

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République algérienne démocratique et populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

المركز الجامعي عين تموشنت

Centre Universitaire Belhadj Bouchaib d'Ain-Temouchent

Département de Génie Electrique



Mémoire pour l'Obtention du diplôme de Master

Filière : Electromécanique

Spécialité : Electromécanique

### Thème

*Conception du système électrique du chauffe-eau solaire à circulation forcée*

Présenté Par :

BEN HADDOU Kaltoum mastoura

Devant le jury composé de :

Mr AISSOU Massinissa

Mr OUDAD Walid

Dr NEHARI Driss

MCA CUBBAT (Ain T'émouchent) Président

PROF CUBBAT (Ain T'émouchent) Examineur

MAB CUBBAT (Ain Témouchent) Encadreur

Année universitaire 2019/2020

## REMERCIEMENT

*On remercie tout d'abord Dieu le tout puissant qui nous a éclairé le bon chemin et donné la patience et le courage durant ces longues années d'étude.*

*Nos vifs remerciements :*

*A Nos parents pour leurs contributions, leurs soutiens et leurs patiences.*

*A notre encadreur Professeur NEHARI Driss pour ses précieux conseils et son orientation ficelée tout au long de notre parcours du projet de fin d'étude.*

*Aux responsables et aux enseignants du département Génie électrique qui par leur compréhension et leur aide, on a pu accomplir notre travail.*

*A nos familles et nos amis qui par leurs prières et leurs encouragements, on a pu surmonter tous les obstacles.*

*Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.*

*Merci à tous et à toutes.*



**DEDICACE**

*Je dédie ce travail*

*A mes très chers parents*

*A mes frères.*

*A toute ma famille.*

*A tous mes amis*

*A tous qui se donnent à fond à la recherche scientifique.*

*Ben haddou kaltoum mastoura*

## RESUME

Dans le cadre de ce travail on s'est proposé de faire l'étude énergétique et la mise en installation d'un chauffe-eau solaire à circulation forcée. L'investigation énergétique nous permettra de gérer ce type d'installation sans recourir aux énergies fossiles et à l'approvisionnement à partir des réseaux électriques ou autres. Ceci est réalisé en utilisant le code TRNSYS, celui-ci nous a permis aussi d'optimiser les moyens énergétiques disponibles sur site.

Après une étude bibliographique sur le sujet, on a procédé à la modélisation énergétique du chauffe-eau solaire à circulation forcée qui requiert l'action d'une pompe électrique pour la circulation du fluide, ensuite on a réalisé l'étude thermique. L'intérêt de ce travail réside ; de manière générale, dans sa contribution à la production d'eau chaude de qualité avec un coût réduit. Les résultats obtenus sont satisfaisants et ne constituent qu'une partie d'un vaste domaine.

Mots clés : chauffe-eau solaire à circulation forcée, Système Régulateur, TRNSYS.

## الملخص

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

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

الكلمات الرئيسية: سخان المياه بالطاقة الشمسية القسري، «Système Régulateur ، TRNSYS».

## SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENT.....</b>	<b>I</b>
<b>DEDICACE.....</b>	<b>II</b>
<b>RESUME.....</b>	<b>III</b>
المخلص .....	IV
<b>SOMMAIRE.....</b>	<b>V</b>
<b>Liste des figures.....</b>	<b>IX</b>
<b>La table des abréviations.....</b>	<b>XI</b>
<b>INTRODUCTION GENERALE.....</b>	<b>1</b>
<b>CHAPITRE I :LES CHAUFFE-EAU SOLAIRE à Circulation Forcée.....</b>	<b>2</b>
<b>1.Introduction.....</b>	<b>3</b>
<b>2. QU'est qu'un système a circulation forcée et comment fonctionne-t-il ?.....</b>	<b>3</b>
<b>3. Un dispositif efficace.....</b>	<b>3</b>
<b>4. Les différentes installations de chauffe-eau solaire à circulation forcée.....</b>	<b>4</b>
<b>5. Les composants d'un chauffe-eau solaire.....</b>	<b>4</b>
5.1.La cuve de stockage.....	4
5.2 .tuyauterie .....	5
5.3. Les échangeurs de chaleur.....	5
5.4. L'appoint.....	6
5.5. Le clapet anti-retour.....	6
<b>6. Types de chauffe-eau-solaire.....</b>	<b>6</b>
<b>6.1.Le chauffe-eau à pompe électrique.....</b>	<b>6</b>
<b>6.2.Le chauffe-eau à thermosiphon.....</b>	<b>7</b>
<b>6.3.Le chauffe-eau monobloc.....</b>	<b>7</b>
6.4.CESI à circulation forcée.....	8
<b>7.Comparaison entre les deux types de CES .....</b>	<b>9</b>
7.1. Prix du chauffe-eau solaire : avantage pour le thermosiphon.....	9
7.2. Installation du chauffe-eau solaire : avantage pour le thermosiphon.....	9
7.3. Durée de vie d'un chauffe-eau solaire : avantage pour le thermosiphon.....	9

7.4. Flexibilité d’installation : avantage pour la circulation forcée .....	9
7.5. Utilisation : avantage pour un CES à circulation forcée.....	9
7.6. Performance : avantage pour la circulation forcée.....	9
<b>8. Chauffe-eau solaires hybrides (photovoltaïques / thermique).....</b>	<b>9</b>
<b>9. Chauffe-eau solaire thermique utilisé dans notre cas.....</b>	<b>10</b>
<b>10. comparaison entre les chauffe-eau solaire et électrique.....</b>	<b>11</b>
<b>11. Kits solaires à circulation forcée.....</b>	<b>11</b>
11.1. caractéristiques principales.....	12
11.2. Kits solaires à circulation forcée type VS-BL1 (sans possibilité de couplage avec chaudière ou autre).....	12
11.3. Kits solaires à circulation forcée type VS-BL2 (avec possibilité de couplage avec chaudière ou autre).....	13
<b>12. capteurs solaires .....</b>	<b>13</b>
<b>13. Types des captures solaires.....</b>	<b>13</b>
13.1. Caractéristiques Techniques.....	13
<b>14. Le ballon Stockage.....</b>	<b>14</b>
14.1. types.....	14
14.2. Caractéristiques Techniques.....	15
<b>15. Raccordement Hydraulique Réservoir – Capteur .....</b>	<b>15</b>
<b>16. Circuit Hydraulique.....</b>	<b>15</b>
16.1. Caractéristiques hydrauliques.....	16
<b>17. Description du régulateur.....</b>	<b>16</b>
<b>18. Connexions électriques .....</b>	<b>16</b>
18.1. thermostat différentiel .....	16
18.2.1. fonctionnement.....	16
18.2.2. Caractéristiques techniques du thermostat.....	17
18.3. Le vase d’expansion.....	17
18.4. mitigeur thermostat.....	17
<b>19. Description des parties de la résistance électrique et du thermostat.....</b>	<b>18</b>
<b>20. La résistance électrique.....</b>	<b>18</b>
20.1. Caractéristiques techniques de la résistance.....	19

20.2. Le thermostat .....	19
<b>21. Branchement du circuit électrique.....</b>	<b>19</b>
21.1. Connexion de la résistance avec le thermostat.....	19
<b>22. Conclusion.....</b>	<b>19</b>
<b>CHAPITRE II: Système Régulateur.....</b>	<b>20</b>
<b>1.Introduction.....</b>	<b>21</b>
<b>2.Installation du régulateur.....</b>	<b>21</b>
2.1.Montage mural.....	21
<b>3.Fonctions de régulation.....</b>	<b>22</b>
<b>4.Différents types de régulateur.....</b>	<b>22</b>
<b>5. La régulation du système.....</b>	<b>23</b>
5.1.avantages.....	23
<b>6 .Influence de régulation.....</b>	<b>24</b>
<b>7.Régulateur de température différentielle .....</b>	<b>24</b>
7.1.Fonction.....	24
7.2.Caractéristiques techniques.....	24
<b>8.Régulateur du chauffage pour circuit de chauffe mélangeur et régulation différentielle de température.....</b>	<b>25</b>
8.1.Utilisation.....	25
<b>9.Régulation des pompes.....</b>	<b>25</b>
<b>10.Fonctions spécifiques aux pompes.....</b>	<b>26</b>
<b>11.Systèmes de contrôle et protection pour une pompe.....</b>	<b>26</b>
<b>12.Le chauffe-eau solaire avec pompe et régulation.....</b>	<b>26</b>
<b>13.Le régulateur solaire de charge et de contrôle .....</b>	<b>27</b>
13.1.Compensation de la température.....	27
<b>14.Contrôleur électronique de régulation solaire.....</b>	<b>27</b>
14.1.Description Générale.....	27
14.2.Avantages et particularités.....	27
<b>15.Régulation de chauffage par pièce et activation de la structure du bâtiment.....</b>	<b>28</b>
15.1.avantages.....	29
<b>16.Conclusion.....</b>	<b>29</b>

<b>CHAPITRE III :MODELISATION THERMIQUE.....</b>	<b>30</b>
<b>1.Introduction.....</b>	<b>31</b>
<b>2. Description du logiciel.....</b>	<b>31</b>
<b>3. Applications.....</b>	<b>31</b>
<b>4. Présentation du modèle de l'installation à étudié .....</b>	<b>31</b>
<b>5 .Résultat et discussion .....</b>	<b>32</b>
5 .1.Les conditions météorologiques d'ain Temouchent.....	32
5.2.Etude de l'évolution de la température de chauffe eau solaire a circulation forcée	
<b>6.Définition et paramètre.....</b>	<b>34</b>
<b>7. Avantages du logiciel.....</b>	<b>35</b>
<b>8. Inconvénients.....</b>	<b>35</b>
<b>9. Déroulement de la simulation.....</b>	<b>36</b>
<b>Conclusion générale.....</b>	<b>39</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>41</b>
<b>LISTE DES</b>	
<b>TABLEAUX.....</b>	<b>44</b>

## Liste des figures

Figure 1 : chauffe eau solaire a circulation forcée avec appoint.....	3
Figure 2 : Chauffe-eau solaire a circulation forcée.....	4
Figure 3 : La cuve de stockage avec échangeur.....	5
Figure 4 : Type d'échangeurs.....	5
Figure 5 : Clapet anti-retour.....	6
Figure 6 : Le chauffe-eau à pompe électrique.....	7
Figure7 : Installation à thermosiphon.....	7
Figure8: Le chauffe-eau solaire monobloc.....	8
Figure9 : Installation à circulation forcé.....	8
Figure 10: Chauffe-eau solaires hybride.....	10
Figure 11 : Le chauffe-eau solaire a circulation forcé.....	10
Figure 12: ballon stockage.....	14
Figure13 : thermostat.....	16
Figure 14: vase d'expansion.....	17
Figure15: Résistance électrique vue de face.....	18
Figure16 : la résistance électrique.....	18
Figure 17 : Branchement de la résistance électrique.....	19
Figure 18 : Câble 3G2.5 mm <sup>2</sup> Bleu- Marron V/J.....	19
Figure19 : Régulation.....	21
Figure 20 : Boitier .....	22
Figure21: PWM.....	23
Figure 22: MPTT .....	23
Figure 23: régulation« Master » (EB6000) et «Slave » (EB 1000).....	23
Figure 24: Régulateur de température différentielle.....	24
Figure 25: circuit de chauffe mélangeur et régulation différentielle de température.....	25
Figure 26: Régulation différentiel de la pompe.....	25

Figure 27: Pompes équipées de moteur à variateur intégré en fonctionnement maître-esclave.....	26
Figure28: chauffe-eau solaire avec pompe et régulation.....	27
Figure 29 système Controller .....	28
Figure 30: Régulation de chauffage par la structure du bâtiment.....	28
Figure 31: la boucle de simulation par le logiciel TRNSYS.....	32
Figure32: la variation de la température et taux d'humidité.....	32
Figure33 :Evolution des différentes températures.....	33
Figure34 :Evolution des différentes températures du fluide caloporteur.....	34
Figure35: Evolution de la température du ballon de stockage thermique.....	34

## La table des abréviations

<b>ECS</b> .....	Eau chaude sanitaire
<b>CESI</b> .....	Chauffe- Eau Solaire Individuel.
<b>Pt1000</b> .....	Sonde de température.
<b>PE</b> .....	Le fil de protection (protection électrique).
<b>IP</b> .....	Code de protection.
<b>LCD</b> .....	langage de contrôle de données.
<b>PAC</b> .....	politique agricole commune
<b>T</b> .....	Température
<b>m<sup>2</sup></b> .....	Surface d'échange
<b>kW</b> .....	Puissance.

# *INTRODUCTION GENERALE*

# INTRODUCTION GENERAL

---

## INTRODUCTION GENERALE

Actuellement, l'un de défis majeurs mondiaux est la maîtrise de l'énergie du fait que l'énergie pétrolière qui se trouve être la plus utilisée, devient de plus en plus chère et tend à se raréfier. Par suite, l'utilisation d'un chauffe-eau solaire a circulation forcée nous paraît très intéressante pour réduire la facture énergétique au niveau besoins résidentiels. L'investigation énergétique nous permettra de gérer ce type d'installation sans recourir aux énergies fossiles et à l'approvisionnement à partir des réseaux électriques ou autres.

Le chauffe-eau solaire a circulation forcée est manifestement aujourd'hui « l'outil solaire » le plus développé dans le monde entier. Les chauffe-eau solaire a circulation forcée existent en effet par millions dans le monde, et rares sont les pays où ils sont totalement inconnus,

Dans les pays industrialisés, cette application solaire a connu un développement très important. L'industrie développée a permis la construction de chauffe-eau solaires a circulation forcée très performants avec des coûts de fabrication et d'installation au porté du citoyen.

L'objectif de notre projet est de réussir à mettre en place ce système, et afin de le bien utiliser.

A cet effet notre projet, qui porte sur l'énergie solaire et plus particulièrement sur les capteurs solaires thermiques, nécessite une étude de cas concrète. Ainsi, nous avons appliqué notre étude à une habitation d'Ain Temouchent et tenté de déterminer les besoins pour l'installation de capteurs solaires thermiques. Notre but était donc de voir si l'on pouvait envisager la mise en place d'un système solaire thermique. L'exploitation des données acquises sur le terrain a été réalisée avec les logiciels TRNSYS 16, ce qui a permis de planifier le dimensionnement.

Ce mémoire est divisé en trois chapitres, réparti comme sur :

-Dans le premier chapitre, nous avons présenté une généralité les chauffe-eau solaire sa perçu sur système a circulation forcée et comment fonctionne et les différentes installations

-Dans le deuxième chapitre, a pour objet de fournir un maximum d'information sur Système Régulateur tout en un aperçu sur Installation du régulateur et régulation différentielle entre température et la pompe.

-Dans le troisième chapitre, nous nous sommes intéressés à la modélisation thermique du chauffe-eau solaire à circulation forcée en utilisant le code de calcul TRNSYS 16. Les résultats trouvés sont représentés sous forme de courbes avec une interprétation physique.

*Chapitre I*  
*LES CHAUFFE-EAU SOLAIRE*  
*à Circulation Forcée*

## 1. Introduction :

Le chauffe-eau solaire à circulation forcée promet un meilleur rendement thermique et une meilleure intégration du système à l'environnement. Ce dispositif se distingue par un système de pompe qui permet de placer le ballon de stockage d'eau à n'importe quel endroit.

## 2. Qu'est qu'un système à circulation forcée et comment fonctionne-t-il ?

Le système à circulation forcée est une installation qui requiert l'action d'une pompe électrique pour la circulation du fluide. Généralement les capteurs sont sur le toit et le ballon de stockage est situé dans un local. Le débit est globalement voisin du double de celui des chauffe-eau thermosiphon.

La régulation du système s'effectue au moyen d'un contrôle différentiel des températures entre la partie inférieure du réservoir et la sortie des capteurs, actionnant la pompe lorsque l'écart de températures est supérieur à une valeur déterminée [1].

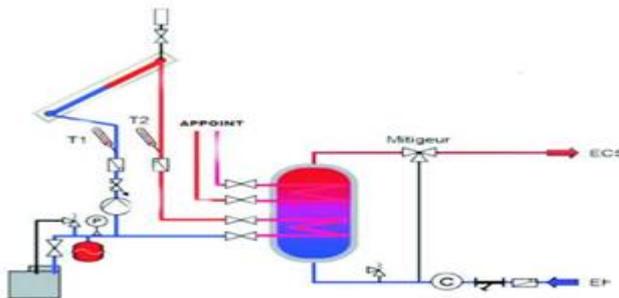


Figure 1 : chauffe eau solaire a circulation forcée avec appoint.

## 3. Dispositif efficace :

Le chauffe-eau solaire à circulation forcée se compose de deux éléments principaux, le ballon de stockage d'eau et les panneaux solaires. À noter que le ballon contient l'eau de chauffage qui est réchauffée avec la chaleur apportée par le liquide caloporteur et les panneaux servent à conserver la chaleur qui sera ensuite diffusée dans le ballon par le biais du liquide caloporteur. Le ballon et les capteurs solaires sont reliés entre eux avec une pompe ou sans assistance particulière (dans le cas d'un système monobloc ou à thermosiphon). Une fois connectée à un régulateur, la pompe va permettre au liquide caloporteur de circuler selon une certaine vitesse et fréquence dans le circuit. Par ailleurs, il existe des systèmes à auto-vidange et des modèles de chauffe-eau solaire sous pression permanente pour plus de facilité. [2]

### 4. Les installations de chauffe-eau solaire à circulation forcée avec appoint :



Figure2 : Chauffe-eau solaire a circulation forcée.

Avec ce genre de dispositif, il est possible d'opter pour un système d'appoint électrique qui sera placé directement dans le ballon de stockage. Il prendra le relai lorsque l'énergie solaire ne suffira plus à chauffer l'eau. Par ailleurs, l'on peut se tourner vers une chaudière comme système d'appoint. La chaudière réchauffera l'eau contenue dans le ballon de stockage en plus de l'énergie solaire.

Les solutions de préchauffage sont tout aussi intéressantes. Dans ce genre de système, l'eau est préchauffée par les rayons solaires dans un premier ballon de stockage pour ensuite être chauffée de nouveau par un système électrique d'appoint ou par une chaudière dans un deuxième ballon. Dans le deuxième ballon, le système n'utilise qu'une pression suffisante pour obtenir la bonne température[2].

### 5. Les composants d'un chauffe-eau solaire : [3]

Un chauffe-eau-solaire est composé principalement de deux éléments essentiels :

- La cuve de stockage ,
- Le capteur solaire.

Auquel sont rajoutés d'autres composants à savoir: les conduites de circuit, une pompe, un clapet anti-retour, une vase d'expansion, une soupape de sécurité, les robinets de vidange, les purgeurs et un régulateur.

#### 5.1. La cuve de stockage :

La cuve de stockage est un élément essentiel dans l'installation de chauffage d'eau solaire. Comme son nom l'indique, elle permet de stocker l'eau chaude venant des capteurs pour la restituer au moment des besoins d'utilisation, elle peut contenir ou non un échangeur de chaleur. Aussi pour éviter les pertes thermiques vers le milieu extérieur, la cuve de stockage doit être bien isolée en choisissant une épaisseur de l'isolant thermique et économique adéquate. Le stockage est caractérisé par :

- le mode d'accumulation de chaleur (sensible ou latente).
- La capacité thermique du stock.
- Les pertes thermiques du stockage.

Suivant la capacité de stockage on distingue deux types :

- Stockage long duré (inter saisonnier).
- Stockage court durée (ne dépassant pas quelques journées ou quelques heures).

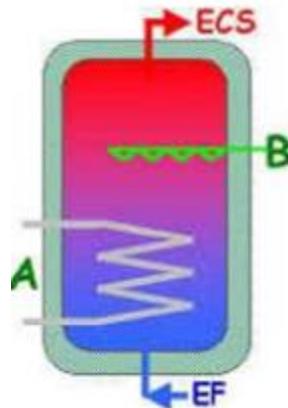


Figure3 : La cuve de stockage avec échangeur.

### 5.2. Tuyauterie :

En même temps que le capteur elle doit être assez calorifugé pour éviter les pertes afin de satisfaire les paramètres d'entrées et de sorties de l'accumulateur qu'on s'est fixés.[4]

### 5.3. Les échangeur de chaleur :[4]

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

- Les échangeurs intégrés au stockage.

- Les échangeurs extérieurs au stockage.

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



Echangeur à plaque



Echangeur intégré

Figure 4 : Type d'échangeurs.

### 5.4. appoint :

Une installation de chauffage d'eau solaire est toujours accompagnée d'un chauffage d'appoint lorsque la température désirée de l'eau dans la partie supérieure du ballon de stockage n'est pas atteinte, un dispositif d'appoint pour fournir de l'eau chaude supplémentaire doit être prévu. Ce chauffage peut se faire dans une autre cuve qu'on appelle cuve d'appoint ou dans la même cuve. Ainsi, en tout temps, l'appoint permet de garantir une eau à la température voulue, quel que soit l'ensoleillement et la quantité d'eau chaude consommée. La source d'énergie d'appoint peut être le gaz, l'électricité, le fuel, selon le besoin et la disponibilité [3].

### 5.5. Le clapet anti-retour :

Le clapet anti-retour a pour fonction d'empêcher, dans les systèmes sans vidange qu'un effet de thermosiphon n'entraîne une inversion du circuit primaire en cas d'arrêt de la pompe.[3]



Figure 5 : Clapet anti-retour.

## 6. Types de chauffe-eau-solaire :

**6.1. Le chauffe-eau à pompe électrique :** C'est un système particulièrement prisé, pour une bonne raison, c'est qu'il peut s'installer dans la plupart des habitations, et quelle que soit leur configuration. Les éléments sont séparés, et le ballon peut-être placé où on le désire, que ce soit à la cave, dans une buanderie, dans les combles, au garage, ou à la salle de bains.

C'est le système le plus coûteux, car il nécessite la présence d'une pompe électrique, et généralement d'un régulateur thermique. C'est également le dispositif le plus fragile, même si généralement le matériel est très solide, on n'est pas à l'abri d'une panne.[5]

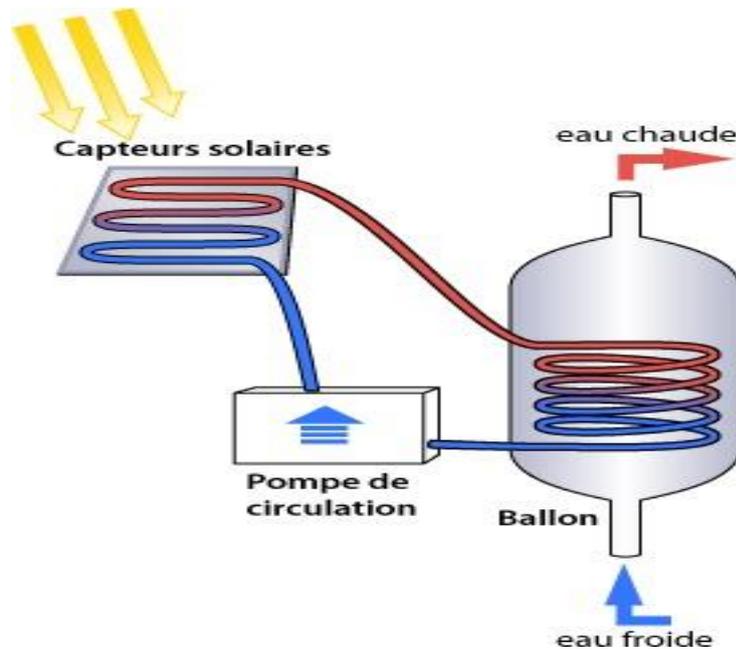


Figure 6 : Le chauffe-eau à pompe électrique.

**6.2. Le chauffe-eau à thermosiphon :** C'est généralement la meilleure solution d'un point de vue qualité prix. L'installation est plus complexe, parce que le ballon doit toujours être à une hauteur plus élevée que les panneaux solaires. On placera donc généralement le ballon dans les combles lorsque les panneaux seront sur la partie la plus basse du toit, ou bien en façade. C'est un système qui fonctionne sans pompe, l'eau remonte naturellement des panneaux jusqu'au ballon lorsqu'elle est chaude, et elle redescend en refroidissant. C'est donc moins coûteux en terme de matériel, il n'y a pas d'entretien ou presque, et la panne est quasiment impossible.[5]

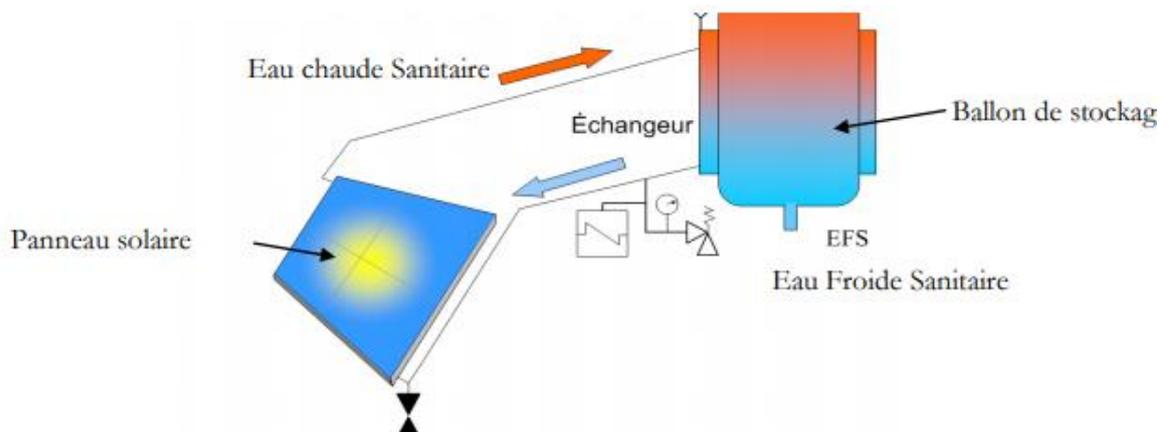


Figure 7: Installation à thermosiphon.

**6.3. Le chauffe-eau monobloc :** C'est un dispositif qui reprend le même système de fonctionnement qu'un chauffe-eau à thermosiphon. La différence est que tout le système est placé dans le même châssis. C'est le dispositif le moins coûteux généralement, notamment en terme de pose. Il peut d'ailleurs être placé directement au sol, dans un jardin bien ensoleillé. En revanche, le ballon reste toujours à l'extérieur, et il est alors plus difficile de conserver l'eau à bonne température, notamment en hiver. C'est donc un dispositif que l'on utilisera plutôt en solution complémentaire d'un autre système.[5]

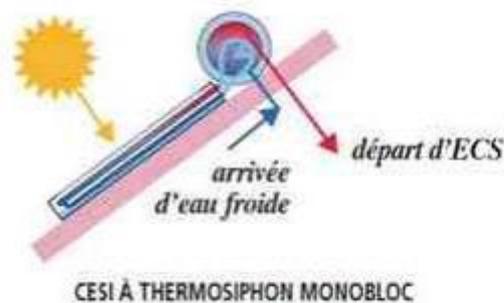


Figure 8: Le chauffe-eau solaire monobloc.

### 6.4. CESI à circulation forcée :

Cette catégorie regroupe les chauffe-eau solaires qui font appel à un circulateur pour transférer l'eau chauffée dans le collecteur depuis le capteur solaire vers le ballon de stockage. Contrairement aux chauffe-eau fonctionnant par thermosiphon, la disposition relative du ballon et du capteur est totalement libre. Ce qui représente un des avantages d'un système de chauffe-eau-solaire à circulation forcée.

Plusieurs types de CESI à circulation forcée sont utilisés [6] :

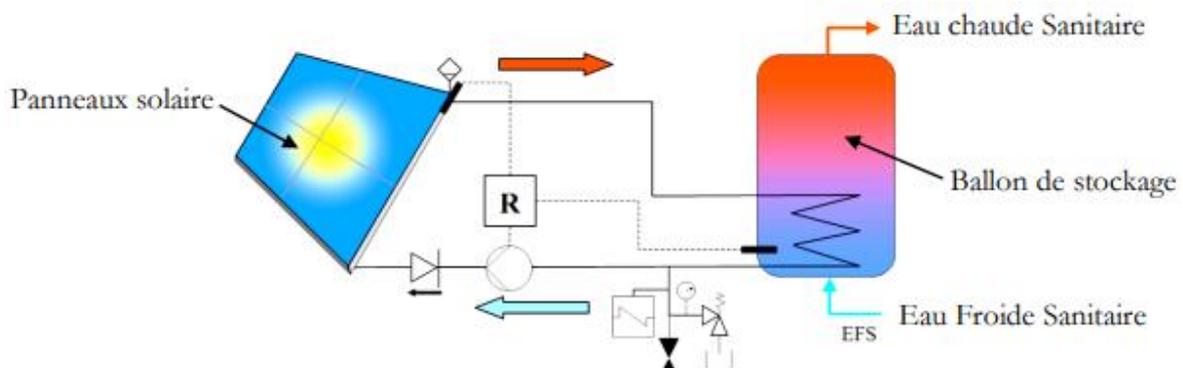


Figure 9 : Installation à circulation forcée.

### 7. Comparaison entre les deux types de CES:

#### 7.1. Prix du chauffe-eau solaire : avantage pour le thermosiphon

Le chauffe-eau solaire en thermosiphon fonctionnant tout seul sans pompe ni régulateur, il est le moins cher des deux systèmes.

#### 7.2. Installation du chauffe-eau solaire : avantage pour le thermosiphon

L'installation d'un chauffe-eau solaire en thermosiphon est plus simple qu'un chauffe-eau solaire en circulation forcée (pas de régulateur, de pompe et ni de vase d'expansion à poser) et nécessite donc moins de main d'œuvre.

#### 7.3. Durée de vie d'un chauffe-eau solaire : avantage pour le thermosiphon

Le régulateur et la pompe d'un système à circulation forcée sont les premières causes de panne. Sans ces éléments "fragiles", le chauffe-eau solaire à thermosiphon simplifie grandement la maintenance et améliore nettement la durée de vie du système solaire.

#### 7.4. Flexibilité d'installation : avantage pour la circulation forcée

C'est le gros point fort du chauffe-eau solaire en circulation forcée par rapport au chauffe-eau solaire à thermosiphon, le ballon solaire pouvant se positionner (presque) partout, particulièrement en-dessous du capteur à thermosiphon.

#### 7.5. Utilisation : avantage pour un CES à circulation forcée

Par rapport à un CESI à thermosiphon qui peut être utilisé qu'à titre individuel. Les CES à circulation forcée sont employés généralement pour les utilisations collectives ou industrielle, et ils peuvent être dotés de plusieurs capteurs.

#### 7.6. Performance : avantage pour la circulation forcée

Léger avantage du chauffe-eau solaire a circulation forcée, surtout dans les zone à faible ensoleillement ou la perte de chaleur dans le ballon est plus rapide dans le ballon à thermosiphon et ou le régulateur permet de récupérer le maximum d'apport solaire.[6]

### 8. Chauffe-eau solaires hybrides (photovoltaïques / thermique) :

Un chauffe-eau solaire hybride photovoltaïque thermique (PV/T) combine deux systèmes solaires différents (thermique et photovoltaïque) en une seule unité. Durant la conversion photovoltaïque du capteur solaire une chaleur est générée ce qui augmentera la température de la cellule photovoltaïque et causera une chute de son rendement. Ce phénomène est dû à la partie du rayonnement solaire non absorbée par les cellules et qui sera à l'origine de son échauffement. Cet échauffement a été considéré comme néfaste pour le rendement des capteurs solaires photovoltaïques et plusieurs efforts ont été consentis pour évacuer cette chaleur. Il y'a eu aussi l'idée d'exploiter ce phénomène par la combinaison du système photovoltaïque avec un système thermique pour former le capteur hybride PVT qui va générer en même temps de l'électricité et de la chaleur pour chauffée l'eau[7].

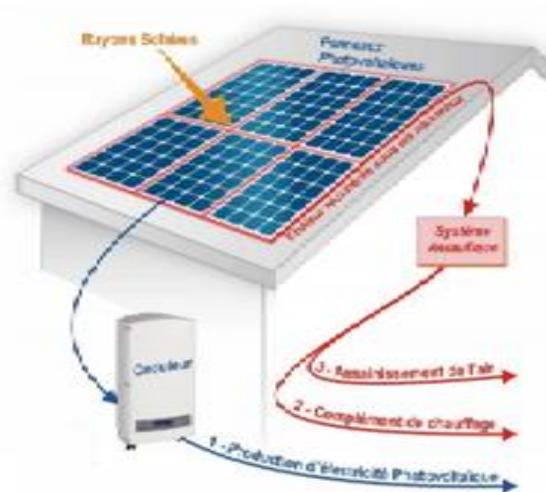


Figure 10 : Chauffe-eau solaires hybrides.

## 9. Chauffe-eau solaire thermique utilisé dans notre cas :

Le chauffe-eau solaire à circulation forcée avec l'utilisation des deux capteurs solaires plans de surfaces totales de  $2.10m^2$  . Le fluide caloporteur est transmis au ballon de stockage par un circulateur électrique[8] :

- L'échange thermique au niveau du ballon se fait par un échangeur en serpentin.
- L'appoint électrique, se fait par une résistance électrique.
- Le régulateur pour commander la pompe.

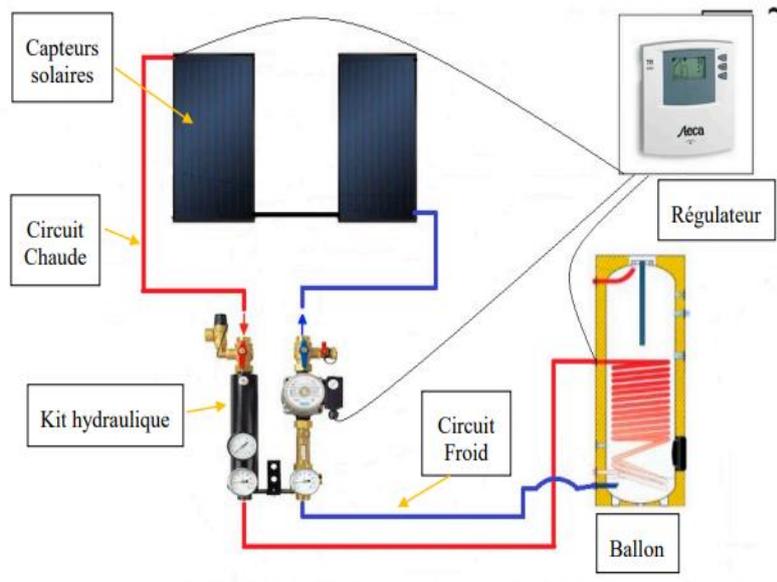


Figure 11 : Le chauffe-eau solaire a circulation forcée.

### 10. comparaison entre les chauffe-eau solaire et électrique :

Nous nous proposons dans cette partie de faire une étude comparative entre notre produit et un chauffe-eau électrique qui fournira la même puissance journalière. Cette comparions se fera sur une période de dix (10) ans avec un taux d'actualisation de 12 %. Cette énergie nécessaire est de 8.70825kWh/j soit 3 17,51 125 kWh/ans.

#### CHAUFFE-EAU ELECTRIQUE

	Valeur	Valeur actuelle	VAN
Investissement	-320 000		-320 000
Coût exploitation	-428 741	-1 331 604	-1 331 604
Coût entretien	0	0	0

**VAN -1 651 604**

#### CHAUFFE-EAU SOLAIRE

	Valeur	Valeur actuelle	VAN
Investissement	-260 960		-260 960
Coût exploitation	0	0	0
Coût entretien	-15 000	-46 588	-46 588

**VAN -307 548**

Ces résultats montrent que notre produit est plus rentable qu'un chauffe-eau électrique de même capacité.

### 11. Kits solaires à circulation forcée :

Les kits sont livrés avec simple échangeur (serpentin) dans le ballon (type VS-BL1), pour connexion seulement avec des capteurs solaires, ou avec double échangeur (serpentins) dans le ballon (type VS-BL2), pour connexion avec des capteurs solaires et couplage avec chaudière. Tous les kits peuvent être livrés sur commande avec résistance électrique 1,7kW à 4kW en plus (dans ce cas les kits sont caractérisés par l'abréviation) [8].

## 11.1. caractéristiques principales :

Les kits circulation forcée sont utilisés pour la production d'eau chaude sanitaire. Leurs caractéristiques principales sont :

- le haut rendement .
- la facilité d'installation.
- le fonctionnement économique.

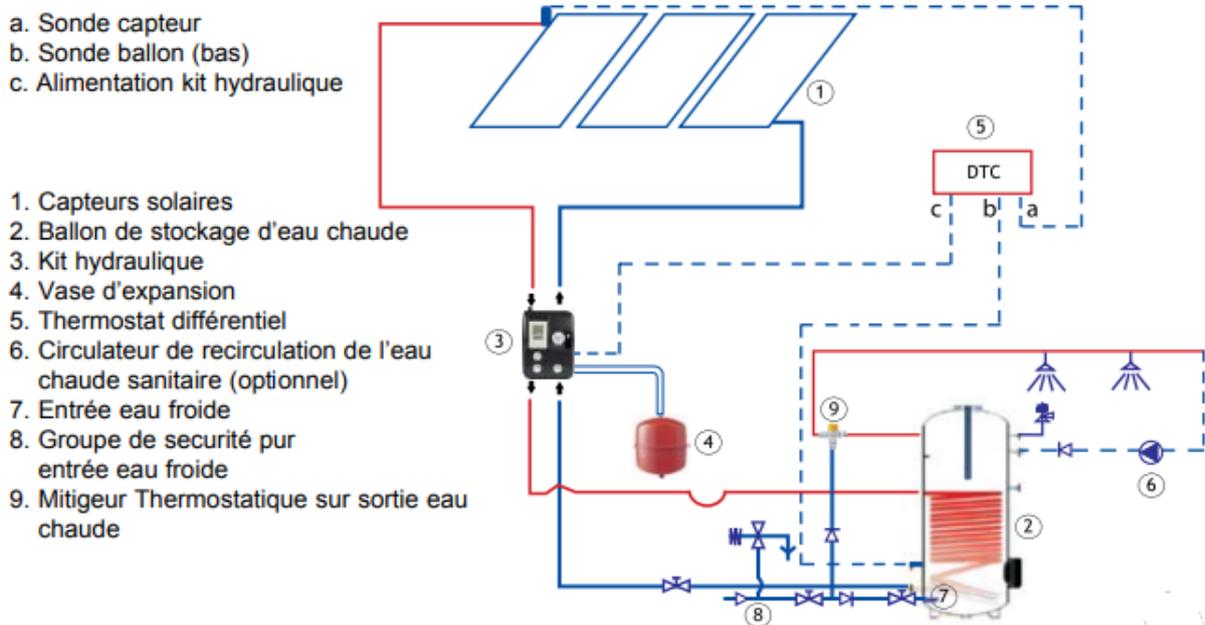
### Les modèles de kits VS-BL1 (1 serpentin)

Modèle	Capacité (l)	Nombre de capteurs	Superficie totale capteurs (m <sup>2</sup> )
VS 150 / BL1	150	1	2,61
VS 150 / BL1-M	150	1	2,10
VS 200 / BL1	200	2	2x2,10
VS 200 / BL1-M	200	1	2,61
VS 300 / BL1	300	2	2x2,61
VS 300E / BL1	300	3	3x2,10
VS 300 / BL1-M	300	2	4,20
VS 420 / BL1	420	3	3x2,10
VS 420E / BL1	420	3	3x2,61
VS 500 / BL1	500	3	3x2,10
VS 500E / BL1	500	3	3x2,61
VS 800 / BL1	800	6	6 x 2,10
VS 800E / BL1	800	6	6 x 2,61
VS 1000 / BL1	1000	8	8 x 2,10
VS 1000E / BL1	1000	8	8 x 2,61

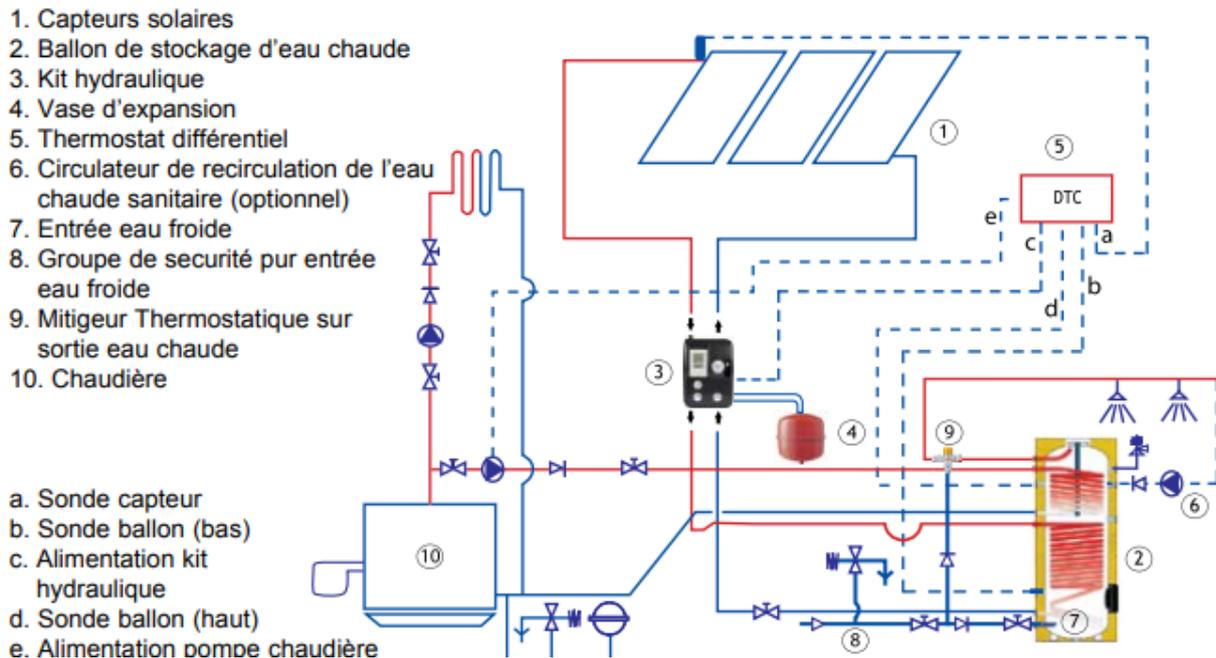
### Les modèles de kits VS-BL2 (2 serpents)

Modèle	Capacité (l)	Nombre de capteurs	Superficie totale capteurs (m <sup>2</sup> )
VS 200 / BL2	200	2	2x2,10
VS 200 / BL2M	200	1	2,61
VS 300 / BL2	300	2	2x2,61
VS 300E / BL2	300	3	3x2,10
VS 300 / BL2M	300	2	4,20
VS 420 / BL2	420	3	3x2,10
VS 420E / BL2	420	3	3x2,61
VS 500 / BL2	500	3	3x2,10
VS 500E / BL2	500	3	3x2,61
VS 800 / BL2	800	6	6 x 2,10
VS 800 / BL2	800	6	6 x 2,61
VS 1000 / BL2	1000	8	8 x 2,10
VS 1000E / BL2	1000	8	8 x 2,61

## 11.2. Kits solaires à circulation forcée type VS-BL1 (sans possibilité de couplage avec chaudière ou autre) :



## 11.3. Kits solaires à circulation forcée type VS-BL2 (avec possibilité de couplage avec chaudière ou autre) :



## 12. Capteurs solaires:

Les capteurs solaires transforment le rayonnement solaire en chaleur grâce à un absorbeur (un corps noir caractérisé par des propriétés d'absorption très élevées et d'émissivité très basse). L'absorbeur transfère la chaleur à un fluide caloporteur (généralement de l'eau glycolée) circulant au travers de chacun des capteurs.[9]

## 13. Types des captures solaires : [10]

Il existe deux grands types de capteurs solaires.

### -Capteurs solaires thermiques :

Les capteurs de chaleur solaire sont des appareils transformant l'énergie du rayonnement solaire en énergie thermique en se basant sur l'effet de serre.

### -Capteurs solaires photovoltaïques :

Il s'agit des appareils transformant l'énergie du rayonnement solaire en énergie électrique.

### 13.1. Caractéristiques Techniques: [8]

Absorbeur: plan, à feuille de cuivre en 1 seul morceau et soudures à ultrasons.

Absorption Thermique: 95%

Rejet Thermique: 5%

Epaisseur: 0,2mm

Traitement: Sélectif à base de Titane

### Caractéristiques Tubes:

Diamètre tube horizontaux: (Ø 22mm)

Diamètre tube verticaux: (Ø 10mm ou Ø 8mm)

Matériel: cuivre Pression d'essai: 10 bars

Pression de fonctionnement: 7 bars

### **Châssis:**

Matériel: profilés d'aluminium anodisé

Isolation postérieure: 35-40mm. Laine de Roche

Isolation latérale: 20mm. Laine de Verre

Jonctions: coins de resserrements

### **Couverture:**

Matériel: verre sécurit

Epaisseur: 3,5mm ou 4mm

Etanchéité: joint EPDM et silicone transparente

### **Caractéristiques générales:**

Réception thermique totale:  $95\% \pm 2\%$

Déperdition thermique totale:  $5\% \pm 3\%$

Antigel/caloporteur: glycol pour chauffe-eau solaire

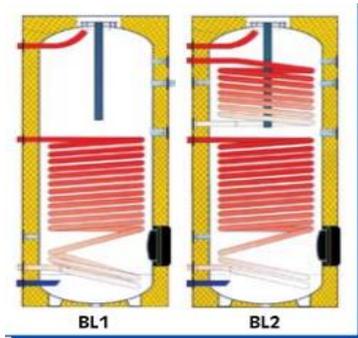
## 14. Le ballon Stockage :

Le stockage de l'énergie solaire dans un ballon de stockage permet de pallier le caractère discontinu de l'énergie solaire. L'accumulation de l'énergie dans le stockage se traduit par une élévation de sa température. Pour apprécier l'efficacité d'un système de stockage, il faut rappeler que le rendement d'un capteur dépend essentiellement de la température moyenne du fluide qui le traverse, donc de la température du fluide au retour du stockage. L'une des caractéristiques essentielles de l'aptitude à l'emploi du stockage sera de fournir, à l'entrée des capteurs, un fluide dont la température sera la plus basse possible.[11]



*Figure 12: ballon stockage.*

## 14.1. types :[8]



Type - BL1 (avec 1 serpentin – échangeur)		
Modèle	Isolation extérieure	Capacité en litres
150BL1	Oui	150
200BL1	Oui	200
300BL1	Oui	300
420BL1	Oui	420
500BL1	Oui	500
800BL1*	Oui	800
1000BL1*	Oui	1000

Type - BL2 (avec 2 serpentins – échangeurs)		
Modèle	Isolation extérieure	Capacité en litres
200BL2	Oui	200
300BL2	Oui	300
420BL2	Oui	420
500BL2	Oui	500
800BL2*	Oui	800
1000BL2*	Oui	1000

\* L'isolation des ballons 800 et 1000 est livrée séparément avec les ballons .

## 14.2. Caractéristiques Techniques: [8]

Matériel: acier qualité USD 37.2

Soudures: robotisées dans une ambiante sous vide

Nettoyage: sablage

Traitement interne: émaillage cuit à 850°C (150 à 500 lt)

Étanchéité: double contrôle, avant et après l'émaillage

P max. de fonctionnement: 10 bars

P max. des tests: 10 bars

T max. de fonctionnement: + 95°C

### Isolation:

Matériel: polyuréthane sans CFC & FCKW

Densité: 40kg/m<sup>3</sup>

Épaisseur: 65mm

### Revêtement:

Matériel: PVC

### Echangeur:

Type: serpentin

Matériel : tube en acier de type lourd (tube)

Résistance électrique: 2 à 4 kW (230 V) avec thermostat 6 ou 9 kW (400 V) sans thermostat

Tous les ballons sont verticaux et se posent à terre

## 15. Raccordement Hydraulique Réservoir – Capteur :

Il est conseillé d'utiliser les liaisons en flexible ions de type Aeroline Split, ou similaire, avec une tenue minimale en température de 180°C et une isolation d'une épaisseur minimum de 14mm (ou équivalent), ainsi que les raccords appropriés.[8]

## 16. Circuit Hydraulique :

Le circuit hydraulique primaire est de type circulation forcée avec simple échange thermique. Le circuit est non aéré et non vidangeable. Le remplacement de liquide caloporteur est à faire tous les 3 ans.[12]

### 16.1. Caractéristiques hydrauliques : [7]

- Pression d'essai du circuit fermé: ..... (bar)
- Pression de fonctionnement du circuit fermé): ..... (bar)
- Taux de dilution du glycol: ..... (%) eau: ..... (%) glycol
- Existence d'une vanne de remplissage automatique OUI / NON
- Remplissage initial du circuit primaire avec une pompe à épreuve OUI / NON

### 17. Description du régulateur :

Un régulateur à microprocesseur avec 3 sondes de température Pt1000 et 3 Relais de sorti. Il est en mesure de contrôler de plusieurs façons aussi bien la température du ballon pour traiter par chocs thermiques que le circulateur de recirculation. Grâce à l'écran digital de 16 menus et 3 boutons il offre la possibilité d'utilisation en plusieurs langues. Tous les réglages, affichages, sélections, paramétrages et navigation se font à l'aide des 3 boutons Plus, Moins et entrer. Les réglages effectués sur le régulateur peuvent être bloqués afin qu'ils ne puissent pas être modifiés par un tiers. Les sondes de température PT1000 en accord avec les normes DIN EN60751, assurent des mesures de températures exactes et le bon fonctionnement du système.[8]

### 18. Connexions électriques :

Les connexions électriques doivent être effectuées par un personnel qualifié et selon les normes en vigueur! La plaquette de connexions est divisée en deux parties. Sur la partie gauche pour les courants faibles et sur la partie de droite pour la connexion au courant électrique. Sur la partie de droite se font la connexion de l'alimentation et celle des terres sur les sorties PE de la plaquette. Les câbles de courants faibles des sondes de température sont connectés sur la partie gauche de la plaquette.[8]

### 18.1. Thermostat différentiel :

Ce thermostat différentiel est surtout utilisé dans les installations de chauffage équipées de panneaux solaires. Lorsque la différence de température entre la sonde du collecteur solaire et la sonde de l'accumulateur dépasse la valeur différentielle réglée, le contact du thermostat enclenche un circulateur ou provoque l'ouverture d'une vanne motorisée.[8]



Figure13: thermostat.

### 18.2.1. Fonctionnement:[8]

Le thermostat différentiel contrôle en permanence la différence de température entre les capteurs solaires et le ballon. Lorsque la température des capteurs est jusqu'à 10°C (température recommandée 4°C à 6°C) supérieure à celle du ballon, le thermostat différentiel enclenche le circulateur du système solaire. Cette température, programmable sur le thermostat est la «température différentielle d'enclenchement». Le circulateur s'arrête lorsque

la différence de température entre les capteurs et le ballon de stockage est inférieure à 2°C (selon la valeur programmée). Il est recommandé de ne pas modifier cette valeur hystérésis de 2°C.

### 18.2.2. Caractéristiques techniques du thermostat:[8]

Plage de température des sondes : -20 à +100 °C

Température admissible à l'appareil : 0 à 40 °C

Plage de réglage du différentiel entre les sondes : 1 à 30 K (en face frontale)

Différentiel du contact (hystérésis) : 3 à 10 K

réglable à l'arrière du thermostat Tension d'alimentation : 230 V AC 50 à 60Hz

Tolérance de tension : +6 à -15 %

Pouvoir de coupure du contact : 5 A/230 V AC  $\cos \phi = 1$

Contact : 1 inverseur

Témoins lumineux : jaune: appareil en service automatique

rouge: contact enclenché (ON)

vert: contact déclenché (OFF)

Degré de protection : IP 40

Montage : mural ou sur rail DIN 35 mm EN 50022

Connexion : socle amovible de 8 bornes à vis

Cache-bornes en option : référence 9054

### 18.3. Le vase d'expansion :

La vase d'expansion doit permettre l'expansion du fluide caloporteur et permettre d'absorber le volume de ce dernier expulsé du capteur solaire lorsqu'un phénomène d'ébullition survient, et cela sans hausse excessive de la pression.[13]

Vase d'expansion d'une capacité de 18 litres et une longueur maximale du circuit fermé jusqu'à 50m, tuyauteries D=22mm. Le vase d'expansion se raccorde au kit hydraulique à l'aide du tuyau flexible.[8]



Figure 14: vase d'expansion.

### 18.4. Mitigeur thermostat :

Le mitigeur thermostatique posé en sortie de ballon permet de distribuer l'eau chaude sanitaire à une température constante. Il apporte le confort d'une eau chaude constante, et permet des économies importantes.[8]

### 19. Description des parties de la résistance électrique et du thermostat :[8]

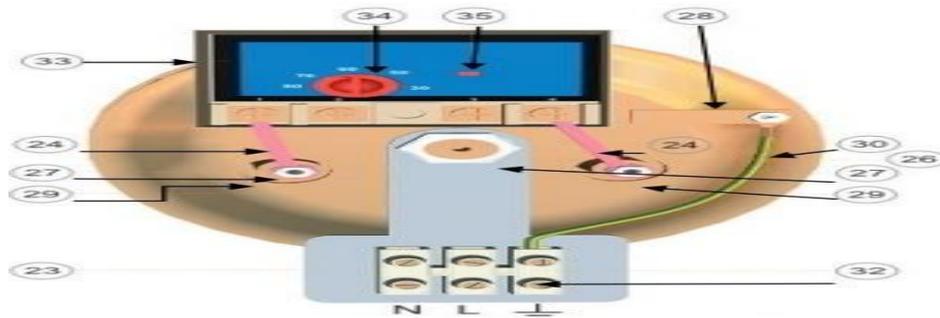


Figure15: Résistance électrique vue de face.

- 23 Support de la planchette à bornes (pour les lignes de courant électrique)
- 24 Conducteurs métalliques de connexion de la résistance au thermostat
- 25 Rondelle élastique d'étanchéisation (flange)
- 26 Écrou central
- 27 Écrous de resserrement
- 28 Borne de mise à la terre
- 29 Borne de la résistance électrique
- 30 Conducteur de mise à la terre
- 31 Conducteur de courant électrique
- 32 Planchette à bornes des lignes de courant électrique
- 33 Thermostat
- 34 Régulateur de température
- 35 Interrupteur thermique de sûreté (indication «F» ou «S»)

### 20.La résistance électrique :

Tous les ballons sont livrables sur commande avec une résistance électrique à part. Les résistances électriques 1,7 à 4 kW / 1~230V sont livrées avec thermostat et capuchon en plastique. Les résistances 6 ou 9 kW / 3~400 V sont livrées sans thermostat (obligation de l'installateur). L'existence d'une source d'énergie secondaire permet d'assurer les besoins en eau chaude sanitaire en période de faible ensoleillement ou lorsqu'il n'y a pas de couplage avec une chaudière[8].



Figure16 : la résistance électrique.

## 20.1. Caractéristiques techniques de la résistance :

Matériel de fabrication: cuivre

Orifice de connexion: DN 40 (1 1/2") filetage mâle

Puissance: 2 o 4 kW (1 ~ 230 V) avec thermostat

6 0 9 kW (3 ~ 400 V) sans thermostat

## 20.2. Le thermostat :

Le thermostat sert d'interrupteur et établit ou coupe l'alimentation de la résistance en fonction de la température de l'eau. Il assure aussi un rôle de sécurité en coupant l'alimentation de la résistance si l'eau dépasse un seuil de sécurité de l'ordre de 90 ou 95° : cette situation est anormale et le réarmement de la résistance ne doit pas être automatique.[8]

## 21. Branchement du circuit électrique :

### 21.1. Connexion de la résistance avec le thermostat :

Utilisable en 230 v monophasé.

Ne pas oublier le conducteur de protection V/J = Terre.

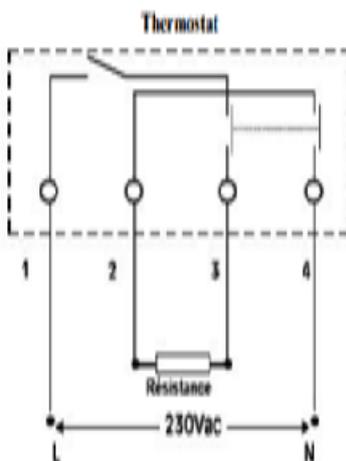


Figure 17 : Branchement de la résistance électrique .

Câble de branchement



Figure 18 : Câble 3G2.5 mm<sup>2</sup> Bleu- Marron V/J.

## Conclusion :

Les chauffe eau solaires sont composées essentiellement d'un capteur solaire et d'une cuve de stockage. Ils sont destinés pour la production de l'eau chaude sanitaire. Selon la capacité d'utilisation, on trouve les chauffe eau solaires à circulation naturelle (thermosiphons) pour une utilisation individuelle et les chauffe eau solaires à circulation forcée pour une utilisation collective ou industrielle. Leurs performances dépendent essentiellement de la capacité de captation de l'énergie solaire par le capteur et de la transmettre au fluide caloporteur. Pour cela, une étude sur les performances des capteurs solaires ainsi sur les paramètres influençant leurs rendements est primordiale pour une meilleure utilisation et une meilleure conception.

*Chapitre II*  
*Systeme Régulateur*

### 1.Introduction :

les systèmes de régulation et contrôlé sont de nos jours indispensables dans les processus de production modernes. Des écrans compacts permettent une visualisation rapide et facile de nombreuses magnitudes physiques telles que la température, la pression, les tours et les signaux de processus normalisés qui se trouvent dans tous les processus automatisés. De plus, les régulateurs modernes peuvent résoudre rapidement et efficacement différents travaux de contrôle.

### 2.Installation du régulateur :

Le régulateur de charge assure plusieurs fonctions :

- Régulation de la charge de la batterie par limitation de la tension pour éviter les surcharges.
- Limitation de la décharge par délestage de l'utilisation, pour éviter les décharges trop profondes risquant d'endommager la batterie.
- Contrôle du fonctionnement du système par voyant ou affichage LCD.

Il doit être installé au plus près de la batterie pour limiter la longueur des câbles et donc les pertes d'énergies.

Il est préférable de choisir un emplacement hors gel, au sec et ventilé.

Se référer à la notice fabricant.[14]



*Figure19: Régulation*

#### 2.1.Montage mural :[15]

Installez le régulateur exclusivement dans des locaux secs et dans les conditions ambiantes décrites au point B.1 « Caractéristiques techniques ». Suivez la description ci-après

- 1 .Dévissez complètement la vis du couvercle .
- 2 .Retirez avec précaution la partie supérieure du boîtier de la partie inférieure.
3. Mettez la partie supérieure du boîtier de côté en faisant attention de ne pas toucher l'électronique.
4. Tenez la partie inférieure (C1.2) du boîtier comme illustré et tracez les 2 trous de fixation.

## CHAPITRE II : SYSTEME REGULATEUR

Veillez à ce que la surface du mur soit la plus plane possible afin que le boîtier ne se déforme pas lors du vissage.

5. A l'aide d'une perceuse et d'un foret de 6, percez au minimum 2 trous au niveau des points tracés sur le mur et enfoncez les chevilles. Le régulateur peut également être fixé par 4 vis .

6. Mettez la vis supérieure en place et serrez-la légèrement.

7. Accrochez la partie inférieure du boîtier et mettez toutes les vis manquantes en place.

8. Alignez le boîtier et serrez toutes les vis.

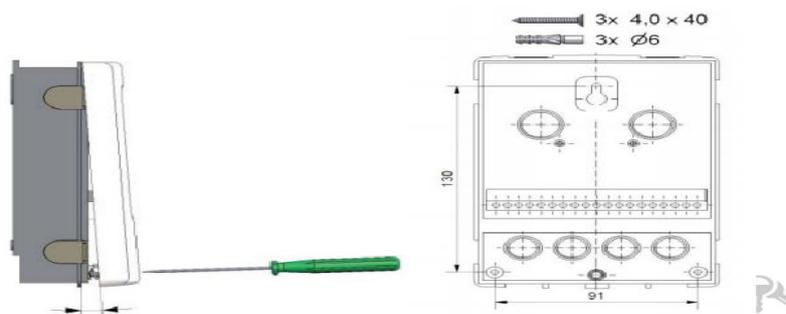


Figure 20 : Boîtier

### 3.Fonctions de régulation :

Un capteur monté sur l'installation transmet la valeur mesurée au régulateur. Celui-ci compare en permanence la valeur mesurée avec la valeur de consigne et corrige les écarts éventuels de manière continue. Le sens d'action du régulateur doit être paramétré en fonction de l'application. C'est pour cette raison qu'il est important de s'assurer que l'on peut régler le sens de son action :[16]

#### 1. positif :

la vitesse est abaissée lorsque la valeur mesurée devient supérieure à la consigne (par exemple : régulation de pression)

#### 2. négatif :

la vitesse est augmentée lorsque la valeur mesurée devient supérieure à la consigne (par exemple : régulation de niveau)

### 4.Différents types de régulateur :[17]

#### PWM :

- Rendement 70-80
- Contrainte : mise en // des panneaux
- Le voltage de la batterie doit être le même que pour les panneaux

#### MPTT (conseillé) :

- Rendement 95 %
- Possibilité de mise en série des panneaux
- Le voltage de la batterie n'est pas forcément identique aux panneaux



Figure 21: PWM



Figure 22: MPTT

### 5. La régulation du système :

Avec notre régulation, votre système de chauffage est toujours sous contrôle. La régulation « Master » (EB6000) est le chef d'orchestre de votre installation. Elle permet de régler harmonieusement une installation solaire, une chaudière ou une PAC, la production d'eau chaude et la distribution de chauffage (1 voire 2 groupes de chauffage). Plus besoin de plusieurs régulations qui ne communiquent pas entre elles. Pour les installations plus complexes avec par exemple une deuxième source de chaleur, un module de régulation « Slave » (EB 1000) est connecté à la régulation « Master ». Il lui est subordonné et les deux régulations agissent ensemble. Si vous équipez votre maison d'une régulation de chauffage par zones avec thermostats d'ambiance, elle est également liée à la régulation « Master » (EB6000). La gestion optimale de la totalité du système de chauffage est ainsi assurée.[18]

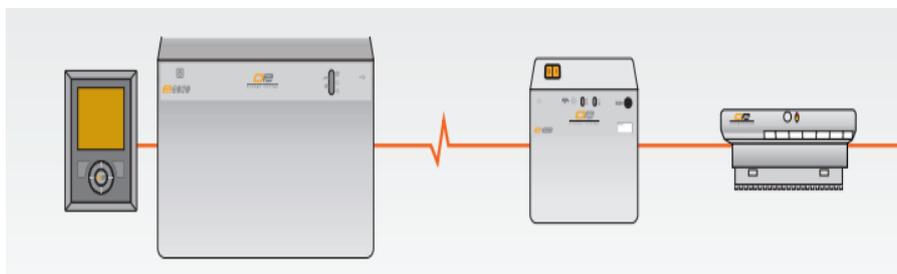


Figure 23: régulation « Master » (EB6000) et « Slave » (EB 1000)

#### 5.1. avantages :

- Parfaitement coordonné : Tous les composants de l'installation sont gérés par un „chef d'orchestre“ et fonctionnent de concert.
- Extensible : Vous souhaitez rajouter ultérieurement un consommateur ou une source de chaleur au système FLEX ? Pas de problème ! La régulation est extensible à souhait.
- Pratique : La commande à distance (EBF) vous permet de gérer tous les composants de l'installation.
- Connecté : Vous pouvez connecter votre ordinateur et visualiser toutes les données de paramétrage ainsi que l'historique de fonctionnement. Par le biais d'un modem, vous contrôlez votre chauffage même de l'autre bout du monde.[18]

### 6. Influence de régulation :[19]

#### Température optimale de la source:

- Les performances annuelles sont optimisées si la température de la source chaude est abaissée lorsque les conditions climatiques le permettent.

#### Influence du choix de régulation sur le dimensionnement et inversement:

Puissance nominale est influencée par le type de régulation:

- Fonctionnement sur horaire d'occupation: puissance de relance à inclure.
  - Fonctionnement 24h/24: puissance nominale plus faible.
- Régulation optimale fonction du type de système: configuration choisie source froide + pompe à chaleur + source chaude.
- Influence de la régulation des auxiliaires sur la performance globale annuelle de l'installation.

### 7.Régulateur de température différentielle :

#### 7.1.Fonction :

Le régulateur différentiel reçoit les signaux de température envoyés par les sondes montées à la sortie du panneau et du ballon, puis il calcule la différence entre les deux températures, et, après les avoir comparées à la valeur configurée, il commande le circulateur du circuit primaire solaire. Le thermostat contrôle la température du ballon d'accumulation et active l'intégration thermique par le biais de sources d'énergie alternatives à l'énergie solaire (chaudières, énergie électrique, etc.). De plus, il est en mesure de gérer les vannes directionnelles des panneaux solaires à circulation naturelle, pour mieux exploiter la moindre énergie disponible.[20]



Figure 24: Régulateur de température différentielle.

#### 7.2.Caractéristiques techniques :

Alimentation électrique : 230 V  $\pm$ 6% - 50 Hz  
Puissance absorbée : 1,45 VA  
Pouvoir de coupure : 6 (2) A (230 V) Plage DT  
programmable : 2÷20 K Hystérésis : 2 K ( $\pm$ 1 K)  
Température ambiante maxi : 50°C  
Tension d'isolement : 4 kV  
Dimensions : 3 DIN

### 8. Régulateur du chauffage pour circuit de chauffe mélangeur et régulation différentielle de température :

Circuit de chauffe mélangé : Régulateur, commandé par les conditions atmosphériques, d'un circuit de chauffe mélangé via la sortie de relais, programme horaire avec deux cycles de commutation par jour, facteur ambiant ou régulation ambiante via le régler les installations solaire terminal d'ambiance optionnel, divers modes de service sélectionnables, mode été, fonction de protection antigel, affichages d'informations pour températures et états de commutation.[21]

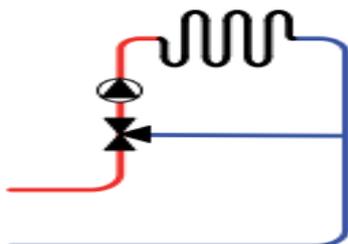


Figure 25: circuit de chauffe mélangeur et régulation différentielle de température

#### 8.1. Utilisation :

L'appareil fonctionne au moyen de quatre touches de fonction. Le retour d'information optique des pas de programme amorcés est visible sur l'affichage.[21]

### 9. Régulation des pompes :

Le rôle de la pompe de circulation est de permettre un transfert plus rapide des calories captées par l'absorbeur vers le réservoir de stockage. L'utilisation de cette pompe permet aussi d'interrompre le transfert de chaleur lorsque l'eau des capteurs n'est pas plus chaude que celle contenue dans le réservoir. C'est le rôle de la régulation de comparer les deux températures (à la sortie du capteur solaire et dans le réservoir de stockage) et de commander la pompe de circulation uniquement lorsque la première température est supérieure à la deuxième. En pratique, on fixe indépendamment la différence de température à l'enclenchement (entre 5 et 10°C) et au déclenchement du Circulateur (entre 2 et 5°C). Un régulateur différentiel suffit pour ces opérations.[16]



Figure 26: Régulation différentiel de la pompe.

### 10. Fonctions spécifiques aux pompes :

Parmi les fonctions importantes que les moteurs à intelligence embarquée doivent assurer, on citera, outre le fonctionnement régulé et non régulé, la fonction de compensation dynamique des pertes de charge, la fonction d'auto-apprentissage, l'arrêt à débit minimum, la protection manque d'eau.

- En fonctionnement régulation de pression, la fonction de compensation dynamique des pertes de charge permet de compenser les pertes de charge dans les tuyauteries au cas où le capteur est installé près de la pompe afin d'assurer une pression constante pour l'utilisation. [16]

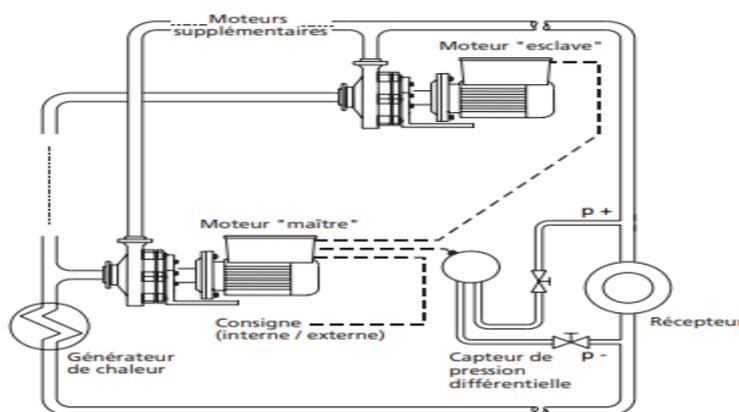


Figure 27: Pompes équipées de moteur à variateur intégré en fonctionnement maître-esclave.

### 11. Systèmes de contrôle et protection pour une pompe :

Fourni dans une boîte en matière thermoplastique auto-extinguible, équipé de support pour le montage mural. Le châssis est auto protégé et protège la pompe contre les surcharges, les courts circuits avec réarmement manuel. Muni de :

- Interrupteur de ligne électrique avec poignée de porte verrouillable (sauf en version monophasée)
- Transformateur auto-protégé pour l'alimentation des commandes externes
- Bornes de connexion de l'électropompe et des interrupteurs de flotteur / contrôle de pression
- Bornes sans potentiel pour contrôle d'alarme et installation à distance d'une alarme sonore / visuelle
- Bouton sur le panneau avant pour le fonctionnement manuel (versions monophasées)
- Interrupteur sur le panneau avant pour le fonctionnement manuel - 0 – Automatique
- Rapports de protection ampérométriques.
- Indicateur de fonctionnement de la pompe - Indicateur de tension - Limites température ambiante d'utilisation : -10 °C +40 °C - Degré de protection IP55. [22]

### 12. Le chauffe-eau solaire avec pompe et régulation :

Ce type de chauffe-eau solaire "à circulation forcée" est adapté à toutes les différentes configurations. Ainsi, le ballon peut être éloigné des capteurs. Il est plus cher que les systèmes précédents à cause des équipements supplémentaires. En effet, il faut une pompe pour transférer la chaleur des capteurs au ballon, ainsi qu'un système de régulation électronique. La

plupart des fabricants proposent un "groupe de transfert" qui regroupe tous ces équipements annexes.[23]

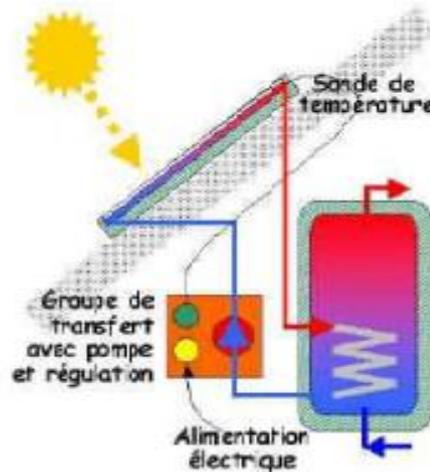


Figure28: chauffe-eau solaire avec pompe et régulation.

### 13.Le régulateur solaire de charge et de contrôle :[24]

Un régulateur de charge appelé aussi contrôleur de charge, est un système ou appareil électronique fonctionnant de façon complètement automatique auquel sont raccordés le générateur (modules PV) la batterie ainsi que d'éventuels équipements de l'installation.

#### 13.1.Compensation de la température :

La compensation de la température est un dispositif incorporé dans beaucoup de contrôleurs de charge (régulateurs). Pour réaliser le contrôle de la température, une sonde de température est utilisée. Cette sonde de température peut être intégrée au régulateur ou déportée sur la batterie.

### 14.Contrôleur électronique de régulation solaire :[25]

Contrôleur électronique pour système solaire avec 3 sondes de température et gestion possible de deux pompes, d'une électrovanne et d'un thermoplongeur.

#### 14.1.Description Générale :

Ces thermostats différentiels électroniques programmables assurent un passage sans entrave de l'énergie thermique, depuis les capteurs solaires au ballon de stockage d'eau chaude, grâce à un "ordre" électrique au circulateur du système solaire.

#### 14.2.Avantages et particularités:

- Livrée avec 3 sondes de température "1 PT1000 (+280°C) + 2 NTC10K (+105°C)"
- En fonction de la configuration de l'installation il est possible de rajouter 2 sondes supplémentaires NTC10K en option.
- Préréglé d'usine.
- Fonctionnement simple et intuitif.
- Ecran rétro-éclairé.

## CHAPITRE II : SYSTEME REGULATEUR

- Schéma de fonctionnement animé à l'écran.
- Nombreuses options disponibles dont l'option anti Légionellose.
- Puissance de sortie pour le thermoplongeur de 3000 Watts au maximum.



Figure 29: système contrôleur.

### 15. Régulation de chauffage par pièce et activation de la structure du bâtiment :

Afin d'augmenter l'apport solaire pour le chauffage de votre bâtiment, vous pouvez définir une deuxième température de consigne supérieure à la température de base dans certaines zones ou pièces. Cela permet de chauffer ces zones à la température supérieure en cas d'excédent d'énergie solaire. La structure du bâtiment est utilisée comme stockage de chaleur.

La température intérieure définit la température de départ de chauffage. L'Energie Bus est plus dynamique et réactif puisqu'il est régulé par la température intérieure alors que d'autres régulations de chauffage conventionnel sont uniquement pilotées par la température extérieure.[26]

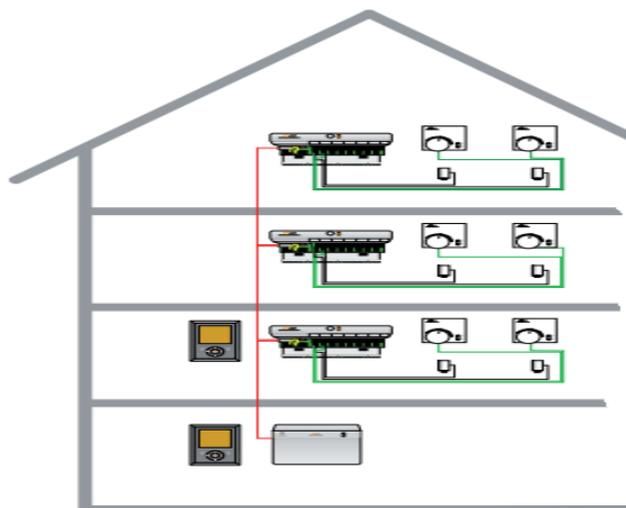


Figure 30: Régulation de chauffage par la structure du bâtiment.

### 15.1.avantages:

- Un chauffage sur mesure : A chaque zone son profil de température et de temps de chauffage (jusqu'à 4 commutations par jour, un profil pour chaque jour de la semaine) .
- Pas de perte d'énergie : Les surplus d'énergie renouvelable (solaire) peuvent être stockés directement dans le bâtiment.
- Bien-être garanti : La gestion de température par zone garantit votre confort.
- Une facture allégée : Vous économisez de l'énergie.[25]

### 16. Conclusion :

la régulation peut mettre la pompe en marche pour évacuer les calories du ballon vers les capteurs solaires pour éviter une surchauffe trop importante des capteurs solaires la journée (refroidissement nocturne).

## *CHAPITRE III*

### *MODELISATION ENERGETIQUE*

### 1. Introduction :

Dans cette partie nous allons utiliser le code TRNSYS 16 afin de simuler un chauffe-eau solaire à circulation forcée.

Le but de ce travail est d'utiliser chauffe-eau pour les conditions météorologiques d'Ain témouchent afin d'évaluer la production en eau chaude à partir de l'énergie solaire.

### 2. Description du logiciel :

TRNSYS a été développé par le CSTB en 1975 dans le cadre d'une collaboration internationale. Ce logiciel est actuellement la référence du point de vue de la simulation dynamique de systèmes et de bâtiments. De nombreuses bibliothèques sont disponibles et peuvent être connectées afin de pouvoir réaliser des études pluridisciplinaires techniques et économiques. On peut y retrouver de nombreux composants tels que l'énergie solaire, hydraulique, analyse et optimisation tarifaire, cogénération, pompe à chaleur, régulation, thermique du bâtiment, comportement des usagés, ..[27]

Quelques 50 familles de composants, disponibles en standard dans une bibliothèque, permettent de simuler, en régime transitoire, les bâtiments (mono ou multizones), les systèmes de chauffage et de climatisation, les plus simples comme les plus complexes, y compris les systèmes solaires innovants.[27]

TRNSYS utilise dans la modélisation des composants appelés « Types ». Les valeurs initiales pour le calcul sont entrées comme « inputs » et les résultats sont obtenus comme « outputs ». Lorsqu'un composant est connecté à un autre, les résultats du premier sont les données initiales du second et ainsi de suite.[27]

### 3. Applications :

TRNSYS ne se contente pas d'étudier le comportement thermique du bâtiment, il permet également de résoudre de nombreux systèmes d'équations, réalise des simulations dynamiques et permet la possibilité de créer de nouveaux modèles et de les intégrer à la bibliothèque existante. Nombreux avantages y sont associés : résolution multizone, couplage de systèmes, possibilité d'utiliser des ressources externes comme Excel pour y associer des programmes réalisés sous VBA, EES ou encore Matlab. De multiples données peuvent également être prises en compte, comme par exemple la consommation d'ECS, le temps d'occupation des résidents, la consommation d'énergie électrique EDF et de gaz GDF et de leurs tarifs associés.[27]

### 4. Présentation du modèle de l'installation à étudié :

Dans la construction de notre installation sur la plate-forme de TRNSYS on utilise des différents organes se sont :

TYPE : Pompes

TTYPE 1b : Panneau solaire plan

TYPE 2b : Système de régulation tout ou rien

## CHAPITRE III : MODALISATION ENERGETIQUE

TYPE 57 : Convertisseur d'unité  
TYPE 60d : Echangeur de chaleur et ballon de stockage  
TYPE 14b : Vanne de distribution.

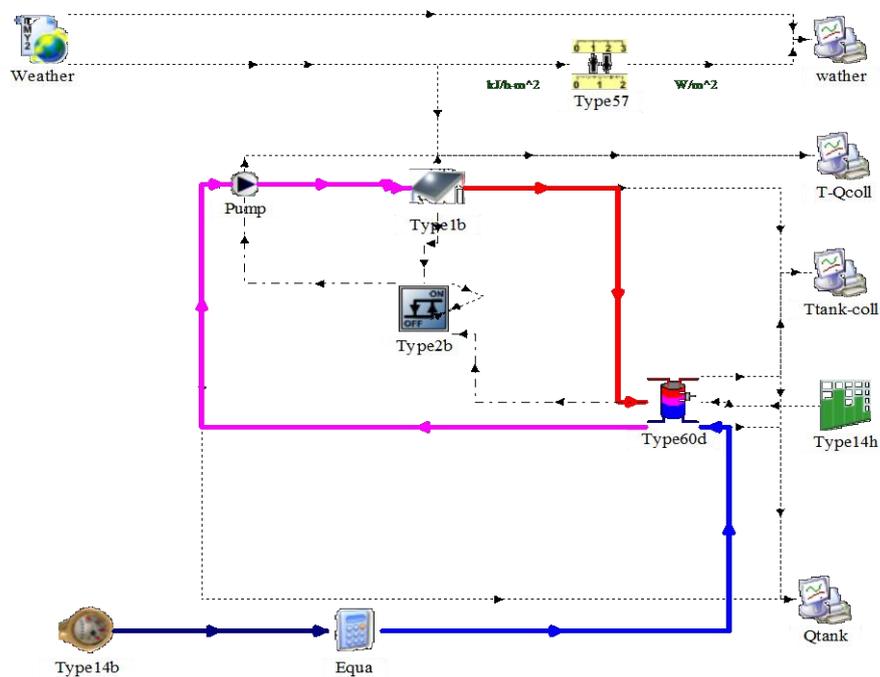


Figure 31: la boucle de simulation par le logiciel TRNSYS.

Cette installation permet de produire de l'eau chaude, en utilisant l'énergie solaire; l'énergie solaire est employée sous les deux formes de l'énergie solaire à savoir thermique et photovoltaïque. La boucle solaire thermique permet d'alimenter l'installation en eau chaude à une température bien déterminée en général 60°C, pour ce le collecteur solaire thermique capte les rayons de l'énergie solaire et chauffe un fluide caloporteur, ce dernier passe à l'intérieur d'un serpentin et chauffera le liquide stocké dans le ballon.

### 5 .Résultat et discussion :

#### 5.1 .Les conditions météorologiques d'ain Temouchent :

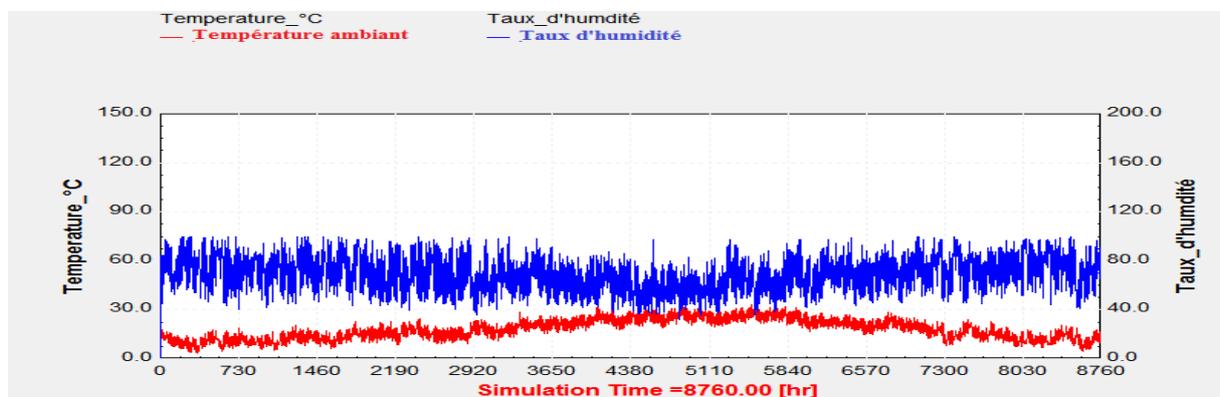


Figure32: la variation de la température et taux d'humidité.

## CHAPITRE III : MODALISATION ENERGETIQUE

Cette figure représente la variation de la température ambiante et taux d'humidité moyenne annuelle,

Pour la température ambiante nous remarquons que le mois de juillet étant le mois le plus chaud et le mois de janvier le mois de plus froid. la températures varient entre 8 °C et 30 °C.

Nous notons aussi dans la période de l'automne L'humidité est plus élevé par rapport à l'été elle varie entre 0.48 et 0.82.

### 5.2. Etude de l'évolution de la température de chauffe eau solaire a circulation forcée :

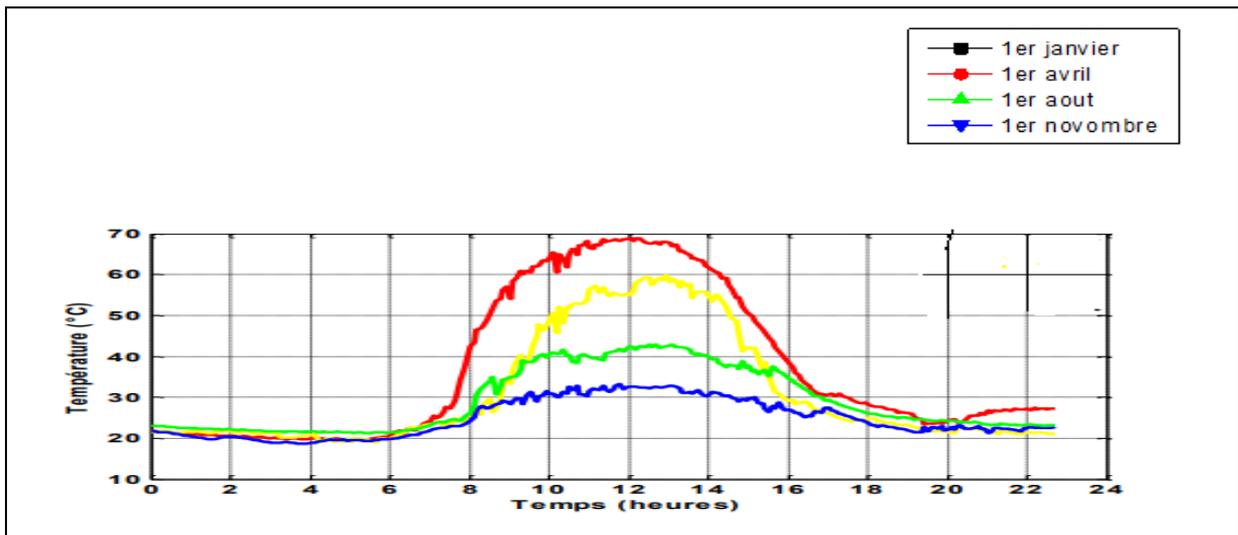


Figure33 :Evolution des différentes températures.

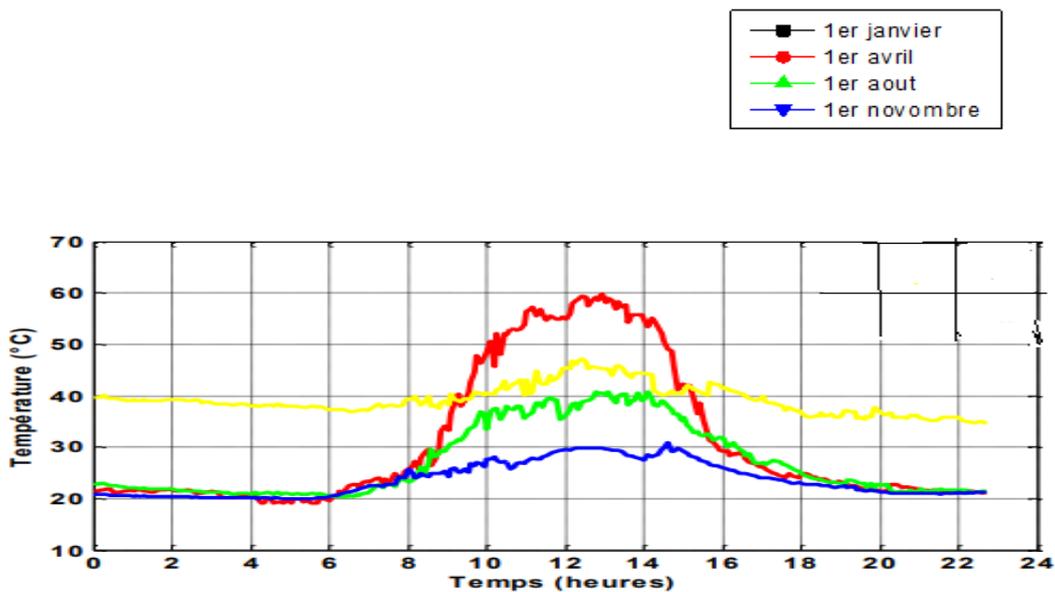


Figure34 :Evolution des différentes températures du fluide caloporteur.

la variation temporelle des températures de fluide caloporteur dans les différentes parties de notre chauffe-eau-solaire a circulation forcée. A partir de ces résultats, on constate que la température du fluide caloporteur en sortie du capteur atteint les 60°C aux environs de midi solaire. Elle peut facilement dépassée les 70°C si on avait un bon contact entre les tubes véhiculant le fluide de travail (l'eau) et la plaque absorbante.

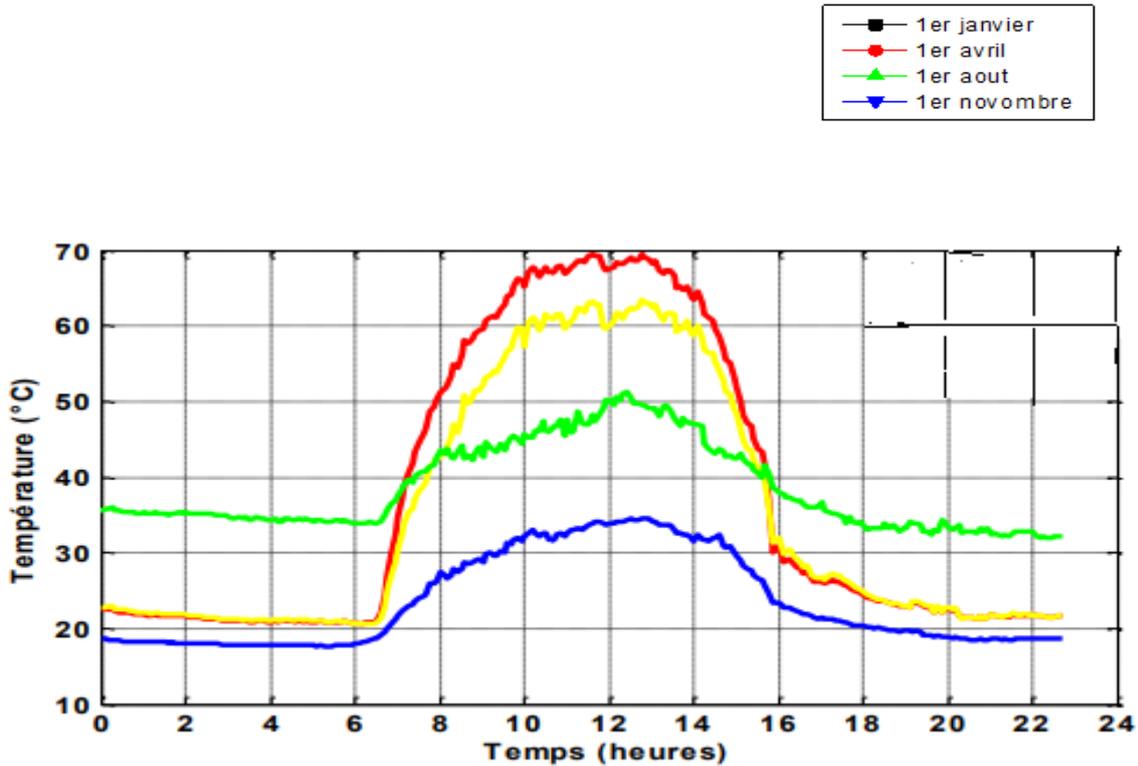


Figure35: Evolution de la température du ballon de stockage thermique.

l'évolution de la température du ballon de stockage thermique durant 4 journées types de l'année (1er janvier ; 1er avril ; 1er août et le 1er novembre).

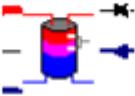
On remarque un comportement similaire du profil de la température au cours du temps, mais la grandeur de cette température dépend de l'ensellement. Cette température peut atteindre 37°C en Août et 25 °C en janvier.

### 6. Définition et paramètre :

Tableau IV : définitions des paramètres principaux définitions de trnsys.

Paramètres	Définitions
 Weather	type de 109 : lit un fichier de données météorologiques dans le format TMY2 norme

## CHAPITRE III : MODALISATION ENERGETIQUE

 Type 14b	Fonction de temps
 Type 2b	ON / OFF Controller différentiel; Stratégie Old contrôle
 Collectors	Collecteur solaire; Efficacité Quadratic, 2e ordre Angle d'incidence Modificateurs.
 Type 60d	Ballon d'eau chaude (ballon de stockage thermique) (Type 60d)
 Type 14	Calculatrice : Type 14 (type14h) : permet de donner un débit de gaz constant en fonctionne de temps.
 Daily load	Calculatrice d'équation
 Daily Intégration	Quantité Integrator
 Daily Résulta	Imprimante - Pas d'unités imprimées dans le fichier de sortie
 Totats	imprimante - Pas d'unités imprimées dans le fichier de sortie

### 7. Avantages du logiciel :

Grâce à son approche modulaire TRNSYS est extrêmement flexible pour modéliser un ensemble de systèmes thermiques à différents niveaux de complexité. L'accès au code source permet aussi aux utilisateurs de modifier ou d'ajouter des composants qui ne Figure pas dans la bibliothèque d'origine. Cela en offrant une vaste documentation des sous programmes y compris explication, usages usuels et équations de base. Enfin la définition de la période de la simulation est très souple avec le choix du pas de temps du début à la fin de la simulation.[28]

### 8. Inconvénients :

## CHAPITRE III : MODALISATION ENERGETIQUE

---

En revanche TRNSYS ne dispose pas de valeurs ou de systèmes par défaut, l'utilisateur doit posséder et introduire l'ensemble exhaustif de ses données définissant le Bâtiment et le système. D'autre part le modèle initial de bâtiment proposé dans le logiciel TRNSYS, le TYPE 56 'Multizone Building' utilise la méthode des fonctions de transfert pour déterminer la réponse thermique d'une paroi. BAHRI. S en 1994 a mis en évidence que cette méthode pose des problèmes pour des bâtiments à forte inertie.<sup>3</sup> Gilles FRAISSE en 1997 ajoute que ce modèle (Type 56) ne fonctionne pas avec un pas de temps quelconque. Ceci est un réel problème lorsque l'on étudie par exemple un système de régulation.[28]

### 9. Déroulement de la simulation :

Le déroulement de la simulation avec le logiciel TRNSYS peut être résumé dans deux étapes suivantes : La première concerne la programmation et l'établissement d'un programme global. Dans ce dernier, on a d'abord commencé par l'introduction des données météorologiques de la ville de Ain- témouchent, car elle ne Figure pas dans la bibliothèque du TRNSYS; puis l'insertion des valeurs horaires de températures et d'humidités relatives pour la période d'été. Ensuite la deuxième étape concerne le traitement des données après programmation.[28]

## *Conclusion générale*

## Conclusion générale

Le but de ce travail était de présenter la mise en place de la simulation et de comparer entre une installation de climatisation solaire et une installation de climatisation classique. Ces installations de rafraîchissement sont simulées avec les composants existants dans la bibliothèque du code de calcul TRNSYS.

Les chauffe-eau à circulation forcée Les panneaux solaires seront remplis avec un fluide qui ne craint pas le gel (en général de l'eau glycolée). Comme ce fluide est impropre à la consommation et ne doit pas être mélangé avec l'eau chaude sanitaire, la chaleur sera récupérée dans le ballon à travers un échangeur. Un serpentin à l'intérieur du ballon joue ce rôle et évité tout contact entre l'eau chaude et le fluide caloporteur. Une pompe assure le transfert du fluide entre les capteurs solaires et l'échangeur. La position du ballon par rapport aux panneaux n'a plus d'importance.

Après une présentation succincte sur chauffe-eau à circulation forcée nous avons dressé un état de l'art sur l'exploration de système régulateur, la régulation ne doit pas transférer les calories du ballon d'eau chaude sanitaire vers le capteurs solaire la journée.

La modélisation numérique est réalisée par le code TRNSYS qui utilise la méthode des bilans globaux des énergies. Les résultats de simulation numérique permettent de découvrir les profils de température aux différents endroits de l'installation.

# *BIBLIOGRAPHIE*

# BIBLIOGRAPHIE

---

## BIBLIOGRAPHIE

- [1] File : Guide CESI Ecoser 112010.pdf-energypedia.info
- [2]<http://www.chauffe-eau-solaire.net/a.circulation-forcee/>
- [3] ANDRE JOFFRE, cours d'Alsace, Tecsol, FORMATION Strasbourg Janvier 2004, [www.tecsol.fr](http://www.tecsol.fr).
- [4] « Feuille de route Solaire Thermodynamique » guide de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (A D E M E) Version finale Juin 2010.
- [5] <https://www.chauffe-eau-solaire.info/>
- [6] [www.solairethermique.fr](http://www.solairethermique.fr)
- [7]M. T. BAISSI, K. TOUAFEK, I. TABEL, and A. KHELIFA, “Conception D’Un Capteur Solaire Hybride Photovoltaïque Thermique (Systeme-Thermosiphon),” Archives.Umc.Edu.Dz. pp. 498–508, 2016
- [8] S. .Helioakmi, “Système a circulation forcée manuel technique,” megasun, no. 1
- [9] <https://energiplus-lesite.be/techniques/eau-chaude-sanitaire11/differents-preparateurs/capteur-a-eau-chaude-d1/>
- [10]M. L. BEN GUEHZA, “Impact de l’espace entre les deux vitrages sur le rendement d’un capteur solaire,” Université de KASDI Merbah OUARGLA, 24 Février 2009, 2009
- [11]A.A.Sfeir, G.Guarracino, Ingénierie des systèmes solaires, application à l’habitat. Technique et documentation 1981.
- [12] S. .Helioakmi, « MANUEL TECHNIQUE INSTRUCTIONS D'INSTALLATION ET D'UTILISATION » NOVASUN,
- [13]B. Aghilas, “Etude de performances d ’ un capteur solaire plan à eau,” UNIVERSITE DE LORRAINE, 2016.
- [14] <https://www.solaris-store.com/content/39-installer-un-regulateur>.
- [15]“Régulateur différentiel température TDC 3,” pp. 1–44, 200
- [16][www.ksb.fr](http://www.ksb.fr)[17] <http://david.mercereau.info/formation-pv>
- [18] <https://www.energie-solaire.com/>
- [19]FORMATION BÂTIMENT DURABLE : POMPE À CHALEUR: CONCEPTION – AUTOMNE 2017
- [20] [infos.france@caleffi.fr](mailto:infos.france@caleffi.fr) · [www.caleffi.com](http://www.caleffi.com)

## BIBLIOGRAPHIE

---

[21] zentrale@ ebv- gmbh. de www.ebv-gmbh.com//

[22 ]www.dabpumps.com

[23]www généralités sur les chauffe-eau solaires

[24] E. Koutroulis and K. Kalaitzakis, “Novel Battery Charging Regulation System for Photovoltaic Applications”, IEE Proc. Electr. Power Appl., Vol. 151 N°2, pp.191 - 197, March 2004.

[25] Fundiscount.fr © 2007 - 2020 Réalisé par **ReWeb.fr**

[26] <https://www.energie-solaire.com/>

[27]B. Rachid, “Conception et régulation des systèmes fermés de distribution et de circulation de chauffage/climatisation Soutenu,” Aboubekr Belkaide Tlemcen, 2013.

[28]Modélisation et simulation de quelques systèmes De Rafraichissements PASSIF en climat algérie.

# *LISTE DES TABLEAUX*

## LISTE DES TABLEAUX

---

### LISTE DES TABLEAUX

Tableau IV.3 : Evaluation du prix de revient de accessoires de plomberie