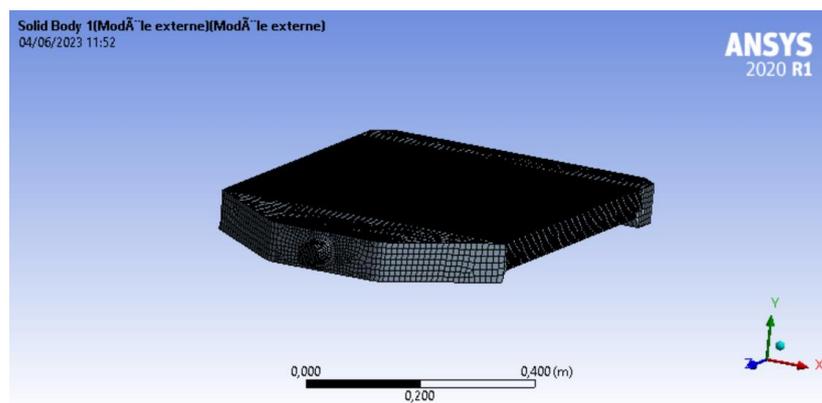


Figure III. 4: vues 2 de maillages

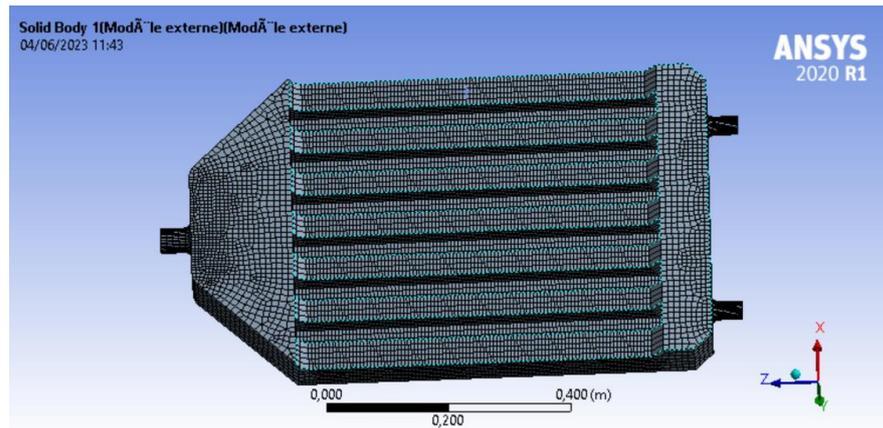


Figure III. 5 vues 3 de maillages

Le nombre total de nœuds N dans la grille résultante est limité par les contraintes de mémoire de l'ordinateur et par le temps CPU [11]. Initialement, un maillage relativement grossier est généré. Il est destiné à réduire autant que possible la diffusion numérique en structurant le maillage de manière optimale, en particulier près de la région des parois. Ensuite, un maillage fin est généré. Le temps de calcul et la précision dépendent de la taille de la grille. Un grand nombre de grilles conduira à une bonne précision et vice versa. La figure 6 représente différents types de maillage pour la préparation des solutions, tels que des maillages grossiers, moyens et fins. Les résultats ont été obtenus sur les trois types de maillage, et les types préférés de maillage ont été sélectionnés en fonction des résultats des simulations.

III.1.5. Traitement

Le domaine de calcul a été résolu en tant que problème de transfert de chaleur conjugué à l'état stationnaire, et le processus de solution est effectué jusqu'à ce qu'une convergence soit atteinte et un équilibre précis de la masse et de l'énergie soit obtenu. Dans le schéma itératif, toutes les équations sont résolues de manière itérative, pour un pas de temps donné, jusqu'à ce que les critères de convergence soient satisfaits.

III.1.5.1. Condition aux limites

Les conditions aux limites de la plaque du collecteur comprennent principalement l'intensité du rayonnement solaire, la température ambiante et le débit massique de l'eau à l'entrée et à la sortie. Les conditions aux limites spécifiées sont détaillées comme suit :

Dans cette analyse, un débit massique de 0,01 kg/s a été appliqué à l'entrée du collecteur.

Chapiter III

Un flux de chaleur été appliqué au sommet de la vitre, et calculer par le logiciel.

Les parois latérales et inférieures du système ont été traitées comme adiabatiques, ce qui signifie l'utilisation de matériaux isolants pour protéger contre les pertes dans le collecteur.

Tableau III. 2:propriétés matérielles utilisées pour ANSYS FLUENT

	Conductivité thermique (W/m·K)	Densité (Kg/m3)	Chaleur spécifique (kJ/kg·K)
L'eau	0.6	998.2	4182
Cuivre	401	8933	385
Bois	237	2702	903
Vitre	1.15	233	759

III.1.6. Simulations CFD du collecteur solaire à plaque plane

Après toutes les étapes de ce mémoire, certains résultats ont été observés et présentés dans les résultats expérimentaux et de simulation. Les résultats expérimentaux contiennent l'énergie requise pour le confort de l'aquacole qui est produite par le chauffe-eau solaire et qui a été calculée. Les résultats de simulation ont été exprimés dans la figure ci-dessous et les figures contiennent les contours des températures dans trois heures déférentes (9h,11h,13h) , après avoir fourni toutes les propriétés d'entrée nécessaires des différents volumes du collecteur au logiciel, comme indiqué dans le tableau et la figure, les calculs ont été effectués à l'intérieur et les résultats ont été générés sous forme de contours pour la distribution des paramètres, de rapports incluant les données sur les différentes faces et de graphiques.

Tableau III. 3:Informations sur le maillage provenant du rapport

Domaines	Nombre d'elements
Vitre	5000
Absorbeur	11742
Isolation	6920
L'entrée	127
Sortie	254
Tous les domaines	143652
Nombre des nœuds	136468

Chapiter III

III.1.7. RESULTATS ET DISCUSSIONS

La distribution de température augmente progressivement de l'entrée à la sortie du collecteur. L'eau froide entre à l'entrée à la température ambiante et sors à une température de 315,5K, comme indiqué sur la figure.

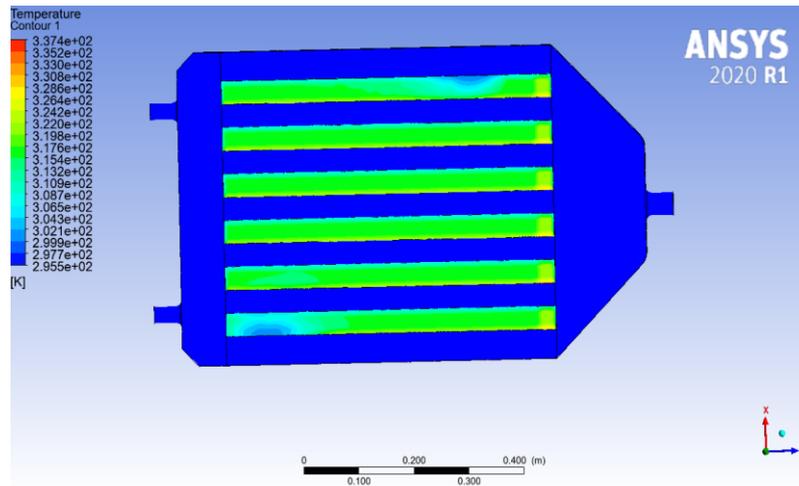


Figure III. 6:contour de température a 9:00h

La température augmente progressivement de l'entrée à la sortie du collecteur. L'eau froide entre à l'entrée à la température ambiante et ressort à une température de 326,4K, comme illustré dans la figure.

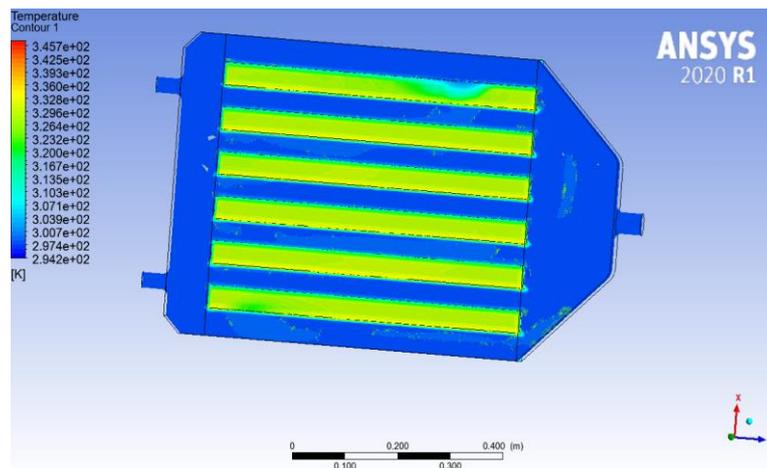


Figure III. 7:Contour de température a11:00

D'après le contour de la température on remarque une augmentation progressive de la température de l'entrée à la sortie du capteur, jusqu'est ce qu'elle atteint une température maximale de la sortie estimée par 336 ,6 K

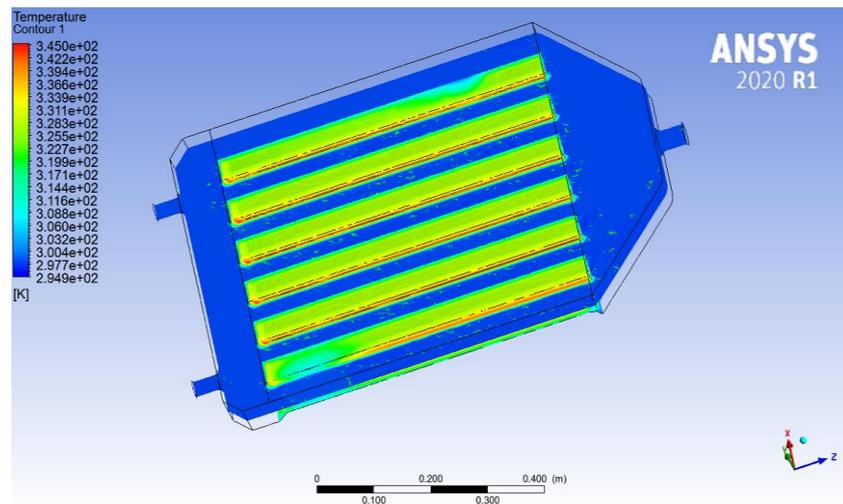


Figure III. 8:Contour de température a 13h

La validation des simulations de chauffe-eau solaires est essentielle pour assurer la fiabilité des résultats et optimiser ces systèmes. Les simulations permettent de prévoir le comportement d'un chauffe-eau solaire avant sa mise en œuvre, mais il est crucial de confronter ces résultats simulés avec les données expérimentales réelles. Dans cette étude, la partie simulation vise à valider les données expérimentales en comparant les résultats générés par le modèle avec ceux obtenus dans les conditions réelles. Des tests ont été réalisés sur un prototype de chauffe-eau solaire, en mesurant des paramètres clés tels que la température de l'eau et l'intensité solaire. L'analyse comparative des résultats expérimentaux et simulés permettra de déterminer la précision et l'adéquation du modèle, identifiant ainsi les ajustements nécessaires.

La méthodologie expérimentale mise en place a permis à l'expérimentateur de collecter des données précises sur les paramètres de fonctionnement du chauffe-eau solaire. La comparaison entre les résultats expérimentaux et les résultats simulés a permis d'identifier les écarts et les limites du modèle, fournissant des informations précieuses pour son ajustement et son amélioration. Les résultats de la partie expérimentale servent de base pour l'optimisation future des chauffe-eau solaires, contribuant ainsi à une utilisation plus efficace des ressources énergétiques renouvelables.

III.1.8. Matériel et méthodes

Les expériences ont été réalisées au laboratoire de développement des énergies

Chapiter III

Nouvelles et renouvelables dans les zones arides sahariennes (LENREZA), Université Kasdi Merbah Ouargla ou la latitude est $31,95^\circ$ nord, la longitude est $5,32^\circ$ et a 141 m au-dessus du niveau de la mer. Pour la configuration expérimentale, un chauffe-eau solaire CESTH 150 L commercial (THERMOKAD) a été installé. Figure 3.9.



Figure III 3. 9:chauffe-eau solaire CESTH 150 L commercial

Le collecteur (1×2) m² se compose d'échangeur de 8 tubes en cuivre de 1,8 m de long. Le diamètre interne des tubes était de 0,02 m tandis que le diamètre externe est de 0,022 m, l'épaisseur des tubes était de 1 mm. Le tube intérieur avait un revêtement sélectif contre les radiations avec une absorptivité globale (α) de 0,96 et une émissivité globale (ϵ) de 0,05. la couverture vitrée (vitrage sélective de 0.003 m d'épaisseur), Une plaque absorbante en cuivre, peinte en noire, une isolation latérale et arrière en mousse de polyéthylène sans CFC, une plaque arrière réfléchissante en acier inoxydable a été utilisée . Afin d'étudier le comportement thermique du *CESTH* 150

Les températures ont été mesurées a l'aide de thermocouples de type K. La vitesse du vent a été surveillée à l'aide d'un châssis *USB NI Compact DAQ*. Le rayonnement solaire a été mesurée par un pyranomètre avec intégrateur (*Kipp&zonen*B.V., pyranomètre modèle *CMP 3*)

Chapiter III

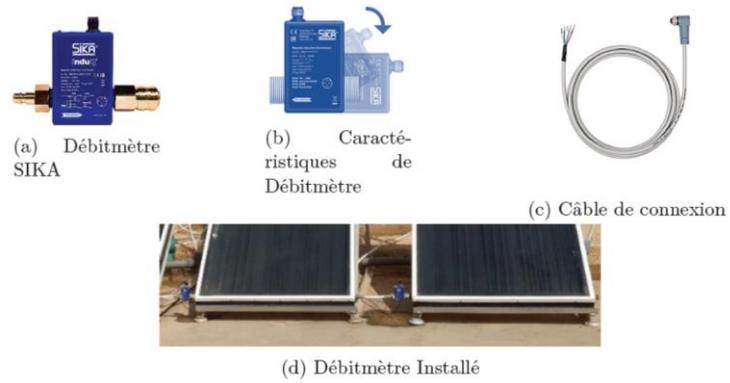


Figure III. 10: débit mètre

Le débit a été mesuré à l'aide de collecteur de débit mètre magnétique inductif Type VMZ030. Voir Figure 3 .11

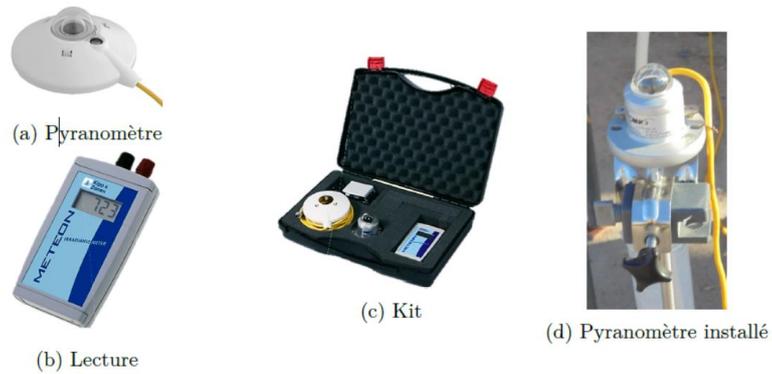


Figure III. 11: Un pyranomètre marque Kipp&Zonen modele SMP11

Un pyranomètre marque *Kipp&Zonen* modele *SMP11* est utilisé pour mesurer le rayonnement solaire (voir Figure 3.12). Cet appareil mesure l'intensité instantanée du rayonnement en $W.m^{-2}$ avec une plage de 0 à $1200 W.m^{-2}$.

Chapiter III

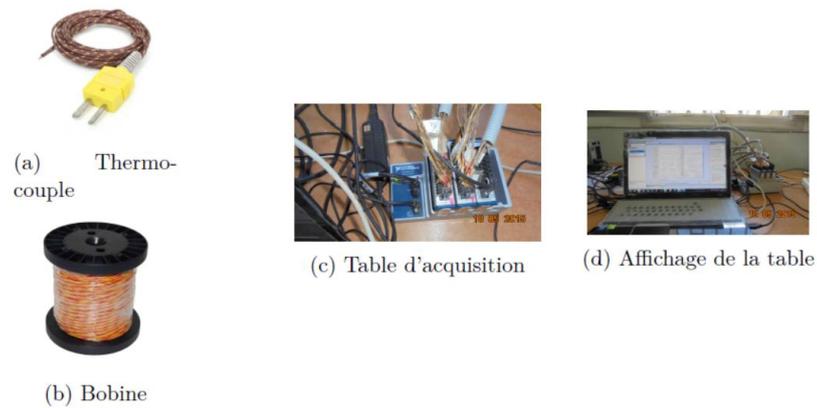


Figure III. 12:châssis USB NI Compact DAQ

Thermocouples type-K avec une plage de 0 à 99, 9 avec une précision de ± 1 sont utilisés pour mesurer la température ambiante et les températures des différents composants du système , un châssis USB NI Compact DAQ a été utilisée pour afficher leurs valeurs (voir Figure 3.20). Les mesures ont été enregistrées chaque 60 min et moyennées toutes les heures. Les résultats obtenus sont présentés dans les figures suivantes.

III.2. Validation

Le paramètre d'entrée pour le modèle computationnel était le rayonnement solaire, la température ambiante, la température de l'eau d'entrée et le débit massique. La simulation a été réalisée pour prédire la température de l'eau de sortie et la température de la plaque absorbante. La simulation en régime permanent réalisée dans ce modèle utilisait les valeurs moyennes des données mesurées sur une période d'une heure. La validation du modèle a été réalisée en comparant les résultats de la simulation avec les valeurs expérimentales de 9 :00 à 17 :00.

Les résultats de la simulation pour les variations de la température de l'eau de sortie le long du collecteur, à la sortie du tuyau, au sommet de la plaque absorbante et au bas de la plaque absorbante pour un débit massique de 0,01 kg/s sont présentés dans les figures respectivement. La variation de la température de l'eau le long de la longueur du tube de montée, comme indiqué dans la figure, indique une température de sortie de l'eau plus élevée dans la partie supérieure du collecteur par rapport à la partie inférieure. Cela est attendu car l'eau d'entrée absorbe la chaleur lorsqu'elle monte à travers le tube de montée. La figure montre la variation de la température à travers le diamètre du tube de sortie. La température à

Chapiter III

la surface du tube est plus élevée qu'au centre. Étant donné qu'un côté du tube est brasé avec la plaque absorbante chaude.

La (Figure 3.13) montre la variation de l'intensité solaire expérimentale et celle de la simulation en fonction du temps.

D'après le graphe 9h jusqu'à 13h, on remarque une augmentation de l'intensité solaire qui atteint 950 w/m² pour simulation, et une valeur de 830w/m² pour l'expérimentale, suivi par une diminution d'intensité à partir de 13h jusqu'à 17h où elle atteint une valeur de 400w/m² pour la simulation et 350w/m² pour l'expérimentale

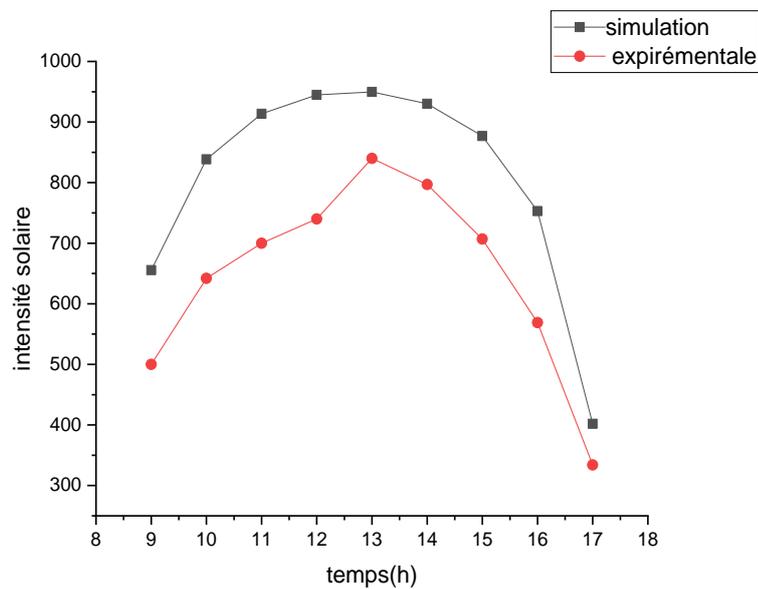


Figure III. 13: Intensité solaire en fonction du temps

La (Figure 3.14) représente la variation de la température en fonction du temps. On remarque une augmentation de la température de la simulation de 37°C jusqu'à 59°C, ainsi qu'une augmentation de la température expérimentale de 34°C jusqu'à 58°C de 9h à 13h, suivi par une diminution de température de simulation et expérimentale estimée par 37°C et 38°C.

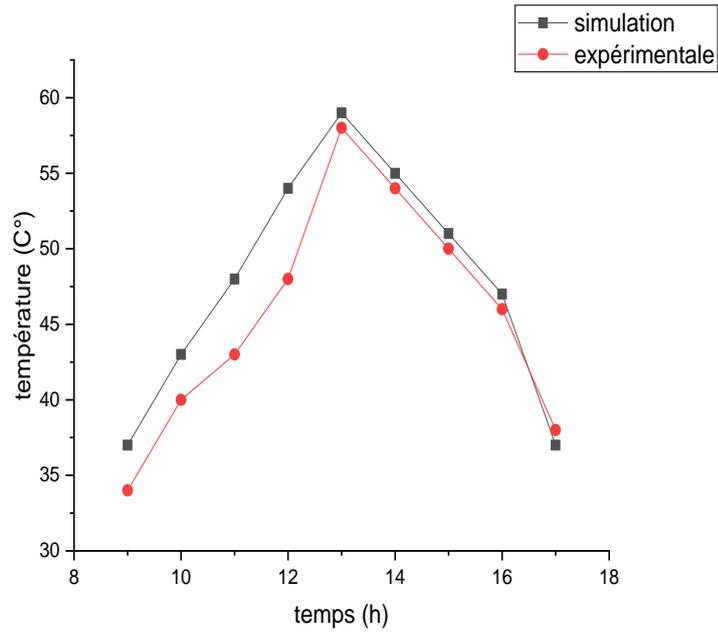


Figure III. 14:la variation de la température en fonction du temps

Le graphe suivant représente la variation du rendement en fonction du temps. On remarque que le rendement augmente progressivement de 9h à 13h jusqu'à 75%, ensuite il diminue à 14h jusqu'à 62% où il maintient la cette valeur approximativement.

L'augmentation du rendement est liée à l'augmentation de la température et au bon ensoleillement la matinée ce qui justifie sa diminution l'après-midi.

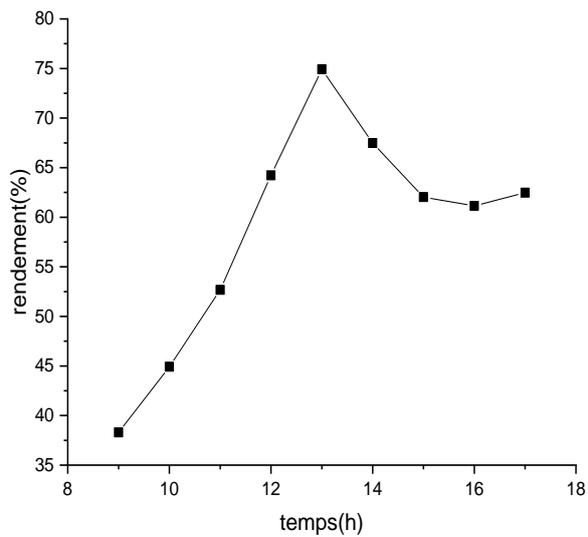


Figure III. 15:la variation du rendement en fonction du temps

Chapiter III

Le graphe suivant représente la variation du rendement cumulée en fonction du temps. Ou on remarque une diminution du rendement jusqu'est ce qu'il attient une valeur minimale estimé par 2,6% de 9h à 10h, suivi par une augmentation qui atteint 4% à 13h, ensuite une diminution de 0,5% à 14h suivie par une augmentation brutale qui atteint 8% à 17h.

On remarque que le rendement est important la matinée par rapport à la soirée cela est du à la température de sortie.

Le rendement du soirée maintien des valeurs varie entre 3,6% et 4% grâce à la quantité de chaleur stocker dans les composantes du capteur ainsi que la diminution d'intensité solaire qui augmente le rapport du rendement.

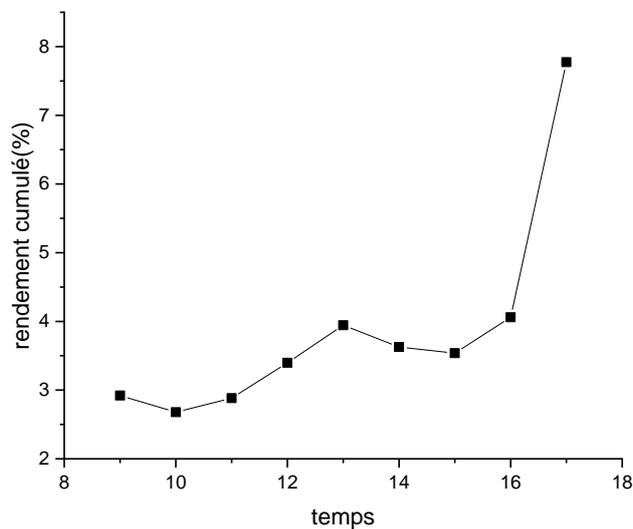


Figure III. 16:Rendement cumulée en fonction du temps

Le graphe suivant représente l'écart d'erreur en fonction du temps. D'après le graphe on remarque une diminution estimée de 1% de 9h à 10h, suivie par une augmentation de 2,2% jusqu'est ce qu'il atteint une valeur maximale de 12,2% de 10h à 12h, ensuite une chute brutale de 10,3% à 13h qui est due à la convergence des températures expérimentales et simulées, suivie par une augmentation légère qui atteint 2,5% de 13h à 17h.

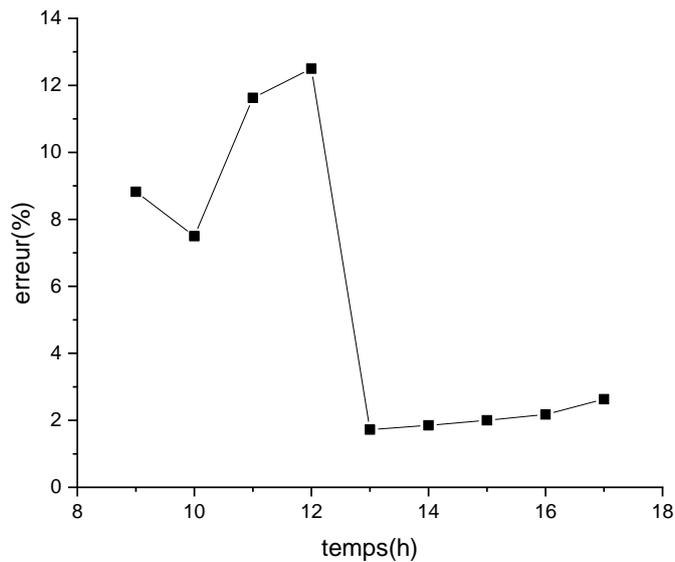


Figure III. 17: Ecart d'erreur en fonction du temps

III.2.1. DIMENSIONNEMENT

Dans cette section, nous visons à déterminer les besoins en termes de dimensionnement pour chauffer 54 m³ d'eau dans une aquaculture de 25°C à 30°C en utilisant des capteurs solaires a plaque plane avec un débit de 0,01 kg/s.

- Commençant par la quantité de chaleur fournie (Qf) par le capteur de 9h à 17h

$$Qf = \sum_{i=9}^n \dot{m} \times Cp \times \Delta T = 8621,1 \text{ j/s}$$

Où :

_ \dot{m} : le débit massique

_ Cp ; Capacité calorifique de l'eau

_ ΔT : l'écart entre la température d'entrée et de sortie

- Calcule de la quantité de chaleur de l'aquacole Qa
D'abord en calcule le débit massique de l'aquacole :

$$\dot{m} = (V \times 1000) \div 3600 = 15 \text{ kg/s}$$

Chapiter III

$$Qa = \dot{m} \times Cp \times \Delta T = 816075 \text{ j/s}$$

- Calcule du nombre de capteur pour satisfaire les besoins de l'aquacole

$$N = \frac{Qa}{Qf} = 36,4 = 37 \text{ capteur}$$

- Le rendement

D'abord ont calculé le rendement chaque heure par la formule suivante :

$$\mu = \frac{\dot{m} \times Cp \times (Ti - Ta)}{AxG}$$

Où :

_ A : la surface du capteur 2m²

_ G : l'intensité solaire

_ A : la surface du capteur

_ Ta : température d'entrée d'eau

_ Ti : température de sortie d'eau

- Rendement moyen

$$\mu = \left(\frac{\sum_{i=9}^n \mu}{9} \right) \times 100 = 58,68\%$$

III.3. Conclusion

La simulation de chauffe-eau solaire à l'aide d'ANSYS Fluent et sa validation par des données expérimentales ont été réalisées avec succès. Les résultats obtenus ont démontré l'efficacité et la fiabilité de la méthode de simulation utilisée.

Chapiter III

L'objectif principal de cette étude était d'évaluer les performances d'un chauffe-eau solaire en utilisant une approche de simulation numérique. Pour ce faire, un modèle numérique du chauffe-eau solaire a été développé en utilisant le logiciel ANSYS Fluent. Les équations de conservation de la masse, de la quantité de mouvement et de l'énergie ont été résolues pour prédire les profils de température et de débit dans le système.

Les résultats de la simulation ont été comparés aux données expérimentales mesurées sur un chauffe-eau solaire réel. Une bonne concordance a été observée entre les deux, ce qui confirme la validité du modèle de simulation. Les températures prédites par le modèle numérique étaient en accord avec les valeurs expérimentales, ce qui indique que le modèle est capable de capturer les phénomènes physiques importants qui se produisent dans le chauffe-eau solaire.

De plus, la simulation a permis d'analyser en détail les performances du système et d'identifier les zones d'amélioration potentielles. Par exemple, il a été possible de détecter des zones de pertes de chaleur importantes et de proposer des solutions pour les réduire, ce qui pourrait conduire à une amélioration globale de l'efficacité du chauffe-eau solaire.

En conclusion, la partie expérimentale de la simulation de chauffe-eau solaire à l'aide d'ANSYS Fluent et sa validation par des données expérimentales ont été un succès. Les résultats obtenus ont démontré la faisabilité et l'utilité de l'approche de simulation numérique pour évaluer et optimiser les performances des chauffe-eau solaires. Ces résultats pourraient être utilisés comme base pour la conception et l'optimisation de systèmes de chauffe-eau solaires plus efficaces et durables.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Actuellement, notre pays fait face à divers problèmes, parmi lesquels la crise énergétique est devenue plus grave. La crise énergétique et les problèmes de pollution pourraient être maîtrisés en adoptant une méthode alternative de systèmes énergétiques distribués. Ce mémoire présente la conception et la simulation CFD d'un système d'aquacole assisté par l'énergie solaire, afin de surmonter les problèmes mentionnés ci-dessus.

Les principaux points abordés dans cette recherche sont les suivants :

- Un calcul mathématique détaillé pour les sections transversales des collecteurs solaires à plaques planes.

Plus spécifiquement, un modèle mathématique a été développé pour estimer la demande de chaleur et la dissipation thermique d'un système pilote à une température de 30°C, avec une production de l'eau chaude 54 m³ par jour en fonction des données météorologiques locales.

Une simulation CFD du collecteur solaire à plaques planes a été réalisée pour préparer de l'eau chaude utilisée par une ferme aquacole à l'aide du chauffe-eau solaire.

Une étude détaillée a été menée sur la quantité moyenne de chaleur absorbée par les collecteurs solaires à plaques planes de 2 m² et approximativement 37 collecteurs nécessaires pour répondre aux besoins en chaleur du préchauffage selon la conception obtenue par calcul mathématique.

Une simulation CFD a été réalisée pour prédire l'effet de différents paramètres sur le système de chauffage du collecteur solaire afin de valider les performances thermiques, la perte de pression, la vitesse d'écoulement de l'eau et la température de sortie pour différents types de maillage et de flux dans le collecteur. À partir de cette simulation, le maillage fin et l'écoulement turbulent ont été optimisés. La température maximale de sortie de l'eau était de 59°C De plus, l'efficacité du collecteur solaire à plaques planes a été validée en fonction de la température de sortie.

REFERENCES

1. Sellami, R., et al., *Market potential and development prospects of the solar water heater field in Algeria*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2016. **65**: p. 617-625.
2. Bouhired, F., *Développement des Chauffe Eau Solaires en Algérie*. Recherche et Développement e-mail: fbouhired@cder.dz division solaire thermique et géothermique, 2010(17): p. 15.
3. Benamrouz, L., *Aperçu sur l'aquaculture dans le monde et évaluation de la consommation de la chaire de poisson au sein de l'UMMTO*, 2016, Université Mouloud Mammeri.
4. Prabu, E., et al., *Tilapia—an excellent candidate species for world aquaculture: a review*. Annual Research & Review in Biology, 2019: p. 1-14.
5. Boulifa, M., *Contribution à l'étude d'un chauffage de bassin d'aquaculture par l'énergie solaire à Ouargla*, 2011.
6. BOUNACEUR, A. and K. HIKA, *Simulation numérique d'une centrale solaire a concentration de type tour solaire en Algérie*, Université Kasdi Merbah Ouargla.
7. www.energy.gov.dz. *Carte de l'Irradiation Globale Directe Annuelle Moyenne (Période 2002-2011)*. Available from: <https://www.energy.gov.dz/?rubrique=energies-nouvelles-renouvelables-et-maitrise-de-lrenergie>.
8. Sayeh, M., *Infrastructure Qualité dans le secteur de l'énergie solaire thermique*. 2020.
9. maths-pdf.fr. *Découverte des coordonnées géographiques*. Available from: <https://maths-pdf.fr/coordonnes-geographiques-cours-maths-3eme-pdf-2030>.
10. Ziouani, K., S. Mekkaoui, and M. Sayhi, *Etude et évaluation des différentes techniques d'efficacité énergétique de conversion de structures spécifiques à l'énergie solaire*, 2021, UNIVERSITE AHMED DRAIA-ADRAR.
11. Fadila, F., *Potentiels et perspectives des énergies renouvelables en Algérie) Expériences de certains pays*.
12. Hamidat, A., *Le solaire thermique en Algérie: Histoire et perspectives*. Bulletin des Energies renouvelables, 2012. **22**(11).
13. Yettou, F., et al., *Etude et réalisation d'un banc d'essai pour un chauffe-eau solaire à circulation forcée dans la région des Hauts Plateaux*. Journal of Renewable Energies, 2008. **11**(1): p. 119–128-119–128.
14. abctravaux.org. *Prix d'un chauffe-eau solaire*. Available from: <https://www.abctravaux.org/prix-chauffe-eau/solaire/>.
15. solarbrother. *Thermosiphon*. Available from: <https://www.solarbrother.com/blog/chauffe-eau-solaire/>.
16. wiki.lowtechlab.org/, *Étape 1 - Théorie du thermosyphon*.
17. quelleenergie. *Tout savoir sur le chauffe-eau-solaire à circulation forcée*. Available from: <https://www.quelleenergie.fr/economies-energie/le-chauffe-eau/modele-solaire-a-circulation-forcee>.
18. chauffe-eau.ooreka.fr, *Chauffe eau solaire à éléments séparés à pompe de circulation : le plus courant*.
19. chauffe-eau-solaires. *Le chauffe-eau solaire auto-vidange*. Available from: <http://www.chauffe-eau-solaires.net/auto-vidange/#:~:text=Le%20chauffe-eau%20solaire%20auto-vidange%20Le%20chauffe-eau%20solaire%20auto-vidange,de%20fuites%20ou%20de%20dysfonctionnement%20sont%20ainsi%20%C3%A9cart%C3%A9s>.
20. laprimeenergie.fr. Available from: <https://www.laprimeenergie.fr/les-travaux/le-panneau-solaire/le-capteur-thermique>.

21. climamaison. *Capteurs solaire à plans vitrés*. Available from: <https://www.climamaison.com/lexique/capteurs-solaire-a-plans-vitres.htm>.
22. solarpedia. *Les composants d'un capteur*. Available from: http://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Capteur_solaire_plan.
23. nouvenergie.fr. *Capteur plan vitré*. Available from: <https://www.nouvenergie.fr/e-formation/solaire-1/les-capteurs-thermiques/>.
24. lenergie-solaire. *Capteur solaires thermique à tubes sous vide, fonctionnement*. Available from: <https://lenergie-solaire.net/energie-solaire-thermique/composants/capteurs-solaires-thermiques/capteur-tubes-sous-vide#:~:text=Un%20capteur%20solaire%20%C3%A0%20tube%20sous%20vide%20est,vide%20se%20compose%20d%27un%20ensemble%20de%20tubes%20cylindrique> S.
25. guide-panneaux-photovoltaiques.be. *Le panneau solaire thermique : prix, fonctionnement et avantages*. Available from: <https://www.guide-panneaux-photovoltaiques.be/technologies/le-panneau-solaire-thermique/>.
26. rouchenergies.fr. Available from: <https://www.rouchenergies.fr/chauffe-eau/solaire-ou-cesi/les-organes-du-cesi.html>.
27. solarpedia.net. Available from: http://fr.solarpedia.net/wiki/index.php?title=Capteur_solaire_plan#Les_capteurs_plans_non_vitr.C3.A9s.
28. nouvenergie.fr. *à liaison sèche entre les caloducs et le collecteur* Available from: <https://www.nouvenergie.fr/e-formation/solaire-1/les-capteurs-thermiques/>.
29. les-energies-renouvelables.eu, *L'échangeur thermique*. 2023.
30. durable.com. *Régulation solaire*. 2021; Available from: <https://www.durable.com/dossiers/solaire-thermique/principe-du-chauffe-eau-solaire/regulation-solaire/>.
31. copecologie.com. *Comment se présente le dispositif du chauffe-eau solaire ?* ; Available from: <https://copecologie.com/chauffe-eau-solaire/>.
32. Kannan, N. and D. Vakeesan, *Solar energy for future world:-A review*. Renewable and sustainable energy reviews, 2016. **62**: p. 1092-1105.
33. Ingle, P., et al., *CFD analysis of solar flat plate collector*. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 2013. **3**(4): p. 337-342.
34. Prasad, P.R., H. Byregowda, and P. Gangavati, *Experiment analysis of flat plate collector and comparison of performance with tracking collector*. European Journal of Scientific Research, 2010. **40**(1): p. 144-155.
35. Matrawy, K. and I. Farkas, *Comparison study for three types of solar collectors for water heating*. Energy conversion and management, 1997. **38**(9): p. 861-869.
36. Myrna, D. and W. Beckman, *Analysis of serpentine collectors in low flow systems*. Solar Energy Laboratory University of Wisconsin-Madison 1500 Engineering Drive Madison, WI, 1998. **53706**.
37. Eisenmann, W., et al., *Experimental investigations of serpentine-flow flat-plate collectors*. 2000.
38. Sopian, K., et al., *Performance of a non-metallic unglazed solar water heater with integrated storage system*. Renewable energy, 2004. **29**(9): p. 1421-1430.
39. Basavanna, S. and K. Shashishekar, *CFD analysis of triangular absorber tube of a solar flat plate collector*. Int. J. Mech. Eng. & Rob. Res, 2013. **2**(1): p. 19-24.
40. Madhukeshwara, N. and E. Prakash, *An investigation on the performance characteristics of solar flat plate collector with different selective surface coatings*. International Journal of Energy & Environment, 2012. **3**(1).

41. Selmi, M., M.J. Al-Khawaja, and A. Marafia, *Validation of CFD simulation for flat plate solar energy collector*. Renewable energy, 2008. **33**(3): p. 383-387.
42. Ranjitha, P., V. Somashekar, and A. Jamuna, *Numerical analysis of solar flat plate collector for circular pipe configuration by using CFD*. 2013.
43. Muhammed Yarshi and K.A. Benny., *KA & Benny, P.(2015). Analysis of Heat Transfer Performance of Flat Plate Solar Collector using CFD*. International journal of science, engineering and technology Research. **4**(10): p. 3576-3580.
44. Manilal, K.M., *Design, CFD analysis and fabrication of solar flat plate collector*. Ren Energy, 2016. **6**: p. 1000-1012.
45. Karanth, K.V., M. Manjunath, and N.Y. Sharma. *Numerical simulation of a solar flat plate collector using discrete transfer radiation model (DTRM)–a CFD approach*. in *Proceedings of the world congress on engineering*. 2011.
46. Manuel, O.-R.J., et al., *Analysis of flow and heat transfer in a flat solar collector with rectangular and cylindrical geometry using CFD*. Ingeniería, investigación y tecnología, 2013. **14**(4): p. 553-561.
47. Gunjo, D.G., P. Mahanta, and P. Robi, *CFD and experimental investigation of flat plate solar water heating system under steady state condition*. Renewable energy, 2017. **106**: p. 24-36.
48. Toapanta, L.F., A. Anthony Xavier, and W. Quitiaquez Sarzosa, *CFD Analysis of a solar flat plate collector with different cross sections*. Enfoque Ute, 2020. **11**(2): p. 95-108.
49. Amraoui.M., A. and K. Aliane, *Numerical Analysis of a Three Dimensional Fluid Flow in a Flat Plate Solar Collector*. International Journal of Literature and Arts, 2014. **3**: p. 68.
50. Freegah, B., *Numerical and experimental analysis of the flat plate solar water heater systems' thermal performance*. Heat Transfer, 2022. **52**: p. 1118 - 1141.

Résumé :

L'objectif du travail étant d'optimiser une installation solaire d'eau chaude collective, en élaborant un modèle avec le logiciel Ansys fluent, permettant de simuler l'ensemble des composants intervenant dans la production solaire d'eau chaude sanitaire. La validation du modèle a été réalisée grâce à une étude expérimentale de laboratoire. En effet, une installation solaire de production d'eau chaude sanitaire sera implantée dans le futur dans une ferme aquacole dans la région de Touggourt. L'étude comporte un bilan énergétique global de l'installation. La comparaison des résultats expérimentaux et numériques va dans le sens de la cohérence du modèle, qui sert de base dans la proposition d'installation solaire performante sur le plan énergétique, avec un impact environnemental positif du fait de la réduction des rejets de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (en équivalent de tonnes de CO₂

ملخص :

يهدف هذا العمل إلى تحسين نظام تزويد المياه الساخنة بالطاقة الشمسية للاستخدام المشترك، من خلال تطوير نموذج يستخدم برنامج Ansys Fluent لمحاكاة جميع المكونات المشاركة في إنتاج المياه الساخنة بالطاقة الشمسية. سيتم التحقق من صحة النموذج من خلال دراسة تجريبية في المختبر. فعلى سبيل المثال، سيتم تنصيب نظام تزويد المياه الساخنة بالطاقة الشمسية في المستقبل في مزرعة لتربية الأسماك في منطقة توقرت. ستشمل الدراسة تقييماً للطاقة المستهلكة بالكامل في النظام. وتشير المقارنة بين النتائج التجريبية والنتائج العددية إلى تطابق النموذج، الذي يُعد أساساً لاقتراح نظام فعال بالطاقة الشمسية، مع تأثير إيجابي على البيئة نتيجة تقليل انبعاثات غازات الاحتباس الحراري في الغلاف الجوي (بما يعادل طن من ثاني أكسيد الكربون).

Abstract:

The objective of this work is to optimize a collective solar hot water system by developing a model using Ansys Fluent software to simulate all the components involved in solar hot water production. The validation of the model will be carried out through a laboratory experimental study. In fact, a solar hot water production system will be implemented in the future in an aquaculture farm in the Touggourt region. The study will include a comprehensive energy balance of the system. The comparison of experimental and numerical results confirms the consistency of the model, which serves as a basis for proposing an energy-efficient solar installation with a positive environmental impact due to the reduction of greenhouse gas emissions into the atmosphere (equivalent to tons of CO₂).