

## **CHAPITRE 1 : NOTIONS GENERALES SUR LES MACHINES FRIGORIFIQUES SOLAIRE**

---

### **I.1. INTRODUCTION**

La diversité d'utilisation de l'énergie solaire dans de vastes domaines, ce qui rend le travail sur le développement de l'exploitation humaine à travers la piste de suivi et de localiser à travers les techniques de jour pour profiter de toute cette énergie pendant la journée. A été exploitée notamment dans le domaine de la réfrigération, a réussi de convertir cette énergie en électricité pour alimenter le compresseur dans l'ancien circuit de refroidissement à travers le panneau solaire photovoltaïque et Quant à l'énergie thermique utilisée dans un système de réfrigération a sorption et a éjection, Pour vaporiser et séparé fluide frigorigène de solution riche et absorbant dans la bouilleur, en tenant compte de son impact sur l'environnement et l'humaine et le coût et la simplicité de fonctionnement.

Ce chapitre pour sélectionner de la machine frigorifique solaire a étudié et le fluide frigorigène et le capteur solaire a utilisé, a réaliser l'intégration entre les composants de la machine de bon fonctionnement et faible coût.

### **I.2. NOTIONS GENERALES SUR L'ENERGIE SOLAIRE**

L'énergie émise par le soleil voyage jusqu'à la Terre sous forme de rayonnement électromagnétique. Ce rayonnement est semblable aux ondes radioélectriques mais il possède une gamme de fréquence différente. L'énergie peut être récupérée par des capteurs solaires thermiques ou photovoltaïques [1].

#### **I.2.1. Description de capteur solaire thermique**

Les capteurs solaires sont des systèmes, qui captent et transforment l'énergie du rayonnement solaire en énergie thermique, cette transformation est obtenue à l'aide des collecteurs thermiques. Il existe deux principaux types de capteurs solaires thermiques [2] :

- Les capteurs plans
- Les capteurs concentrateurs

### I.2.2. Définition du capteur solaire plan

Le capteur solaire plan est un système thermique qui permet la conversion de l'énergie solaire en énergie calorifique, la chaleur reçue de cette conversion est utilisée soit directement (cas de chauffage), soit elle même convertie en énergie mécanique par l'intermédiaire des cycles thermodynamique [3].

### I.2.3. Description générale des composants du capteur solaire plant

Le capteur plant représenté dans la figure I.1, doit être constitué des éléments suivants :

#### 1) vitre

Couverture transparente (vitre) : qui engendre l'effet de serre ; en verre ou plexiglas, son intérêt consiste surtout en une meilleure isolation thermique de la face avant du capteur, sa qualité est aussi importante que celle de l'isolation arrière.

#### 2) Absorbeur

C'est la transformation du rayonnement solaire en chaleur, il transport cette chaleur au fluide caloporteur, il est constitué d'une plaque métallique (cuivre, acier, aluminium) de faible épaisseur ( $<4\text{ mm}$ ) peinte en noir du côté rayonnement et parfois munie d'ailettes de l'autre côté pour augmenter le transfert avec le fluide caloporteur.

Ses principales qualités sont :

- un facteur d'absorption aussi voisin que possible de l'unité ;
- un pouvoir émissif dans l'infrarouge aussi faible que possible ;
- une bonne conductivité thermique ;
- une faible inertie thermique [4].

#### 3) Fluide caloporteur

Le fluide caloporteur est utilisé dans le circuit primaire de capteur solaire a pour rôle de véhiculer la chaleur cédée par l'absorbeur, différents fluides peuvent être utilisée mais doit satisfaire a des certains conditions :

- Grande capacité calorifique.
- Faible viscosité.
- Coefficient de transfert thermique élevé.
- Haute point de d'ébullition est bas point de congélation.
- Degré d'agressivité faible devant les matériaux constituant le capteur.

Les fluides caloporteurs plus utilisée sont :

### ❖ Air

L'air comme agent de transport de calories a un grand avantage par son abondance et sa gratuité, est par l'absence des problèmes de gel et de corrosion ce qui donne au capteur une grande durée de vie est moins de travaux d'entretien.

Mais pour transporter une quantité raisonnable d'énergie il faut utiliser des volumes d'air très importants.

### ❖ Eau

Un excellent fluide caloporteur pour sa chaleur massique mais le risque de gel pendant les nuits d'hiver et le risque d'ébullition en cas haute température pose des problèmes [5].

### 4) Isolant

Il joue un rôle très important dans les applications de l'énergie solaire, empêche les pertes thermiques ; elle se compose d'une plaque d'aluminium de surface très lisse (parfois elle n'est pas utilisée), d'une couche de polystyrène (de 20 à 80 mm d'épaisseur) ou de laine de verre et d'une plaque en bois externe (de 5 à 20 mm d'épaisseur).

### 5) Boîtier (coffret)

Il contient les trois éléments cités précédemment et dont les parois sont tapissées d'une couche isolante destinée à réduire les pertes vers l'arrière et les cotés du capteur, il doit être solide et résistant à la corrosion [4].

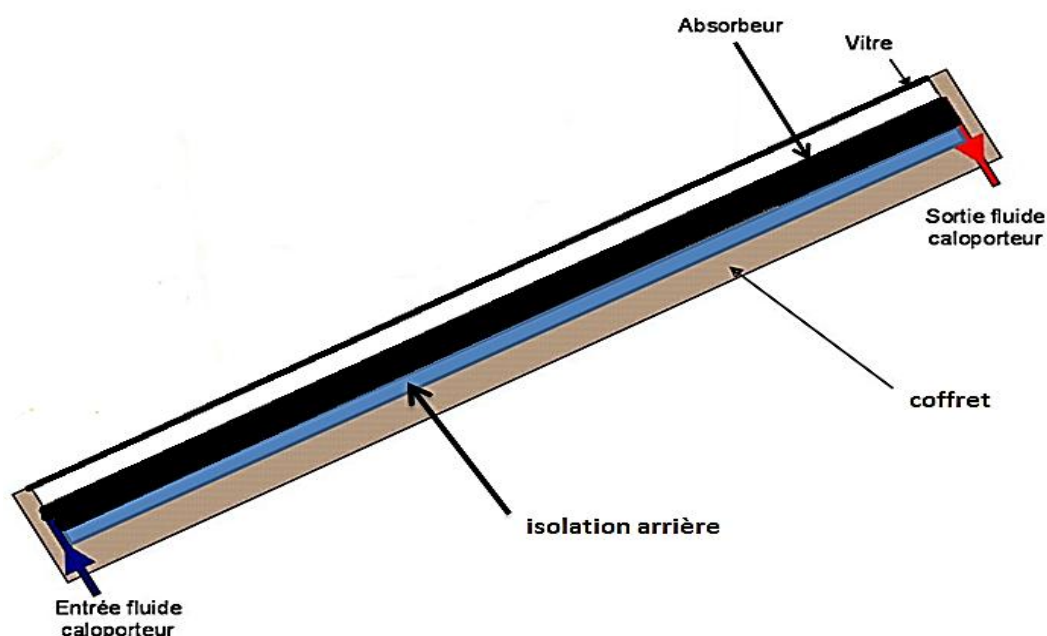


Figure I.1. Composants du capteur solaire.

### I.2.4. Principe de fonctionnement d'un capteur solaire

Le principe de fonctionnement d'un capteur solaire plan est très simple (figure I.2) :

Le rayonnement solaire traverse la vitre et arrive sur l'absorbeur muni d'une surface sélective où il est converti en chaleur à sa surface. Le fluide caloporteur qui circule dans l'absorbeur conduit la chaleur captée vers un échangeur de chaleur, à partir duquel elle est transmise au consommateur.

Le vitrage est transparent pour le rayonnement visible et le proche IR mais opaque pour le rayonnement IR lointain émis par l'absorbeur, ainsi, la couverture transparente crée un effet de serre.

L'isolation thermique en dessous et autour du capteur diminue les déperditions thermiques et augmente ainsi son rendement [6].

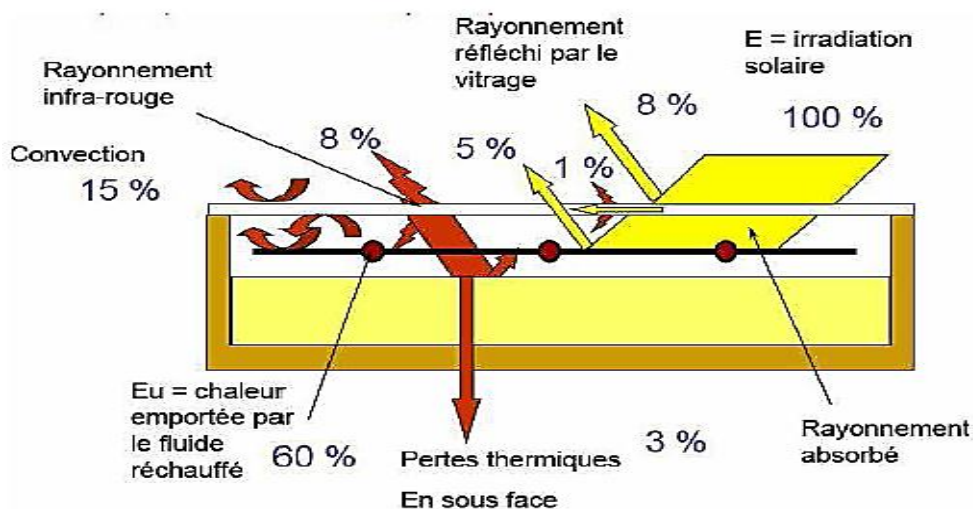


Figure I.2. Principe fonctionnement de capteur plan [6].

### I.2.5. Bases de captation d'énergie solaire de capteur plan

#### a) Corps noir (absorbeur)

C'est un corps ou une surface qui absorberait de façon idéale la totalité d'un rayonnement qu'il reçoit, et qui aussi, à une température donnée et pour une longueur d'onde donnée, il émettrait le maximum de flux par rayonnement.

#### b) Effet de serre (vitre)

L'effet de serre est souvent mis à profit pour la conversion thermique à base de température du rayonnement solaire. On désigne normalement par "effet de serre", l'ensemble des modifications apportées à l'équilibre énergétique et thermique d'un corps récepteur (le sol par exemple), par la mise en place d'un couvercle de verre, transparent au rayonnement

solaire, compris entre  $0.01\mu\text{m}$  et  $4\mu\text{m}$  et opaque au rayonnement solaire terrestre de longueur d'onde supérieure à  $4\mu\text{m}$  [7].

### I.2.6. Différents types des capteurs plans

#### Capteur solaire à eau

Le capteur solaire thermique à eau est constitué principalement d'une couverture transparente, d'un absorbeur, d'un conduit permettant à l'eau de collecter l'énergie cédée par l'absorbeur, et d'un isolant. La figure (I.3) représente le principe de fonctionnement d'un tel capteur.

Le principe est le suivant : le rayonnement solaire, passe à travers la couverture transparente (constituée ici d'un vitrage), et arrive à l'absorbeur, celui-ci s'échauffe, et transmet de l'énergie thermique par convection à l'eau qui circule dans les conduits, et réémet du rayonnement thermique vers l'extérieur, l'isolant permet de réduire les pertes thermiques du capteur.

Ils s'adaptent aux appareils de chauffage à liquide, y compris ceux dont le liquide entre en ébullition pendant le chauffage (la production de l'eau chaude sanitaire).

On peut distinguer deux types de systèmes :

- Les systèmes à basse pression de circulation très simple, à eau chaude sans pression.
- Les systèmes à haute pression, à eau chaude à haute pression utilisant une pompe [6].

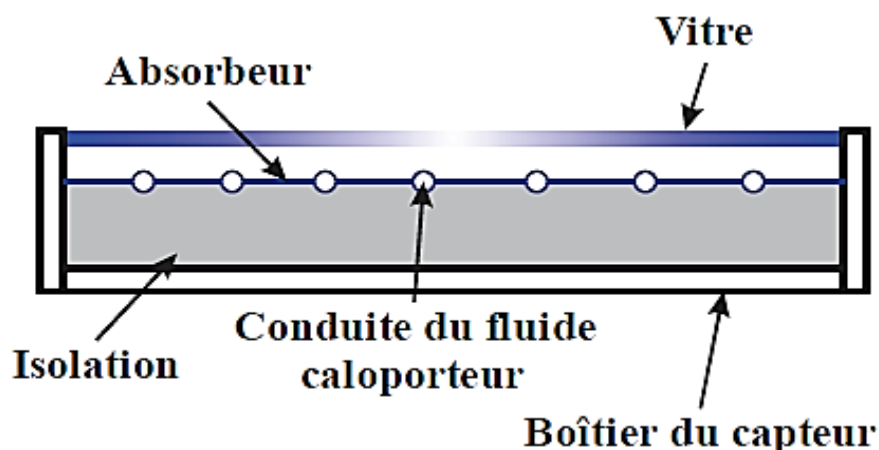


Figure I.3. Composants d'un capteur plan à eau.

### Capteur solaire à air

Ils sont utilisés pour le chauffage direct de l'air, généralement pour le préchauffage de l'air neuf. Ils sont utilisés lorsque la température désirée n'est pas très haute ( $<70^{\circ}\text{C}$ ).

Car le rendement baisse fortement avec la hausse de la température de l'air caloporteur. L'avantage de ces capteurs est leur faible coût ainsi que la faible complexité d'installation.

Des ailettes sont dessinées dans l'absorbeur pour augmenter le coefficient d'échange convectif entre l'air et le fluide caloporteur et l'absorbeur.

Ces capteurs peuvent être utilisés dans une installation de desiccant cooling.

Ce type de capteurs s'adapte aux appareils de chauffage à air pour le séchage des produits agro-alimentaires, et le chauffage des locaux [8].

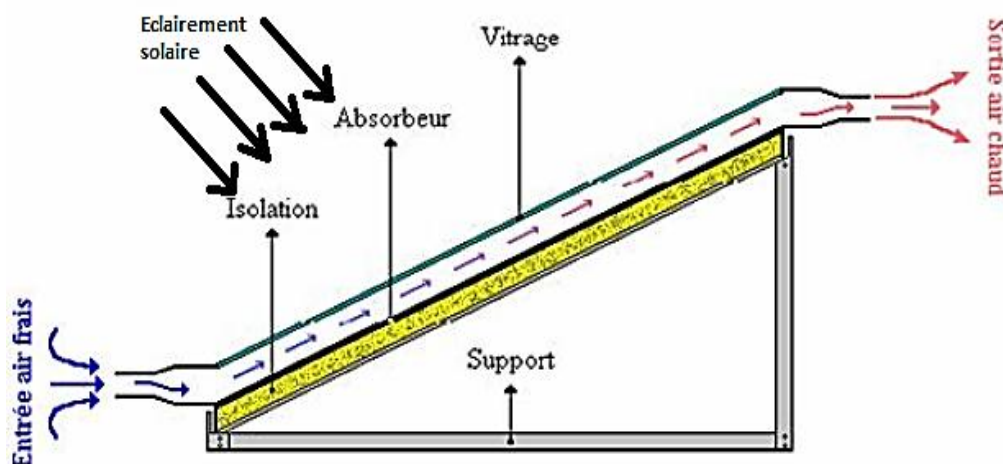
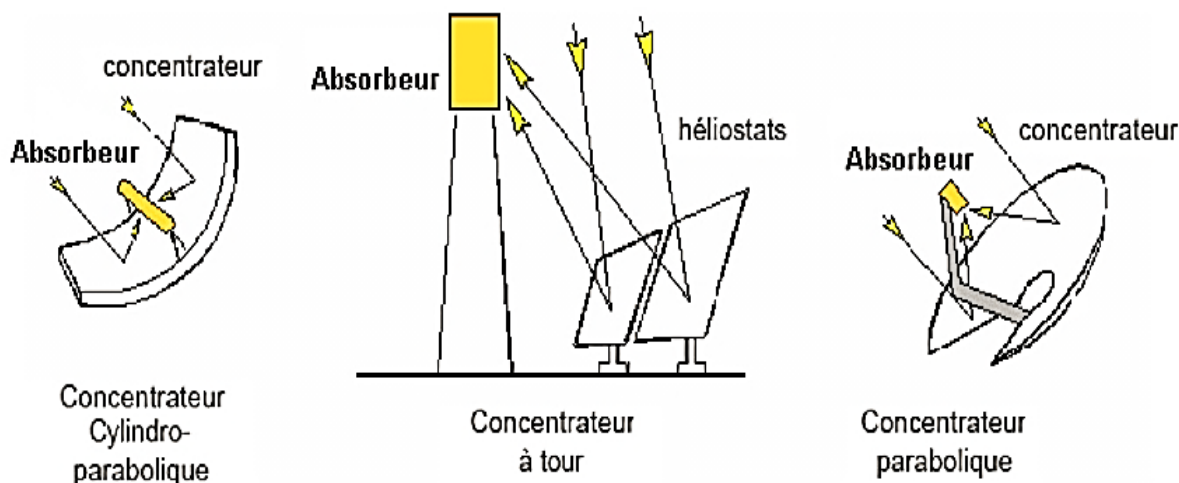


Figure I.4. Composent un capteur plan à air.

### I.2.7. Différents types des capteurs concentrateurs

Ces capteurs utilisent des surfaces réfléchissantes (miroirs) paraboliques ou cylindro-paraboliques pour concentrer les rayons solaires respectivement dans le foyer ponctuel ou dans le foyer linéaire de ces surfaces, dans le foyer ponctuel ou le long du foyer linéaire se trouvent les récepteurs (absorbeurs) qui captent la chaleur solaire ainsi concentrée. Naturellement ces concentrateurs doivent suivre le mouvement du soleil. [9].



**Figure I.5.** Schéma de types des capteurs concentrateurs [6]

### ○ **Concentrateur cylindro-parabolique**

C'est un capteur à concentration à foyer linéaire utilisant un réflecteur cylindrique de section parabolique, le rayonnement solaire est concentré environ 100 fois sur des tubes linéaires, de couleur noire (absorbeurs) pour capter un maximum de rayonnement, contenant un fluide caloporteur, installés le long de la ligne focale des miroirs.

### ○ **Concentrateur parabolique**

Utilisent un miroir parabolique mobile qui concentre l'énergie solaire sur un moteur Stirling placé sur le point focal, la température au foyer peut atteindre de 500 à 1 000°C [6].

### ○ **Concentrateur à tour solaire**

Plusieurs de miroirs sont positionnés autour d'une tour, on appelle ces miroirs « héliostats » (en grec : qui fixe le soleil).

Situés au sol les rayons du soleil sont ainsi en permanence réfléchis en direction d'un point unique au sommet de la tour, le rayonnement solaire est directement concentré sur un absorbeur qui transforme le rayonnement en chaleur à haute température, peut atteindre des températures supérieures à 1000°C [10].

## **I.2.8. Coordonnées célestes**

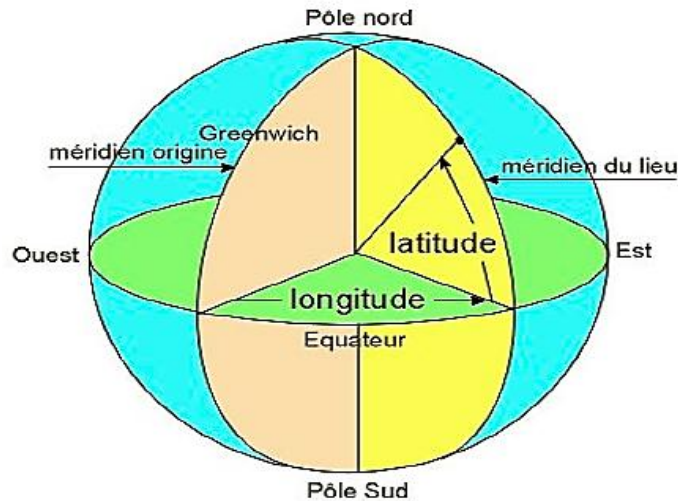
### ○ **Coordonnées géographiques de la terre**

Sont des coordonnées angulaires qui permettent le repérage d'un point sur la terre.

La figure I.6 représenté les coordonnées géographiques de la terre (latitude, longitude).

Un point quelconque d'un lieu donné du globe peut être défini par les coordonnées suivantes :

- ✓ **Latitude ( $\Phi$ )** : correspond à l'angle entre le rayon joignant le centre de la terre à ce lieu et le plan équatorial. Elle varie de  $-90^\circ$  à  $+90^\circ$ , elle est positive vers le nord.
- ✓ **Longitude ( $L$ )** : représente l'angle entre le plan méridien passant par ce lieu et le plan méridien origine (Green winch) [11].



**Figure I.6.** Coordonnées géographiques de la terre.

✓ **Altitude** : est la distance verticale entre ce point et une surface théorique de référence (surface de la mer).

### ○ **Coordonnées horaires de la terre**

Les coordonnées horaires représentées par la figure I.7 de (Angle horaire, Déclinaison).

- **Angle horaire ( $\omega$ )** : est déterminé par la rotation régulière de la terre autour de son axe. Elle est comptée positivement dans le sens rétrograde de  $0$  à  $+360^\circ$ , une heure sidérale vaut donc  $15^\circ$  d'angle et  $\omega=0^\circ$  (12h:00) au méridien de Greenwich.
- **Déclinaison( $\delta$ )** : c'est l'angle fait par le plan de l'équateur avec celui de l'écliptique. Elle est variée au cours de l'année de  $+23^\circ 27'$  à  $-23^\circ 27'$ .

Elle est comptée positivement de  $0$  à  $+90^\circ$  de (E) vers P (pôle boréal), et négativement de  $0$  à  $-90^\circ$  de (E) vers P' (pôle austral).



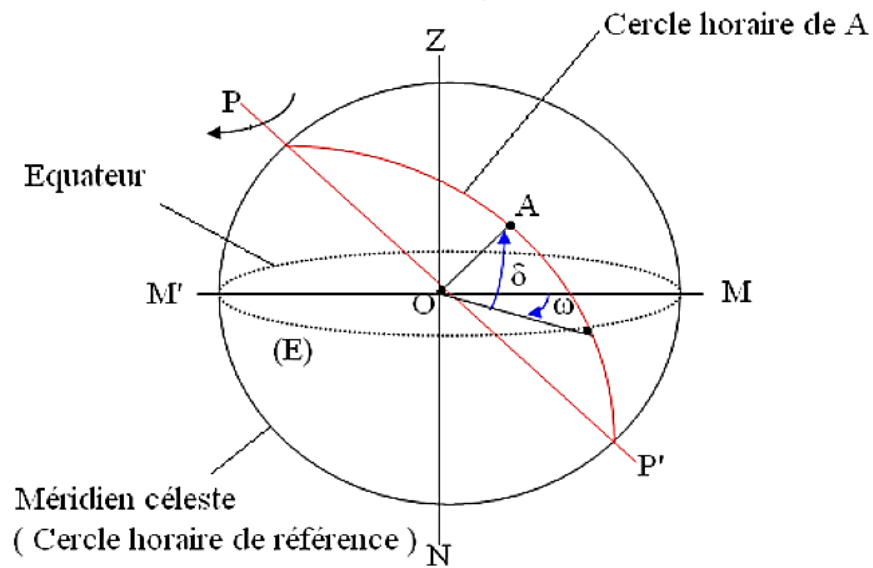


Figure I.7. Les coordonnées horaires de la terre.

○ Coordonnées horizontales du soleil

Ces coordonnées représentées par la figure I.8 de (hauteur, azimut).

- **Hauteur ( $h_s$ )** : est l'angle entre la direction du soleil et sa projection elle est comptée positivement de  $0$  à  $+90^\circ$  vers le zénith et négativement de  $0$  à  $-90^\circ$  vers le nadir.
- **Azimut ( $a$ )** : est l'angle entre la direction de soleil et la direction de sud. On peut le compter positivement de  $0$  à  $+180^\circ$  vers l'ouest et négativement de  $0$  à  $-180^\circ$  vers l'est [12].

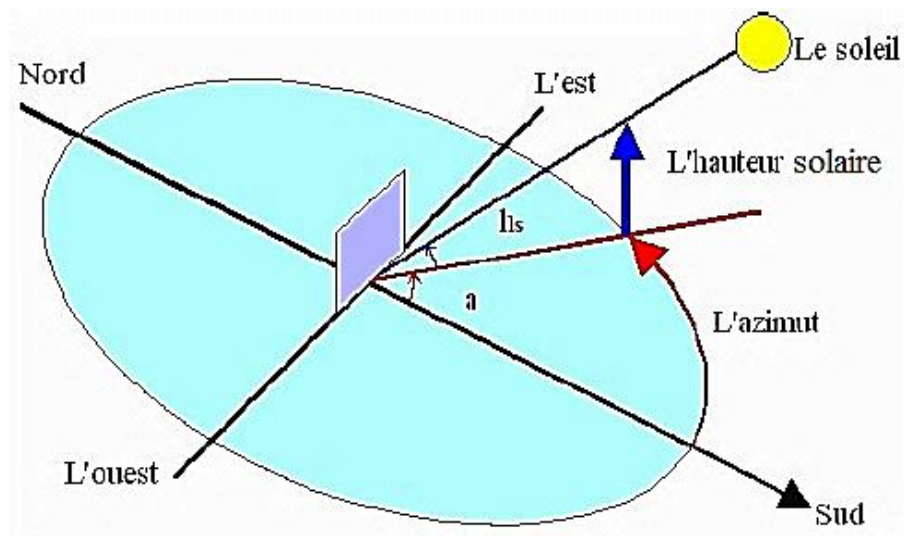


Figure I.8. Coordonnées horizontales du soleil.

### I.3. MACHINES FRIGORIFIQUES SOLAIRE

Il existe des technologies où l'énergie thermo-solaire est utilisée dans un processus de réfrigération à la place de l'électricité, le principe de base dans un processus de réfrigération solaire est le phénomène de sorption : une substance gazeuse peut être déposée sur une liquide absorption ou sur un solide (adsorption).

Il est à distinguer entre les systèmes de sorption ouverts et fermés, les processus fermés comportent des refroidisseurs à absorption ou à adsorption, les champs d'application des systèmes fermés sont la production d'eau froide, qui est utilisée pour les stations de ventilation centralisée (déshumidification) ou dans la climatisation décentralisée, c'est —à-dire la climatisation résidentielle.

Le système frigorigère évaporatif et desiccant sont basés sur les cycles ouverts. Dans ce cas, l'air est directement conditionné c'est-à-dire refroidi et déshumidifié [13].

#### Types de sorption

Les systèmes frigorigères à sorption utilisent des propriétés couplées d'un sorbant et d'un sorbat (Fluide frigorigère), suivant la nature du sorbant liquide ou solide, la machine présente des variantes dont les principales sont les suivantes :

#### a) phénomène à adsorption

#### Définitions du phénomène d'adsorption

Fantana et Schelle ont découvert le phénomène d'adsorption en 1711[14].

Phénomène d'adsorption représenté par la figure I.9, est un phénomène physique de fixation de molécules sur la surface d'un solide. Ce phénomène est utilisé pour "récupérer" des molécules indésirables de fluide (liquides ou gazeuses) dispersées dans un solvant. La fixation provient de l'établissement, entre le solide et les molécules, de liaisons de Van Der Waals (liaisons de type électrostatique de faible intensité, avec des énergies d'interaction entre 5 et 40 kJ/mol)

On parle aussi d'adsorption physique, pour la différencier de l'adsorption chimique qui met en jeu des forces de plus grande intensité (du type liaison covalente), et qui modifie la structure moléculaire du soluté (contrairement à l'adsorption physique), ce qui rend en général le processus irréversible, l'adsorption est favorisée.

-Pour l'adsorbant, par une faible granulométrie (la taille des grains doit être proche de la taille moléculaire), donc une grande surface spécifique (la surface accessible aux solutés doit être maximale).

-Pour l'adsorbat, la masse moléculaire est élevée [15].

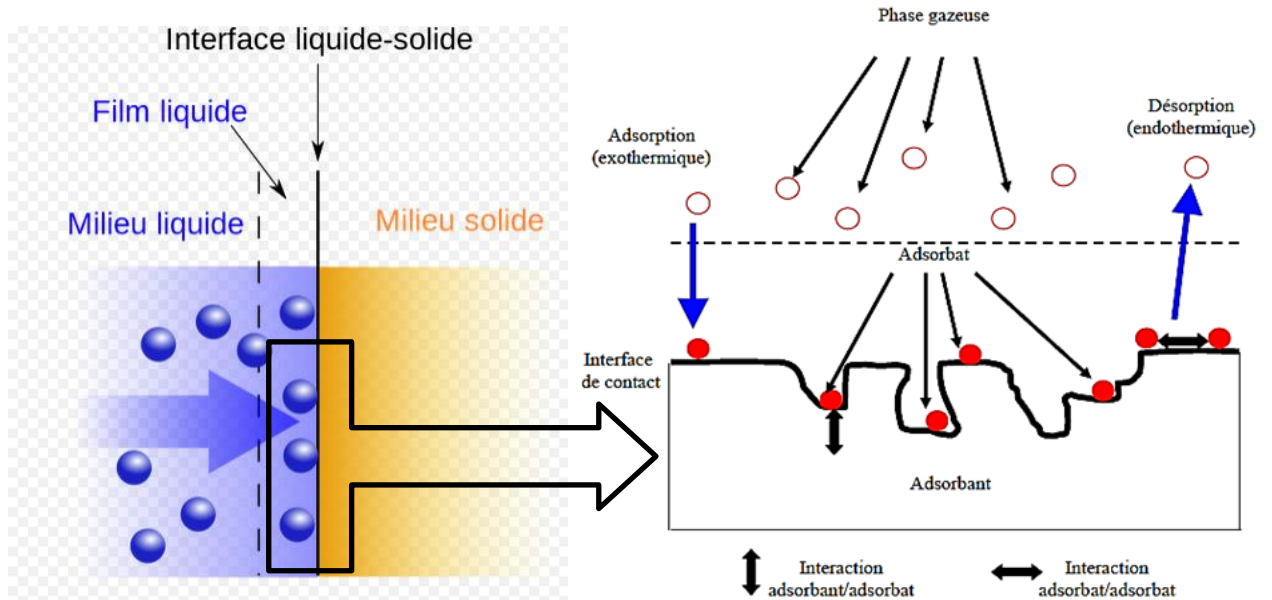


Figure I.9. Phénomène d'adsorption [16] [17].

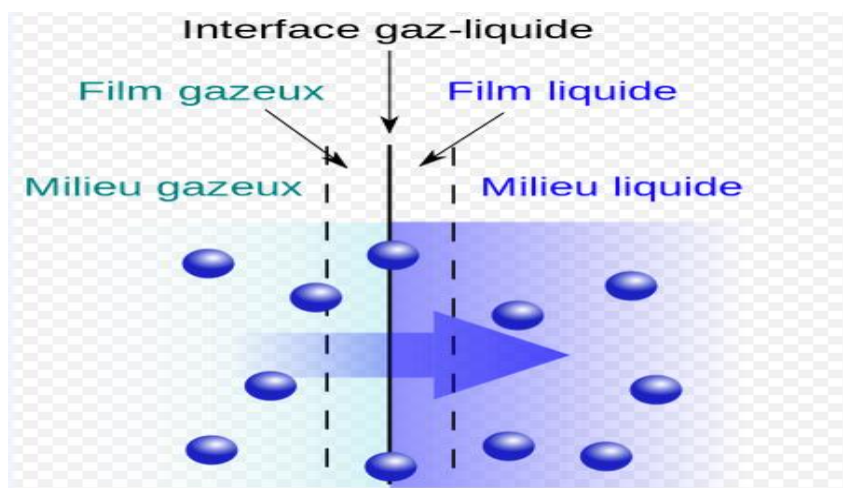
### Phénomène d'absorption

#### Définitions du phénomène d'absorption (Sorption chimique)

Le phénomène d'absorption représenté dans la figure (I.10) est le mélange d'un gaz dans un liquide, les deux fluides présentent une forte affinité, pour former une solution (Dieng et Wang, 2001), Ce processus est réversible.

Le procédé de production de froid par absorption liquide gaz est un procédé où les deux phases de fonctionnement du dipôle sont séparées spatialement et non pas temporellement.

Le cycle de basse nécessite donc la mise en œuvre de deux dipôles fonctionnant simultanément [12].



**Figure I.10.** Phénomène d'absorption [17].

### I.4. DIFFERENT TYPE DE MACHINES FRIGORIFIQUES SOLAIRE

#### I.4.1. Description du machine frigorifique solaire à dessiccation

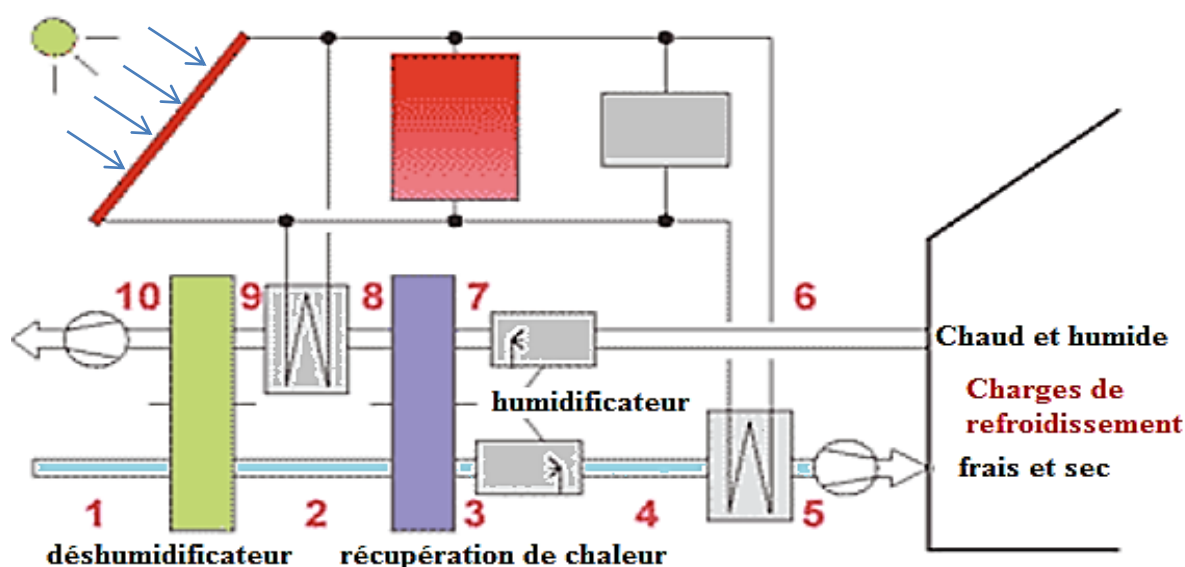
Les systèmes à dessiccation sont des systèmes ouverts utilisant l'eau, en contact direct avec l'air, comme réfrigérant.

Le cycle de rafraîchissement est une combinaison de rafraîchissement évaporatif avec une déshumidification par un matériau hygroscopique, qui peut être aussi bien liquide que solide.

Le terme « ouvert » signifie que le réfrigérant est évacué du système après qu'il ait produit son effet refroidissant, et qu'une nouvelle quantité de réfrigérant doit être injectée, le tout dans une boucle ouverte. Seule l'eau peut être utilisée comme réfrigérant puisqu'elle est en contact direct avec l'air ambiant.

La technologie la plus courante aujourd'hui utilise des roues à dessiccation rotatives, avec du silica-gel ou du chlorure de lithium comme matériau de sorption.

Les principaux composants du système sont présentés dans la figure (I.11)



**Figure I.11.** Schéma de principe d'un système à dessiccation (dessicant cooling)

Le procédé de base permettant le conditionnement d'air suivant :

L'air entrant, chaud et humide, traverse une roue à dessiccation en rotation lente, et est donc déshumidifié (1-2).

L'air étant réchauffé par le phénomène d'adsorption, un premier refroidissement est obtenu au travers d'un échangeur thermique (roue métallique en nid d'abeilles, en rotation : (2-3).

L'air est ensuite humidifié, et donc refroidi, dans un humidificateur (3-4), permettant d'ajuster le niveau d'humidité et de température souhaité pour l'air neuf.

L'air repris dans la pièce est humidifié pratiquement jusqu'au point de saturation (6-7), pour bénéficier au maximum du potentiel de refroidissement dans l'échangeur thermique (7-8). Enfin, la roue à dessiccation doit être régénérée (9- 10), en utilisant de la chaleur à un niveau de température relativement faible (50 °à 75 °C), permettant ainsi de poursuivre le processus continu de déshumidification.

Système utilisant un matériau déshydratant solide dans une roue en rotation [18].

#### I.4.2. Description du machine frigorigère solaire à éjection

L'éjecteur est l'élément essentiel du système tri thermes à éjecto-compresseur est représenté par la figure (I.12).

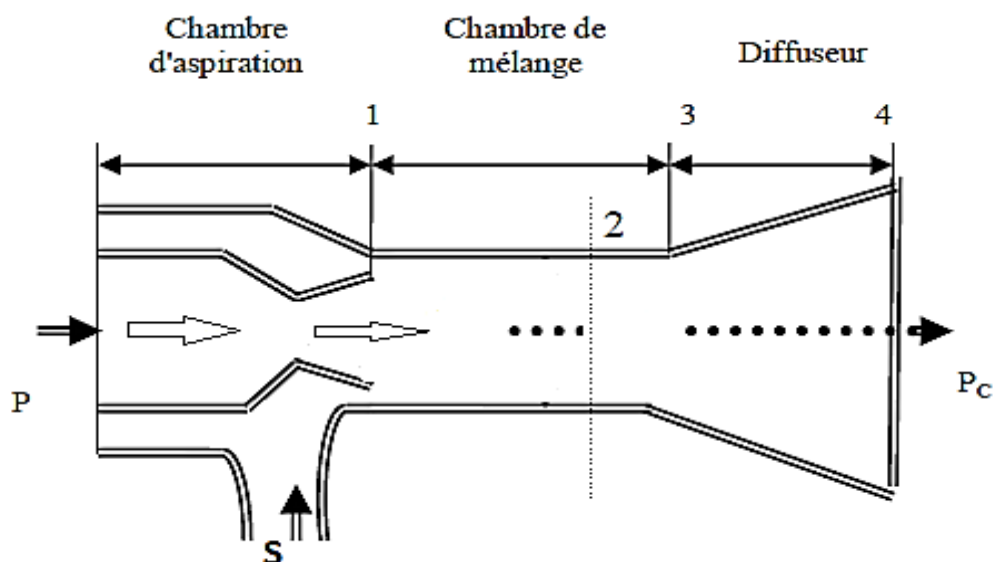


Figure I.12. Schéma représentatif de l'éjecteur

Il est composé d'une tuyère motrice et d'une tuyère secondaire en trois parties, partie convergente, chambre de mélange, partie divergente du diffuseur. L'éjecteur est l'élément où s'effectue le mélange des deux fluides (primaire et secondaire). C'est aussi un compresseur statique qui sert à augmenter la pression, donc, c'est un élément moteur de la machine dans laquelle le fluide moteur aspire le fluide de la boucle frigorigère. La partie active de l'éjecteur consiste en un système de deux tuyères coaxiales liées par un collecteur d'aspiration. [19]

#### ○ Analyse du fonctionnement de système à éjection

Le principe de fonctionnement est représenté par la figure (I.13), la vapeur générée dans le bouilleur à haute température et haute pression appelée fluide primaire ou moteur (P), se détend dans la tuyère primaire de l'éjecteur, à la sortie, le fluide primaire à grande vitesse entraîne le fluide secondaire (S) provenant de l'évaporateur. Ensuite, les flux primaires et secondaires se mélangent dans la chambre de mélange.

Une première augmentation de pression, due à la formation d'une onde de choc, a lieu dans la chambre de mélange suivie d'une seconde due à la compression dans le diffuseur.

À la sortie de ce dernier, le mélange se condense dans un condenseur.

Une partie du condensat passe dans l'évaporateur à travers un détendeur pour produire l'effet frigorigère tandis que le reste du liquide retourne au bouilleur par l'intermédiaire d'une pompe de circulation [20].

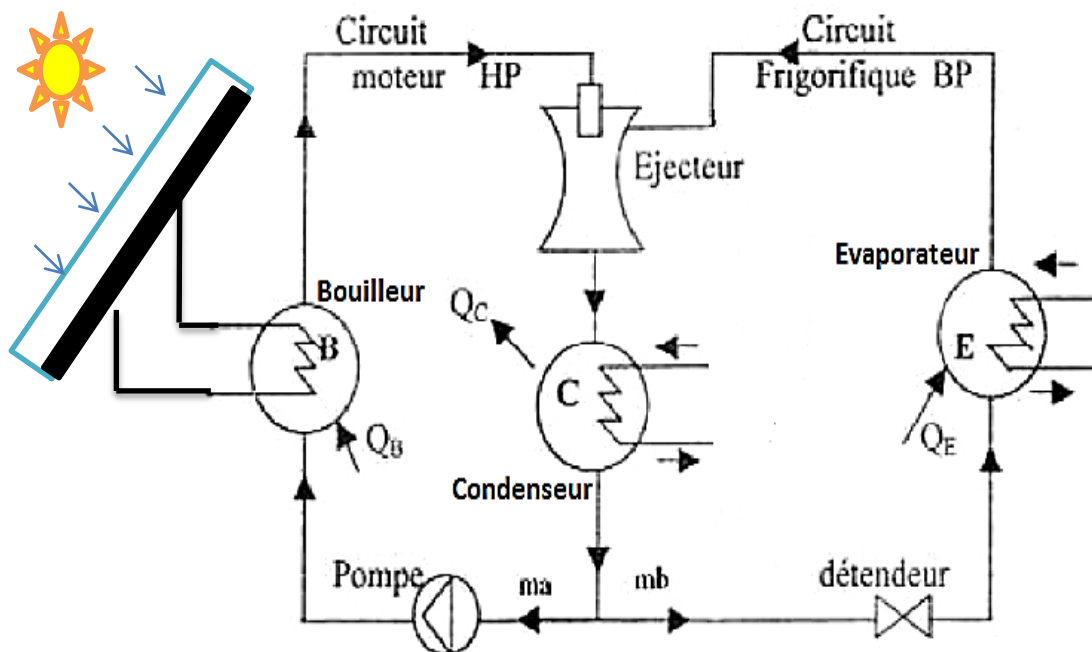


Figure I.13. Schéma simplifié d'une machine frigorifique à éjecto- compresseur

### I.4.3. Description du machine frigorifique solaire à adsorption

Une machine frigorifique à adsorption utilise le phénomène d'adsorption physique entre le fluide frigorigène et un adsorbant solide, les molécules du fluide frigorigène viennent d'être fixées à la surface de l'adsorbant [21].

Les valeurs des coefficients de performance (COP) frigorifiques sont un peu plus faibles que celles des machines à absorption liquides, elle ne nécessite pas non plus de pompe à solution ce qui rend son fonctionnement plus silencieux [22].

Le cycle fonctionne par intermittence, car le froid est produit seulement durant la nuit.

Les réfrigérateurs tels que conçus dans nos développements comportent quatre éléments principaux représentés dans la figure (I.14) [23] :

- Capteur-adsorbant : partie contenant l'adsorbant qui est chauffé par le rayonnement solaire, avec pour effet la désorption de l'adsorbant.
- Condenseur : cet élément sert à condenser les vapeurs d'adsorbant désorbées dans le capteur-adsorbant.
- Enceinte frigorifique : cet élément est la partie utile du réfrigérateur, composée de l'enceinte isolée et de l'évaporateur contenant l'adsorbant sous forme liquide et solide.
- Vanne de détente : Organe permettant de séparer la partie haute pression de la partie basse pression.

○ **Fonctionnement du machine frigorifique solaire à adsorption**

Un premier compartiment contenant le solide adsorbant en équilibre thermodynamique avec le fluide réfrigérant reçoit l'apport calorifique de panneaux solaires thermiques.

1. L'adsorbant s'échauffe, ce qui provoque la désorption du réfrigérant et une élévation de pression, Lorsque la pression de vapeur du réfrigérant atteint la valeur correspondant à la pression du condenseur, le clapet C1 est ouvert et les vapeurs sont connectées au condenseur, dans le condenseur, les vapeurs du réfrigérant cèdent leur chaleur par refroidissement au contact de l'air ambiant.
2. Les condensas du réfrigérant sont détendus pour accéder à la zone basse pression de l'installation, le réfrigérant à l'état liquide est dirigé dans l'évaporateur où il se vaporise instantanément en prélevant les calories du local à refroidir.
3. L'adsorbant du deuxième compartiment est refroidi au contact d'un circuit d'eau et maintient la basse pression. Le clapet C'2 est ouvert afin de permettre l'adsorption des vapeurs stockées dans l'évaporateur. Un nouveau cycle peut alors recommencer.
4. la fonction désorbeur-adsorbeur de chaque compartiment est permutée à chaque cycle par ouverture et fermeture des clapets C1 C'2 et C'1 C2. [24].

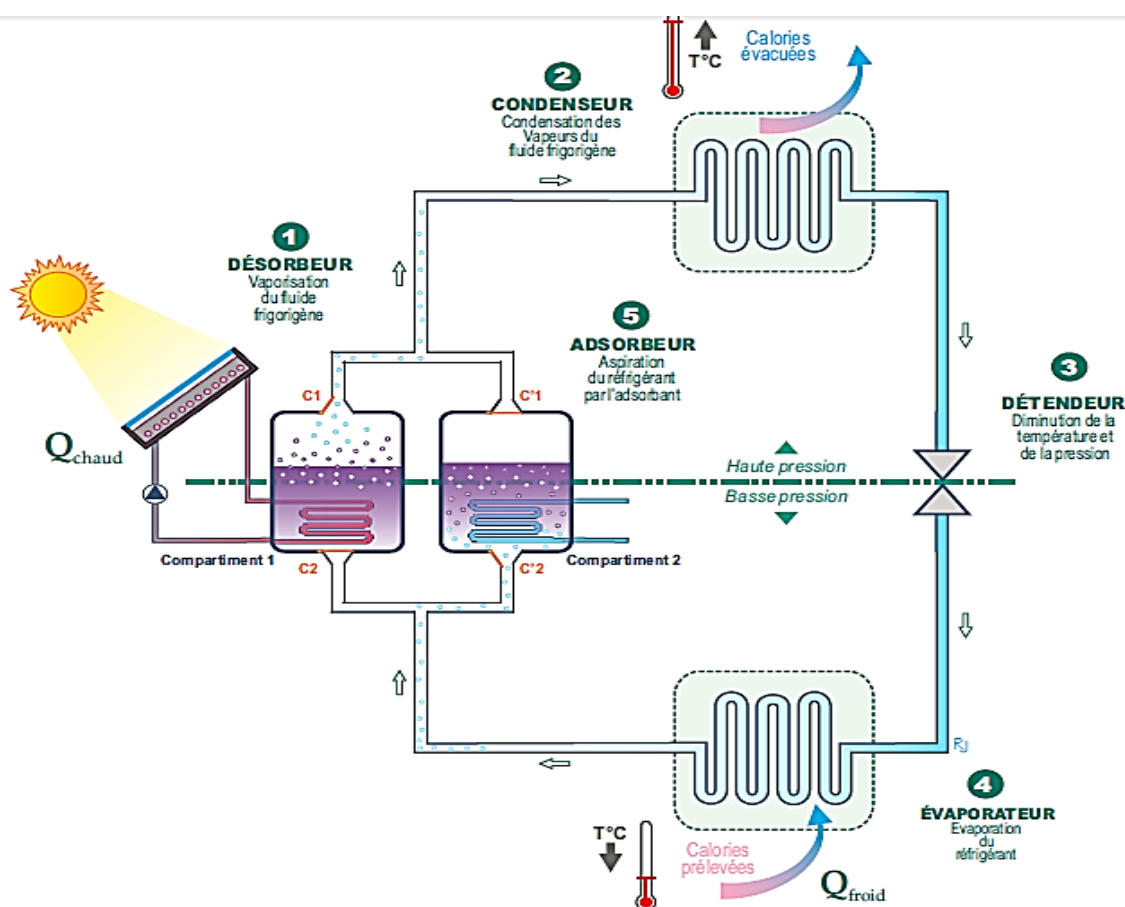


Figure I.14. Structure de la machine à adsorption solaire.



### I.4.4. Machines solaire à absorption

#### I.4.4.1. Description des machines solaire à absorption

Ce sont les machines les plus répandues. La compression thermique est obtenue en utilisant un couple réfrigérant/liquide absorbant, et une source de chaleur (par l'énergie solaire) qui remplace la consommation électrique du compresseur mécanique.

La plupart des systèmes utilisent une pompe à solution, très faiblement consommation d'électricité.

Les machines à absorption comportent quatre éléments essentiels et des éléments intermédiaires et une source de production de chaleur suivante :

Les éléments essentiels dans la machine à absorption sont [25] :

- Désorbeur, qui a pour rôle de vaporiser le fluide caloporteur.
- Condenseur, qui a pour rôle de condenser le fluide caloporteur en état vapeur à l'état liquide.
- Détendeur, qui a pour rôle de diminuer la température et la pression du fluide.
- Évaporateur, qui sert à échanger de la chaleur entre l'air chaud et le fluide s'évaporant, en créant du froid.
- Pompe de solution, pour remonte la solution riche en fluide frigorigène vers la zone haute pression (désorbeur).
- Absorbeur, qui sert à absorber le réfrigérant et d'une pompe, qui sert ramener le couple réfrigérant/absorbant dans le désorbeur.

#### I.4.4.2. Principe fonctionnement d'une machine frigorifique à absorption solaire

Une machine frigorifique à absorption utilise la capacité d'un liquide à absorber, (réaction exothermique), et résorber, (réaction endothermique), une vapeur.

Ces réactions se produisent sous certaines conditions de température et de pression.

Le fluide de travail de cette machine est donc un mélange de deux composants: le plus volatil constituera le fluide frigorifique, l'autre le sorbant. Les couples les plus utilisés sont :

- Eau+Bromure de Lithium ( $H_2O/LiBr$ ), où l'eau sert comme un liquide frigorifique.
- Ammoniac+Eau ( $NH_3/H_2O$ ), où l'ammoniac sert comme un liquide frigorifique.

Une solution est dite concentrée quand elle contient peu de fluide frigorifique et donc majoritairement du sorbant. Lorsque la solution absorbe le fluide frigorifique, on dit qu'elle se dilue.

Au contraire lorsque le fluide frigorifique est rejeté, la solution se concentre.

Principe fonctionnement est représenté par la figure (I.15) :

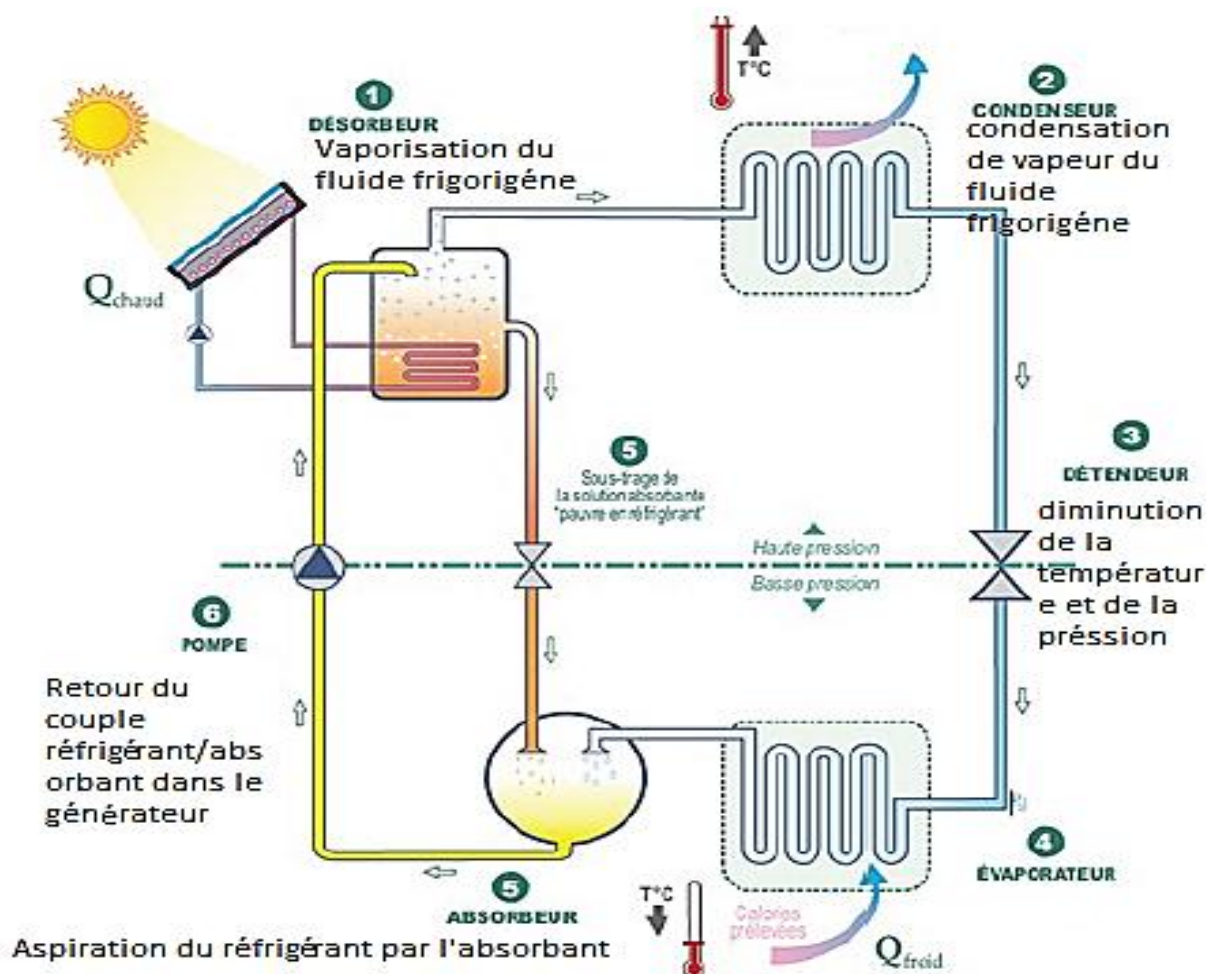


Figure I.15. Principe fonctionnement d'une machine frigorifique à absorption[26].

Cette machine est basée sur l'évaporation du réfrigérant dans l'évaporateur à très basse pression.

La vapeur (de réfrigérant) est alors « aspirée » dans l'absorbeur, contribuant à la dilution de la solution (réfrigérant/absorbant).

L'efficacité du processus d'absorption nécessite un refroidissement de la solution, Cette dernière est pompée en continu dans le générateur où elle est chauffée (chaleur motrice par le soleil).

La vapeur (de réfrigérant) ainsi générée est envoyée dans le condenseur, où elle se condense.

Réfrigérant liquide, après passage dans une vanne de détente, retourne ensuite à l'évaporateur.

Elles sont généralement alimentées par un réseau de chaleur, de la chaleur résiduelle ou une cogénération. La température de la source chaude (éclairage solaire) est généralement au-dessus de 80 °C pour des machines à simple effet, avec un COP entre 0,6 et 0,8 [27].

### I.4.4.3. Description des organes du machine frigorifique solaire à absorption

- **Absorbeur**

La solution pauvre en réfrigérant provenant du générateur absorbe lors de sa chute de pression. Cette vapeur se liquéfie en cédant sa chaleur au circuit de refroidissement.

Permet de diminuer les puissances du générateur et de l'absorbeur en permettant un transfert d'énergie du mélange pauvre en réfrigérant provenant du générateur au mélange riche en réfrigérant provenant de l'absorbeur. Cette diminution de puissances permet une double économie : les surfaces d'échange sont réduites et les quantités d'énergie rejetée et fournie sont moindres. Cet échangeur de solution est caractérisé par une puissance qui est égale à la quantité de chaleur reçue par chaque fluide en un instant donné.

- **Générateur de vapeur**

Le liquide, riche en frigorigène, entre dans le générateur en, où il est partiellement vaporisé grâce à l'énergie apportée par le circuit d'eau chaude ; les deux phases résultantes sont une vapeur de réfrigérant et une solution concentrée de l'absorbant. Notons que les températures d'évaporation du réfrigérant et de l'absorbant sont très éloignées, c'est pourquoi il n'est pas nécessaire de rectifier le frigorigène généré. Contrairement au mélange (réfrigérant/absorbant).

La chaleur prélevée du circuit d'eau chaude, permet l'apport de chaleur sensible pour le réchauffage de la solution riche en réfrigérant jusqu'au début de l'évaporation de ce dernier; L'évaporation du frigorigène et l'élévation de température progressive du mélange restant; la séparation des deux composants du couple de solution: chaleur de dilution.

- **Condenseur**

La vapeur de réfrigérant générée au bouilleur se liquéfie sur le faisceau d'échange, la pression qui règne dans la calandre du condenseur correspond à l'équilibre liquide-vapeur du frigorigène. La condensation d'un corps pur se fait à température constante, avec un dégagement de chaleur latente. La chaleur sensible mise en jeu est nulle du fait que le refroidissement de la vapeur qui entre dans la calandre est négligé.

La puissance du condenseur s'exprime en plusieurs corrélations, tout dépend de la géométrie de surface d'échange.

- **Évaporateur**

L'énergie prélevée sur le circuit d'eau glacée du groupe à absorption, source froide de la machine, provoque un changement de phase du frigorigène liquide.

Le réfrigérant subit dans l'échangeur un changement de phase sans préchauffage sensible du frigorigène, ni surchauffe de la vapeur. La puissance de l'évaporateur s'exprime en fonction de surface d'échange de l'évaporateur.

- **Pompe**

Elle assure la circulation du mélange riche en réfrigérant du puits de Solution vers le générateur, Elle est dimensionnée de manière à permettre le passage de basse pression à haute pression, et à s'opposer aux pertes de charge dans le circuit.

- **Détendeur**

Le réfrigérant condensé s'écoule dans cet appareil où il subit une détente isenthalpique supposée parfaite [28].

### **I.4.4.4. Types des machines à absorption**

- ❖ **Absorption humide**

Cette variante de machine utilise les propriétés de dissolution d'un frigorigène gazeux dans un solvant liquide, l'exemple le plus courant et le plus ancien est le couple  $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ , ce couple est le mieux connu et le plus étudié, la réaction mise en jeu entre le sorbant et le sorbat est de nature chimique, la solution retenue la plupart du temps dans les systèmes à absorption humide, aboutie à un cycle continu.

- ❖ **Absorption sèche**

Le sorbant est alors un solide, mais la réaction de sorption est toujours de nature chimique, les couples absorbant/absorbat les plus utilisés en absorption sèche sont le  $\text{H}_2\text{O}/\text{LiBr}$  et le  $\text{H}_2\text{O}/\text{LiCl}$ , les systèmes à absorption sèche connaissent de ce fait quelques utilisations en réfrigération, plus particulièrement en climatisation, leur principal défaut provient d'une limitation de la température de la source utile (température d'évaporation).

En effet, pour des températures d'évaporation inférieures à  $0^\circ\text{C}$ , il y a un risque d'obstruction des circuits de La machine par cristallisation du sorbat [28].

## **I.5. CONCLUSION**

Dans ce chapitre, nous présentons générale de l'énergie solaire et comment il a été capturé à l'aide de capteurs solaires thermiques par la connaissance des coordonnées céleste et horaire de la terre et coordonnées horizontales du soleil, et l'exploitation de cette énergie thermique dans le fonctionnement de certaines machines frigorifiques , tel que les machines frigorifiques à sorption et à éjection et à dessiccation.

Dans notre étude nous allons choisi celle machine frigorifique solaire à absorption, car il fonctionne par énergie propre et gratuite et économique et sans les émissions nocives sur l'environnement et l'homme, facile à utiliser et longue durée de vie et d'entretien moins cher.