République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Dr. Yahia Farés de Médéa
Faculté des Sciences et des Technologies
Département du Génie Mécanique

MEMOIRE

Présenté en vue de l'obtention du diplôme de

MASTER

En génie climatique

OPTION

Energie et Froid industriel

Thème:

Simulation numérique d'un bassin d'eau solaire utilisé comme capteur solaire

Présenté par :

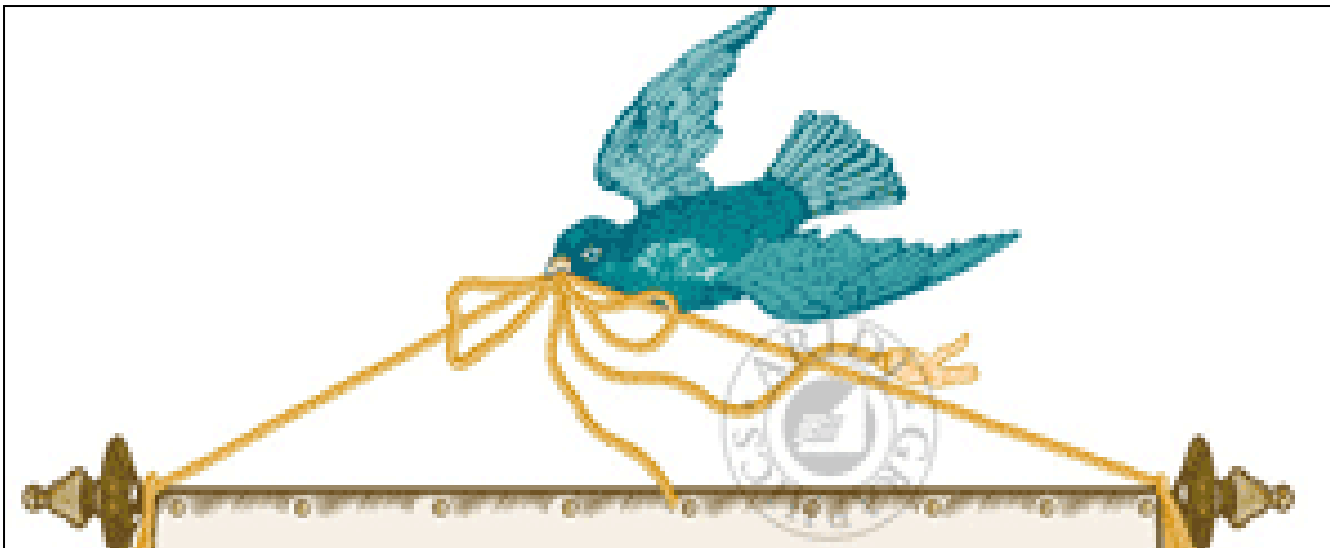
M^{elle}, Berdjem Assia

M^{elle}, Hambli Dalila

Dirigé par :

Dr. Chiba Younes

Promotion 2014/2015



Remerciements

Toutes nos gratitudes, grâce et remerciement au bon dieu qui nous a dirigé dans la voie de la science, et nous a donné le courage et la volonté pour arriver à ce niveau.

Nous tenons tout d'abord à remercier fortement notre promoteur ***Dr Chiba Younes****, qui nous a aidé et donné tout son temps pour compléter notre travail. Nous lui remercions pour sa compréhension, ses conseils précieux.*

Tous nos remerciements également à nos familles pour l'aide inconditionnel durant cette période.

Enfin, Nous remercions sincèrement tous nos amis de pris ou de loin, et tous ceux qui nous a aidé, d'une manière ou d'une autre durant toute la période de recherche de ce mémoire

Dédicace

À la source de tendresse, de générosité de bonheur, à celle qui

A consacré sa vie

Pour que je réussisse dans tout ce que j'entretiens, à toi ma très chère mère,

À Qui je souhaite une longue vie.

À mon très cher père. Pour l'affection dont tu me comble, pour ta patience, ton

Optimisme, ta tolérance, ta présence régulière et constante à tout Instant.

. À mes très chères frères : ABDO, MOHAMED.

À ma très chères sœur : HOUDA qui me poussé jusqu'au bout, sans

Oublier mes oncles, mes cousines et mes cousins.

Je remercie mes amies : ASSIA, HABIBA, SARAH, NABILA, FAIZA,

FARIDA, ZOHRA et NAWAL.

Pour leur encouragement

À toutes mes collègues de la promotion 2014/2015.

Enfin À toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation

De ce modeste travail.

DALILA

Dédicace

Je tiens à dédier ce travail à ce que

J'ai de plus cher au monde :

Mes parents.

Et surtout à mon marié Mostafa.

A mes frères et sœurs.

Sans oublier toutes mes amies.

Et à tous ceux qui ont crus en moi.

ASSIA

Nomenclature

Ac : Surface du bassin solaire, m2

Ae : Surface du tube, m2

C : Chaleur spécifique du bassin solaire, J /kg °C

Cp : Chaleur spécifique de l'eau, J /kg °C

Di : Diamètres interne du tube, m

Δt: Intervalle de temps, s

ΔTLM: Différence de température logarithmique moyenne, °C

F: Coefficient d'extraction d'énergie

hi : Coef. d'échange thermique par convection du fluide caloporteur, W /m2 °C

hc(p-B) : Coef. d'échange thermique par convection (plastique - bassin), W /m2 °C

hc(c-p) : Coefficient d'échange thermique par convection (ciel - plastique), W /m2 °C

hr(c-p) : Coefficient d'échange thermique par convection (ciel - plastique), W /m2 °C

hr(p-B) : Coef. d'échange thermique par rayonnement (plastique- bassin), W /m2 °C

I : Intensité du rayonnement solaire, W / m2

I : Intensité du rayonnement solaire moyen, W / m2

L : Longueur caractéristique de tube, m

M : Masse du bassin solaire kg

m : Débit massique du fluide caloporteur, kg / s

Qu : Puissance utile du bassin solaire, W/m2

t0 : Temps initial, s

Ta : Température ambiante, °C

TB: Température de basin solaire, °C

Tee : Température du l'eau à l'entrée de tube, °C

Tes: Température de l'eau à la sortie du tube, °C

Tes0 : Température initiale estimée de l'eau à la sortie du tube, °C

Tc: Température du ciel,°C

Tp: Température du film plastique, °C

T : Température moyenne (bassin – plastique), °C

T_{es} : Température moyenne de l'eau à la sortie du tube, °C

Ue : Coefficient global d'échange de chaleur du bassin solaire, W /m2°C

UL : Coefficient global d'échange de chaleur du bassin solaire, W /m2°C

UL0 : Coefficient global estimée d'échange de chaleur du bassin solaire, W /m2°C

V : Vitesse de vent, m / s

Lettres grecques

α : Coefficient d'absorption

ε: Emissivité

β : Inclinaison

σ : Constante de Stephen Boltzmann, W /m2 °C

η: Rendement thermique

λ: Conductivité thermique, W/m2°C

μ: Viscosité dynamique, kg /m.s

ν: Viscosité cinématique, m2 / s

ρ : Masse volumique, kg / m3

τ : Coefficient de transmission

θ :Température du basin solaire, °C

Résumé

Ce travail présente l'analyse théorique de l'utilisation d'un bassin d'eau solaire comme un capteur solaire avec l'extraction continue de la chaleur, le bassin est considéré comme un vase avec un fond noir, rempli d'eau colorée et recouverte pour activer l'effet de serre, la chaleur est extraite par le fluide caloporteur l'eau s'écoulant dans un tube en plastique sous forme spirale disposé dans le bassin. L'effet de débit massique du fluide caloporteur, la masse d'eau colorée, la température de bassin et la température de fluide caloporteur sur le comportement thermique du bassin en régime transitoire a été pris en considération. Ainsi, nous avons effectué une simulation mathématique, pour résoudre l'équation différentielle obtenue analytiquement afin de montrer l'évolution de la température et le rendement du bassin.

Mots clés

Bassin solaire, capteur solaire, comportement thermique, régime transitoire.

ملخص

يسرد هذا العمل تحليلا نظريا لاستعمال حوض مائي شمسي كملقط شمسي مستوي مع استخراج مستمر للحرارة ، الحوض عبارة عن إناء ذو قاع اسود مملوء بماء ملون ومغطى بغلافين بلاستكيين من أجل تفعيل الاحتباس الحراري،الحرارة تستخرج بسريان الماء في أنبوب حلزوني بلاستيكي موضوع في الوسط المائي الملون.

إن تأثير كل من التدفق الكتلي للمائع الناقل ، كتلة الماء الملون الموجودة بالحوض ، درجة حرارة المائع الناقل و الماء الملون و التشمس على السلوك الحراري للملقط في وضع غير مستقر مأخوذ بعين الاعتبار.

كما قمنا بدراسة خصائصية بواسطة محاكاة رياضية ، لهذا الغرض استعملنا نموذج رياضي ، نتج عنه معادلة تفاضلية ، بحيث حل هذه الأخيرة يرتكز على الطريقة التحليلية و الذي يبين تطور درجة الحرارة و المردود على مستوى الحوض.

.

كلمات المفتاح : .

حوض شمسيي. ملقط شمسيي.سلوك حراري.وضع غير مستقر.

Abstract

This work presents the theoretical analysis of the use of a shallow solar pond as a solar collector with continuous extraction of heat, the basin is considered a vase with a black background and filled with colored water covered to activate the greenhouse effect, the heat is extracted by carrier fluid flowing in a plastic tube in a spiral form disposed in the basin. The mass flow effect of the heat transfer fluid, the mass of colored water, the basin temperature and carrier fluid temperature on the thermal behavior of the basin transient was considered. Thus, we performed a mathematical simulation to solve the differential equation obtained analytically to show the evolution of the temperature and performance of the basin.

Keywords

Solar water pool, solar collector, thermal behavior, transient.

INTRODUCTION *G*ENERALE

Introduction générale

Les énergies renouvelables ont étés utilisées depuis longtemps pour produire de la chaleur, l'eau chaude sanitaire, l'électricité etc. Bien que l'expérience accumulée soit considérable, ce domaine a connu, avec le développement technologique actuel, un renouvellement important sur le plan théorique et expérimental. De nos jours les énergies renouvelables sont « à la mode », et s'inscrive dans l'idée du développement durable et de préservations de l'environnement.

L'effet de serre est un phénomène thermique bien connu sur les planètes comme la Terre et Vénus, où l'atmosphère laisse passer une partie du rayonnement solaire qui vient frapper le sol. Réchauffé, celui-ci émet un rayonnement infrarouge en partie ou totalement piégé par l'atmosphère rendue « imperméable » par la présence de gaz, dont principalement la vapeur d'eau sur Terre et le CO_2 sur Venus. On observe alors une isolation accrue de la planète et un réchauffement global de celle-ci. À noter que l'effet de serre existe aussi sur Mars, bien qu'il soit très faible .On estime actuellement que l'élévation de la température due à l'effet de serre d'origine humaine est de l'ordre d'un demi-degré Celsius. On s'attend à un degré voire deux d'ici la fin du siècle. Même si cela paraît peu, deux degrés suffisent pour créer une modification majeure du climat. Au niveau des conséquences, ce type de changement sur le court terme pourrait induire une disparition des espèces de la faune et de la flore incapables de s'adapter rapidement.

L'énergie solaire est l'énergie transmise par le Soleil sous la forme de lumière et de chaleur. Cette énergie est virtuellement inépuisable à l'échelle des temps humains, ce qui lui vaut d'être classée parmi les énergies renouvelables (même si le Soleil disparaîtra un jour). L'énergie solaire peut être utilisée directement par l'Homme pour s'éclairer (fenêtres, puits de lumière), se chauffer et cuisiner (chauffe-eau solaire, four solaire) ou pour produire de l'électricité par l'intermédiaire de panneaux photovoltaïques.

L'énergie solaire est aussi la source de la plupart des énergies renouvelables et des hydrocarbures fossiles. Elle est en effet responsable de la mise en mouvement des masses d'eau (énergies marines) et d'air (énergie éolienne), du cycle de l'eau (énergie hydraulique) et de la photosynthèse (biomasse et hydrocarbures) L'énergie solaire reçue chaque année sur la terre est égale a plus de 20 une énergie largement suffisante

pour couvrir tous nos besoins). Le soleil est notre plus grande source d'énergie inépuisable malgré l'alternance jour/nuit. L'énergie solaire est capturer par des capteurs (panneaux) installés généralement sur le toit qui la transforme soit en chaleur (solaire thermique) soit en électricité (solaire photovoltaïque). Nous venons de présenter les problèmes d'exploitation de l'énergie solaire, ensuite la possibilité d'utilisation des bassins solaires sous des climats favorables en vue de réduire partiellement l'usage des énergies classiques.

Le travail que nous présentons est une contribution à la simulation d'un bassin solaire comme un capteur solaire .Il se présente selon le plan suivant :

- Le premier chapitre présente l'état de l'art concernant des généralités sur les capteurs solaire et les différentes méthodes de production d'eau chaude sanitaire, suivi d'un bref historique sur les bassins solaires ainsi que sur les différents types de bassins solaires.

- Le deuxième chapitre est consacré au gisement solaire où on a exposé un modèle semi- empirique pour déterminer le flux solaire incident sur le bassin solaire.

- Enfin, Le troisième chapitre présente une étude des modèles mathématique des différentes équations gouvernant le fonctionnement du système avec une étude de simulation, ainsi que les différents résultats obtenus avec leurs interprétations.

I.1 Généralités sur les capteurs solaires

I.1.1 Capteur solaire

Un capteur solaire thermique est un dispositif conçu pour recueillir l'énergie lumineuse transmise par rayonnement. Le capteur solaire transforme l'énergie du soleil en une énergie utile produire de l'eau chaude ou de l'électricité. Le capteur solaire est un système thermique qui permet la conversion de l'énergie solaire en énergie calorifique, la chaleur reçue de cette conversion est soit utilisée directement (cas de chauffage), soit elle-même convertie en énergie mécanique par l'intermédiaire des cycles thermodynamiques l existe différents types de capteurs solaires thermiques selon le type d'application considéré, la nature de l'élément caloporteur utilisé et le niveau de température qu'ils permettent d'atteindre. [2]

I.1.2 Types des capteurs solaires

I.1.2.1 Le capteur solaire plan

Un capteur plan est un capteur sans concentration dans lequel la surface de l'absorbeur est sensiblement plane.

- Le rôle d'un capteur solaire thermique : est de transformer le rayonnement solaire qu'il reçoit en énergie calorifique utilisable, le plus souvent par l'intermédiaire d'un fluide caloporteur.

- Son principe de fonctionnement : est basé sur l'effet de serre qui consiste à piéger le rayonnement solaire, ce dernier arrive au niveau de la couverture et le traverse pour atteindre une surface revêtue d'une peinture noire, appelée absorbeur.

L'absorbeur absorber ainsi une grande partie du rayonnement solaire entraînant une augmentation de sa température .Le rayonnement réfléchi par l'absorbeur arrive sur la vitre et comme celle-ci est opaque aux rayonnements infrarouges, le rayonnement est ainsi piégé. [2].

I.1.2.2 Le capteur solaire à tube sous vide

Un capteur solaire "sous vide" est composé d'une série de tubes transparents en verre de 5 à 15 cm de diamètre. Dans chaque tube il y a un absorbeur pour capter le rayonnement solaire et un échangeur pour permettre le transfert de l'énergie thermique.

Les tubes sont mis sous vide pour éviter les déperditions thermiques convectives de l'absorbeur. De plus, l'absorbeur reçoit un traitement sélectif pour empêcher le rayonnement. La conception de l'absorbeur et les tuyaux de circulation du fluide caloporteur sont comme un capteur plan. Le rendement est généralement meilleur que celui d'un capteur plan, surtout à des températures élevées.

I.1.2.3 Les capteurs plans vitrés

Le fluide caloporteur, très souvent de l'eau mélangée à un antigel alimentaire, de type mono-propylène glycol, passe dans un serpentin plaqué en sous face d'une feuille absorbante, le tout placé derrière une vitre, dans un caisson isolé de laine minérale et/ou de mousses composites polyuréthanes; la vitre est transparente à la lumière du soleil mais opaque aux rayons infrarouges de l'intérieur, ce qui piège la chaleur.

I.1.2.4 Les capteurs non-vitrés

Par exemple les capteurs moquette, d'une structure très simple utilisés essentiellement pour le chauffage de l'eau des piscines, en été ; ou les capteurs non-vitrés à revêtement sélectif, à irrigation totale, en acier inoxydable, utilisés essentiellement pour le préchauffage d'eau chaude sanitaire, le chauffage basse température plancher chauffant et le chauffage des piscines.

I.2 Généralités sur les bassins solaires

L'énergie solaire a été utilisée depuis longtemps pour produire de la chaleur et bien que l'expérience accumulée soit considérable, ce domaine a connu, avec le développement actuel, un renouvellement important sur le plan théorique et expérimental.

Bassin solaire

Un bassin solaire est un bassin d'eau salée qui agit comme un capteur solaire en énergie thermique à grande échelle avec le stockage de chaleur intégré pour fournir de l'énergie thermique. Un bassin solaire peut être utilisé pour diverses applications, telles que le chauffage du processus, le dessalement, la réfrigération, le séchage et la production d'énergie solaire. Les bassins d'eau solaires peuvent être utilisés dans

plusieurs applications nécessitant des températures basses et modérées, telles que le conditionnement d'air, dessalement des eaux etc.

Description

Le bassin est un récipient circulaire avec un fond noir et rempli d'eau colorée, la chaleur est extraite par la circulation d'eau dans un serpentin en PVC disposé dans le lit d'eau. Le bassin est ensuite couvert de deux films plastiques afin de favoriser l'effet de serre. L'influence du débit massique du fluide caloporteur, de la masse d'eau contenu dans le bassin, la température d'entée du fluide caloporteur et de l'ensoleillement sur le comportement thermique du capteur en régime transitoire est Étudiée.

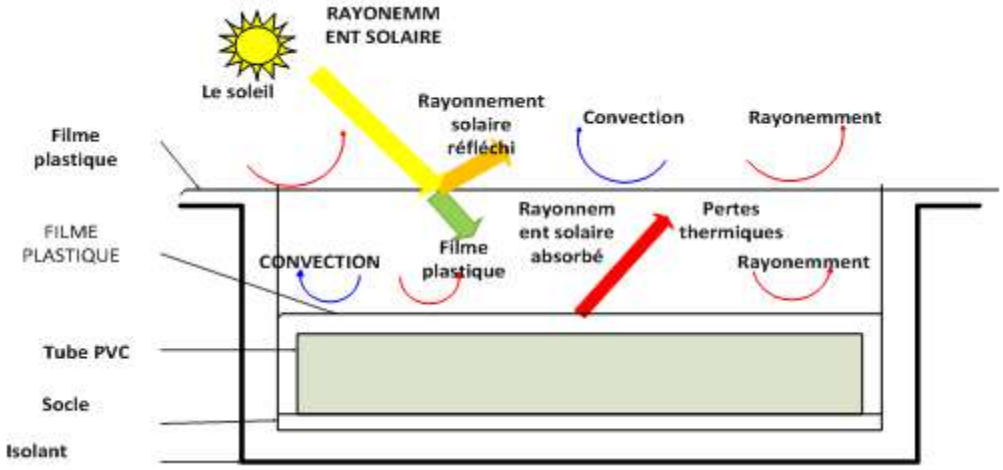
Les bassins d'eau solaires peuvent être utilisés dans plusieurs applications nécessitant des températures basses et modérées, telles que le conditionnement d'air, dessalement des eaux etc.

I.3 Diffèrent types de bassin solaire

A partir de l'idée que l'on peut capter l'énergie solaire, on peut imaginer de très nombreuses variantes du bassin solaire classique.

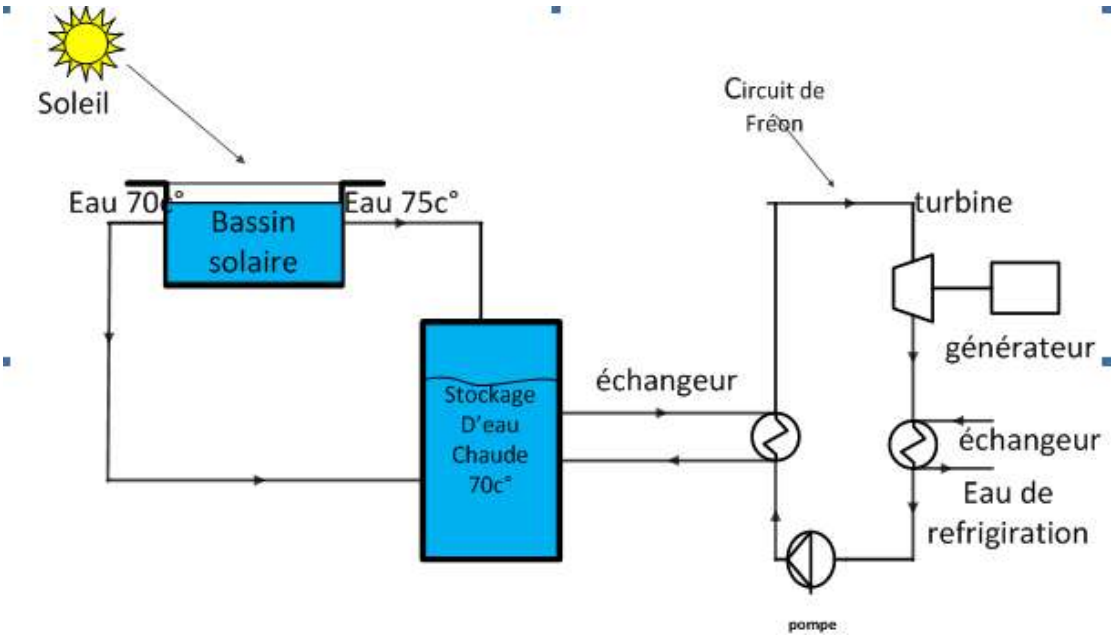
I.3.1 Bassin très peu profonds

Ces bassins sans sel, de 10à 20 cm de profondeur, de grandes surfaces recouvertes d'un double ou triple film plastique. On fait circuler l'eau dans ces bassins puis, on la recueille dans un réservoir, d'où elle est pompée vers une utilisation ou de nouveau vers le bassin.



Figure(I.1): Bassin très peu profonds

Le Lawrence Live more Laboratory (Université de Californie) à étudié un système de production de l'électricité par voie thermodynamique où l'énergie est apportée par un bassin de ce type. (Figure I.2).



Figure(I.2):Bassin d'eau solaire peu profond a la production d'électricité

I.3.2 Bassin avec une zone de convection

Ce type est constitué de deux zones superposées :

* Une zone isolante, semblable au bassin solaire classique (épaisseur d'environ 1m, gradient de concentration de sel…)

* Une zone de convection jouant le rôle de stockage des calories (épaisseur d'environ 1.5 m, température uniforme, eau destinée au chauffage).

Les deux zones sont séparées par un film plastique transparent .Pour éviter les pertes par évaporation, RABL et NIELSEN proposent de couvrir le bassin d'un autre film plastique recouvert d'une fine pelliculaire d'eau qui minimisera la réflexion.

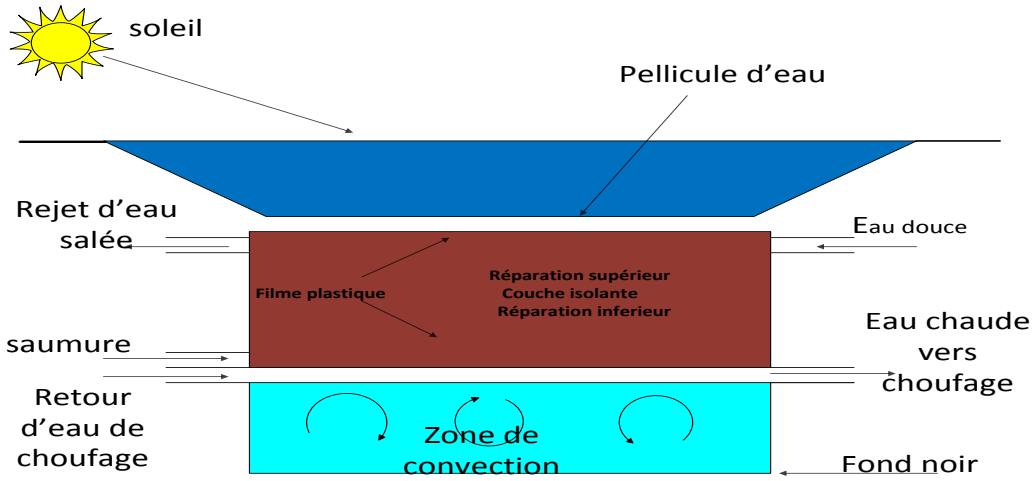


Figure 3: Bassin d'eau solaire avec zone convection

I.3.3 Bassin destine à la production de sel

Une des applications les plus intéressantes des bassins solaires est la production simultanée de sel et d'énergie, ce qui abaisse le prix de revient. De plus, cette solution élimine les problèmes de rejets d'eau salée

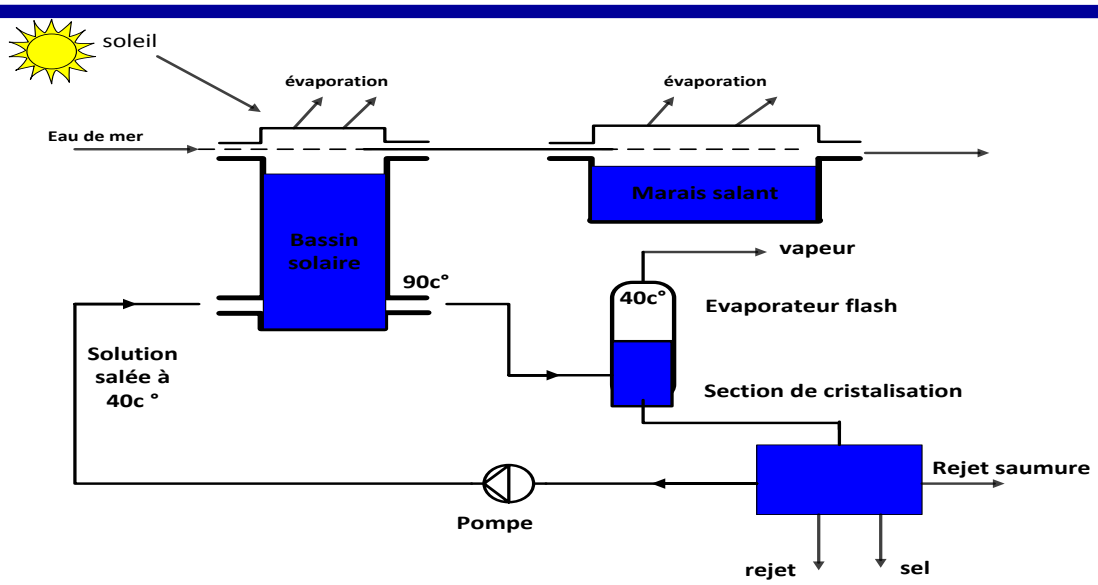


Figure 4: Bassin d'eau solaire destiné à la production de sel

I.3.4 bassin munis de structures anti pertes

Le procédé repose sur le fait qu'avec des structures anti pertes, on pourrait avoir des températures élevées à la surface du bassin et donc se passer du gradient de concentration en sel .le gradient de température est inversé à la conception classique

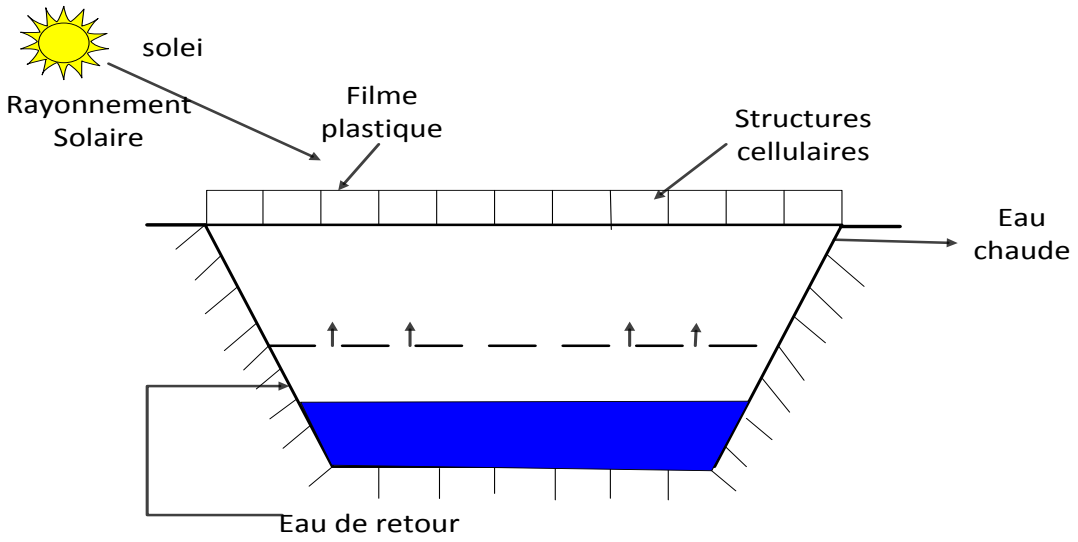
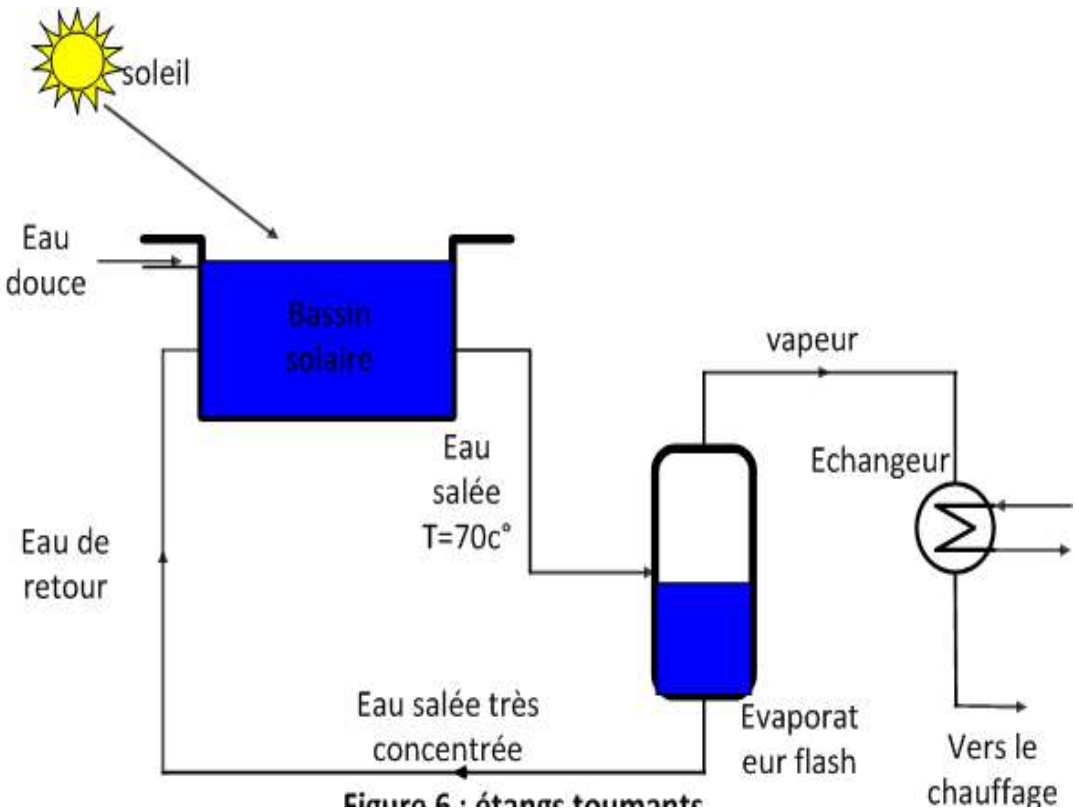


Figure 5 : Bassin d'eau muni de structures antipertes

I.3.5 Etangs tombants

Ce type est étudié par TABOR [3], tel que la chaleur est soutirée par décantation de la couche du fond et conduite à un évaporateur. En outre, la solution est concentrée dans l'évaporateur et renvoyée au fond du bassin pour y être réchauffée, tandis que de l'eau fraîche (eau de mer) est ajoutée à la surface. Comme il y a addition d'eau à la surface et soutirage au fond, le mouvement convectif descendant de l'eau s'oppose au mouvement du sel vers la surface. Avec une régulation convenable des débits d'eau, la concentration en sel reste stationnaire dans le bassin qui peut fonctionner sans consommer du sel après le remplissage initial. Comme la vitesse de chute nécessaire pour équilibrer la diffusion est plus petite que celle nécessaire pour soutirer toute la chaleur captée avec l'évaporateur, il faut compenser la baisse de concentration de la couche, d'eau salée provenant de l'évaporateur.



Figure(I.6): étangs tombants.

I.4 Pertes thermiques dans différents types de bassins solaires

-Réflexion à la surface

Les pertes sont importantes en début et fin de la journée, surtout en hiver il 'y a pratiquement aucun palliatif possible.

-Evaporation a la surface

L'évaporation constitue la perte la plus importante dans le bassin .En la supprimant, on peut faire monter notablement la température. Cette perte pourrait être diminuée en couvrant la surface d'un film plastique ou d'huile, mais cette solution n'est pas sans inconvénient (réflexion augmentée, transparence diminuée etc.)

-Convection a la surface

Le vent entraîne aussi des pertes car le coefficient d'échange thermique et les vagues provoquent des courants de convection près de la surface. On peut l'éviter en mettant un film plastique ou l'huile.

-Conduction par le sol

Si on ne veut pas utiliser le sol au-dessous du bassin, il faudra éviter la conduction par le sol qui entraîne une perte importante quand il y a des courants souterrains .Pour la supprimer il faut mettre un isolant au fond du bassin et sur les bords.

I.5 Problèmes liés au fonctionnement des bassins solaires

I.5.1 Vagues

Les vagues donnent lieu à une zone de brassage près de la surface, ce qui augmente les pertes et diminue l'efficacité du bassin. De plus, des courants induits en profondeur affectent la stabilité du bassin et les transferts thermiques. Toutefois, cet inconvénient peut être minimisé en plaçant un film plastique ou d'huile à la surface ou un système coupe-vent.

I.5.2 Poussières en suspension

Les poussières agissent sur la transparence du bassin en absorbant le rayonnement solaire dans la couche d'eau intermédiaire et par conséquent, la captation au fond

diminue. Cette sensibilité à la transparence est préjudiciable à la production de chaleur à basse température mais non à celle de sel.

I.5.3 Croissance bactérienne

Des bactéries et des algues peuvent se développer près de la surface mais non au fond du bassin où la température est assez élevée. Pour prévenir leur développement, il suffit d'un système de stérilisation au chlore qui peut fonctionner lors de la mise en strates du bassin (chloration du mélange injecté) ou lors de renouvellement de la couche superficielle.

I.5.4 Extraction de l'eau salée

Pour minimiser la consommation d'eau, il faudrait rejeter l'eau salée issue du lavage de la surface du bassin, à la concentration la plus élevée possible. Mais cette concentration est limitée par :

• Problèmes hydrodynamiques à la surface (convection dans la couche supérieure).

• Des problèmes de pollution.

I.3.5 Consommation de sel et maintien du gradient de densité

La diffusion moléculaire tend à homogénéiser les concentrations dans le bassin .Pour maintenir le gradient initial, il faut donc apporter de la saumure à la couche du fond et éliminer du sel en surface, ceci pouvant se faire d'une façon continue. Si le sel est perdu, la consommation en sel est donc proportionnelle au gradient de concentration. Cette consommation pourrait être réduite par l'utilisation d'un sel un gradient de concentration plus faible.

.L'optimisation du bassin doit donc prendre en considération la consommation de sel.

I.3.6 Extraction de la chaleur

C'est un problème difficile à résoudre. On peut soutirer la chaleur au fond du bassin en utilisant un ensemble de tuyaux où circule un fluide caloporteur, mais ce système n'est pas pratique pour les bassins de grandes surfaces. En plus de coût des tuyaux et du pompage, il faut tenir compte du fait qu'il ne doit y avoir de convection ni naturelle ni forcée dans le bassin. Mais alors l'extraction de chaleur sera très faible et limitée à une couche d'une certaine épaisseur au fond du bassin.

Il serait très logique de procéder à la décantation d'une couche de fluide au fond en utilisant la possibilité de faire s'écouler, sans perturber les couches superficielles, une couche horizontale de fluide qui passerait dans un échangeur de chaleur avant de retourner dans le bassin.

A cause du gradient de densité, on sait qu'il est possible de soutirer une couche sans provoquer un brassage total, mais la situation se complique si l'on veut recycler le fluide : on a alors un gradient de densité et zone convective, au fond, qui a tendance à croître en épaisseur

II.1 Introduction

Pour toutes les applications directes de l'énergie solaire, le gisement solaire local doit être caractérisé soigneusement puisqu'il présente des variations géographiques et saisonnières importantes. Pour cela ils existent plusieurs modèles théoriques et expérimentaux détaillés sous formes de banques de données et de logiciels de calcul et de simulation.

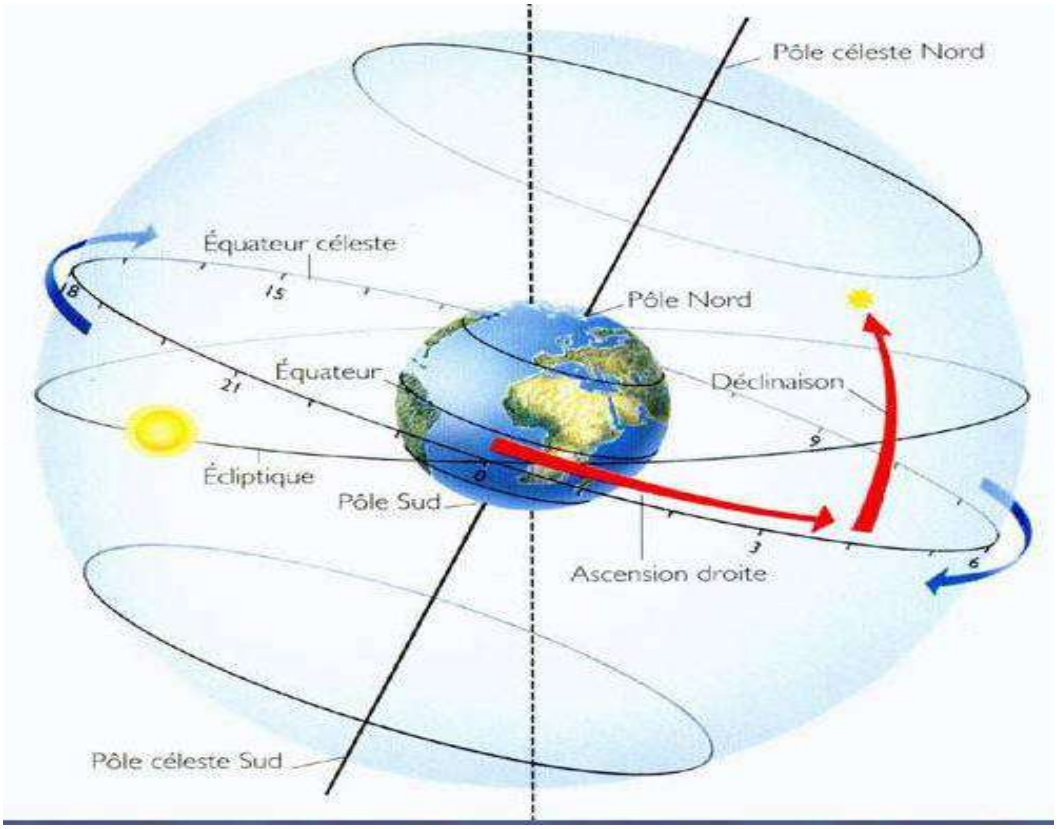
Il est très important de procéder préalablement à des campagnes de mesures du gisement solaire, par exemple en cas de possibilité de microclimats très accentués ou de projets de centrales solaires à concentrateurs où la connaissance fine de la répartition entre le rayonnement direct et le rayonnement diffus est nécessaire.

II.2 La sphère céleste

La sphère céleste est une sphère imaginaire de rayon quelconque, dont le centre est occupé par la Terre. Cette représentation est héritée de l'Antiquité et du géocentrisme, elle permet de représenter tous les astres tels qu'on les voit depuis la Terre. Il est ainsi possible de situer chaque astre dans le ciel en lui attribuant des coordonnées uniques. La partie visible de la sphère céleste, c'est-à-dire l'hémisphère surplombant l'observateur, est couramment désignée par le terme voûte céleste. La notion de sphère céleste a été inventée par les philosophes grecs de l'Antiquité. Toute la cosmologie grecque reposait sur un modèle de sphères concentriques autour de la Terre, dont la dernière, la sphère des fixes, correspond à ce que nous appelons sphère céleste. Durant l'Antiquité et le Moyen âge, les étoiles étaient considérées comme équidistantes de la Terre et cette sphère comme une représentation exacte de l'univers. Même si on sait maintenant que ce modèle est faux,

La sphère céleste reste une représentation très utile. En effet, tout ce que nous voyons dans le ciel est très éloigné de nous et la distance des étoiles est impossible à mesurer simplement en les regardant. Puisque ces distances sont indéterminées, il est seulement nécessaire de connaître la direction de l'objet pour le localiser dans le ciel. Dans ce sens, le modèle de la sphère céleste est un outil très pratique pour l'astronomie de position. Pour représenter le mouvement diurne, on considère que la sphère céleste est constituée de deux feuillets, un feuillet intérieur et un feuillet extérieur. Le feuillet intérieur constitue la sphère céleste locale, sur laquelle

l'observateur trace les éléments d'un système de référence local, par rapport auquel les repères terrestres sont immobiles. Le feuillet extérieur porte les points directeurs de la direction des étoiles, points invariablement liés les uns aux autres, ce feuillet est appelé sphère des fixes, c'est-à-dire sphère des étoiles fixes. Le mouvement diurne, ne déformant pas les constellations, peut être représenté par le mouvement de la sphère des fixes par rapport à la sphère locale. Le mouvement diurne ne déforme pas les constellations, il peut être représenté par une rotation de la sphère des fixes autour d'un axe instantané de rotation par rapport à la sphère locale. Les traces de ces axes sur les sphères sont les pôles instantanés de rotation.



Figure(II.1): la sphère céleste.

II.3 Les coordonnées célestes

II.3.1 Les coordonnées géographiques

-La latitude (Φ)

Permet de repérer la distance angulaire d'un point quelconque à l'équateur. Elle varie de 0° à 90° dans l'hémisphère nord et de 0° à -90° dans l'hémisphère sud.

-la longitude (L*)*

C'est l'éloignement par rapport au méridien de Greenwich, mesuré en degré.

-l'altitude (Z*)*

C'est l'altitude d'un point correspondant à la distance verticale entre ce point et une surface de référence théorique (le niveau de la mer =**0**), elle est exprimée en degré.

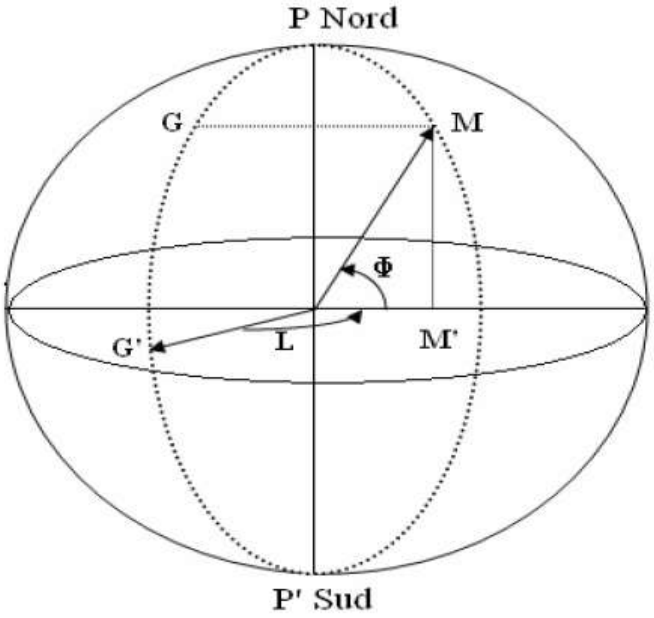


Figure (II.2):les coordonnes géographiques.

II.3.2 Les coordonnées horaires

-la déclinaison(δ)

C'est l'angle formé par la direction du soleil avec et le plan équatorial, elle varie au cours de l'année entre **-23.45°** et **+23.45°.** Elle est nulle aux Équinoxes (**21** mars et **21** septembre), maximale au solstice d'été (**21** juin) et minimale au solstice d'hiver (**21** décembre).

$$\delta = 23.45sin(\frac{360}{365}(N + 284)) \qquad \text{(II.1)}$$

N : Le numéro du jour dans l'année compté à partir du 1èrejanvier (1 à 366).

- l'angle horaire(ω)

C'est l'angle formé par le plan méridien passent par le centre du soleil et le plan vertical du lieu (méridien), il définit le vrai temps solaire.
L'angle horaire est donné par l'équation suivante :

$$\omega = 15.(TSV - 12) \qquad (II.2)$$

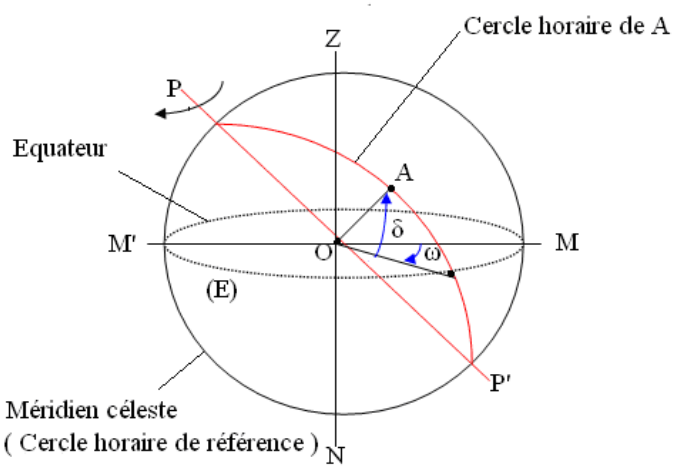


Figure (II.3): les coordonnes horaires.

II.3.3 Les coordonnées horizontales

Les coordonnées azimutales sont les plus simples à visualiser. Le plan de base est l'horizon du lieu d'observation. On repère alors les 4 points cardinaux (Nord, Est, Sud, Ouest) et le zénith. Les coordonnées sont l'azimut noté a et la hauteur notée h. L'azimut a est compté sur l'horizon à partir du Sud, de 0° à 360° dans le sens rétrograde. La hauteur h est compté de -90° à +90° depuis le nadir jusqu'au zénith. La partie visible de la sphère céleste correspond donc à une hauteur positive (0° < h 90°). Le repérage du soleil se fait par l'intermédiaire de deux angles :

- l'azimut (a*)*

L'angle qui fait la projection de la direction sud du soleil avec la Direction sud. Il est compté de 0° à 360° d'ouest en est, ou de 0° à 180° à partir du sud
Vers l'ouest.

$$\cos(X) = \frac{\cos(\delta)\,.\cos(\omega)\,.\cos(\varphi) - \sin(\delta).\sin(\varphi)}{\cos(\gamma s)} \qquad (II.3)$$

- la hauteur (h*)*

L'angle qui fait la direction du soleil avec sa projection. Il est compté de 0° à 90° vers le zénith et de 0 °à -90° vers le nadir.
La hauteur du soleil est déterminée par la formule suivante :

$\text{Sinh}=\sin(\delta).\sin(\varphi) + \text{con}(\delta).\cos(\varphi).\cos(\boldsymbol{\omega})$ (II.4)

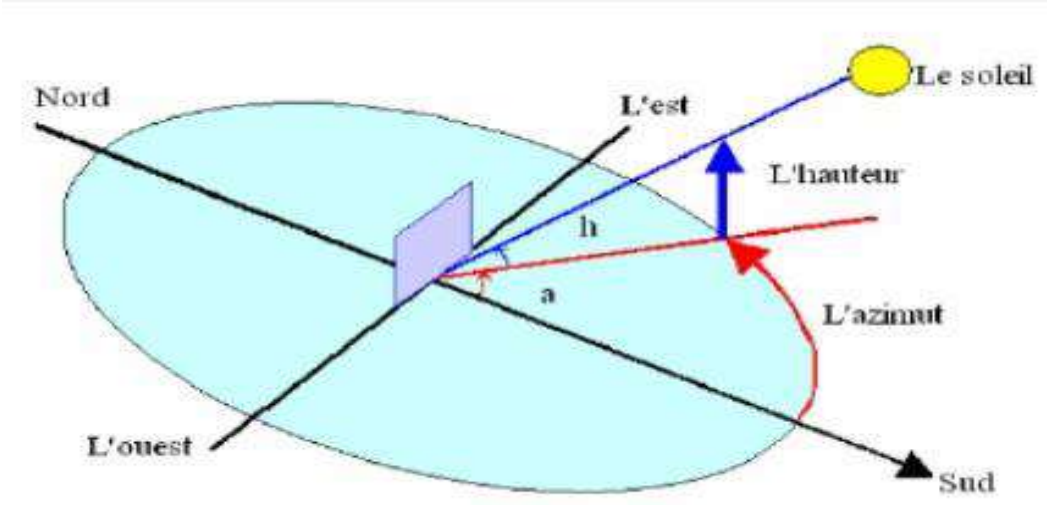


Figure (II.4): les coordonnes horizontale.

II.4 Temps solaires

II.4.1 Temps solaire vrais (TSV)

Le temps solaire vrai, en un instant et un lieu donné, est l'angle horaire du soleil w. ce temps est indiqué par les cadrans solaires et les héliographes,

Il est donné par la relation suivante :

$$TSV=12+\frac{\boldsymbol{\omega}}{\mathbf{15}} \qquad \text{(II.5)}$$

II.4.2 Temps solaire moyen (TSM)

Le temps solaire moyen est appelé parfois temps local. Il est donné par la relation suivante :

$$TSM=TSV-Et \qquad \text{(II.6)}$$

OU:

$$Et = 9.87 \sin\left[2\frac{360}{365}(N-81)\right] - 7.53 \cos\left[\frac{360}{365}(N-81)\right] - 1.5 \sin\left[\frac{360}{365}(N-81)\right]$$

Et : est l'équation du temps exprimée en minutes.

N :est le numéro du jour dans l'année.

II.4.3 Temps civil

Le temps civil est le temps moyen avec l'origine à minuit.

II.4.4 Temps universel (TU) :

Le temps universel est le temps civil moyen du méridien de Greenwich (méridien origine), appelé encore GMT (Greenwich Mean Time).est donnée par la relation suivante:

$$TU=TSM-\frac{l}{15} \qquad (II.7)$$

Où : L est la longitude .Tel que :

L < 0 : Pour les sites situés à l'Est de Greenwich.

L > 0 : Pour les sites situés à l'Ouest de Greenwich.

L = 0 : Pour les sites situés au méridien de Greenwich

II.4.5 Temps légal (TL) :

Le temps légal est une heure liée au TU par une différence fixe exprimée en un nombre entier d'heures qui dépend de la longitude et des coutumes de chaque pays. est donné par la relation suivant :

$$TL=TU+\Delta H \qquad (II.8)$$

Où : ΔH : Est le décalage horaire entre le méridien de Greenwich et l'état considérée.

II.5 Estimation horaire de l'ensoleillement

II.5.1 Constante solaire

L'énergie solaire reçue par unité de temps à la limite supérieure de l'atmosphère sur une surface unité perpendiculaire aux rayons solaires et pour une distance Terre-Soleil égale à sa valeur moyenne, est appelée la constante solaire.

La relation ci-dessous donne la valeur corrigée de la constante solaire :

$$Ic=I_o\,[1+0.034COS\,(30(m-1)+N)] \qquad (II.9)$$

Où : I_0= 1367 W/m_2.

m : Le numéro du mois dans l'année.

N : Le numéro du jour dans le mois

II.5.2 Rayonnement solaire

Le rayonnement solaire désigne l'ensemble des ondes électromagnétiques émises par le Soleil. Il se compose donc d'ultraviolets, de la lumière visible, mais également d'ondes radio en plus de rayons cosmiques.

Le rayonnement solaire est une condition fondamentale de la vie et la question de son incidence sur la santé humaine dans les environnements urbains denses, fortement créateurs d'ombre, est posée depuis un siècle et demi. Loin d'être univoques, les relations entre environnement et rayonnement sont complexes et fluctuantes.

Elles varient bien sûr avec l'évolution des connaissances scientifiques mais elles se développent également en suivant l'évolution des sensibilités, et celle des relations entre milieu construit et environnement naturel. Cet article discute l'évolution de ces relations depuis la seconde moitié du XIX^{e} siècle. Nous proposons un aperçu historique de cette évolution et de la manière dont les théories architecturales et urbaines en rendent compte, à travers les diverses propositions plus ou moins utopiques formulées à ce sujet tout au long du XX^{e} siècle. Le panorama ainsi créé offre une base pour discuter la question solaire dans la ville durable. Cette question n'est pas seulement technique ou économique, comme on la saisit le plus souvent face à l'urgence énergétique, mais elle apparaît également culturelle et sociale. Nous développons l'idée d'un désenchantement solaire qui se manifeste notamment par une technicisation accrue et une privatisation de notre rapport au rayonnement.

II.7 Répartition du rayonnement solaire

Le rayonnement solaire est affaibli par la réflexion, les diffusions multiples et l'absorption par les particules de poussière et les molécules de gaz. Le rayonnement solaire est ainsi divisé en deux composantes

$$I_G = I_D + I_d \qquad \text{(II.10)}$$

Où :

IG : est le rayonnement solaire global.

ID : est le rayonnement solaire direct.

II.8.Les différents types de rayonnement solaire

II.8.1. Le rayonnement direct

Ce sont les rayons UV du Soleil. C'est ce type de rayonnement qui est utilisé dans les systèmes à concentration (four solaire, centrales solaires thermodynamique et photovoltaïque).

$$I_D = I_o.\zeta^m.\cosh.\cos\beta \qquad (II.11)$$

II.8.2 Le rayonnement diffus

Ce sont des rayons qui proviennent de l'atmosphère, qu'il fasse beau ou pas. Des rayons lumineux issus du Soleil traversent les nuages et se diffusent sur toute la surface de la Terre. Il contribue à l'éclairement mais ne peut pas être concentré (à l'inverse du rayonnement direct).

$$I_d = I_o.Tn.(TL).Fd \qquad (II.12)$$

$$Fd = A1 + A2.\sin(h0) + A3.\sin^2(h0)$$

Où :

ρ : Est l'albédo du sol,

II.8.3 Le rayonnement global

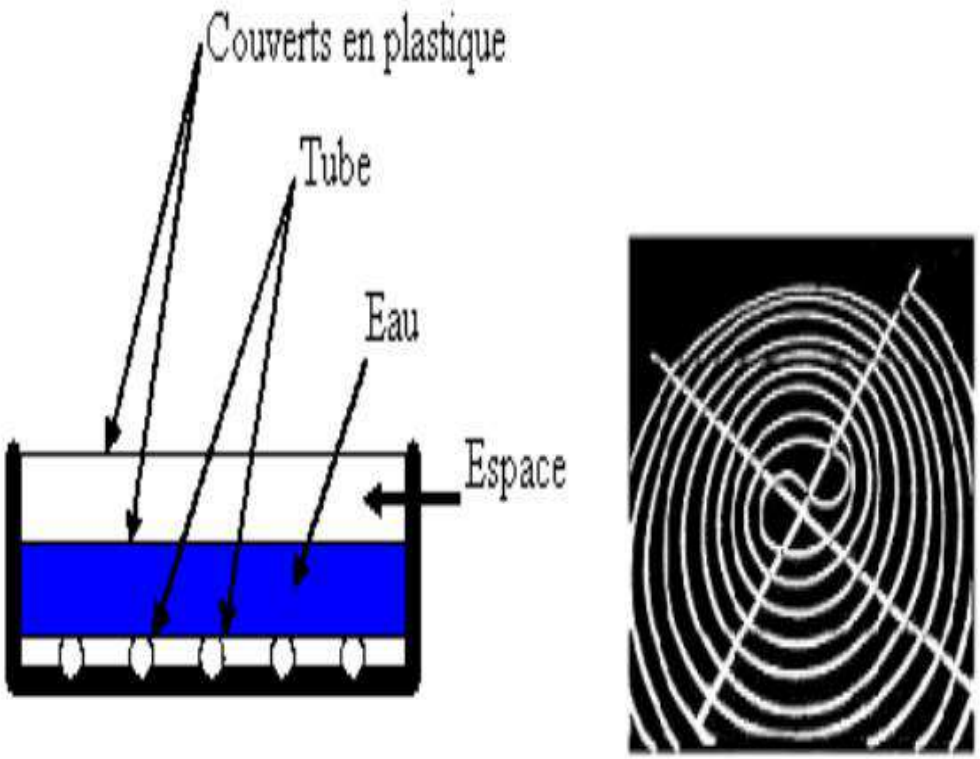
C'est la somme du rayonnement direct et diffus. C'est celui-ci qui est utilisé pour faire fonctionner les panneaux solaires thermiques et photovoltaïques (systèmes sans concentration).

Id : est le rayonnement solaire diffus.

$$I_G = Id + ID \qquad (II.13)$$

III.1 Introduction

Ce chapitre concerne le développement d'un nouveau dispositif permettant la réception et le stockage de l'énergie solaire en utilisant un bassin rempli d'eau. Ainsi, un modèle théorique du comportement thermique du bassin est proposé. Nous abordons ici l'analyse du fonctionnement de bassin solaire, qui sera représenté par un diagramme dont le fonctionnement est bien connu, le système est considéré en régime transitoire, les performances seront exprimées globalement par un rendement dont la valeur est en fonction de ses entrées et sorties .le système est schématisé dans la figure (III.1)



Figure(III.1):schéma du bassin d'eau solaire.

III.2 Paramètres influents sur le bassin

On doit tenir compte deux types de paramètres :

1. paramètres externes par rapport au bassin solaire.
2. paramètres internes par rapport au bassin solaire.

III.2.1 Paramètres externes

Ces paramètres influent sur le fonctionnement et le rendement du bassin solaire ils dépendent de :

1. Conditions météorologiques : le rayonnement solaire, le vent, la température ambiante, etc.
2. Conditions géographiques : la latitude, la longitude et la hauteur de soleil.

III.2.2 Paramètres internes

III.2.2.1 Paramètres de position

a. L'emplacement

Les bassins solaires sont placés de façon à éviter les obstacles, qui empêchent le rayonnement solaire d'atteindre la surface de captation.

b. L'orientation :

L'orientation des systèmes solaires dépend de la période du fonctionnement pendant la journée, tel que :

-Pendant la matinée : l'orientation s'effectue vers l'est.

-Pendant l'après-midi : l'orientation s'effectue vers l'ouest.

-Durant toute la journée : l'orientation s'effectue vers le sud.

Généralement les bassins solaires sont réalisés horizontalement.

c. L'inclinaison :

L'inclinaison des systèmes solaires dépend de la période du fonctionnement pendant l'année, tel que :

-Pendant l'hiver : $\beta = \Phi - 10°$

-Pendant l'été : $\beta = \Phi + 20°$

- pendant l'année : $\beta = \Phi + 10°$

Aussi on distingue l'absence de l'inclinaison dans la réalisation des bassins d'eau solaires.

III.2.2.2 PARMETRES DE CONSTRUCTION :

a. La couverture :

La couverture du bassin est caractérisé essentiellement par : sa nature, sa transparence au rayonnement solaire, sa mouillabilité, par l'eau, son opacité au rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde, sa résistance aux attaque du vent et des particules solides, et le nombre des couvertures.

c. La surface absorbante :

Certains chercheurs ont montrés que le choix de la matière absorbante du rayonnement solaire dépend de : son inertie thermique, sa résistance à l'oxydation par l'eau, des dépôts de minéraux et de son coût.

Dans notre cas on utilise comme matière absorbante l'eau coloré.

III.2.2.3 Paramètres optiques

Généralement les paramètres optiques influents sur la couverture et la surface absorbante, tel que : l'absorptivité, la réflectivité et la transitivité.

III.2.2.4 Paramètres thermo physiques

Les paramètres thermo physiques sont représentés par : la conductivité thermique, la chaleur spécifique, la diffusivité thermique et la viscosité etc.

III.3 Bilan énergétique du bassin d'eau solaire

III.3.1 Modélisation mathématique

La figure(III.1) représente une coupe transversale du capteur. Il consiste d'un bassin cylindrique contenant un volume d'eau coloré. Le fluide caloporteur circule dans un serpentin en PVC disposé dans le fond. Deux couverts en plastique sont disposés sur le bassin pour favoriser l'effet de serre.

III.3.1.1 Coefficient global d'échange de chaleur

Pour déterminer le Coefficient global de transfert de chaleur on opte les hypothèses suivantes :

1. La température est uniforme sur le long du tube.
2. On néglige le transfert de chaleur par conduction sur le long du serpentin.
3. On néglige le transfert de chaleur par convection à l'extérieur du serpentin.

Le transfert de chaleur s'effectue par convection forcée entre le fluide caloporteur et l'eau du bassin.

$$\frac{1}{Ue} = \frac{1}{hi} \qquad \text{(III.1)}$$

Le coefficient de transfert thermique est le résultat de différents procédés de transfert de chaleur à une interface et dépendant de nombreux paramètres. Comme il est difficile par le calcul de tenir compte de tous ces paramètres, la détermination du coefficient de transfert thermique se fait à l'aide du nombre de Nusselt via la relation

$$Nu = \frac{hLe}{K} \qquad \text{(III.2)}$$

Avec :

- h - coefficient de transfert thermique ;
- L_c - longueur caractéristique ;
- k - conductivité thermique du fluide.

De nombreuses corrélations empiriques fournissent une équation pour calculer le nombre de Nusselt d'où il est possible d'extraire le coefficient de transfert thermique

III.3.1.2 Coefficient global de perte de chaleur Ul

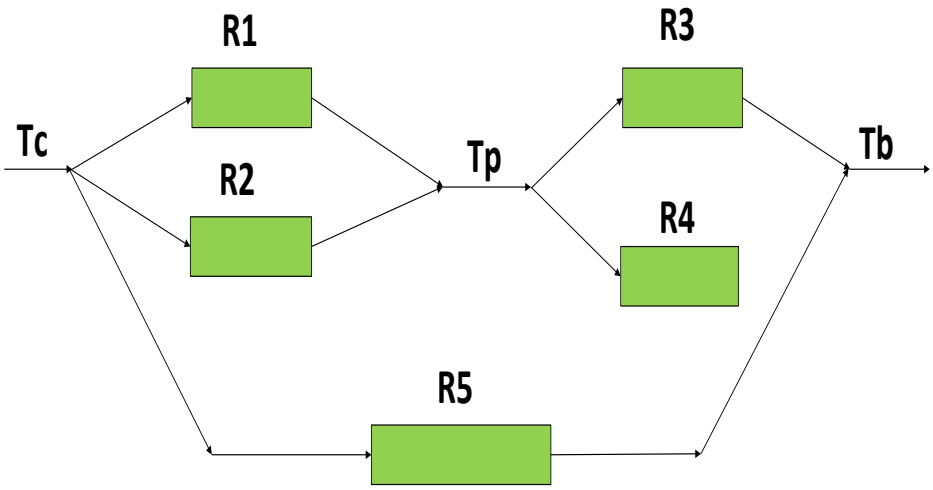
Les pertes thermiques sottes dues à la différence de température entre le bassin et le milieu ambiant .elles se divisent en quatre catégories :

1. Pertes vers l'avant.
2. Pertes vers l'arrière.
3. Pertes latérales.
4. pertes thermiques due au fluide du bassin.

Pour évaluer toutes ces pertes, on adopte les hypothèses suivantes :

- Régime Transitoire.
- Résistance du film plastique à la conduction négligeable.
- La température du fluide de bassin est uniforme.
- La température de l'entrée du fluide caloporteur est constante pendant la journée.

A fin de faciliter l'évaluation des pertes thermiques, on établit le schéma thermoélectrique du bassin représenté en figure (III.2).



Figure(III.2): schéma thermoélectrique du bassin solaire.

R_1: Résistance thermique due au rayonnement (ciel – film plastique).

R_2: Résistance thermique due au convection (ciel – film plastique).

R_3: Résistance thermique due au rayonnement (film plastique – fluide du bassin).

R_4: Résistance thermique due au convection (film plastique – fluide du bassin).

R_5: Résistance thermique due au fluide du bassin.

III.3.1.2.1 Coefficient de pertes thermiques vers l'avant du bassin:

A l'avant du bassin, entre le plastique et l'ambiance, on enregistre des pertes par convection et par rayonnement, qui peuvent être déterminées comme suit:

- Coefficient d'échange par convection entre le plastique et l'air ambiant dû au vent :

$$h_{(c-p)} = 5.7 + 3.8V \qquad \text{(III.3)}$$

- Coefficient d'échange par rayonnement entre le plastique et l'air ambiant dû au vent :

$$h_{(c-p)} = \varepsilon p\ \sigma.\frac{(Tp+Tc).(Tp^2+Tc^2).(Tp-Tc).}{Tp+T\alpha}. \qquad \text{(III.4)}$$

Les températures du film plastique et le ciel sont donnés d'après [2] comme suit :

$$Tp = T\alpha - 6 \qquad \text{(III.5)}$$

$$Tc = T\alpha + 5 \qquad \text{(III.6)}$$

- Coefficient d'échange par convection entre le film plastique et le fluide du bassin [2]

$$h_{(p-B)} = (1 - 0.0018.\ Tm\text{-}10).1.613.\frac{\Delta T^{0.218}}{L} \qquad \text{(III.7)}$$

$$Tm=\frac{T_B+Tp}{2} \qquad \text{(III.8)}$$

$$\Delta T = T_B - T_p \qquad \text{(III.9)}$$

- Coefficient d'échange par rayonnement entre le film plastique et le fluide du bassin :

$$h_{r\ (P-B)} = \sigma.\frac{(T_p+T_B).(T^2_p+T^2_B)}{\frac{2}{\varepsilon_p}-1} \qquad \text{(III.10)}$$

Donc le coefficient de pertes thermiques global vers l'avant du bassin sera donnée par la relation suivante[2] :

$$U_t = \frac{1}{\frac{1}{h_{(c-p)}h_{r(c-p)}}+\frac{1}{h_{(B-p)}h_{r(B-p)}}} \qquad \text{(III.11)}$$

Où :

U_B : est le coefficient de pertes thermiques dû au fluide du bassin, d'après [2] est donnée par la relation suivante:

$$U_B = \varepsilon_B.\ \sigma\ .\tau^2\frac{(T_B-T_c)}{(T_B-T_c)(1-X)} \qquad \text{(III.12)}$$

III.3.1.2.2 Coefficient de pertes thermiques vers l'arrière du bassin:

Le bassin est isolé à l'arrière, l'expression évaluant ce coefficient est donnée par:

$$U_{ar}=\frac{\lambda_i}{e_i} \qquad \text{(III.13)}$$

III.3.1.2.3 Coefficient de pertes thermiques latérales du bassin

La surface latérale du bassin est peu importante, l'expression évaluant ce coefficient est donnée par :

$$U_{La}=\frac{\lambda_i}{e_i}.\frac{A_l}{A_C} \qquad \text{(III.14)}$$

Le coefficient de pertes thermiques global vers l'extérieur du bassin est exprimé comme Suit [2] :

$$UL=Ut+Ub \qquad \text{(III.15)}$$

Tel que :

$$Ub=U_{ar}+U_{aL} \qquad \text{(III.16)}$$

D'après [2] :

$$Ub \approx 2.36\ \text{W/m}^2\text{K}$$

III.3.1.3 Equation de bilan de bassin

Le bilan thermique de bassin en régime transitoire est :

La variation de l'énergie interne = L'énergie entrante - L'énergie sortante

$$(\tau\alpha).I.A_C=(M.c)_B.\frac{dT_B}{dt}+U_L.Ac.(T_B-Ta)+\dot{m}cp.(Tes-Tee) \qquad \text{(III.17)}$$

La résolution de l'équation du bilan nécessite l'introduire de certaine simplifications qui sont :

L'Utilisation la notion de la température logarithmique moyenne :

$$\Delta T_{LM} = \frac{(T_B - T_{ee}) - (T_B - T_{es})}{Ln\frac{T_B - T_{ee}}{T_B - T_{es}}} \quad \text{(III.18)}$$

A partir de laquelle on calcule la température du bassin :

$$T_B = \frac{T_{es}.e - T_{ee}}{e - 1} \quad \text{(III.19)}$$

Où : $$F = \frac{A_e.U_e}{m.c_p} \quad \text{(III.20)}$$

L'efficacité de l'échangeur de chaleur peut se calculer comme :

$$S = \frac{T_{es} - T_{ee}}{T_B - T_{ee}} \quad \text{(III.21)}$$

Ainsi, la température de bassin solaire devient:

$$\frac{dT_B}{dt} = \frac{1}{S}\frac{dT_{es}}{dt} \quad \text{(III.22)}$$

La combinaison des équations (III.17), (III.19) est donne l'équation suivante pour la température du bassin :

$$\frac{d\theta}{dt} = b - \alpha.\theta \quad \text{(III.23)}$$

Où :

$$\theta = T_{es} - T_a \quad \text{(III.24)}$$

$$a = \frac{UL + \frac{m.cp}{Ac}}{\frac{(M.c)_B}{Ac}} \quad \text{(III.25)}$$

$$b = \frac{(\tau\alpha).I.s + \left[U_L(1-s) + \frac{m.c_p.s}{A_c}\right](T_{ee} - T_a)}{\frac{(M.c)_B}{A_c}} \quad \text{(III.26)}$$

la solution de l'équation différentielle (III.23) nous donne finalement. La variation temporelle de la température du bassin:

$$\frac{\theta 1-\theta 0}{\frac{b}{a}-\theta 0} = 1 - e^{-a\Delta t} \quad \text{(III.27)}$$

Avec: $\Delta t = t_1 - t_0$ (III.28)

III.3.1.4 Rendement

III.3.1.3.1 Rendement Instantané du bassin :

Le rendement du bassin que l'on définit par le rapport suivant:

η = Puissance thermique utile du bassin / Flux solaire incident sur le plan du bassin

Cette définition ce traduit par l'expression suivante :

$$\eta = \frac{Qu}{Ac.I} \quad \text{(III.29)}$$

Où :

$$Qu = (\tau\alpha).I.Ac + U.Ac.(T_B - T_a) \quad \text{(III.30)}$$

Le rendement journalier du bassin c'est la somme des énergies utiles prises pendant la journée par la somme des ensoleillements correspondants.

Cette définition ce traduit par l'expression suivante :

$$\eta = \frac{\sum Q_u.}{\sum A_c.I} \quad \text{(III.31)}$$

L'équation (III.31) peu s'écrire sous forme intégrale comme suit :

$$\eta = \frac{\int Q_u..\mathrm{dt}}{\int A_c.I.dt} \quad \text{(III.32)}$$

III.3.1.3.2.Rendement du bassin :

Une partie du rayonnement solaire qui atteint le bassin est perdu par réflexion et absorption. Le rendement optique prend ces pertes en compte.

Durant leur montée en température, les bassins solaires cèdent de la chaleur à l'environnement par conduction, rayonnement et convection. Ces déperditions sont prises en compte par le coefficient de pertes U_L. Le coefficient de pertes et le

rendement optique constituent le rendement du bassin qu'il est possible de calculer par la formule résultante des équations (III.17), (III.22):

$$\eta + \frac{(\mathrm{M.c})_B.\Delta T_{es}}{A_c.s\int I.dt} = \tau\alpha - U_L.\frac{\frac{1}{s}(T_{es}-T_a)-\frac{(1-s)}{s}(T_{es}-T_a)}{\int I.dt}.\Delta t \qquad \text{(III.33)}$$

Si la différence entre les températures de bassin solaire et ambiante est nulle, le bassin ne cède pas de chaleur à l'ambiance et le rendement η est à son maximum ; on parle de rendement optique.

III.4 Simulation

La simulation informatique ou numérique désigne l'exécution d'un programme informatique sur un ordinateur ou réseau en vue de simuler un phénomène physique réel et complexe (par exemple : chute d'un corps sur un support mou, résistance d'une plateforme pétrolière à la houle, fatigue d'un matériau sous sollicitation vibratoire, usure d'un roulement à billes…). Les simulations numériques scientifiques reposent sur la mise en œuvre de modèles théoriques utilisant souvent la technique des éléments finis. Elles sont donc une adaptation aux moyens numériques de la modélisation mathématique, et servent à étudier le fonctionnement et les propriétés d'un système modélisé ainsi qu'à en prédire son évolution. On parle également de calcul numérique. Les interfaces graphiques permettent la visualisation des résultats des calculs par des images de synthèse. Ces simulations informatiques sont rapidement devenues incontournables pour la modélisation des systèmes naturels en physique, chimie et biologie, mais également des systèmes humains en économie et en science sociale. Elles permettent de limiter le risque et d'éviter le coût d'une série d'épreuves réelles (ex: essais de véhicules). Elles peuvent offrir un aperçu sur le développement d'un système trop complexe pour simuler avec de simples formules mathématiques.

La simulation numérique est utilisée pour :

- prévoir l'état final d'un système connaissant son état initial (problème direct) ;
- déterminer les paramètres d'un système connaissant un ou plusieurs couples (état initial - état final) (problème inverse) ;
- préparer des opérateurs à des conditions plus ou moins rares dans leur interaction avec un système complexe (simulation d'entraînement).

La simulation se faite à l'aide d'un micro-ordinateur pour calculer les paramètres de fonctionnement du bassin solaire en régime transitoire, Ainsi les données météorologiques sont chargées sous forme des fichiers et des formules empiriques approchées. Ainsi que les données et résultats sont chargées sous forme des vecteurs pour faciliter la programmation en Fortran et l'impression des résultats (graphes) sont réalisées grâce le logiciel Tec plot.

III.5 Programme de calcul

III.5.1 Effet de débit variable

Ce programme permet d'établir :

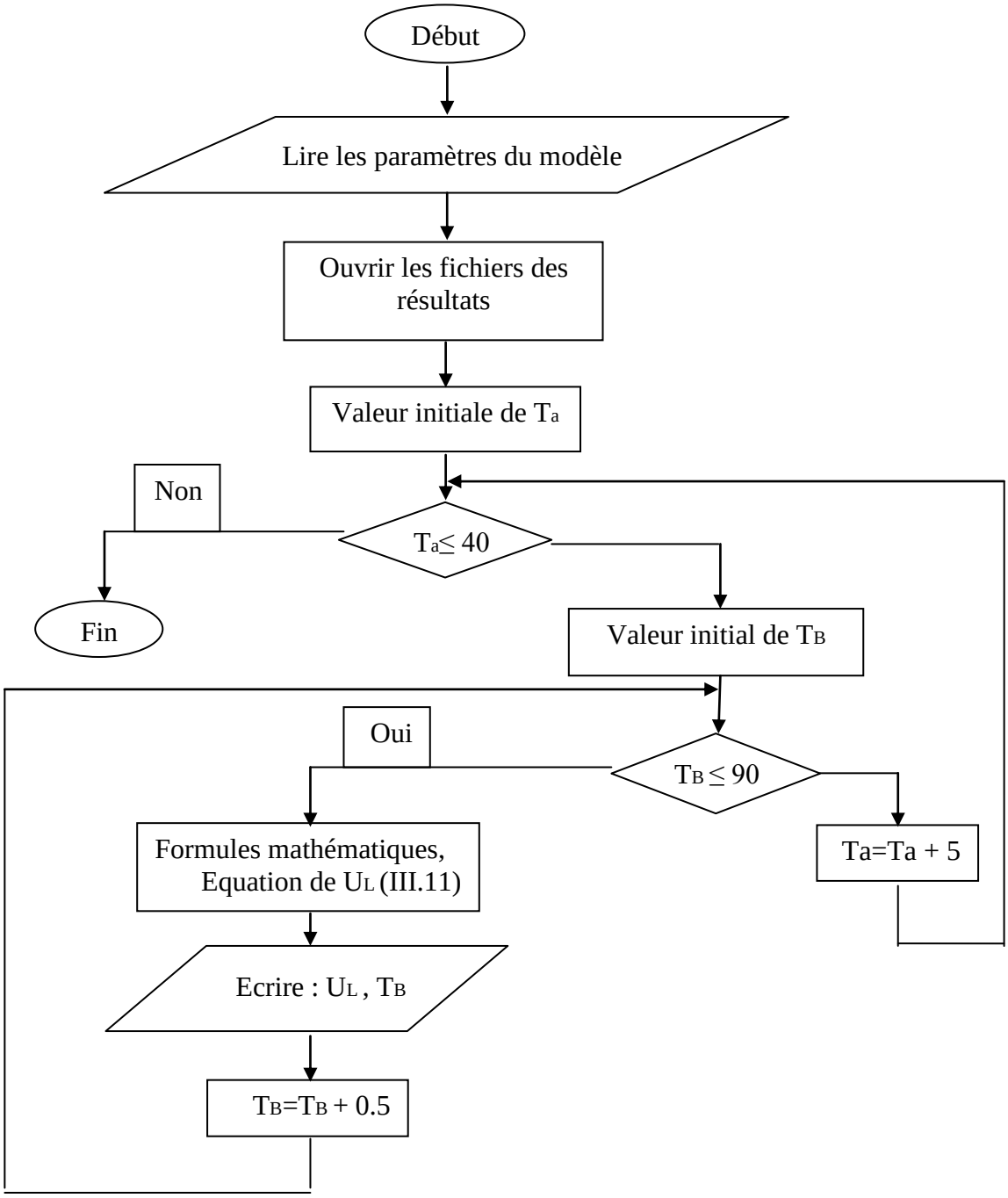
1. Différents paramètres liés au fonctionnement du bassin. .
2. Les coefficients d'échanges thermiques.
3. La convergence du coefficient des pertes thermiques.
4. l'évolution des températures de bassin et de sorties du fluide caloporteur.
5. La puissance utile (le flux de chaleur dégagée par le fluide caloporteur).

III.5.3 Rendement théorique

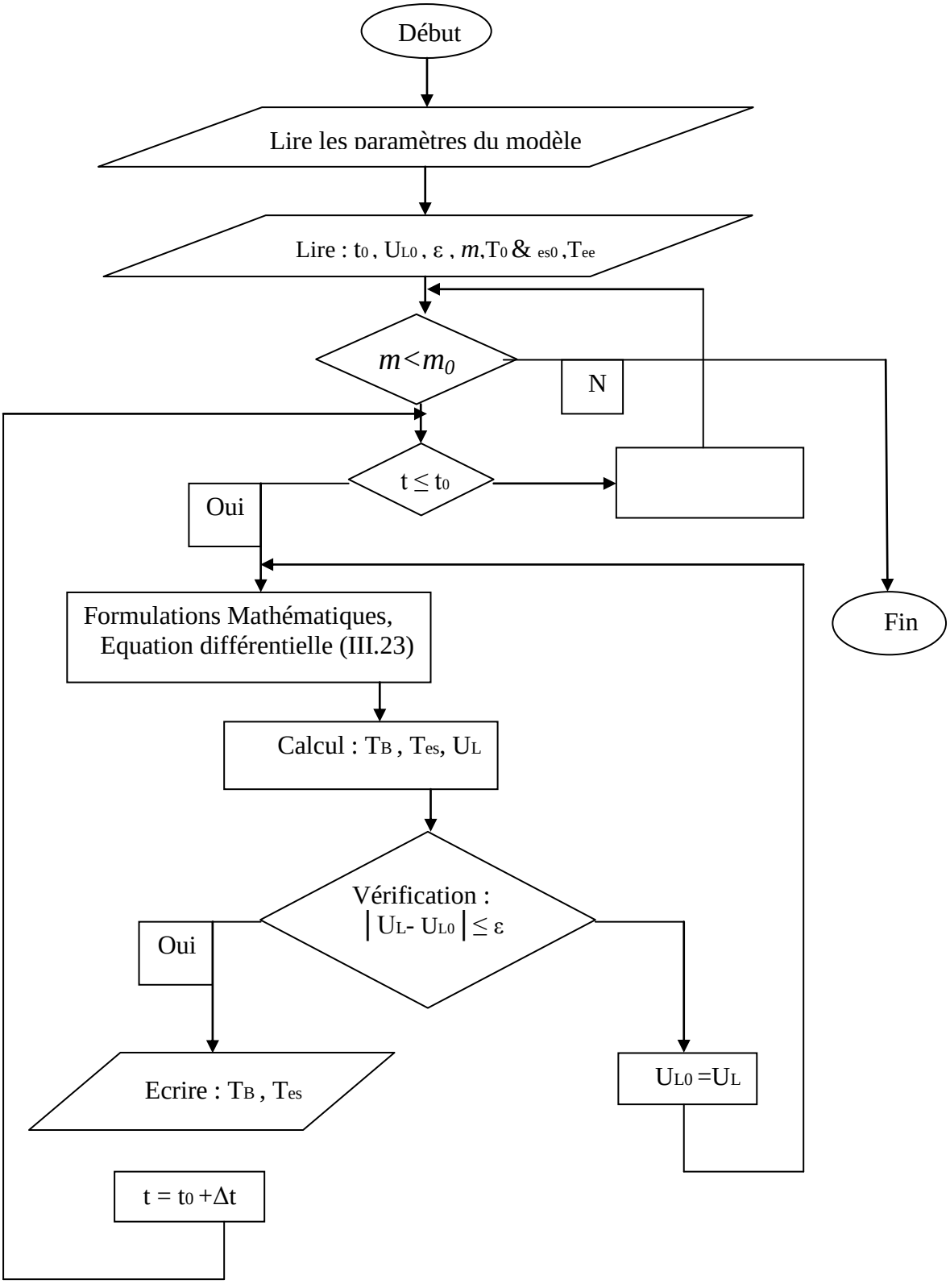
Les résultats obtenus dans ces programmes précédents sont exploitées dans le calcul du rendement du bassin, et on utilise la méthode numérique des trapèzes pour le calcul des intégrales dans l'équation (III.32).

III.6 Organigramme

III.6.1 Organigramme de calcul de l'évolution de UL



III.6.2 Organigramme de calcul de TB , TFS et UL (EFFET DE DEBIT)



Les résultats obtenus dans la partie théorique sont basées sur la résolution de l'équation différentielle (III.23), qui permet d'avoir la sensibilité des paramètres sur le comportement thermique du bassin solaire. Présente une étude détaillée de l'influence des différents paramètres sur le bassin solaire en exploitant une simulation informatique avec des hypothèses simplificatrices :

- Ecoulement laminaire.
- Régime transitoire.
- température est uniforme sur le long du bassin solaire.
- Estimation des pertes vers l'arrière du bassin solaire.
- Absence des réactions chimiques dans le bassin solaire.
- Transfert de chaleur unidimensionnel.
- Système en équilibre mécanique.
- La convection extra tubulaire est négligée.

IV.1 Evolution du rayonnement solaire

La figure (III.3) présente l'évolution de l'éclairement global pendant la journée. En plus on doit l'exploiter ce vecteur dans notre programme machine pour rendre le modèle plus proche de la réalité.

La figure (III.3) montre que la variation du rayonnement solaire en fonction du temps présente une forme de cloche atteint son maximum à une journée et ces variations sont similaires à la plupart des modèles semi empiriques.

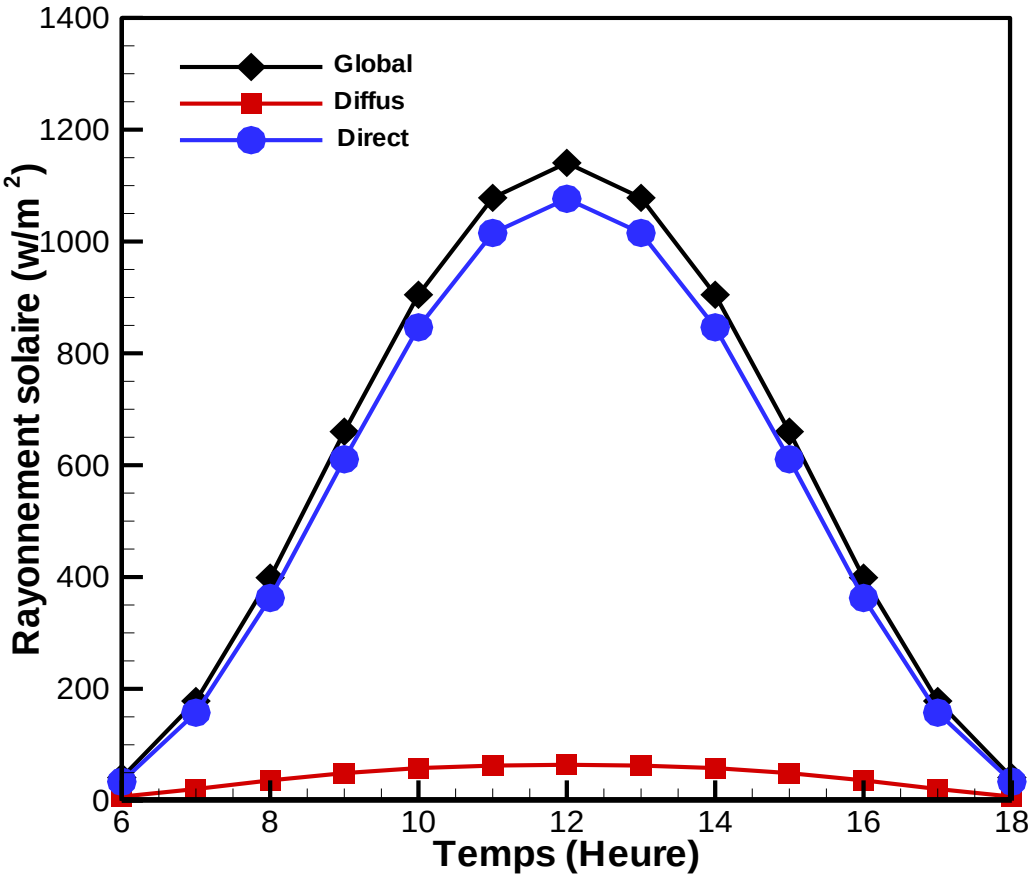


Figure (III.3) : Variation temporelle des rayonnements solaire.

La figure (III.4) présente l'évolution de l'éclairement global pendant l'année. La figure (III.4) montre que la variation du rayonnement solaire en fonction du nombre de moi dans l'année présente une forme de cloche. Atteint son maximum environ du de Juillet et ces variations sont similaires à la plupart des modèles semi empiriques

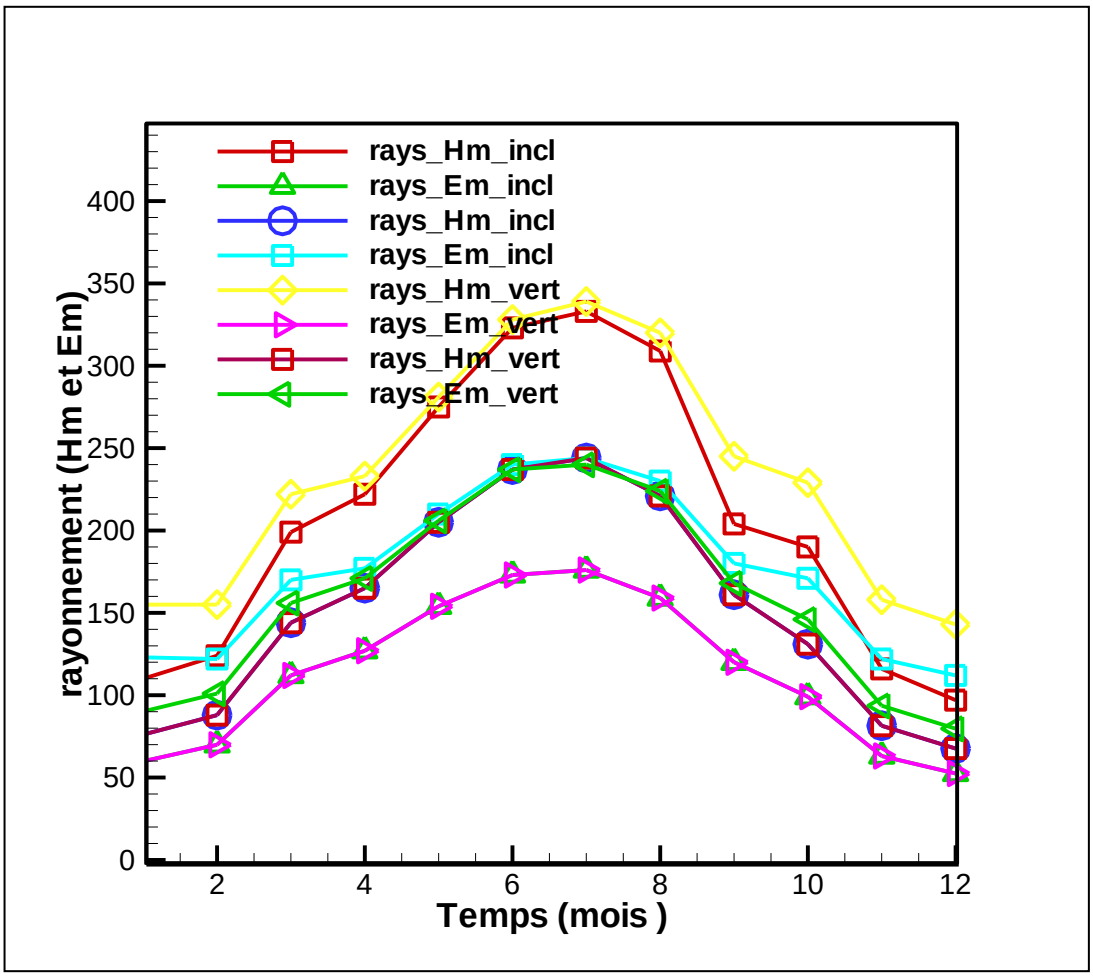


Figure (III.4) : Variation annuel des rayonnements solaire.

VI.2 Variation de coefficient des pertes thermiques

La figure (III.5), présente l'évolution théorique du coefficient des pertes thermique UL en fonction la température de fluide du bassin sous l'effet de la vitesse du vent avec différents valeurs de la température ambiante.

Ainsi ces figures montrent que la vitesse du vent présente une grande influence sur le fonctionnement et la stabilité du bassin solaire à ne pas négligée.

On remarque dans les graphes cités que UL est maximum au début de l'échauffement de fluide du bassin et diminué jusqu'à un certaine T_B et après commence son évolution d'une façon lente

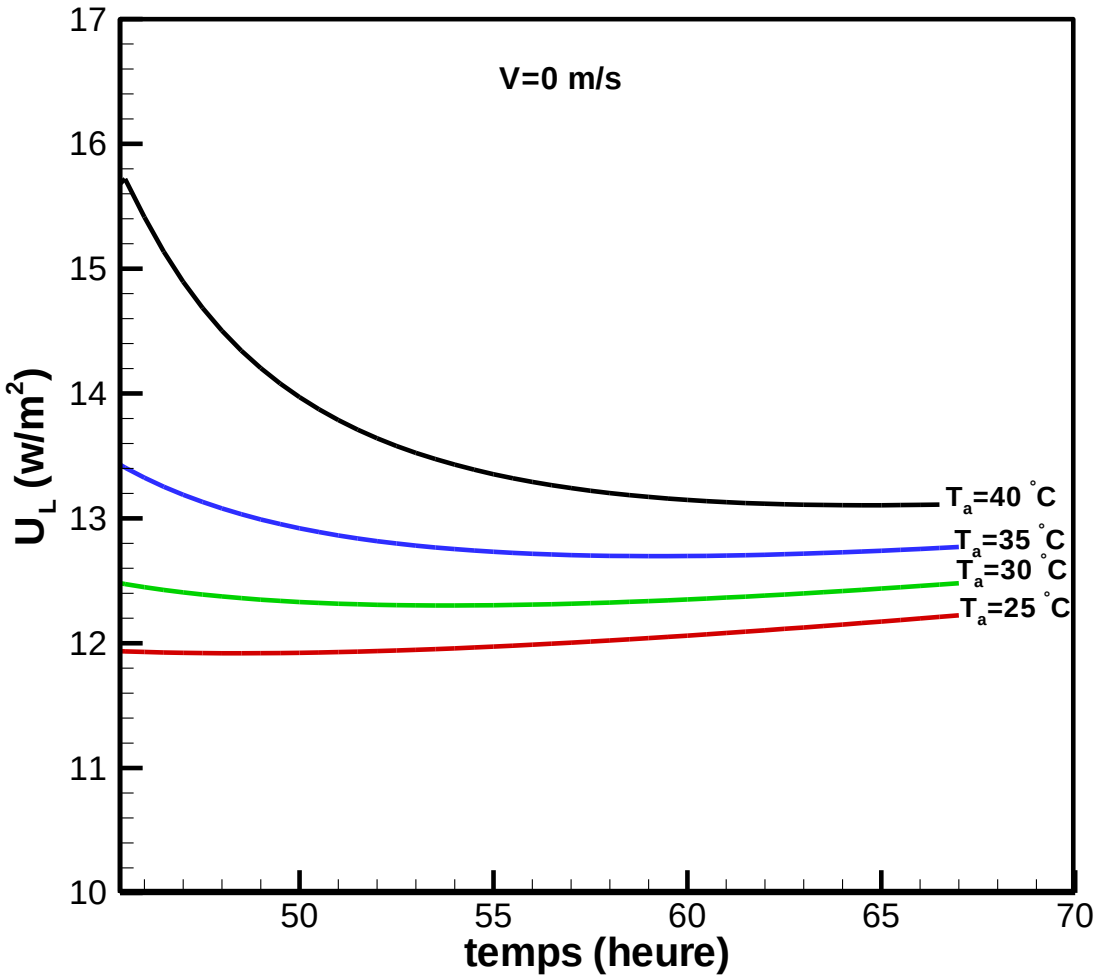


Figure (III.5) : Evolution de perte en fonction de temps pour différentes Ta (effet de vitesse=0)

La figure (III.6) présente l'évolution théorique du coefficient des pertes thermique UL en fonction la température de fluide du bassin sous l'effet de la vitesse du vent avec différents valeurs de la température ambiante.

Ainsi ces figures montrent que la vitesse du vent présente une grande influence sur le fonctionnement et la stabilité du bassin solaire à ne pas négligée.

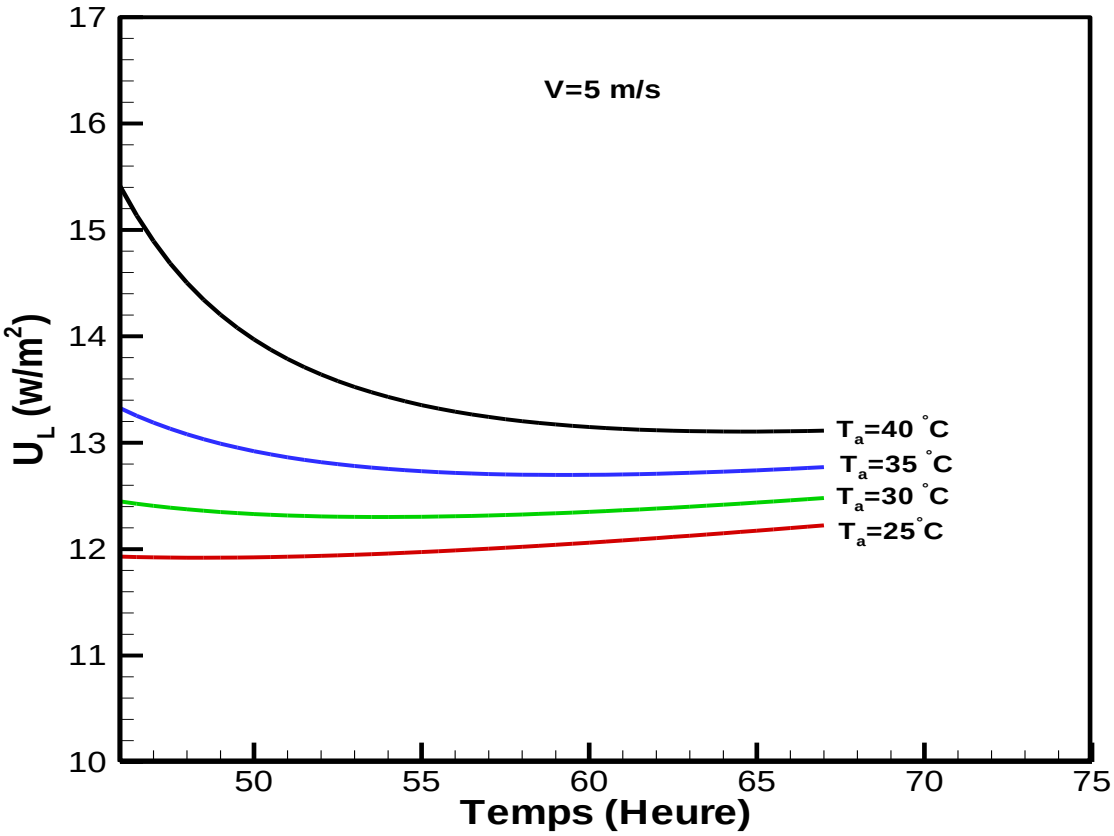


Figure (III.6) : Evolution de perte en fonction de temps pour différentes Ta (Effet de vitesse=5)

La figure (III.7) présente l'évolution théorique du coefficient des pertes thermique UL en fonction la température de fluide du bassin sous l'effet de la vitesse du vent avec différents valeurs de la température ambiante.

Ainsi ces figures montrent que la vitesse du vent présente une grande influence sur le fonctionnement et la stabilité du bassin solaire à ne pas négligée.

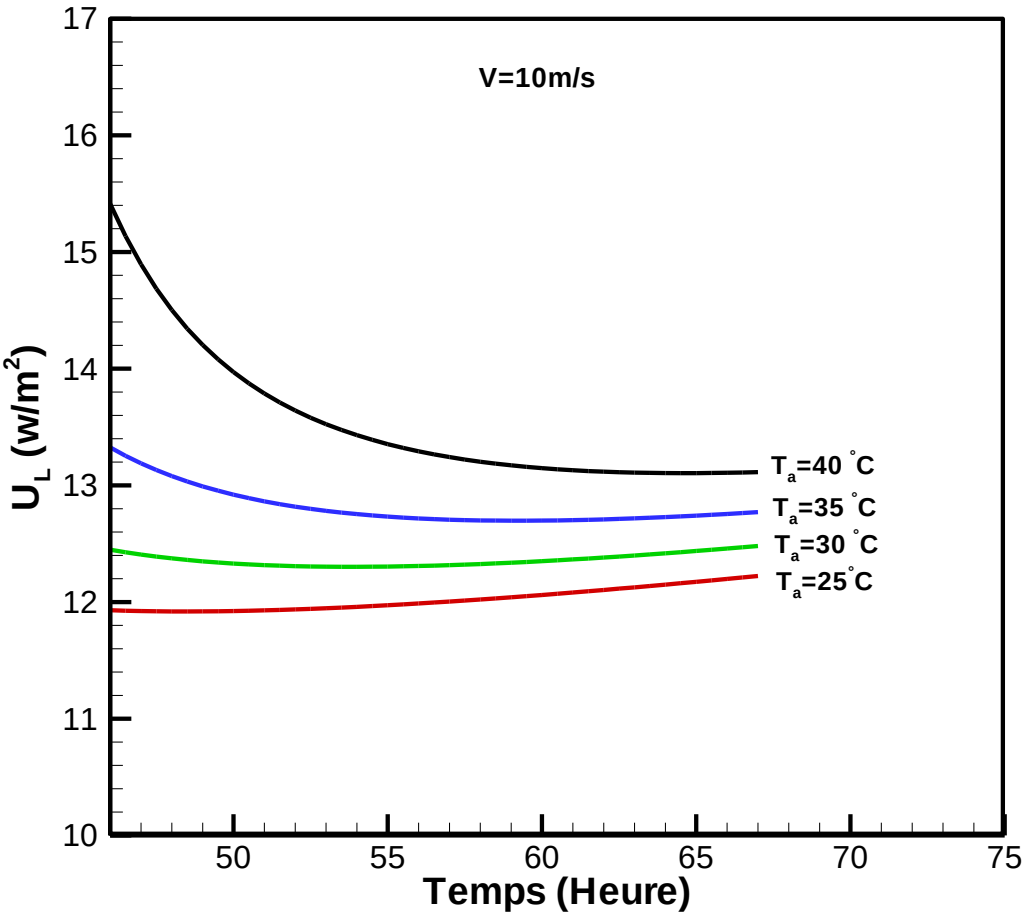


Figure (III.7) : Evolution de perte en fonction de temps pour différentes Ta (Effet de vitesse=10)

III.7.3.Variation de température de fluide caloporteur:

III.7.3.1.Effet de température d'entries de fluide :

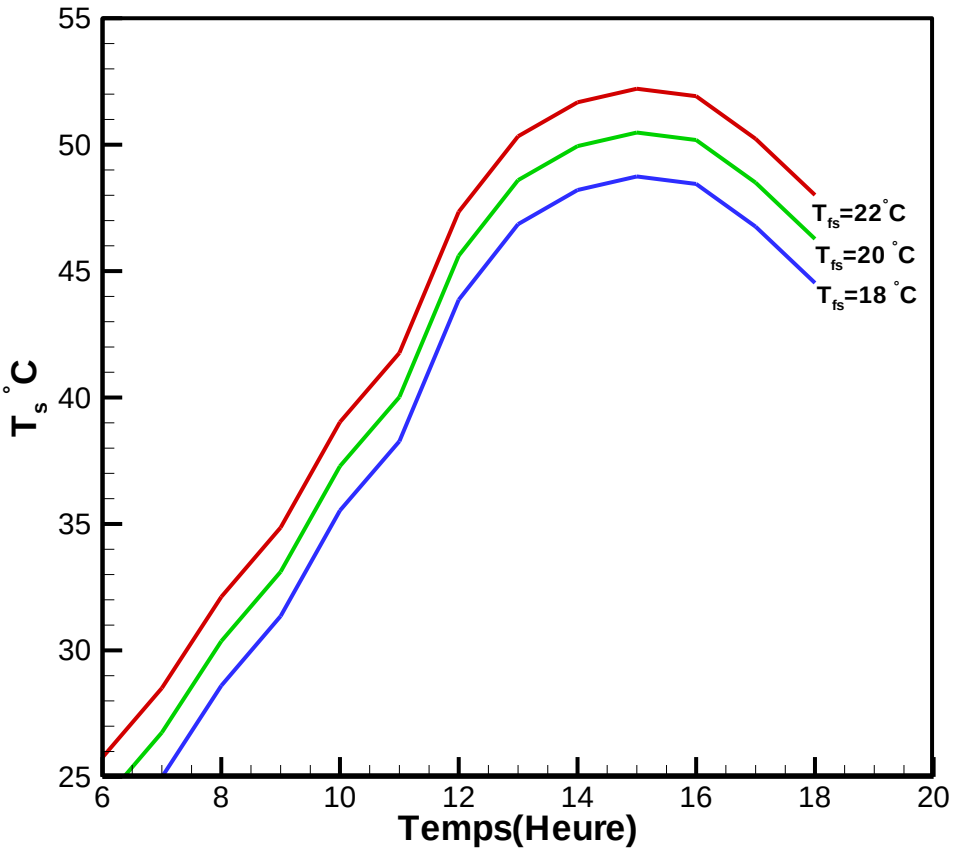


Figure (III.8) : Variation temporelle des températures de fluide du bassin

La figure (III.8) montre que la température de sortie du fluide caloporteur présente variation linéairement suivant le temps pour différents valeurs de la température d'entries du fluide caloporteurs. Ainsi, pour les mêmes valeurs de débit la température de sortie du fluide caloporteur atteinte son maximum à 15h00, ce montre que la progression de température de sortie à une relation direct avec l'éclairement global et la température du fluide de bassin solaire.

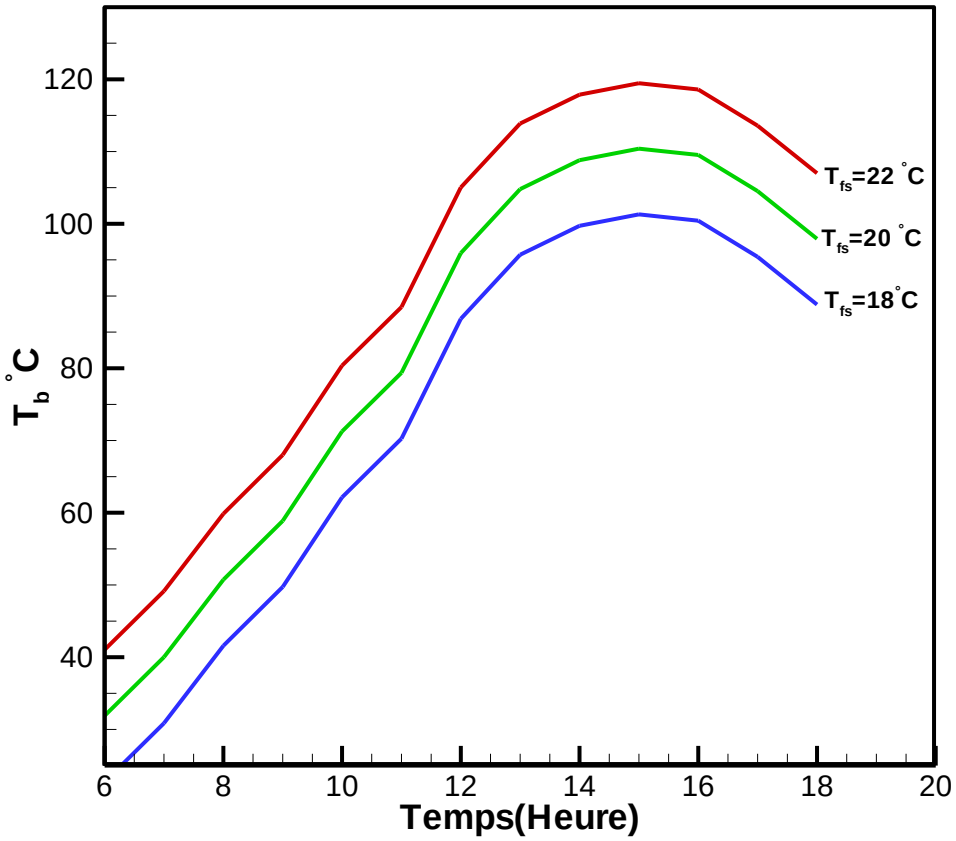


Figure (III.9) : Variation temporelle des températures de fluide du bassin

La figure (III.9) montre que la température de sortie du fluide caloporteur présente variation linéairement suivant le temps pour différents valeurs de la température d'entries du fluide caloporteurs. Ainsi, pour les mêmes valeurs de débit la température de sortie du fluide caloporteur atteinte son maximum à 15h00, ce montre que la progression de température de sortie à une relation direct avec l'éclairement global et la température du fluide de bassin solaire.

IV.4 Variation des puissances (perte de chaleur)

IV.4.1 Effet de température d'entries de fluide

Les figures (III.10) et (III.11) montrent que l'effet utile du bassin solaire est varie linéairement avec la variation de débit du fluide caloporteur suivant un intervalle de temps donné. Ainsi que la courbe de la puissance utile présente quelques fluctuations, cela est dû au faite que le programme de calcule nécessite l'admission d'une valeur constante de vecteur de température de l'entrée,

Les figures (III.10) et (III.11) montre aussi que le flux de chaleur évacué à une relation directe avec la vitesse de sortie du fluide caloporteur.

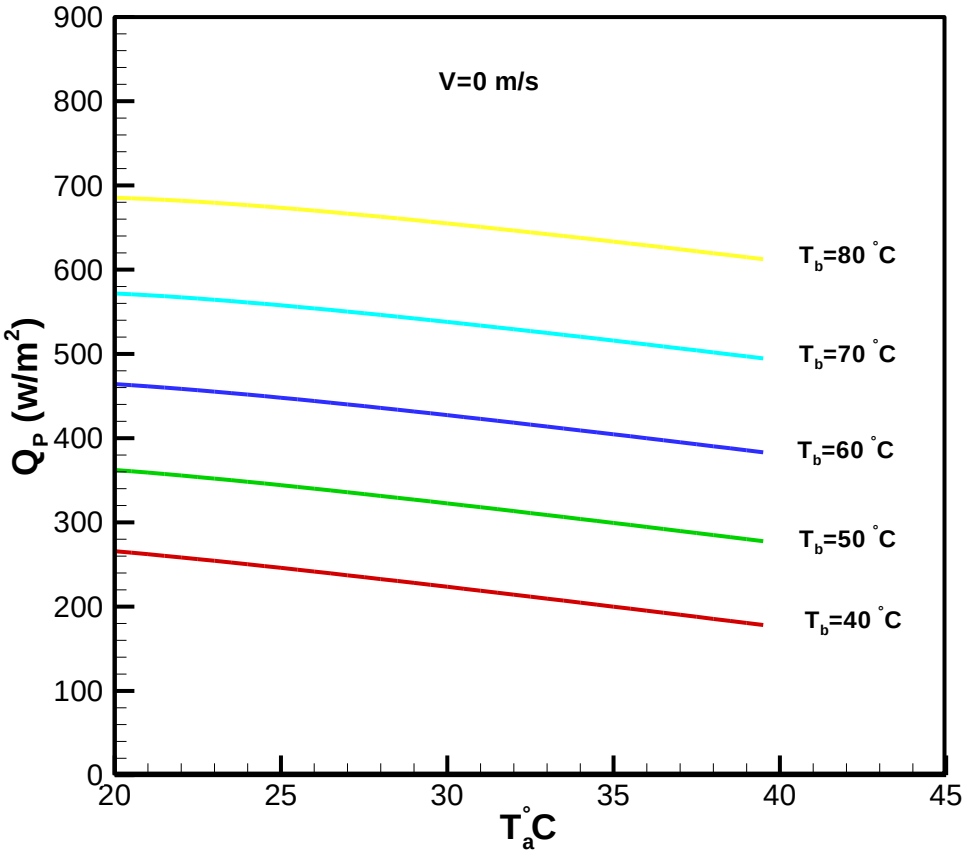


Figure (III.10) : Variation temporelle des puissances utiles du bassin à (v=0)

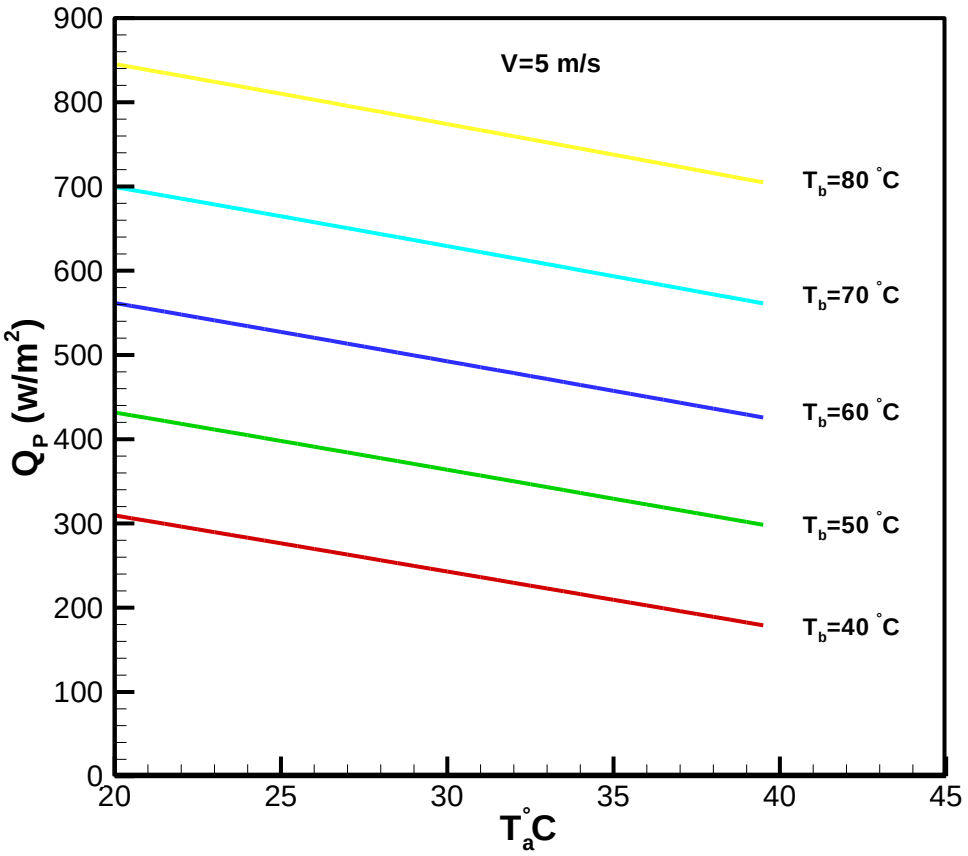


Figure (III.11) : Variation temporelle des puissances utiles du bassin à (v=5)

IV.5 Variation de la quantité de chaleur

IV.5.1 Effet de température d'entrée de fluide

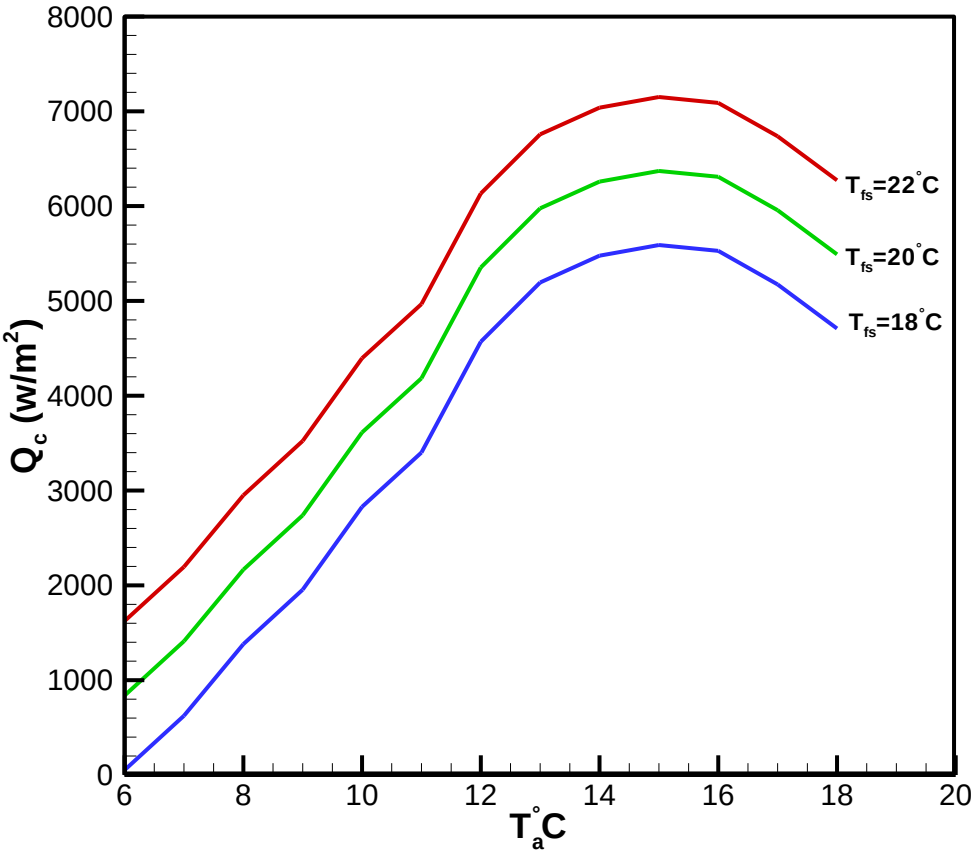


Figure (III.12) : Variation temporelle de quantité de chaleur utile du bassin

La figure (III.12) montrent que l'effet utile du bassin solaire est varie proportionnel avec la variation de débit du fluide caloporteur suivant un intervalle de temps donné. Ainsi que la courbe de la puissance utile présente quelques fluctuations, cela est dû au faite que le programme de calcule nécessite l'admission d'une valeur constante de vecteur de température de l'entrée

CONCLUSION GENERALE

L’objectif de ce travail est l’étude d'un bassin solaire peu profond à partir d’un modèle théorique. Les simulations numérique effectués sont basés sur l’étude du comportement thermique du bassin solaire. Le modèle qui on mise en place a permis d’avoir les évolutions des paramètres de base de fonctionnement du bassin solaire peu profond. Ainsi que les résultats obtenus illustrent parfaitement l'intérêt de cette étude dans les zones semi-arides.

Les bassins solaires ne sont pas encore apprécier, pour les raisons :

- La technologie des bassins solaires n'est pas développée au même degré des capteurs

Solaires plans.

- Les bassins solaires ne sont pas disponibles dans la commerce surtout en Algérie.
- Le rayonnement solaire utilisable par les bassins solaires est moins influant du fait qu'ils ne peuvent pas être inclinés.

L'intérêt de notre travail actuel réalisé, est de proposition d'une conception d’ un bassin d’eau solaire dans lequel une échangeur de chaleur est installé dans le lit d’eau et la chaleur est extraite, sans interruption, sans déranger la couche d’eau dans le bassin. Malgré les bonnes caractéristiques de transmission de la feuille en plastique, on l'a avéré non durable grâce à l'exposition continue à la lumière du soleil et de vent rendu le fragile après un certaine temps du fonctionnement. Les bonnes feuilles en plastique résistantes sont facilement disponibles dans les pays développés mais elles ne sont pas fabriquées en Algérie à notre connaissance. Les feuilles de PVC sont avérées meilleures et durables presque pendant l'année, mais elles ont l'inconvénient inhérent de la transmission élevée pour le long rayonnement de vague, ayant pour résultat un coefficient global élevé de perte de chaleur.

BIBLIOGRAPHIE

[1] Chiba Y., Saouli S., Analyse théorique d'un bassin d'eau utilisé comme capteur solaire plan, Journées Etudes Nationales de Mécanique (JENM05), Ouargla, Algérie, 2005.

[2] Chiba Younes, étude de l'utilisation d'un bassin d'eau comme capteur solaire, Université de Constantine, Algérie, 2005.

[2] Ramakrishna G.R. M., Pandey K.P., Scope of fertilizer solar ponds in Indian agriculture, Solar Energy. Issue 2 Vol 27 (2002) pp117-126

[3] Kishore V.V.N., Guindhi M.R., Rao K.S., Experimental and analytical studies of shallow solar pond systems with continuous heat extraction, Solar Energy.Vol.36 N°3 (1986) pp245-256.

[4] Daguenet M. , Les séchoirs solaires , théorie et pratique , Unisco, Paris, 1985.

[5] Sabetta F. , Pacetti M. , Principi P. , An internal heat extraction system for solar Ponds, Solar Energy .Vol.34N°4/5 (1985) pp297-302.

[6] Kishore V.V.N. , Kumar a. , Solar pond an exercise in development of indigenous technology at kutch, India, Energy for Sustainable Development

[7] F.Yettou, unité de recherché qppliau2 en énergie renouvelable B, P, 88, ZI cart Taam, Ghardaïa, Algérie

Chapitre I:Analyse bibliographie.

Figure I.1: Bassin très peu profonds

Figure II.2: Bassin d’eau solaire peu profond a la production d’electricité

Figure II. 3: Bassin d’eau solaire avec zone convection

Figure II. 4: Bassin d’eau solaire destiné à la production de sel

Figure II. 5 : Bassin d’eau muni de structures antipertes

Figure I.6: étangs toumants

Chapitre II: Gisement solaire.

Figure(II.1): la sphère céleste

Figure (II.2):les coordonnes géographiques

Figure (II.3): les coordonnes horaires.

Figure (II.4): les coordonnes horizontals

Chapitre III: Étude théorique

Figure(III.1):schéma de bassin d'eau solaire.

Figure(III.2): schéma thermoélectrique du bassin solaire.

Chapitre IV: Résultats et interopérations

Figure (III.3) : Variation temporelle des rayonnements solaire.

Figure (III.4) : Variation annuel des rayonnements solaire

Figure (III.5) : Variations théoriques de UL en fonction TB (effet de vitesse)

Figure (III.6) : Variations théoriques de UL en fonction TB (effet de vitesse)

Figure (III.7) : Variations théoriques de UL en fonction TB (effet de vitesse)

Figure (III.8) : Variation temporelle des températures de fluide du bassin

Figure (III.9) : Variation temporelle des températures de fluide du bassin

Figure (III.10) : Variation temporelle des puissances utiles du bassin

Figure (III.11) : Variation temporelle des puissances utiles du bassin

Figure (III.12) : Variation temporelle de quantité de chaleur utile du bassin

Figure (III.13) : Variation du rendement journalière du bassin solaire

Liste des figures