

AVANT PROJET DE DIMENSIONNEMENT D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE

KAZADI KATOMPA Aubin and NGELEKA MULAMBA Fontaine

Ecole Supérieure des Ingénieurs, Université de LIKASI, RD Congo

Copyright © 2019 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Solar collectors are an environmentally friendly solution for the production of hot water, but can also contribute to the heating of rooms. They can be used in combination with any other method of heat production used in case of low sunlight (wood heating, heat pump, oil or gas boiler). They make it possible to solve the problem of the high cost of electricity and especially of the regular load shedding that the population meets. To solve the problem related to the production of hot water, we sized a solar water heater capable of meeting the needs of thirteen people; with a backup system to compensate for the drop in temperature during the period when we have low sunlight.

KEYWORDS: collectors, solar, ecological, sanitary, dimensioned.

1 INTRODUCTION

L'eau chaude sanitaire est d'une importance indispensable pour le maintien du confort du corps humain. Cependant son obtention nécessite une grande quantité d'énergie. Les ménages congolais recourent à l'énergie électrique et à l'énergie thermique (chauffage au bois, etc.). Cependant ces procédés impliquent une grande consommation d'électricité, une grande émission des gaz à effet de serre et un coût élevé. Par ailleurs la plupart de ménages congolais n'a pas accès à l'énergie électrique. Pour ceux qui en ont, elle est de mauvaise qualité et interrompue à tout moment.

C'est pourquoi actuellement on recourt aux énergies solaires thermique et photovoltaïque pour résoudre les problèmes évoqués ci-dessus.

Le recours à l'énergie solaire pour la production d'eau chaude est donc un excellent moyen d'améliorer la qualité de l'air que nous respirons, de contribuer à réduire les émissions de gaz à effet de serre responsables du changement climatique planétaire et d'économiser l'énergie électrique.

Le chauffe-eau solaire (CES) dont il est question dans ce travail, produit de l'eau chaude en utilisant comme source d'énergie la lumière du soleil. Grâce à lui, un ménage congolais peut couvrir entre 30 et 80% de ses besoins en énergie pour la production d'eau chaude sanitaire (cuisine, salle de bain, ...).

Le matériel est fiable et a une durée de vie d'au moins 25 ans. Les capteurs solaires thermiques peuvent aussi bien être installés sur des habitations déjà existantes que sur de nouvelles constructions.

Deux points focalisent la présente réflexion :

- Cadre théorique : le système de production d'eau chaude sanitaire ;
- Cadre pratique : le dimensionnement du chauffe-eau solaire

2 CADRE THÉORIQUE

En vue de justifier le choix pour le chauffe-eau solaire, cette section a pour objectif d'examiner les trois systèmes de production d'eau chaude sanitaire qui sont : le chauffe-eau électrique, le chauffe-eau gaz et le chauffe-eau solaire lui-même.

2.1 COMPARAISON DU COUT D'EAU CHAUDE SANITAIRE

Cinq facteurs sont pris en compte Pour comparer le coût de l'eau chaude sanitaire. Il s'agit de l'investissement de départ (matériel et pose), des aides disponibles pour l'acquisition et la pose du matériel, du coût de la maintenance, du coût de l'énergie utilisée et de la durée de vie du matériel.

Tableau 1. Comparatif des solutions de production d'eau chaude sanitaire

	Chauffe-eau électrique	Chauffe-eau solaire	Chauffe-eau gaz
Investissement de départ	Faible	Elevé	Moyen
Aides disponibles (pose et matériels)	Aucune	Aide	Aucune
Maintenance	Resistance à changer, fuite de la cuve	Les fuites	Contrat de maintenance obligatoire pour assurance habitation
coût de fonctionnement	Elevé (1500 kwh/an)	Faible	Moyen (1 à 2 bouteille par mois)
Durée de vie	10 ans	20 ans	10 à 20 ans

Source : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'Energie, « Le chauffe-eau solaire individuel » in **CESI-GUIDE**, n° 4272, Paris, 2011, p.23

En analysant le tableau ci-dessus, on constate que le principal handicap du chauffe-eau solaire est l'investissement de départ, mais en comparant les économies réalisées sur la durée de vie (20 ans) du matériel sont très importantes et rendent le chauffe-eau solaire rentable dès les premières années d'utilisation. De plus, les prix du gaz et de l'électricité ont tendance à augmenter alors que la source d'énergie du chauffe-eau solaire est gratuite et durable.

2.2 LE CHAUFFE-EAU SOLAIRE

2.2.1 DÉFINITION

Le chauffe-eau solaire est une unité de production d'eau chaude à partir du rayonnement solaire.

2.2.2 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

En utilisant les rayons du soleil : l'eau froide du réseau, en circulant dans le capteur solaire, se réchauffe au contact de l'absorbeur composé de tubes qui captent le rayonnement solaire. Cette eau est stockée dans un ballon pour être distribuée par la suite. Son fonctionnement repose sur le principe de l'effet de serre : phénomène naturel de réchauffement.

2.2.3 CONSTITUTION D'UN CHAUFFE-EAU SOLAIRE

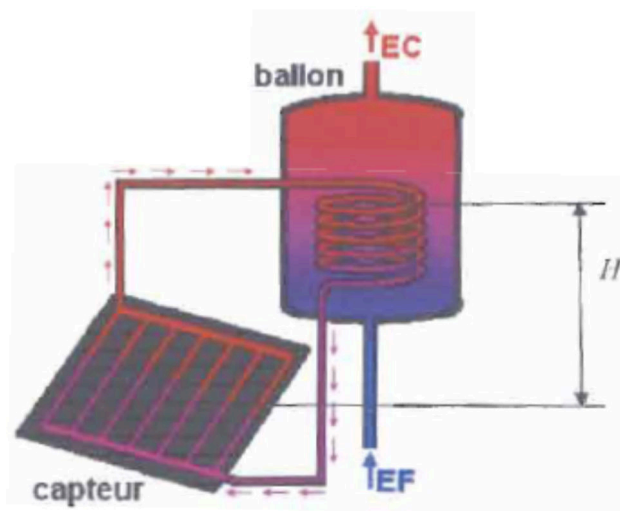


Fig. 1. Chauffe-eau solaire avec fonctionnement en thermosiphon

2.3 LE CAPTEUR SOLAIRE

Le capteur est la partie visible de l'installation. Il se place généralement en toiture mais peut aussi être installé en auvent, en façade ou dans le jardin. Sa dimension dépend de la quantité d'eau à chauffer, et donc du nombre d'habitants qui utilisent de l'eau chaude dans le bâtiment.

Il renferme l'**absorbeur** (une plaque et des tubes métalliques), généralement en cuivre, qui absorbe le rayonnement solaire et le transmet au fluide caloporteur qui le traverse.

Il existe deux grandes familles de capteurs solaires thermiques : les capteurs plans vitrés et les capteurs tubulaires »[1].

- a. **Les capteurs plans vitrés**, ressemblant à de grandes fenêtres de toit, ont l'absorbeur placé dans un caisson métallique recouvert d'une vitre. L'isolant du caisson métallique et la vitre permettent un effet de serre qui maintient la chaleur de l'absorbeur ; comme l'indique la figure ci-dessous.



Fig. 2. Capteur plan vitré

- b. **Les capteurs tubulaires**, quant à eux, ont l'absorbeur enfermé dans de longues bouteilles de verre sous vide placées côte à côte. Le vide d'air sert d'isolant thermique et le rend moins dépendant des fluctuations de la température extérieure.

Ainsi, pendant les périodes froides, le capteur tubulaire bénéficie d'une production sensiblement supérieure au capteur plan. Il est plus efficace lorsqu'il fait froid et donc recommandé s'il vient en soutien au chauffage. Pendant les périodes chaudes, par contre, les rendements sont similaires. Il faut noter que le capteur tubulaire est aussi plus cher que le capteur plan. La figure qui suit en donne une illustration.



Fig. 3. Capteurs tubulaires

2.4 FLUIDE CALOPORTEUR

Le fluide caloporteur transporte la chaleur du champ du capteur vers le système d'eau chaude. Suivant le type d'installation, le fluide caloporteur est l'eau ou le mélange eau-glycol. Les mélanges contenant du glycol présentent l'avantage de ne pas geler. D'autres systèmes vidangent le champ du capteur lorsqu'il y a un risque de gel.

2.5 TRANSPORTEUR DE CHALEUR

C'est le rôle du **circuit primaire**. Étanche et calorifugé, il contient de l'eau. Ce liquide s'échauffe en passant dans les tubes du capteur, et se dirige vers un ballon de stockage.

2.6 LE BALLON : LIEU DE STOCKAGE DE L'ENERGIE

Le réservoir ou **ballon de stockage** contient une quantité d'eau suffisante au confort du ménage (1 à 2 fois la consommation journalière du ménage). Le serpentin échangeur de chaleur est toujours placé dans le bas du réservoir. L'eau sanitaire qu'il chauffe migre naturellement vers le haut du ballon. Afin d'optimiser ce processus et permettre une bonne stratification, il est essentiel que le ballon soit placé verticalement. Il doit également être très bien isolé, afin de conserver au mieux les calories (quantité de chaleur) captées. Une isolation renforcée d'au moins 7 cm est conseillée.

Le ballon est en acier émaillé ou en acier inoxydable.

- Un ballon en acier émaillé (double émaillage) étant sujet à corrosion, il est équipé d'un dispositif de protection qui permet d'éviter la corrosion. Ce dispositif doit être contrôlé chaque année.
- Un ballon en acier inoxydable (inox 316 titane) ne nécessite aucun entretien mais coûte environ deux fois plus cher qu'un ballon en acier émaillé.

Le réservoir est idéalement placé à proximité du capteur ou à proximité du chauffage d'appoint. L'installateur estimera la localisation qui nécessitera le moins de travaux et le moins de pertes de chaleur. En effet, au plus la distance entre le capteur et le ballon de stockage est grande, au plus il y aura des pertes de chaleur. Cette perte sera fortement réduite par une bonne isolation des tuyaux.

2.6.1 TYPES DE BALLON DE STOCKAGE

2.6.1.1 STOCKAGE AVEC ÉCHANGEUR: SYSTÈME À DEUX FLUIDES

Le fluide primaire 1 circule dans un échangeur placé à la base du réservoir R. Il transmet ainsi de la chaleur au fluide secondaire 2 par le biais de l'échangeur. En voici l'illustration.

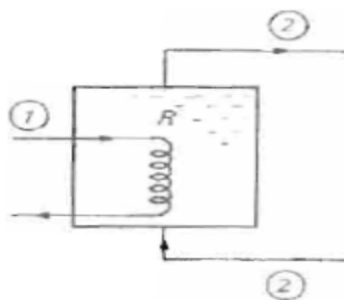


Fig. 4. Stockage avec échangeur

2.6.1.2 STOCKAGE SANS ÉCHANGEUR: SYSTÈME À UN FLUIDE

Pour cette disposition le fluide récupère la chaleur de lui-même du capteur. L'échange se fait donc par mélange.

L'inconvénient réside dans le fait que le fluide qui circule dans le capteur est continuellement renouvelé favorisant ainsi l'entartrage de l'absorbeur

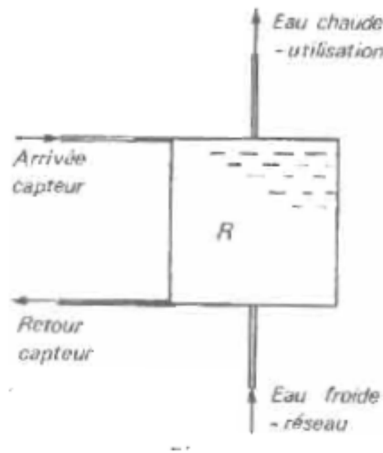


Fig. 5. Stockage sans échangeur

2.7 CIRCULATION DU LIQUIDE CALOPORTEUR

La circulation du liquide s'opère de deux façons : elle peut être **naturelle** ou **forcée** [2]

2.7.1 CIRCULATION NATURELLE (PAR THERMOSIPHON)

Le liquide caloporteur circule grâce à sa différence de densité avec l'eau du ballon. Tant qu'il est plus chaud, donc moins dense qu'elle, il s'élève naturellement par thermo-circulation.

Le ballon doit être placé plus haut que les capteurs, telle est la contrainte principale de ce système. Sur ce principe sont conçus les chauffe-eau solaires « en thermosiphon ».

2.7.1.1 FONCTIONNEMENT EN THERMOSIPHON MONOBLOC

Capteur et ballon sont groupés sur un même châssis rigide et placés à **l'extérieur**. Ce système simple est peu coûteux.

Ce chauffe-eau est compact et bien adapté à la pose sur supports inclinés, en toiture-terrasse. Il se prête moins bien à la fixation sur un toit en pente.

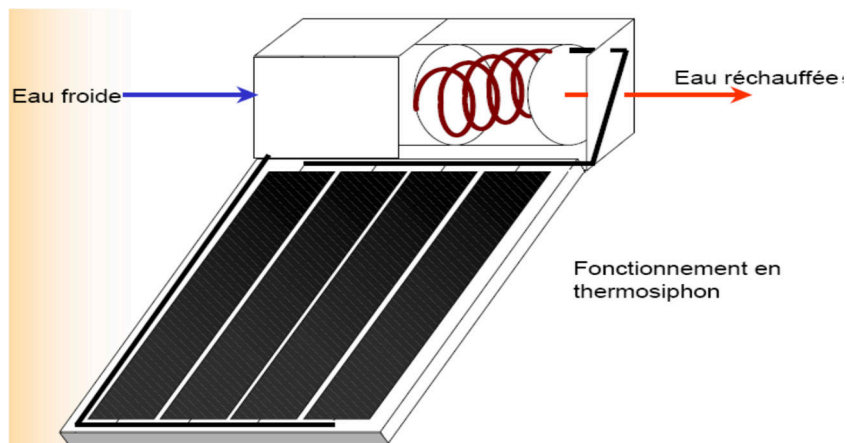


Fig. 6. Fonctionnement en thermosiphon monobloc

2.7.1.2 FONCTIONNEMENT EN THERMOSIPHON À ÉLÉMENTS SÉPARÉS

Le capteur et le ballon sont placés séparément.

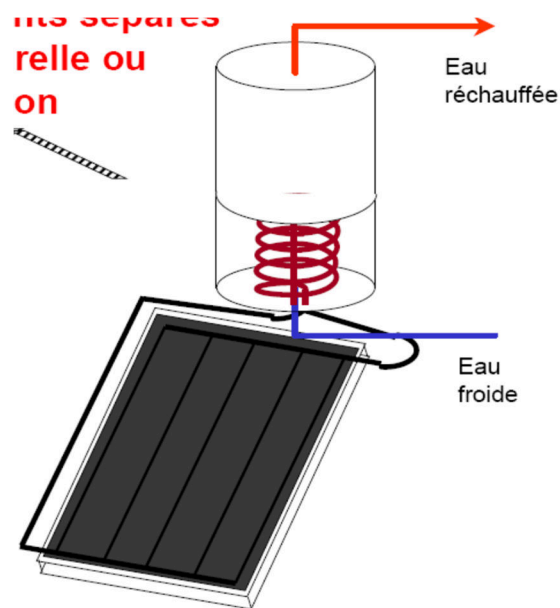


Fig. 7. Fonctionnement en thermosiphon à éléments séparés

2.7.2 CIRCULATION FORCEE (PAR POMPE)

Le capteur et le ballon sont placés séparément. Le ballon peut être placé plus bas que le capteur. Dans ce cas une petite pompe électrique (**circulateur**) assure la circulation de l'eau entre le capteur et le ballon, dès que la température du liquide caloporteur mesurée dans le capteur et supérieure de quelques degrés à la température du ballon. Son fonctionnement est commandé par un dispositif de **régulation** jouant sur les écarts de températures : si la sonde du ballon est plus chaude que celle du capteur, la régulation coupe le circulateur. Sinon, le circulateur est remis en route et le liquide primaire réchauffe l'eau sanitaire du ballon.

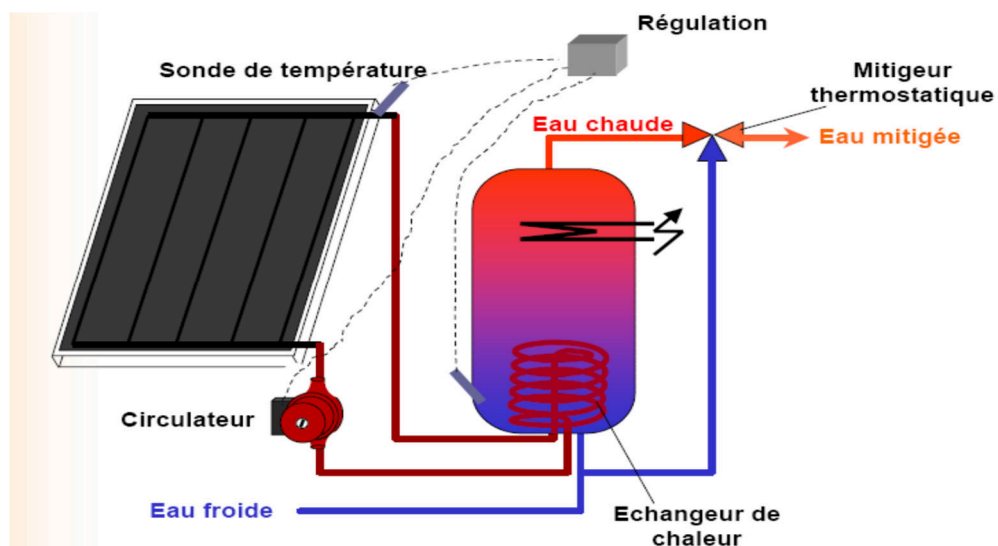


Fig. 8. Fonctionnement avec circulateur

2.7.2.1 LE CIRCULATEUR

Le circulateur possède un relais d'alimentation commandé par un signal électrique venant de la régulation.[3]

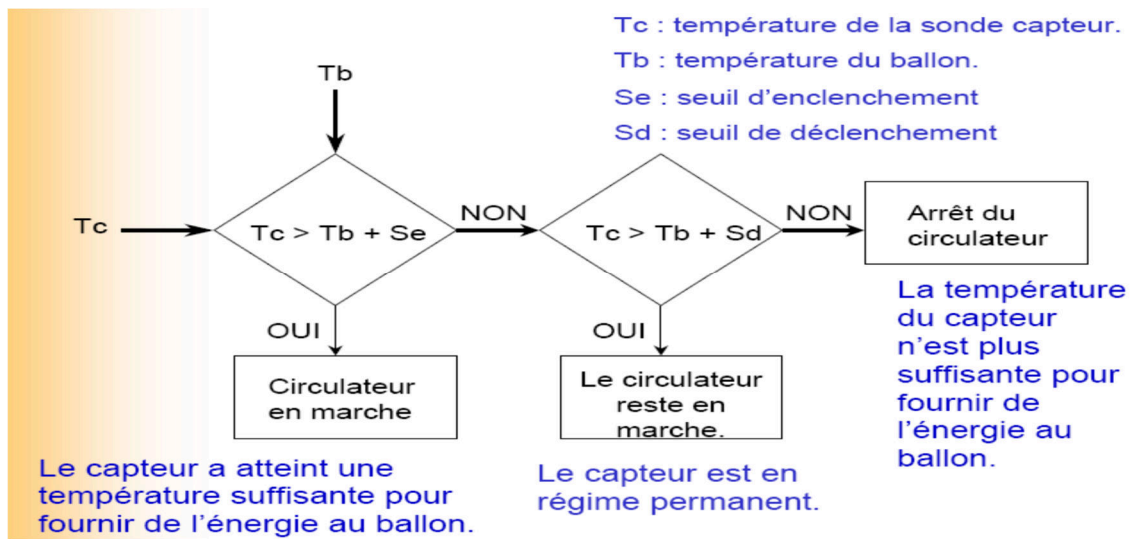
2.7.2.2 LA REGULATION

Elle permet de mesurer la température et d'assurer le fonctionnement de la régulation [4]

MESURE DE LA TEMPÉRATURE

- Une sonde placée dans un doigt de gant mesurant la température du fluide en sortie de capteur.
- Une sonde placée au niveau de l'échangeur du circuit mesurant la température de l'eau dans le ballon.

FONCTIONNEMENT DE LA RÉGULATION



2.7.3 AVANTAGES ET INCONVENIENTS DE DEUX SYSTEMES

Le tableau 2 donne les avantages et les inconvénients de deux systèmes

	Système thermosiphon		Système à circulation forcée
	Monobloc	Dissocié	
Fonctionnement	Simplicité Pas d'électricité	Simplicité Pas d'électricité	Plus de composants Ne fonctionne pas sans électricité
Isolation	Simplicité d'installation	Travaux de couverture Nécessite un espace sous toiture	Nécessite une dalle au sol Cuve facile d'accès
Intégration architecturale	Intégration peu esthétique	Intégration esthétique	Intégration esthétique
Coût	Faible	Moyen	Elevé
Maintenance	Vérification du groupe de sécurité Vérification de la propreté du vitrage		

Source : Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie, art.cit. p.27

2.8 SYSTEME D'APPOINT : GARANTIE D'UNE EAU CHAUDE EN TOUTE SAISON

Pour assurer le confort d'avoir de l'eau chaude à tout moment et en quantité suffisante, le CES s'accompagne d'un **système d'appoint**. En effet, si la durée d'ensoleillement est réduite, le chauffe-eau solaire préchauffe l'eau sans atteindre les 50°C attendus. C'est souvent le cas lors d'un faible ensoleillement ou en cas de grandes demandes d'eau chaude sanitaire. Le chauffe-eau solaire est alors complété par un système d'appoint qui fournit la chaleur supplémentaire nécessaire. Il peut

fonctionner avec tous les systèmes traditionnels de chauffage de l'eau, que leur source soit l'électricité, le gaz, le mazout ou même le bois [5].

2.8.1 CHAUDIÈRE AU GAZ (CLASSIQUE, HAUT RENDEMENT OU À CONDENSATION), AU MAZOUT OU AU BOIS

Avec une chaudière au gaz, au mazout ou au bois, deux solutions sont possibles :

- Remplacer l'ancien stockage d'eau de la chaudière par un réservoir alimenté en chaleur à la fois par le capteur solaire et la chaudière.

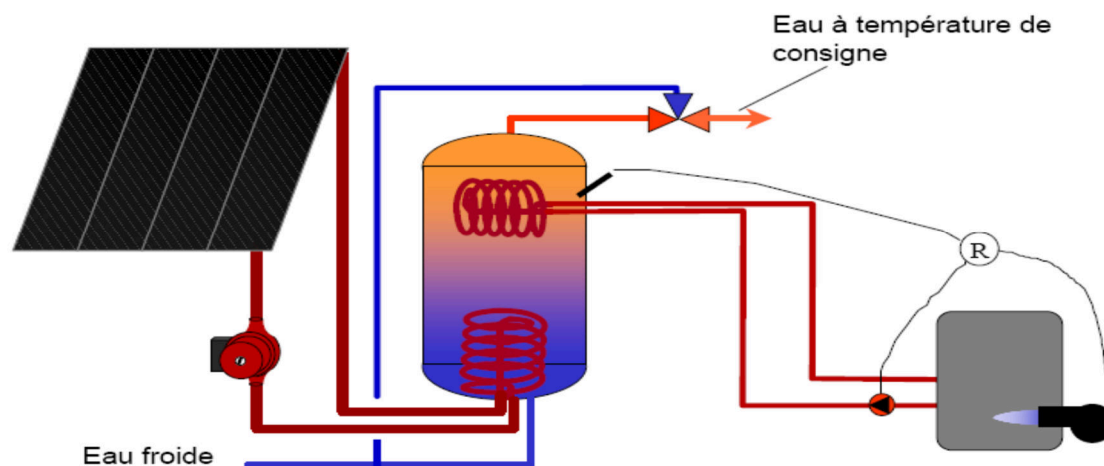


Fig. 9. Chauffe-eau solaire avec appoint intégré (chaudière) : réservoir alimenté en chaleur à la fois par le capteur solaire et la chaudière.

- Placer un réservoir solaire avant celui de la chaudière. L'eau chaude, préchauffée par le soleil, est alors portée à température voulue par la chaudière, uniquement si cela s'avère nécessaire.

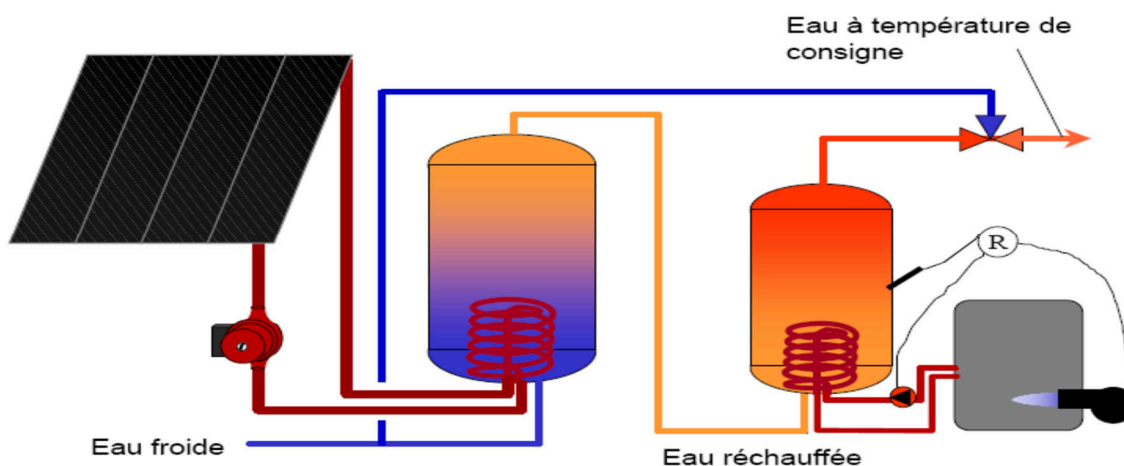


Fig. 10. Chauffe-eau solaire avec appoint intégré (chaudière) : réservoir solaire avant celui de la chaudière.

Généralement, sur le plan énergétique, la première solution est à privilégier.

2.8.2 SYSTÈME ÉLECTRIQUE

Il est également possible de fournir le surplus de chaleur à l'aide d'une résistance électrique placée dans la partie supérieure du ballon de stockage. Le système est régulé automatiquement c'est-à-dire qu'il enclenche la résistance uniquement dans le cas où l'eau n'a pas atteint la température souhaitée. Cette régulation est programmée par l'installateur pour convenir au mieux aux besoins des utilisateurs.

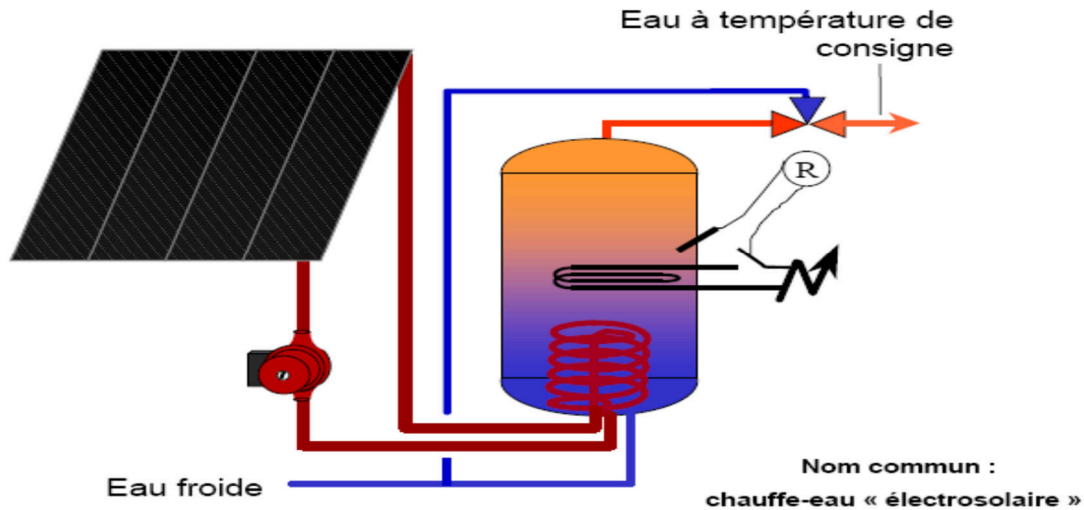


Fig. 11. Chauffe-eau solaire avec appoint intégré (électricité)

Notons que la mise en service de la résistance électrique ou tout autre système d'appoint doit être manuel car, ainsi, c'est l'utilisateur qui décide de son utilisation en fonction de ses besoins. Sa commande doit être temporisée afin de limiter sa durée de fonctionnement au strict minimum et la consommation d'électricité qui en résulte.

3 DIMENSIONNEMENT DU CHAUFFE-EAU SOLAIRE

Les vraies économies commencent avec un dimensionnement optimal de l'installation solaire.

Nous allons opter pour le dimensionnement par la circulation naturelle ou par thermosiphon.

Le dimensionnement dépend de plusieurs paramètres : les conditions climatiques et les besoins en eau chaude sanitaire :

- **Les conditions climatiques (l'ensoleillement de la région) :** la surface de capteurs nécessaire est liée au rayonnement solaire journalier, à la température de l'air extérieur et à la température de l'eau froide.
- **Les besoins en eau chaude sanitaire :** ils dépendent directement de la taille du logement et/ou du nombre d'habitants permanents.

3.1 ENSOLEILLEMENT DE LA TERRE [6]

Situé à environ 150 millions kilomètres de la terre, le soleil est une étoile de 750000 km de rayon (environ 1 300 000 fois plus gros que la terre) qui émet $3,85 \cdot 10^{26}$ W par seconde. Son rayonnement est un rayonnement électromagnétique assimilé à celui d'un corps noir à 5770 K. Il rayonne suivant des longueurs d'ondes principalement comprises entre 0,3 et 3 micromètre.

Ce rayonnement est composé d'infrarouges (46%), de la lumière visible (48%) et des ultra-violet (6%).



Fig. 12. Spectre d'émission du soleil

La Terre n'est pas toute ensoleillée de la même façon. Voici une carte présentant l'ensoleillement des différentes zones de la Terre :

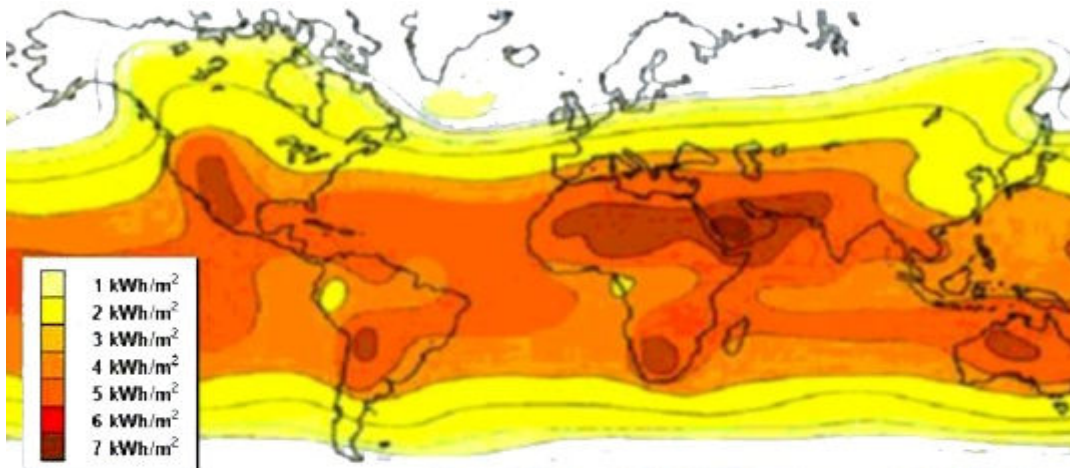


Fig. 13. Ensoleillement de différentes zones de la terre

On remarque que la République Démocratique du Congo a un ensoleillement moyen de 3 kWh/m². Cette information nous sera utile ultérieurement.

3.2 EMPLACEMENT DE CAPTEURS SOLAIRES

Étant donné que les capteurs solaires utilisent le soleil comme source d'énergie, il est très important de choisir un site d'installation et un angle adéquats pour optimiser l'exposition au rayonnement solaire(7).

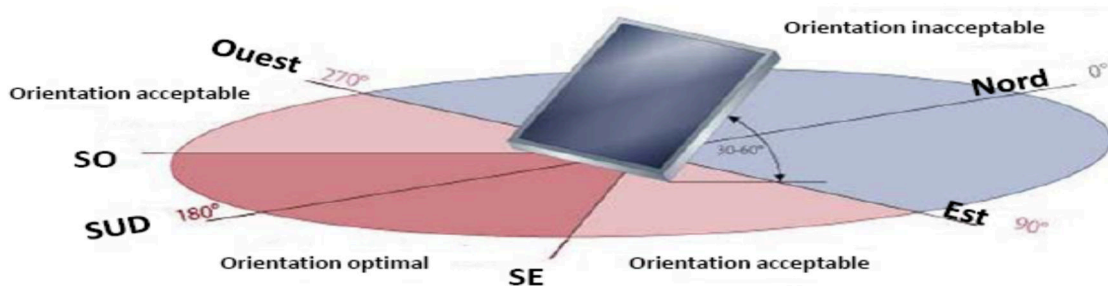


Fig. 14. L'orientation et l'angle optimale pour un capteur solaire

3.3 CALCUL DES BESOINS

Le calcul des besoins se fait sur base de deux variables : les variables influençant la consommation et les besoins des habitants.

3.3.1 VARIABLES QUI INFLUENT SUR LA CONSOMMATION

Les besoins individuels en eau chaude sanitaire sont rattachés aux éléments suivants :

- La nature de l'utilisation qui correspond au type de local (habitation, hôtel, bureau ou hôpital);
- Le genre de vie des utilisateurs qui tient compte du pays, de coutumes, de la région, du climat et du niveau de vie;
- L'équipement sanitaire thermique ;
- La saison : selon qu'on soit en période de froid ou non.

3.3.2 BESOINS EN FONCTION DES HABITANTS(8)

La consommation en litre par jour et par personne d'eau chaude sanitaire est donnée dans le tableau ci-dessous :

Tableau 2. Besoins journalier par personne en l/j

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

Source : Paul DEMBAA, « Plomberie et installations des tuyauteries industrielles », notes de cours, Ecole Supérieure Polytechnique, Centre de Thiès, inédit, 2007.

Pour une construction habitée où l'on connaît le nombre d'habitants, les besoins s'obtiennent en faisant le produit du nombre d'habitants par la valeur de la consommation pour le niveau de confort désiré. Pour une construction nouvelle, on utilise la valeur moyenne du taux d'occupation normal qui est d'environ 1,5 personne par pièce.

3.3.3 BESOINS JOURNALIERS D'UNE HABITATION EN KWH

Dans le cadre de notre travail nous allons faire le calcul des besoins en fonction d'une habitation de 13 personnes ; pour un besoin d'eau chaude sanitaire à la température de 35 °C destinée exclusivement au lavage corporel.

Chaque occupant devra pouvoir se laver deux fois par jour.

Nous adoptons une consommation de 20 l/j. Le besoin journalier d'une habitation sera : $V = Nh \times Cons$ [1]

Avec :

V : le volume. Représente les besoins en l/j ;

Nh : nombre d'habitants,

Cons : Consommation (l/j) par personne.

$$V = 13 \times 20 = 260 \text{ l/j}$$

En en tenant compte d'une marge de 10%, on aura :

$$V = 286 \text{ l/j}$$

Les besoins en eau chaude sanitaire peuvent être exprimés en termes de puissance. La relation suivante permet de passer des besoins en litre par jour (l/j) à ceux en kWh/j:

$$C = Cs \times V \times (Tc - Tf) \text{ [2]}$$

Avec:

La puissance C qui représente les besoins en kwh/j ;

La chaleur spécifique de l'eau $Cs = 1,16 \text{ kwh/m}^3/\text{°C} = 0,00116 \text{ kwh/l/°C}$

La température de l'eau froide Tf en oc;

La température de l'eau chaude Tc en °C.

On peut estimer la température moyenne annuelle d'eau froide à la température annuelle moyenne de l'air. $Tc = 10 \text{ °C}$

$$C = 0,00116 \times 286 \times (35 - 10)$$

$$C = 8,294 \text{ kWh/j}$$

3.4 DIMENSIONNEMENT DU CAPTEUR

Selon Thierry Cabiro et ses collègues, le dimensionnement du capteur se fait en fonction de l'absorbeur, du serpentin, de l'isolateur, de la coque [9].

3.4.1 L'ABSORBEUR

La détermination de la surface de l'absorbeur et le facteur le plus important dans la conception du capteur. Cette aire de captation est donnée par la relation suivante :

$$A = \frac{1}{\eta_s} \times \frac{f \times C}{E} \quad [3]$$

Avec :

la surface A en m² ;

le rendement souhaité η_s du système. Dans notre système, le rendement souhaité est

$\eta_s = 85\%$;

la fraction f des besoin couvert pendant la période la plus défavorisée en %. On peut évaluer cette fraction à 60% ;

le besoin C en kWh/j ;

L'ensoleillement E en kWh/m².j (on utilisera sa valeur maximale *E max* pour un système avec appoint et sa valeur minimale *E min* pour un système 100% solaire).

$$A = \frac{1}{0,85} \times \frac{0,6 \times 8,294}{3}$$

$$A = 1,95 \text{ m}^2$$

MATÉRIAUX POUR L'ABSORBEUR

L'absorbeur sera en tôle galvanisée peinte en noire mate.

3.4.2 LE SERPENTIN

Le dimensionnement de l'échangeur consiste en la détermination de son diamètre D car sa longueur est tributaire des dimensions de l'absorbeur.

Ce diamètre est donné par la relation :

$$D = \sqrt{\frac{4Q^B}{\rho\pi U}} \quad [4]$$

Où :

Q^B désigne le débit de base de l'appareil desservi (il est donné dans les abaque pour la norme française et la norme REEF, dans ce qui suit nous considérerons que l'appareillage se résume en un robinet de puisage et nous utiliserons: la norme REEF) ;

U la vitesse de circulation du fluide caloporteur ici l'eau (choisi entre 0,5 et 2 m/s). On adopte une valeur de U = 0,7 m/s ;
 ρ sa masse volumique.

Cependant, il conviendra de vérifier la pression résiduelle Pr, au point d'utilisation.

Le fluide caloporteur est de l'eau et on utilise la norme REEF, donc on a :

$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$; $Q^B = Q_{brute} = 0,05 \text{ l/s}$.

$$D = \sqrt{\frac{4 \times 0,05 \times 10^{-3}}{1000 \times 3,14 \times 0,7}}$$

$$D = 4,22 \text{ mm}$$

MATÉRIAUX POUR LE SERPENTIN

Le serpentín sera en cuivre à cause de ses bonnes propriétés thermiques et que le cuivre résiste bien à la corrosion.

3.4.3 L'ISOLATION

Pour ce calcul, nous admettons une baisse de température de l'air ($\rho = 0,998 \text{ kg/m}^3$ et $C_p = 1009 \text{ J/kg.K}$ à 350K) confiné entre l'absorbeur et le vitrage, et que son volume est de $0,2 \text{ m}^3$.

L'isolant utilisé est le polystyrène ($\lambda = 0,029 \text{ W/m.}^\circ\text{C}$).

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

$$\phi = \frac{\lambda}{e} \times (T_1 - T_2) \quad [5]$$

Avec :

e est l'épaisseur de l'isolant ;

T_1 est la température du côté du vitrage ;

T_2 est la température du côté opposé au vitrage,

On prendra $T_1 = 90^\circ\text{C}$ et $T_2 = 25^\circ\text{C}$.

Les pertes sont généralement de l'ordre de 100 à 200 W/m^2 . Nous prendrons de perte. De l'ordre 150 W/m^2 .

Ce qui nous permettra d'avoir l'épaisseur.

$$e = \frac{0,029}{150} \times (90 - 25)$$

$$e = 12,57 \text{ mm}$$

MATÉRIAUX POUR L'ISOLATION

Le capteur et le réservoir doivent être bien calorifugés pour un rendement optimal. Et donc, un choix judicieux s'impose.

A cause de sa disponibilité et de ses caractéristiques adéquates, nous choisissons le polystyrène expansé thermocomprimé.

En Remarque, nous choisissons de renforcer l'isolation du bas avec une feuille d'aluminium.

Elle sera disposée entre le polystyrène et l'absorbeur en veillant à ce que ce dernier ne soit pas en contact avec elle.

Sa contribution dans l'isolation réside dans le fait qu'elle réfléchit le rayonnement infrarouge de l'absorbeur.

3.4.4 LA COQUE

Elle est de construction assez simple. C'est une boîte généralement en bois avec un fond et quatre cotés.

L'épaisseur dépend de la taille du capteur.

MATIÈRE DE LA COQUE

Il maintient rigide l'ensemble. Les matériaux possibles pour son élaboration sont :

- Tôle noire ordinaire : bon marché, mais facilite les pertes thermiques et nécessite un matériel lourd (plieuse. poste de soudure, ...)
- Bois : bon marché, mais durée de vie relativement faible.
- Plastique: fibre de verre et résine. Sure et pas très chère, ne nécessite aucun matériel particulier, demande beaucoup de soins, mais de plus en plus utilisé

Dans notre cas nous choisissons d'utiliser le bois car plus accessible sur le marché.

3.4.5 LE VITRAGE

Le couvercle transparent est placé devant l'absorbeur pour deux raisons :

- L'isolation : il évite à l'absorbeur d'être atteint par l'air extérieur et ainsi lui permet de bien s'échauffer.
- L'effet de serre : en permettant au rayonnement solaire de passer et en retenant les émissions, de l'absorbeur.

L'espace optimal qu'il faut laisser entre la vitre et l'absorbeur est de 28 mm (en pratique 25 à 40 mm).

La surface du vitrage est fonction de celle de l'absorbeur.

Le matériau qui convient le mieux est le verre, il est une vitre ordinaire le plus blanc et doit avoir 4mm d'épaisseur.

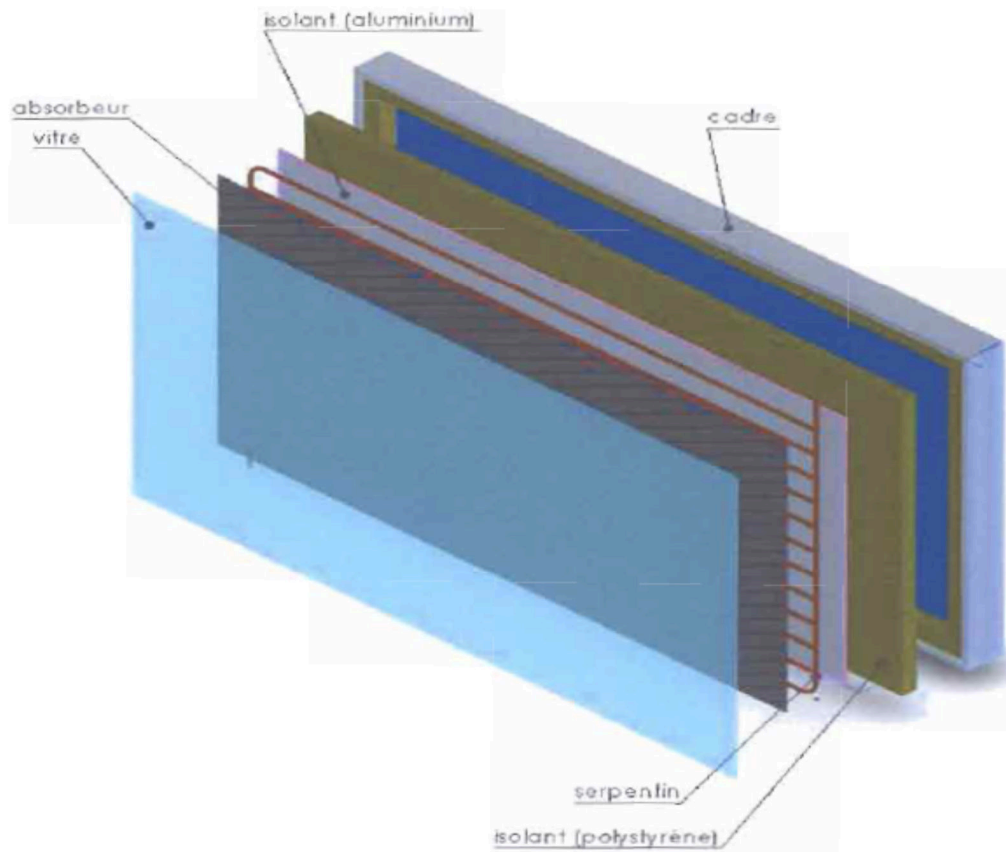


Fig. 15. Vue éclatée du capteur

3.5 DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR [10]

3.5.1 L'ENVELOPPE INTÉRIEURE

Le volume de stockage V_s , en litre est donné par la relation:

$$V_s = 350 \times E \times \frac{A}{T_s - T_f} \quad [6]$$

En adoptant la forme cylindrique pour le réservoir. Ainsi, nous allons fixer la longueur L (en mètre) du réservoir afin de déterminer son rayon intérieur r_i (en mètre).

Le réservoir étant cylindrique V_s sera :

$$V_s = 0,001 \times \pi \times r_i^2 \times L \quad [7]$$

$$r_i = \sqrt{\frac{V_s}{0,001 \times \pi \times L}}$$

On choisi $L = 1\text{m}$

3.5.2 MATÉRIAUX POUR LE RÉSERVOIR

Il sera fabriqué en acier inoxydable pour éviter sa corrosion.

On peut aussi utiliser une tôle galvanisée. Dans ce cas, l'enveloppe intérieure sera revêtue d'une couche d'anti-rouille pour une meilleure protection.

3.5.3 ISOLATION

Cette partie concerne la détermination de l'épaisseur de l'isolation. Pour cela, nous avons besoin de déterminer le flux de chaleur à travers celle-ci.

L'essentiel des pertes thermiques se résume aux pertes nocturnes que nous aurons à déterminer. Ainsi, nous allons déterminer ces pertes en premier lieu.

3.5.3.1 LES PERTES NOCTURNES

HYPOTHÈSE DE CALCUL :

- Température T_i dans le réservoir à 18 heures est $T_i=55^\circ\text{C}$
- Température T_i' dans le réservoir à 08 heures est $T_i=50^\circ\text{C}$
- Température T_e sur la paroi extérieure du réservoir est $T_e=20^\circ\text{C}$
- Masse d'eau M dans le réservoir $M=280\text{kg}$

CALCUL DE Q

$$q = MC\Delta T \text{ [8]}$$

Avec :

M : masse d'eau ;

C : chaleur massique de l'eau ;

ΔT : variation de température entre 18h00 et 08h00.

$$q = 280 \times 4180 \times 5$$

$$q = 5852000 \text{ J}$$

CALCUL DE L'ÉPAISSEUR E DE L'ISOLANT

La quantité de chaleur à travers l'isolation est donnée par la relation :

$$q = \frac{2\pi \times \lambda \times L \times (T_i - T_e)}{\log(r_o/r_i)} \text{ [9]}$$

Posons : $r_o = r_i + e$

L'équation devient :

$$q = \frac{2\pi \times \lambda \times L \times (T_i - T_e)}{\log(1 + \frac{e}{r_i})}$$

$$\text{D'où : } e = r_i \left(\exp\left(\frac{2\pi \times \lambda \times L \times (T_i - T_e)}{q}\right) - 1 \right)$$

L'isolant est le polystyrène expansé thermocomprimé ($\lambda = 0,029 \text{ W/m}^\circ\text{C}$).

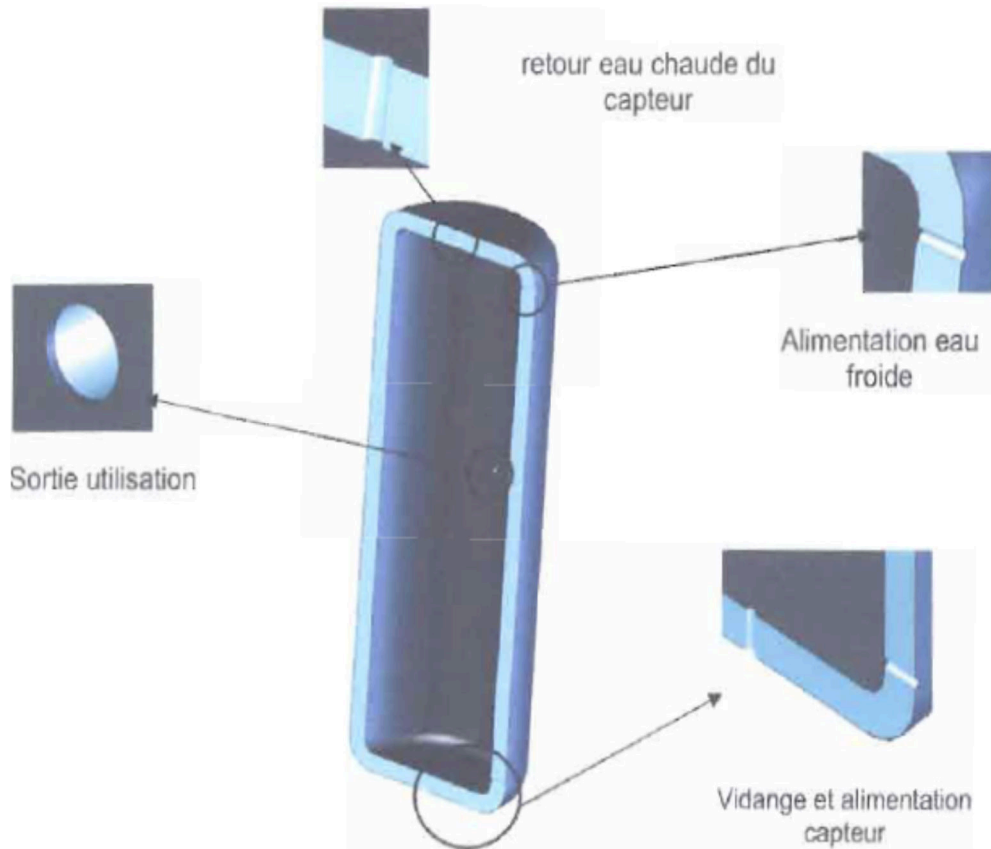
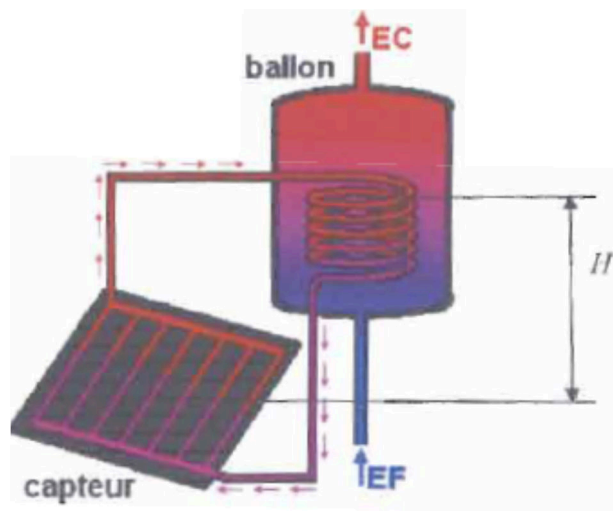


Fig. 16. Vue éclatée du réservoir

3.6 CALCUL DE LA DISANCE ENRE LE RESERVOIR ET LE CAPTEUR [11]



Le mouvement du fluide est caractérisé par la relation suivante :

$$H \times g \times (\rho_f - \rho_c) = \frac{f \times U^2}{2} \times \rho_m \quad [10]$$

Avec :

H distance (en mètre) entre les deux plans médians horizontaux du réservoir et du capteur, On a l'effet thermosiphon dès que H = 300 mm.

g accélération de la pesanteur en m/s^2

ρ_f masse volumique de l'eau froide en kg/m^3

ρ_c , masse volumique de l'eau chaude en kg/m^3

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

J coefficient global de pertes de charge dans la conduite de circulation

U vitesse d'écoulement du fluide donnée par la formule

$$U^2 = \frac{2}{J} \times H \times \Delta T \quad [11]$$

ΔT différence de température entre le fluide chaud et le fluide froid

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

4 CONCLUSION

Le taux d'accès à l'électricité est très faible, en Afrique. Il est par exemple de 7,1% en République Démocratique du Congo. Le gaz est peu fourni et rarement utilisé. La protection de l'environnement impose une discipline et une rigueur dans l'utilisation de bois de chauffe et de charbon. Ce sont autant des difficultés devant lesquelles plusieurs ménages se heurtent quand il s'agit d'avoir une eau chaude sanitaire.

La présente étude a prétention de suggérer une possibilité d'obtention d'eau chaude sanitaire par un moyen : le recours aux chauffe-eau solaires. Mais pour atteindre les résultats escomptés, le chauffe-eau solaire doit être préalablement dimensionné.

Les conditions et les préalables au dimensionnement d'un chauffe-eau solaire constituent l'essentiel de cette réflexion.

Nous espérons que cette étude pourra aider bien de ménages à dimensionner eux-mêmes leurs chauffe-eaux solaires et partants, au bien-être auquel tout le monde aspire.

REFERENCES

- [1] Institut Bruxellois de Gestion, *Chauffe-eau solaire*, Etudes, Bruxelles, 2009, p.23
- [2] Bruno FLECHE, *Energies renouvelables : solaire thermique*, Paris, Coloniers, 2012, p 19
- [3] Anonyme, « Le chauffe-eau solaire »[en ligne] :<http://www.efficacitend.ca/apprentissage>(le 14/04/2018)
- [4] Idem
- [5] Bruno FLECHE, *op.cit.*, p.57
- [6] Albert PELISSOU et Daniel ROUX, *L'Isolateur, plan à effet de serre et chauffe-eau solaire*, Aix-en-Provence, Ed. Sud, 1978, p.87
- [7] Suisse Energie, *Dimensionnement d'installations à capteurs solaires*, Genève, Office Fédéral de l'Energie, 2001, p. 66
- [8] Paul DEMBA, *Plomberie et Installation de tuyauteries industrielles*, notes photocopiées de cours, Ecole Supérieure Polytechnique, Centre de Thiès, 2007, inédit.
- [9] Alioune DIOP, *Conception et réalisation d'un chauffe-eau solaire*, Projet de fin d'études, Ecole Supérieure Polytechnique, Centre de Thiès, 2006-2007, inédit.
- [10] Idem
- [11] Ibidem