

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**  
**FACULTÉ DE TECHNOLOGIE**  
**DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE**

MEMOIRE

PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE

**MASTER**

FILIÈRE : GÉNIE MÉCANIQUE

SPÉCIALITÉ : INSTALLATION ÉNERGÉTIQUE ET TURBOMACHINE

PAR :

**GHILAS BILLAL**

**KHERRAZ WALID**

**Thème**

---

**Etude et dimensionnement d'une climatisation Air /Sol**

---

Soutenu le 01/07/2018 devant le jury composé de:

Mr.	N. BENSAID	Président
M <sup>lle</sup> .	N. ADJOUDI	Rapporteur
Mr.	M <sup>ed</sup> A. SAHALI	Examineur

**ANNÉE UNIVERSITAIRE 2017-2018**

# Remerciements

*En premier lieu, je remercie **DIEU** tout puissant, qui j'ai donné le courage, la force et la volonté pour réaliser ce modeste travail.*

*Nous remercions particulièrement :*

*Notre encadreur M<sup>me</sup> "ADJOUADI" qui a dirigé ce travail et pour l'encouragement et les nombreux conseils dont nous ont été bénéfiques.*

*Je tiens également à remercier le président et les membres du jury et Pour nous avoir fait l'honneur d'évaluer notre travail.*

*Je tiens à remercier mes parents car ce travail représente un petit fruit de leur souffrance et qui sans eux je ne peux traverser ces longues années d'études et de travail.*

*J'adresse mes vifs remerciements à tous les professeurs ayant contribué à notre formation trouvent ici notre profonde reconnaissance, pour ses conseils, ses encouragements et ses qualités humaines.*

*Enfin, je remercie tous ce qui a contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail.*

# ***Dédicace***

*Je dédie ce mémoire :*

*À ma très chère mère qui a été la lumière de ma vie*

*Et Mon père*

*Et ma tante (Wahiba)*

*A mes deux sœurs (Lola et Dalia)*

*Ames trois frère (Samir, Mohand, Nassim)*

*Sans oublier ma future femme (f.Fatma)*

*Pour tous les efforts et les sacrifices qu'ils me présentent*

*Et mon encadreur Meme Adjouadi*

*A tous mes amis surtout (Abdou spécifiquement et Mahrez)*

*Sansexception.*

*Pour conclure, je le dédie à :*

*A ma classe 2<sup>eme</sup>année master mécanique option installation  
énergétique et turbo machine et à tousce qui m'ont aimé et m'ont  
respecté*

***GHILAS BILLAL***

# Dedication

*A mes très chers parents qui ont toujours été  
là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique  
modèle de labeur et de persévérance.*

*J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma  
reconnaissance et tout mon amour.*

*A mes Frères et ma sœur  
Kamel, Nassim, Sofiane, Sabrina.....*

*A tous les gens qui m'aiment  
Mouhoub, Fayçal, Nina, Saadi, Mourad.....*

*(Walid)*

# ***SOMMAIRE***

## Sommaire

Introduction Générale.....	1
Chapitre I : Généralités	
I.1 Introduction.....	2
I.2 Le soleil.....	2
I.2.1 Sa structure.....	2
I.3 Mouvement de la terre.....	4
I.4 Le gisement solaire en Algérie.....	6
I.5 Energie solaire.....	8
I.6 La consommation de l'énergie solaire.....	8
I.7 Avantages et inconvénients de l'énergie solaire.....	9
I.8 Le rayonnement solaire reçu au niveau du sol.....	10
I.9 Les capteurs solaires.....	11
I.10 Conclusion.....	15
Chapitre II : Climatisation solaire	
II.1 La climatisation.....	16
II.2 Définition.....	17
II.3 Objectif de climatisation.....	17
II.4 La climatisation traditionnelle.....	18
II.4.1 Principes et fonctionnement d'un système de climatisation.....	18
II.5 La climatisation solaire.....	21
II.5.1. Les différentes technologies de production du froid solaire.....	22
II.5.1.1 Techniques basées sur l'emploi de l'électricité.....	22
II.5.1.2 Technique basée sur un processus thermomécanique.....	23

II.5.1.3 Procédé thermo acoustique.....	24
II.5.1.4 Procédés thermodynamiques.....	25
II.6 Puits canadien (air/sol).....	29
II.6.1 Principe de fonctionnement d'un puits canadien.....	30
II.6.2 Elément pour la conception d'un puits canadien/provençal.....	31
II.6.3 Dimensionnement d'un puits canadien/provençal.....	33
II.7 Avantage et inconvénient .....	36
II.8 Comparaison entre climatisation solaire et traditionnelle.....	37
II.9 Conclusion.....	39
Chapitre III : Descriptions et études technique de puits canadien	
III.1 Introduction.....	40
III.2 L'étude de site.....	40
III.2.1 Nature du sol.....	40
III.2.2 Localisation géographique.....	40
III.2.3 Place disponible pour l'enfouissement du conduit.....	44
III.3 Mise en œuvre d'installation.....	44
III.3.1 L'entrée et sortie d'air neuf.....	46
III.3.2 Conduit et caractéristiques.....	49
III.4 Conclusion.....	53
Conclusion Générale.....	54

## Liste des figures

---

<b>Figure I.1</b> : Structure du soleil .....	4
<b>Figure I.2</b> : Mouvement de la terre au tour de soleil .....	4
<b>Figure I.3</b> : L'axe de rotation de la terre au tour d'elle.....	5
<b>Figure I.4</b> : Rayonnement solaire annuel dans le monde .....	6
<b>Figure I.5</b> : Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue en Algérie .....	7
<b>Figure I.6</b> : Augmentation de la surface climatisée centralisée par pays entre 1980-2000..	9
<b>Figure I.7</b> : Les différents composants du rayonnement solaire .....	11
<b>Figure I.8</b> : Vue générale d'un capteur à air.....	12
<b>Figure I.9</b> : Vue générale d'un capteur plan et sa coupe verticale.....	13
<b>Figure I.10</b> : Vue générale d'un capteur à concentration fixe.....	14
<b>Figure I.11</b> : Vue générale d'un capteur sous vide .....	14
<b>Figure II.1</b> : Etude du cycle frigorifique .....	19
<b>Figure II.2</b> : Diagramme enthalpie du cycle frigorifique .....	20
<b>Figure II.3</b> : Les différentes technologies de production du froid solaire .....	21
<b>Figure II.4</b> : Schéma de principe d'un climatiseur solaire électrique de compression.....	22
<b>Figure II.5</b> : Cellules à effet Peltier .....	23
<b>Figure II.6</b> : Cycle de réfrigération à jet de vapeur .....	24
<b>Figure II.7</b> : Schéma d'un réfrigérateur thermo acoustique.....	24
<b>Figure II.8</b> : Représentation schématique d'une machine à absorption dotée d'un échangeur interne .....	26
<b>Figure II.9</b> : machine à adsorption .....	29
<b>Figure II.10</b> : Schéma simplifié d'un puits canadien.....	30
<b>Figure II.11</b> : La conductivité thermique de différents types de sols.....	31
<b>Figure II.12</b> : Différents circuits pour l'implantation des tubes.....	34
<b>Figure II.13</b> : Fonctionnement d'un climatiseur traditionnel.....	38
<b>Figure II.14</b> : Schéma de la climatisation solaire.....	38
<b>Figure III.1</b> : Vue de ciel de l'ensemble du local.....	40
<b>Figure III.2</b> : La toiture de local.....	41
<b>Figure III.3</b> : Plan de RDC de local.....	42
<b>Figure III.4</b> : Le plan de 1 <sup>er</sup> étage du locale .....	43



## Liste des figures

---

<b>Figure III.5:</b> Vue en 3D de la surface d'enfouissement .....	44
<b>Figure III.6 :</b> Vue de face de local.....	45
<b>Figure III.7 :</b> Entrée d'air.....	47
<b>Figure III.8 :</b> La sortie d'air.....	48
<b>Figure III.9 :</b> Positionnement d'entrée et de sortie d'Air.....	49
<b>Figure III.10 :</b> Profondeur d'enfouissement des tubes .....	51
<b>Figure III.11 :</b> Espacement entre les tubes.....	51
<b>Figure III.12 :</b> Système de ventilation.....	52

## Liste des tableaux

---

<b>Tableau I.1</b> : Caractéristiques principales du soleil.....	3
<b>Tableau I.2</b> : Ensoleillement reçu en Algérie par régions climatiques.....	7
<b>Tableau II.1</b> : Propriété thermique des principales constructions d'un sol.....	32
<b>Tableau III.1</b> : Taux de brassage dans tout type de ventilation.....	45
<b>Tableau III.2</b> : Débit en fonction du diamètre des conduites pour obtenir un échange thermique de 80%.....	50

***INTRODUCTION***  
***GENERALE***

## INTRODUCTION

L'énergie est l'un des facteurs de développement d'un pays. Elle est partout et elle permet un véritable confort. Comme nous le savons, la plus grande partie de l'énergie consommée actuellement provient de l'utilisation des combustibles fossiles comme le pétrole, le gaz naturel ou encore l'énergie nucléaire. Selon les études et les prévisions d'agence américaines récentes, nous alertent que l'utilisation massive de ces ressources conduira certainement à l'épuisement total de ces réserves. En plus, le monde est convaincu du danger de ce processus sur l'environnement.

Les énergies renouvelables (l'énergie solaire, éolienne et hydraulique) représentent une solution de remplacement par excellence et elles sont de plus en plus utilisées de nos jours. L'énergie alternative qui peut accomplir la demande mondiale jusqu'à maintenant c'est l'énergie solaire. Elle apparaît comme une source importante telle que la quantité d'énergie solaire qui arrive à la surface de la terre pendant un jour, est dix fois plus grande que celle consommée par rapport aux autres énergies renouvelables.

La situation géographique de l'Algérie favorise le développement et l'épanouissement de l'utilisation de l'énergie solaire. En effet, vu l'importance de l'intensité du rayonnement reçu ainsi que la durée de l'ensoleillement qui dépasse les dix heures par jour pendant plusieurs mois, notre pays peut couvrir certains de ses besoins par énergie solaire, ces avantages pourrait être profitables dans les régions les plus reculées surtout dans les applications de la climatisation ou la consommation de l'énergie est très importante.

La climatisation solaire permet d'économiser certainement une quantité substantielle de la consommation d'énergie primaire. Cela réduit la production de dioxyde de carbone et les pics de consommation d'électricité en été, qui est un avantage important pour l'environnement et l'économie nationale.

Notre travail est rédigé en trois chapitres principaux qui se résument dans ce qui suit :

Au premier chapitre nous avons présenté une vue générale sur le soleil et le gisement solaire mondiale et en Algérie particulièrement. En suite nous citons les différents rayonnements solaires reçus au niveau du sol capté par les quatre types de capteurs solaires.

Le deuxième chapitre est consacré à la description et l'exploitation d'énergie solaire pour avoir une climatisation par des différentes techniques.

Enfin, le troisième chapitre est consacré à une étude et dimensionnement d'un puits canadien au niveau de local (Hall technologie).

Et on termine avec une conclusion regroupant les différents aspects étudiés.

# **CHAPITRE I**

## *Généralité*

## I.1 Introduction

L'utilisation rationnelle de l'énergie est indispensable en Algérie, un pays qui a de grandes réserves pétrolières et en gaz naturel et ayant la troisième réserve mondiale en gaz de schiste, et avec l'ensoleillement intense et la grande surface disponible le recours à l'énergie solaire permettrait de préserver les réserves en énergie fossile pour assurer une longue prospérité financière pour les générations futures.

Aujourd'hui, l'utilisation des énergies renouvelables, et plus particulièrement celle de l'énergie solaire pour contribuer à la climatisation estivale est une alternative remarquablement attirante, puisque le maximum d'énergie solaire reçue par la terre correspond à celui des besoins en froid. Outre les systèmes faisant appel à la conversion de l'énergie solaire en énergie électrique, les technologies utilisant directement l'énergie solaire thermique sont les plus performantes, deux d'entre elles sont abordées dans le présent travail, il s'agit de la climatisation par absorption ou adsorption solaire et la climatisation par dessiccation solaire. [1]

## I.2 Le soleil

Le soleil est la seule étoile du système solaire et la plus proche de la terre, sa lumière met environ 8 mn à nous atteindre. La deuxième étoile la plus proche est Proxima de Centaure située à 4.23 années.

Sur le plan humain, le soleil a une importance primordiale car il est à l'origine de la vie sur terre, en lui fournissant d'énormes quantités d'énergie, qui permet la présence de l'eau à l'état liquide et la photosynthèse des végétaux. Le rayonnement solaire est aussi responsable du climat et des phénomènes météorologiques. [1] [2]

### I.2.1 Sa structure

Bien que le soleil soit une étoile de taille moyenne, il représente à lui seul environ 99,85% de la masse du système solaire. Sa forme est presque parfaitement sphérique, avec un aplatissement aux pôles estimé à neuf millièmes, ce qui signifie que son diamètre polaire est plus petit que son diamètre équatorial de seulement dix kilomètres. Comparable à une immense boule de gaz très chauds qui se compose de 80% d'hydrogène et de 19% d'hélium,

le 1% restant étant un mélange de plus de 100 éléments, soit pratiquement tous les éléments chimiques connus. [3][4]

Les caractéristiques principales du soleil sont regroupées dans le tableau (I.1) :

**Tableau I.1 : Caractéristiques principales du soleil [4]**

<b>Diamètre (km)</b>	<b>1392000</b>
<b>Masse (kg)</b>	<b><math>2.10^{30}</math></b>
<b>Surface (km<sup>2</sup>)</b>	<b><math>6,09.10^{12}</math></b>
<b>Volume (km<sup>3</sup>)</b>	<b><math>1,41.10^{18}</math></b>
<b>Masse volumique moyenne (kg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>1408</b>
<b>Vitesse (km/s)</b>	<b>217</b>
<b>Distance du centre de la voie lactée (km)</b>	<b><math>2,5.10^{17}</math></b>

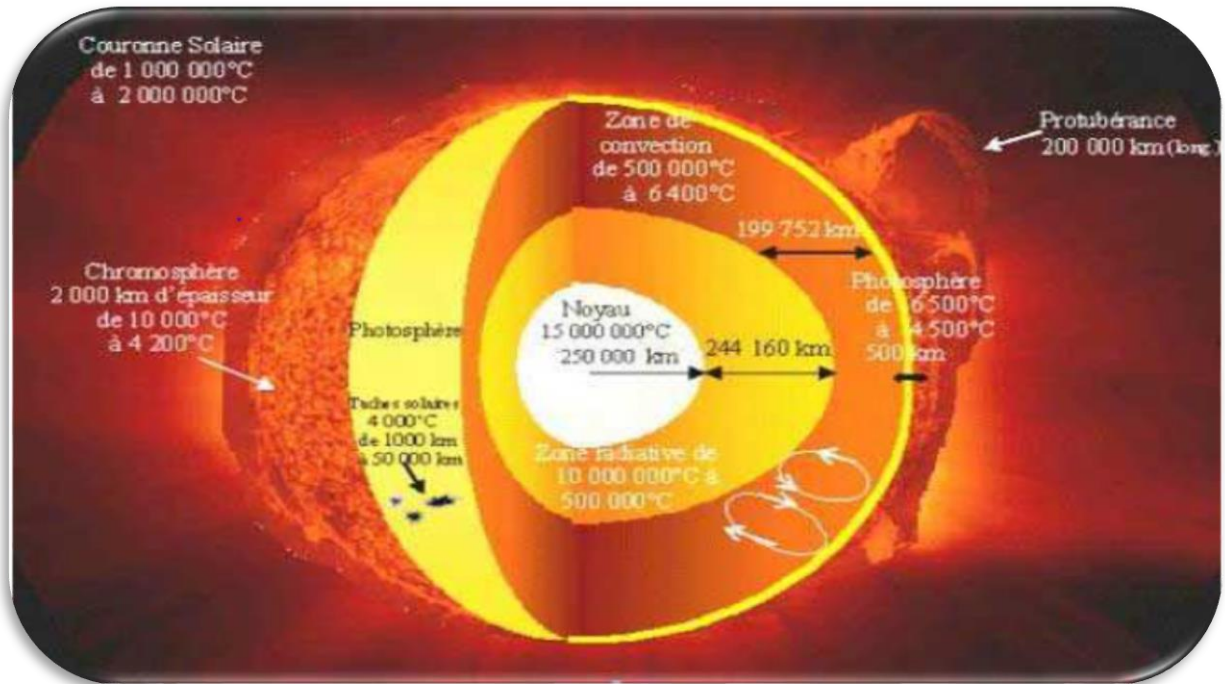


Figure I.1 : Structure du soleil [4]

### I.3 Mouvement de la terre

La Terre tourne autour du Soleil en une année et son plan de révolution définit le plan de l'écliptique. Il n'est pas perpendiculaire au plan de l'écliptique mais, il est incliné par rapport à cette perpendiculaire d'un angle appelé obliquité de l'écliptique et égale à  $\varepsilon = 23,43^\circ$ . (Figure I.2)

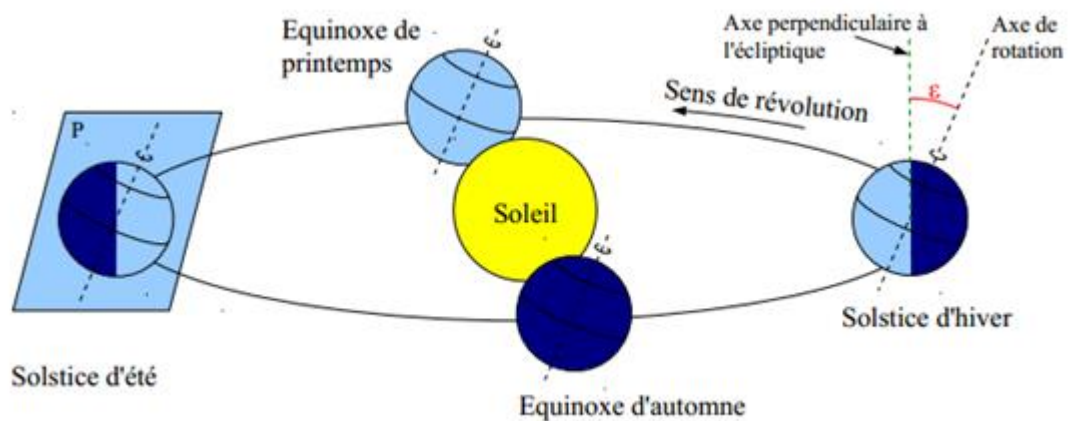


Figure I.2 : Mouvement de la terre au tour de soleil [3]



Au cours de sa révolution autour du Soleil, la Terre ne présente pas toujours la même configuration au Soleil. Elle change d'orientation par rapport à lui, ce qui fait varier la position du Soleil par rapport au plan de l'équateur. La déclinaison  $\delta$  du Soleil est l'angle entre la direction du Soleil et le plan équatorial. Au cours de l'année, en fonction de la position de la Terre sur son orbite, cette déclinaison du Soleil évolue. Considérons le plan P qui contient l'axe de rotation de la Terre et qui est perpendiculaire au plan de l'écliptique. Il existe 4 positions remarquables (**figure I.3**), en fonction de la position du Soleil par rapport au plan P :

– Au solstice d'été : La direction Terre-Soleil est contenue dans le plan P. Le Soleil étant au-dessus de l'équateur, il a sa déclinaison maximale :

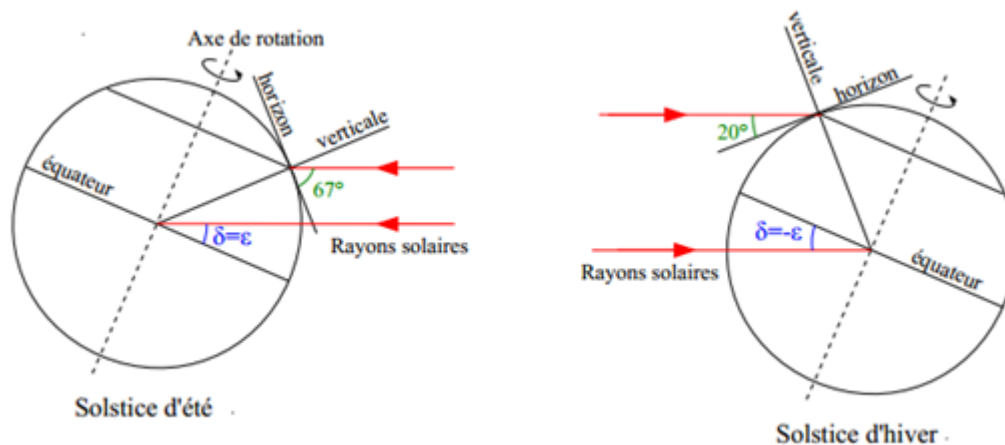
Si :  $\delta > 0$  d'où  $\varepsilon = 23^\circ$ .

– A l'équinoxe d'automne : La direction Terre-Soleil est perpendiculaire au plan (P). Le Soleil est exactement dans le plan de l'équateur, sa déclinaison est nulle :  $\delta = 0^\circ$ .

– Au solstice d'hiver : La direction Terre-Soleil est contenue dans le plan (P). Le Soleil étant en dessous de l'équateur, il a sa déclinaison minimale :

Si :  $\delta < 0$  d'où  $\varepsilon = -23^\circ$ .

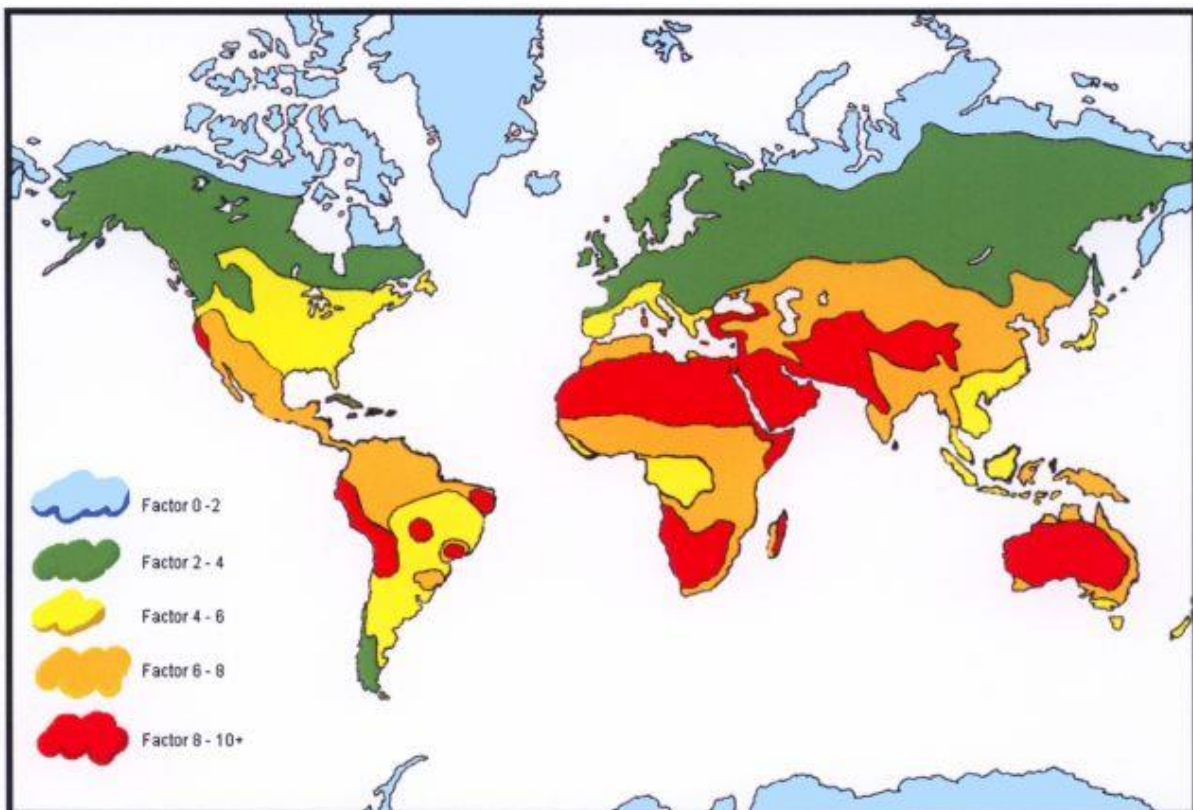
– A l'équinoxe de printemps : La direction Terre-Soleil est perpendiculaire au plan P. Le Soleil est exactement dans le plan de l'équateur, sa déclinaison est nulle :  $\delta = 0^\circ$ . (**figure I.2**)



**Figure I.3** : L'axe de rotation de la terre au tour d'elle

## I.4 Le gisement solaire en Algérie

Le gisement solaire est un ensemble de données décrivant l'évolution du rayonnement solaire disponible au cours d'une période donnée. Il est utilisé pour simuler le fonctionnement d'un système énergétique solaire et faire un dimensionnement le plus exact possible compte tenu de la demande à satisfaire [4]. De par sa situation géographique, l'Algérie dispose d'un gisement solaire énorme. (**Figure I.4**)



**Figure I.4 :** Rayonnement solaire annuel dans le monde [17]

Suite à une évaluation par satellites, l'Agence Spatiale Allemande (ASA) a conclu, que l'Algérie représente le potentiel solaire le plus important de tout le bassin méditerranéen, soit 169.000 Terawatt.heur/an pour le solaire thermique, 13,9 Terawatt.heur/an pour le solaire photovoltaïque. Le potentiel solaire algérien est l'équivalent de 10 grands gisements de gaz naturel qui auraient été découverts à Hassi R'Mel. La répartition du potentiel solaire par région climatique au niveau du territoire algérien est représentée dans le tableau (I.2) selon l'ensoleillement reçu annuellement [7].

Tableau I.2 : Ensoleillement reçu en Algérie par régions climatiques [7]

Régions	Régions côtières	Hauts plateaux	Sahara
Superficie (%)	4	10	86
Durée moy. d'ensoleillement (h/an)	2650	3000	3500
Energie moyenne reçue (kWh/m <sup>2</sup> /an)	1700	1900	26500

La durée d'insolation dans le Sahara algérien est de l'ordre de 3500h/an est la plus importante au monde, elle est toujours supérieure à 8h/j et peut arriver jusqu'à 12h/j pendant l'été à l'exception de l'extrême sud où elle baisse jusqu'à 6h/j en période estivale. La région d'Adrar est particulièrement ensoleillée et présente le plus grand potentiel de toute l'Algérie (figure 1.5) [7].

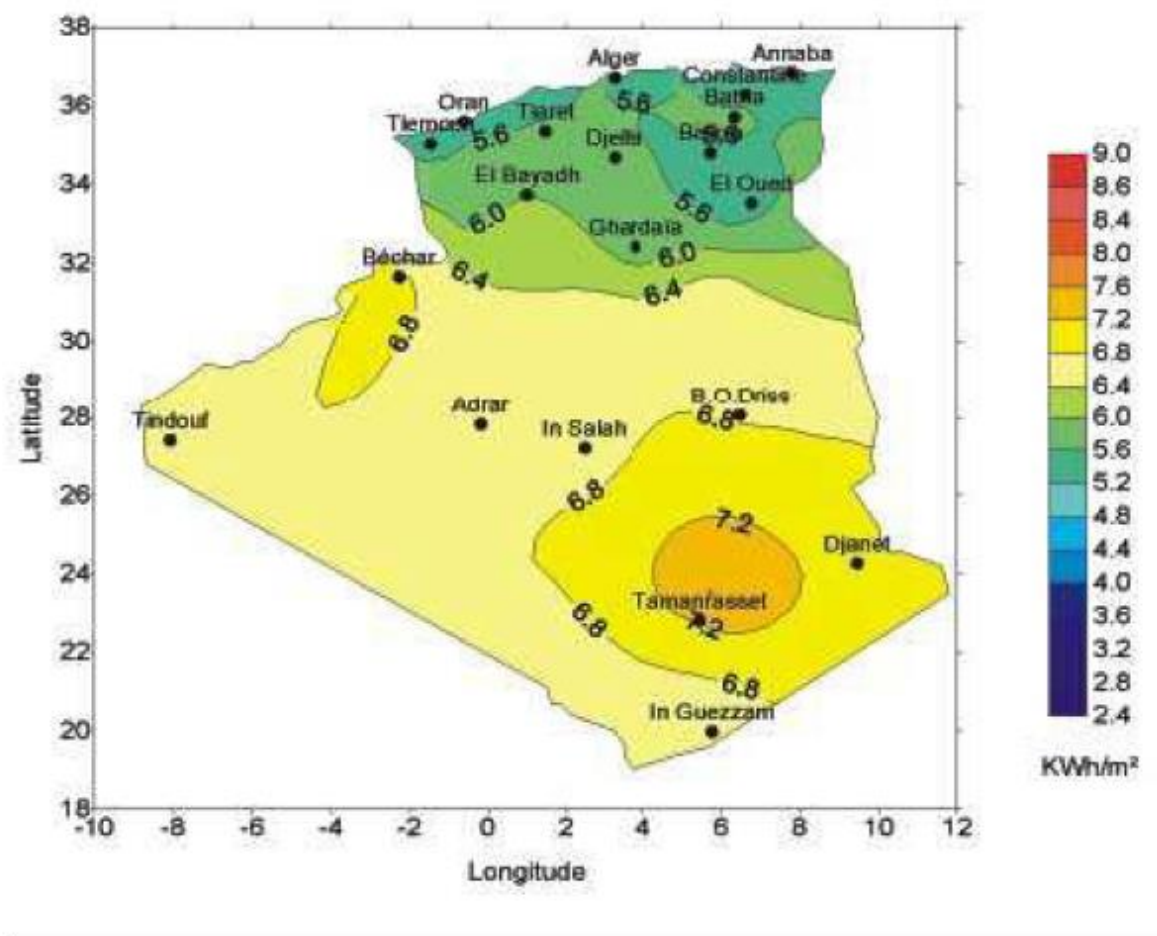


Figure I.5 : Moyenne annuelle de l'irradiation solaire globale reçue en Algérie

## I.5 Energie solaire

La source utilisée très récemment est l'énergie solaire. En réalité cette énergie telle que l'utilisation de la lumière ou du soleil est beaucoup plus ancienne. Il y a des milliers d'années des civilisations différentes ont honoré le soleil comme un vrai dieu. En 212 avant JC. Archimède a utilisé le soleil pour arrêter la flotte romaine en se servant des miroirs en bronze poli. Avec ces miroirs il a réussi à mettre le feu à la flotte à distance. L'humanité connaît la force du soleil depuis toujours et il est intéressant d'observer comment l'utilisation d'énergie provenant du soleil a évolué. La transformation de la lumière du soleil en courant électrique date de 1839. Elle a été découverte par Antoine-César Becquerel. Au XIXe siècle, quelques moteurs à miroirs ont été construits. Mais même malgré la découverte de l'effet du sélénium photovoltaïque en 1877 il faudra attendre jusqu'en 1955 que les chercheurs de Bell Telephone Laboratories (aux Etats-Unis) soient capables de produire la cellule qui avait le rendement de conversion énergétique au moins 6% (ratio entre l'énergie utilisée pendant la fabrication et l'énergie que le système est capable de produire). Enfin pour pouvoir annoncer la naissance de la photo pile solaire. Cet effet a surtout été utilisé pendant les exploitations dans l'univers qui elles aussi commençaient à se développer. Mais en exploitant toujours de plus en plus le charbon, le pétrole et développant l'énergie nucléaire les industriels ne se sont pas sérieusement intéressés aux possibilités de l'énergie solaire avant la crise pétrolière de 1973. Les années 70 peuvent être considérées comme le berceau de l'énergie solaire (photovoltaïque). La notion « photovoltaïque » provient du mot grec [phos] = lumière et du nom d'un physicien italien Alessandro Volta.[17]

## I.6 La consommation de l'énergie solaire

Selon l'Agence internationale d'énergie (International Energy Agency-IEA), la consommation énergétique dans le monde pourrait augmenter de 60% [8] jusqu'en 2030, voire doubler ou tripler jusqu'en 2050. Parallèlement, il y a un besoin croissant de rafraîchissement et de climatisation suite aux températures estivales de plus en plus élevées (**la figure I.6**). La moyenne annuelle pour l'Europe centrale est 1/3 des rayonnements directs (sans nuages) et 2/3 indirects (ciel chargé de nuages). En République tchèque c'est la Moravie de Sud qui est la région la plus ensoleillée, autour de 1 100 (kWh/m<sup>2</sup>) en moyenne annuelle. En France nous considérons que la région la plus ensoleillée est celle autour de la Provence, dans cette région la moyenne annuelle peut monter jusqu'à 2 000 kWh/m<sup>2</sup>. Dans toute l'Europe les régions les plus ensoleillées sont le sud du Portugal et le sud-ouest de l'Espagne.

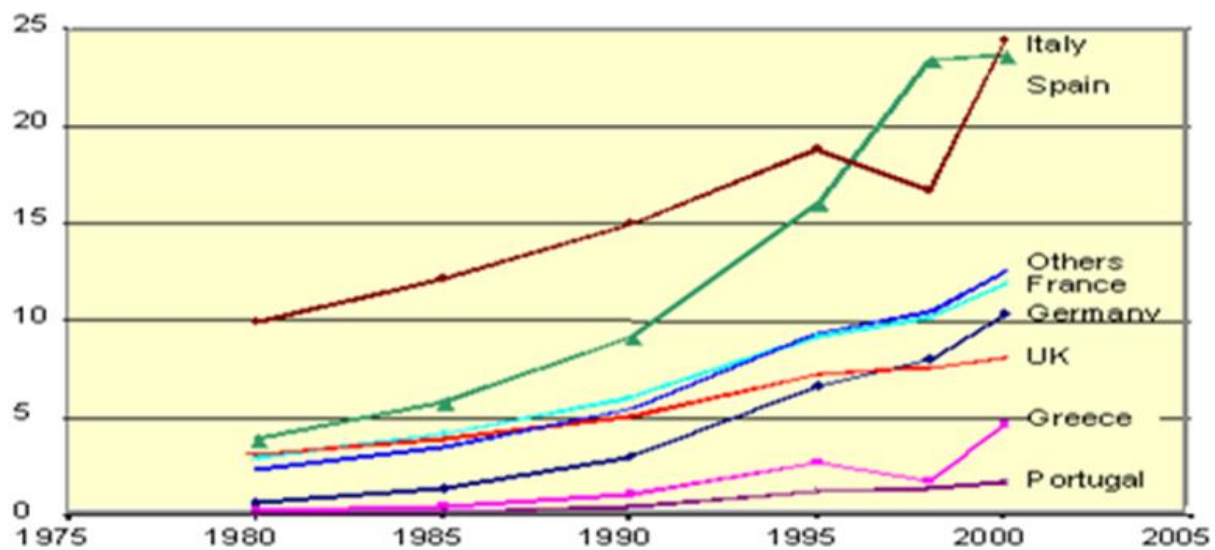


Figure I.6 : La surface des panneaux solaire par pays les plus ensoleillés entre 1980-2000

[10]

## I.7 Avantages et inconvénients de l'énergie solaire

### • Avantages

- Les technologies à mettre en œuvre pour utiliser l'énergie solaire thermique sont aisément maîtrisables et adaptables aux situations de toutes les régions.
- Les techniques et les matériaux utilisés sont similaires à ceux employés dans le secteur traditionnel du chauffage, du sanitaire et des verrières.
- La main d'œuvre ne nécessite qu'une formation complémentaire aisément maîtrisable.
- Il s'agit d'une forme modulable de production d'énergie que l'on peut adapter en fonction de ses besoins.
- Les frais de maintenance sont réduits. Si l'entretien des installations ne doit pas être négligé, les frais de maintenance et donc de fonctionnement sont cependant relativement faibles.

### • Inconvénients

L'énergie solaire thermique active a toutefois certaines limites:

- Elle est variable dans le temps.
- Sous les climats tempérés, cette variation est surtout importante en fonction des saisons.

- Ceci entraîne une nécessité de stocker cette énergie, ce qui augmente considérablement le coût des installations.
- C'est une énergie diffuse.
- La puissance disponible par unité de surface est relativement limitée ; ceci rend difficile une réponse à des besoins importants.

## I.8 Le rayonnement solaire reçu au niveau du sol

L'atmosphère terrestre perturbe grandement, par des processus variés le flux de photons issu du soleil. Donc, après sa traversée de l'atmosphère, le rayonnement solaire peut être considéré comme la somme de deux composantes [5] [6] :

**1- Le rayonnement direct :** C'est la fraction du rayonnement solaire qui arrive directement au sol, dont le trajet est « linéaire » (il y a, en fait, de légères déviations) et unique à un instant donné. Si  $I$  est le rayonnement direct. [12] Dans le cas d'un plan horizontal le rayonnement s'écrit :

$$I_h = I \times \sin(h) \dots \dots \dots \text{(I-1)}$$

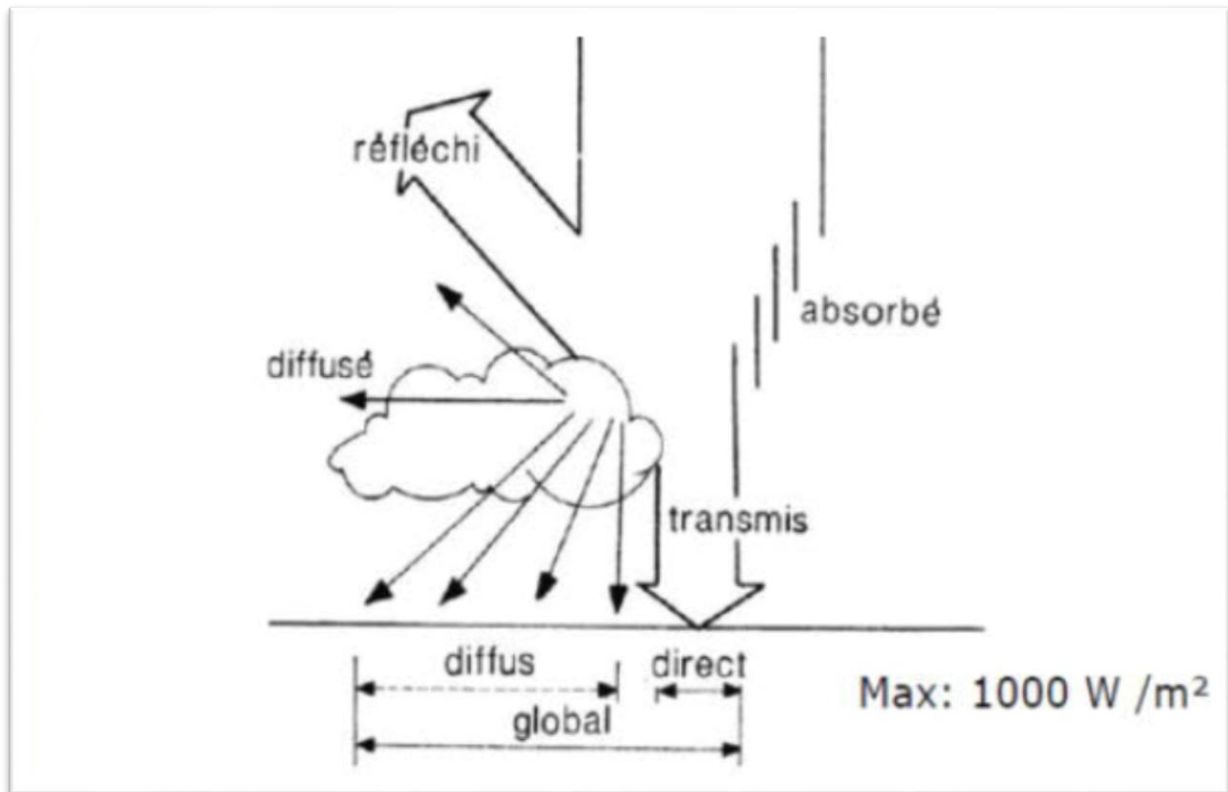
$h$  : hauteur du soleil.

**2- Le rayonnement diffus :** C'est le rayonnement provenant de toute la voûte céleste. Ce rayonnement est dû à l'absorption et à la diffusion d'une partie du rayonnement solaire par l'atmosphère et à sa réflexion par les nuages. Ainsi, par ciel serein, il constitue 20% de l'énergie globale. Par ciel couvert, il correspond à la totalité de l'énergie reçue au sol [12].

**3-Le rayonnement global :** C'est le rayonnement reçu sur une surface horizontale provenant du soleil et de la totalité de la voûte céleste. Il est la somme du rayonnement direct et du rayonnement diffus. (La figure I.7) illustre les différents composants du rayonnement solaire au niveau du sol. Les trois quantités, le rayonnement direct noté (**I**), le rayonnement diffus (**D**), et le rayonnement global (**G**), sont reliés par la relation suivante :

$$G = I \cdot \sin(h) + D \dots \dots \dots \text{(I-2)}$$

Où  $h$  est la hauteur du soleil.



**Figure I.7 :** Les différents composants du rayonnement solaire [12]

Cette énergie solaire provient de son rayonnement elle est captée par un capteur solaire et est utilisée afin de collecter cette énergie. La captation de l'énergie solaire est une technique connue depuis l'antiquité. Les premiers dispositifs rudimentaires employés utilisaient des miroirs qui concentraient les rayons lumineux sur un four. Les capteurs solaires thermiques sont un genre spécifique d'échangeurs de chaleur qui transforment le rayonnement solaire en chaleur, et transfèrent cette chaleur vers un fluide caloporteur. La chaleur ainsi récupérée est soit utilisée directement soit transférée vers un dispositif de stockage de chaleur. [12]

## I.9 Les capteurs solaires

Il existe deux types de capteurs solaires, les capteurs fixes et les capteurs solaires à poursuite, qui utilisent un système motorisé pour suivre la course du soleil. Ces derniers produisent des hautes températures qui ne sont pas considérées dans les technologies de climatisation solaire actuelles. Les capteurs solaires sont caractérisés par un rendement, le rapport entre l'énergie solaire reçue sur la surface du capteur et l'énergie transmise au fluide.

Ce rendement varie en fonction de la différence entre la température moyenne du fluide caloporteur et la température extérieure, ainsi que du rayonnement solaire terrestre. Les capteurs solaires fixes sont composés d'un absorbeur, chargé d'emmagasiner la plus grande quantité d'énergie solaire grâce à une absorptivité grande et une émissivité faible. De plus, du verre entre l'air extérieur et l'absorbeur permet de laisser passer la quasi-totalité du rayonnement courte longueur d'onde tout en ayant une transmissivité nulle pour les grandes longueurs d'onde provenant de l'absorbeur. Le verre crée ainsi un effet de serre tout en évitant également les pertes par convection. On distingue quatre types de capteurs solaires fixes différents [8] :

- Les capteurs à air
- Les capteurs plans
- Les capteurs à concentration fixes
- Les capteurs sous vide

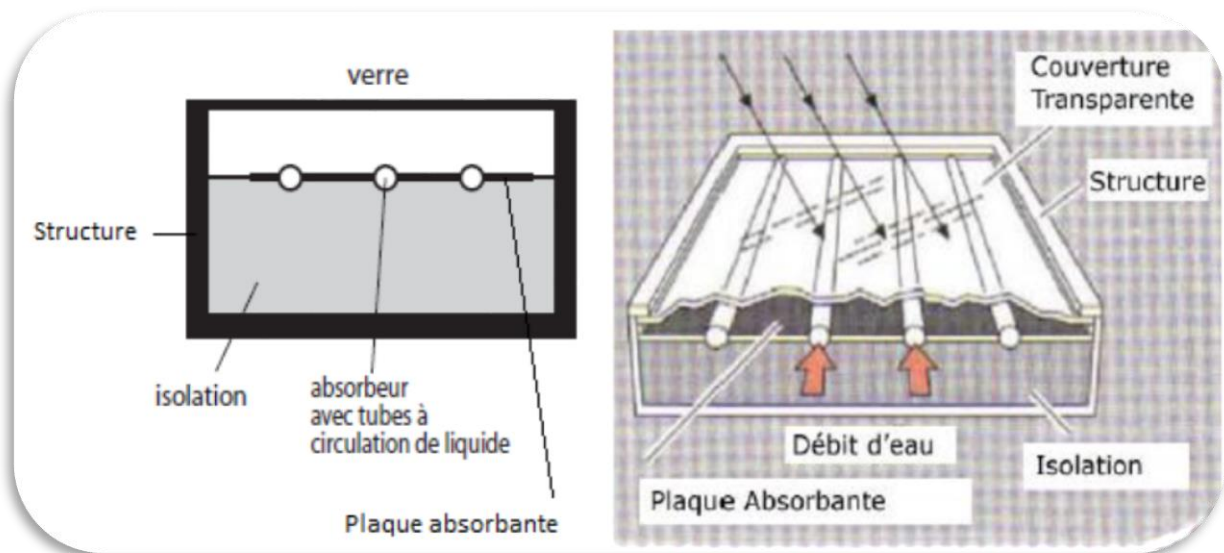
• **Les capteurs à air :** Ils sont utilisés pour le chauffage direct de l'air. Généralement pour le préchauffage de l'air neuf. Ils sont utilisés lorsque la température désirée n'est pas très haute ( $\leq 70^{\circ}\text{C}$ ), car le rendement baisse fortement avec la hausse de la température de l'air caloporteur, l'avantage de ce capteur est leur faible coût ainsi que la faible complexité d'installation. Des ailettes, dans l'absorbeur sont destinées pour augmenter le coefficient d'échange convectif entre l'air et l'absorbeur.



**Figure I.8 :** Vue générale d'un capteur à air [9]



• **Les capteurs plans** : Ces capteurs permettant de chauffer un liquide caloporteur (généralement un mélange eau-glycol). Ils sont utilisés généralement pour la production d'eau chaude sanitaire. Un absorbeur sélectif ainsi qu'une vitre en verre technique permettant de garder un bon rendement avec des températures dans l'ordre de 100°C. [9]



**Figure I.9** : Vue générale d'un capteur plan et sa coupe verticale [9]

• **Les capteurs à concentration fixes** : Ces capteurs sont de même type que les capteurs plans, mais ils concentrent les rayons de soleil sur les absorbeurs à l'aide de réflecteur disposé en surface. Ces capteurs sont très efficaces lorsque l'ensoleillement direct est très fort, mais perdent rapidement en efficacité lors des ensoleillements moindres. Ils sont généralement prévus pour la production de chaude. [9]

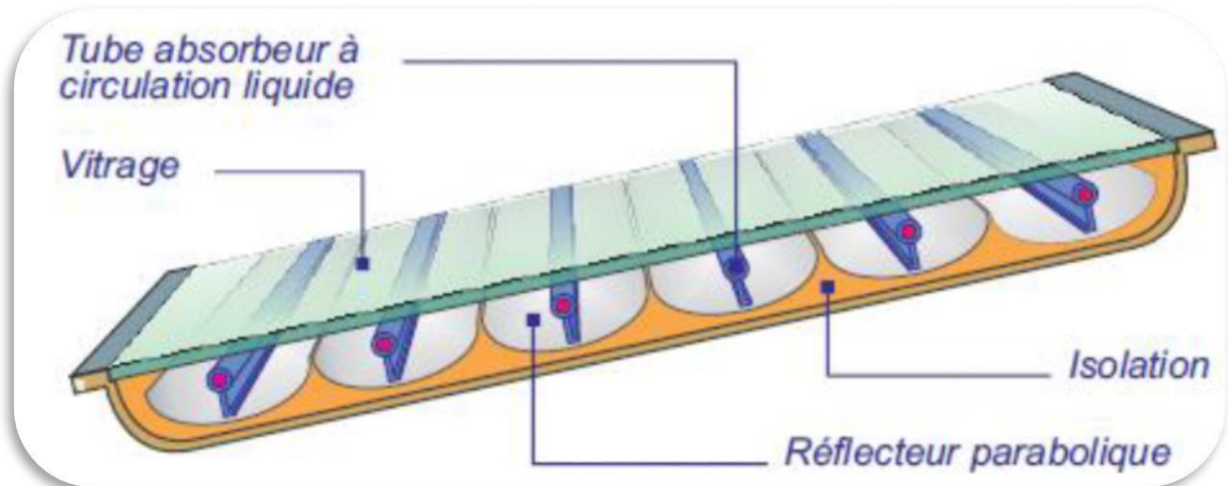


Figure I.10 : Vue générale d'un capteur à concentration fixe [9]

• **Les capteurs sous vides** : Ces capteurs sont différents de leur conception car ils sont composés de plusieurs tubes en verre dans lesquelles règne un vide poussé, limitant les échanges convectifs entre l'absorbant (placé à l'intérieur de tube) et le verre. [9]

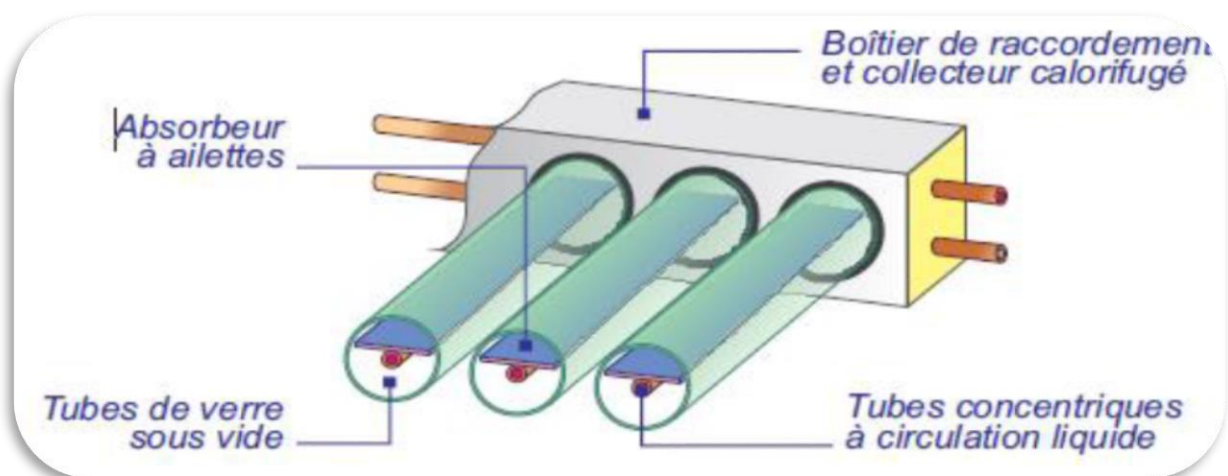


Figure I.11 : Vue générale d'un capteur sous vide [9]

**I.10 Conclusion**

L'énergie solaire est considérée comme l'un des futurs énergétiques de la planète. De ce fait la plus part des pays envisagent des projets ambitieux sur ce sujet.

Cette énergie renouvelable permettrait donc de remplacer ou du moins de réduire substantiellement la consommation des formes d'énergie conventionnelles et permettrait même de produire de l'électricité.

# **CHAPITRE II**

## ***Climatisation solaire***

## II.1 La climatisation

L'histoire de la climatisation trouve ses racines à l'époque des Romains. En effet les romains avez eu la judicieuse idée de faire usage d'un tunnel sous terrain pour provoquer une arrivée d'air extérieur, c'est ainsi que virent le jour les premiers climatiseurs. Ils arrivaient ainsi à conserver une température ambiante hiver comme été. Au 16ème siècle virent le jour des systèmes naturels de rafraîchissement, obtenus par ruissellement d'eau, ce qui provoqué par évaporation une diminution de la température de l'air. Mais c'est en 1902 que la notion de climatisation moderne apparut grâce à l'invention d'un homme appelé Willis. H. carrier. [9]

<b>1834</b>	Jacob PERKINS, de Londres, construit la première machine de réfrigération à compression mécanique avec de l'éther comme réfrigérant
<b>1859</b>	le Français Ferdinand CARRE réalise la première installation industrielle (machine à absorption d'eau + NH3)
<b>1930</b>	grâce à l'étude théorique du chimiste belge Frédéric SWARTS, le grand essor de l'industrie du froid s'installe, avec la mise au point par une société américaine d'un nouveau fluide frigorigène « Le DICHLORODIFLUOROMETHANE (R12) »
<b>1950</b>	Général Motors met en place des glaces teintées sur ses véhicules pour réduire la température intérieure engendrée par rayonnement. En France, le chauffage de l'habitacle des véhicules se généralise
<b>1955</b>	les premiers systèmes de conditionnement d'air font leur apparition sur des véhicules américains type Chevrolet. L'ensemble du système était pré assemblé par Frigidaire à l'usine de Dayton (Ohio) et mis en place sur environ 3500 véhicules durant la même année
<b>1960</b>	les concepteurs aboutissent à combiner le système de réfrigération à celui de chauffage
<b>1970</b>	les constructeurs européens adoptent la climatisation dans leurs véhicules
<b>1980</b>	apparition des premiers systèmes de climatisation automatisés sur les véhicules.

Au milieu des années 90, près de 90% des véhicules américains sont climatisés, contre seulement 20% en Europe.

<b>1991</b>	la SAAB 9000 turbo est le premier véhicule à recevoir du fluide frigorigène R 134 sans chlore dans son installation de climatisation
<b>1995</b>	certaines pays, dont la France et l'Allemagne, interdisent les produits à base de chlore dans les systèmes de réfrigération

## II.2 Définition

La climatisation regroupe l'ensemble des procédés visant à conditionner l'air ambiant d'un espace en contrôlant et en maintenant la température : l'humidité, le mouvement de l'air, le degré sonore et la différence de pression, tout en veillant à la santé et au confort des occupants de la pièce et au bon fonctionnement des appareils qui s'y trouvent [9].

Ce procédé est basé sur quatre transformations de base à savoir :

- Le refroidissement
- Le chauffage
- L'humidification
- La déshumidification

## II.3 Objectif de climatisation

Compte tenu de la compétitivité économique, l'apport de la climatisation dans de nombreux secteurs industriels est de plus en plus nécessaire et fondamentale. Le système de climatisation assure plusieurs rôles selon les besoins, il peut en outre être sollicité pour :

- améliorer la productivité
- augmenter les performances du personnel (confort)
- maintenir les conditions thermiques adéquates pour les appareils
- assurer le confort des personnes et des usagers. [9]

## II.4 La climatisation traditionnelle

### II.4.1 Principes et Fonctionnement d'un système de climatisation

La climatisation traditionnelle varie en fonction des facteurs locaux comme la disponibilité de sources d'énergie, le climat, le prix de l'installation, les circonstances socio-économiques et l'existence d'un personnel spécialisé dans l'installation et la maintenance. [14]

- **Principe de base**

La climatisation est basée sur le transport de la chaleur d'un endroit vers un autre. Pour cela, il suffit d'un appareil intérieur, un appareil extérieur, un circuit fermé de tuyauteries en cuivre qui relie les unités intérieures et extérieures entre elles et dans lequel circule le réfrigérant. C'est ce réfrigérant qui va transporter l'énergie produite d'un local vers un autre local. [14]

- **Principe de fonctionnement de la réfrigération**

Le principe de base est fort simple : pour produire du froid, il faut du chaud. Car dans notre réfrigérateur, notre congélateur ou notre climatiseur, se cache en fait une pompe à chaleur inversée qui dans un processus d'échange thermique, va produire du froid avec un fluide frigorigène compressé. Mais cette pompe à chaleur inversée est un compresseur électrique. [14]

- ❖ **Exemple d'une machine frigorifique**

Les machines frigorifiques sont les plus répandues, c'est d'ailleurs sur ce principe et avec le même cycle thermodynamique que fonctionnent la grande majorité des réfrigérateurs, des congélateurs mais aussi des climatiseurs individuels. Il est intéressant d'en rappeler le principe de fonctionnement, car ce sont ces mêmes principes de base qui seront utilisés pour la production de froid par sorption que nous verrons plus en avant et qui seront utilisés pour la climatisation solaire. (La figure si dessous représente les éléments composant la machine frigorifique). [11]

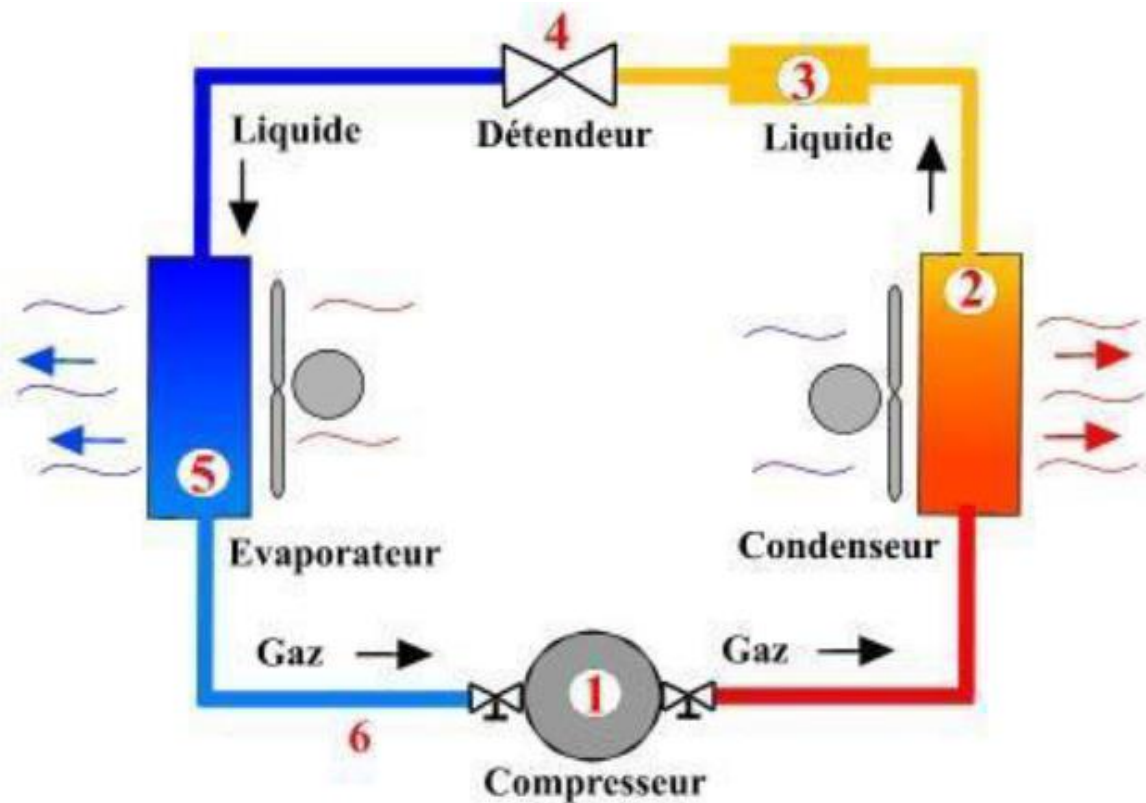


Figure II.1 : Etude du cycle frigorifique [11]

**1. L'évaporateur :** Il consiste généralement en une tuyauterie, souvent en forme de serpentin, à l'intérieur de laquelle s'évapore le fluide frigorigène afin de produire du froid.

La température du liquide en évaporation correspond à la pression qui règne dans l'évaporateur. [11]

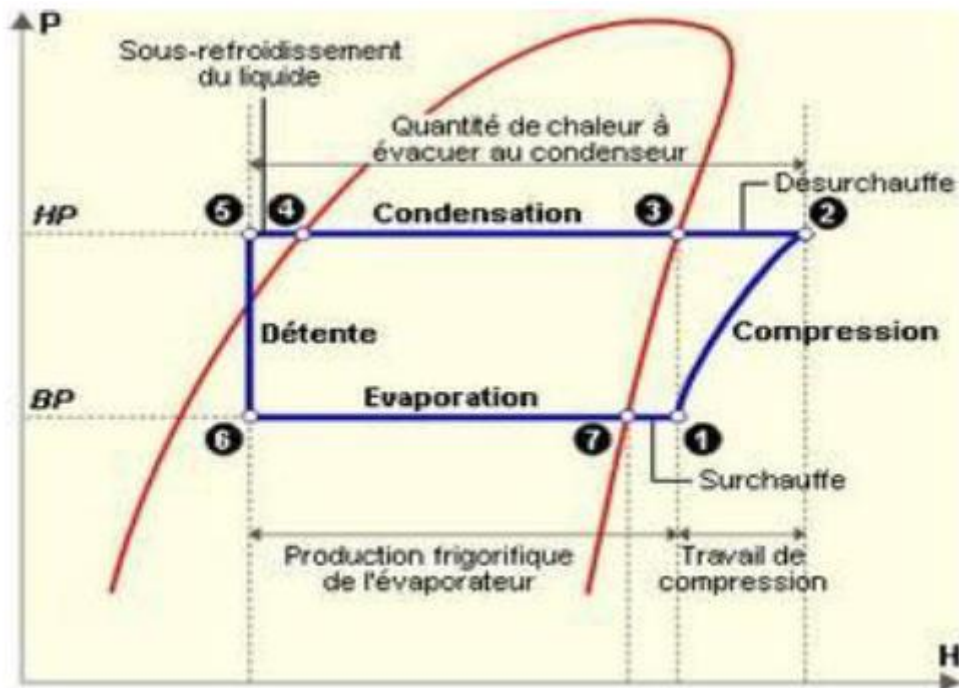
**2. Un compresseur :** Il agit comme une pompe, son rôle est d'une part d'évacuer la vapeur du fluide frigorigène venant de l'évaporateur et de maintenir la pression requise à l'intérieur de celui-ci, d'autre part d'élever la pression de cette vapeur à un niveau suffisamment élevé et de l'envoyer au condenseur. [11]

**3. Un condenseur :** Il assure la liquéfaction de la vapeur comprimée chaude est transmise à un agent de refroidissement extérieur (air ou eau), ce qui permet sa liquéfaction. Le fluide, de nouveau à l'état liquide, revient à l'évaporateur pour être de nouveau utilisé. [11]



**4. Un détendeur :** Il est constitué d'une vanne qui règle le débit du fluide frigorigène retournant à l'évaporateur. La quantité soumise à l'évaporateur en un temps donné doit être égale à celle pouvant être vaporisée, ce qui correspond à la chaleur absorbée. Ainsi le détendeur permet de maintenir dans l'évaporateur et le condenseur les pressions et les températures les plus adaptées à l'installation considérée et aux conditions extérieures données. [11]

Les différentes évolutions du fluide frigorigène de la machine frigorifique sont représentées sur le diagramme des enthalpies (**figure II.2**).



**Figure II.2 :** Diagramme enthalpie du cycle frigorifique [11]

#### Description :

- Entre 1 et 2 : compression des vapeurs de fluide frigorigène qui passent d'un niveau de basse pression (BP) à un niveau de haute pression (HP).
- Entre 2 et 3 : désurchauffe des vapeurs de fluide frigorigène haute pression.
- Entre 3 et 4 : condensation des vapeurs de fluide frigorigène haute pression.
- Entre 4 et 5 : sous refroidissement du fluide frigorigène liquide (HP).
- Entre 5 et 6 : détente du fluide frigorigène liquide (HP) qui devient un mélange de liquide BP et d'une faible quantité de vapeurs (BP).

- Entre 6 et 7 : évaporation du fluide frigorigène liquide (BP) qui devient des vapeurs de fluide frigorigène basse pression.
- Entre 7 et 1 : surchauffe des vapeurs de fluide frigorigène (BP).

Le fluide frigorigène est comprimé par le compresseur pour être à haute température et haute pression, il passe ensuite dans le condenseur, dans lequel il est refroidi par la source à haute température, de la chaleur est récupérée, ensuite le fluide est détendu, sa pression et sa température chutent fortement, le fluide frigorigène passe à l'état liquide. Le passage par l'évaporateur permet son évaporation et la production du froid à la source froide.

### II.5 La climatisation solaire

La climatisation solaire porte le principal intérêt de pouvoir fournir le plus de froid quand il y a le plus de soleil, ce qui correspond généralement aux périodes plus chaudes, il existe plusieurs voies d'utilisation de l'énergie solaire pour produire du froid. La première est basée sur l'emploi de l'électricité, la deuxième sur l'utilisation d'un procédé thermomécanique, enfin la troisième sur des cycles basé sur la sorption d'un gaz, Toutes les technique utilisées sont listées dans la figure (II.4). [13]

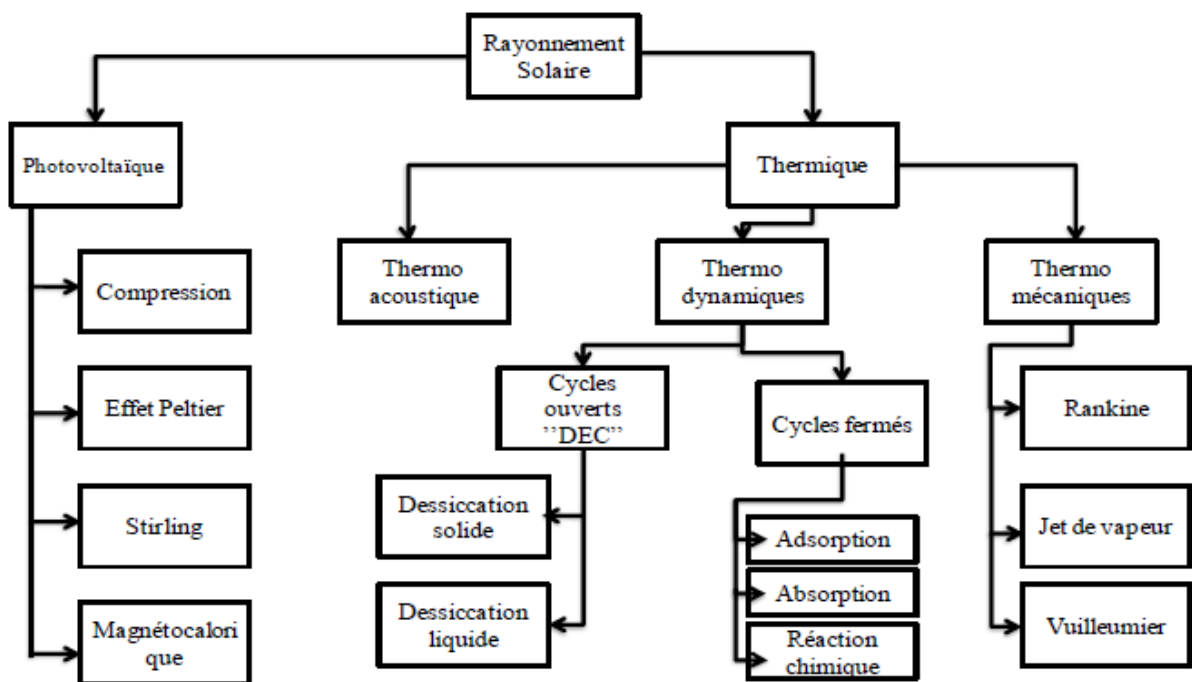


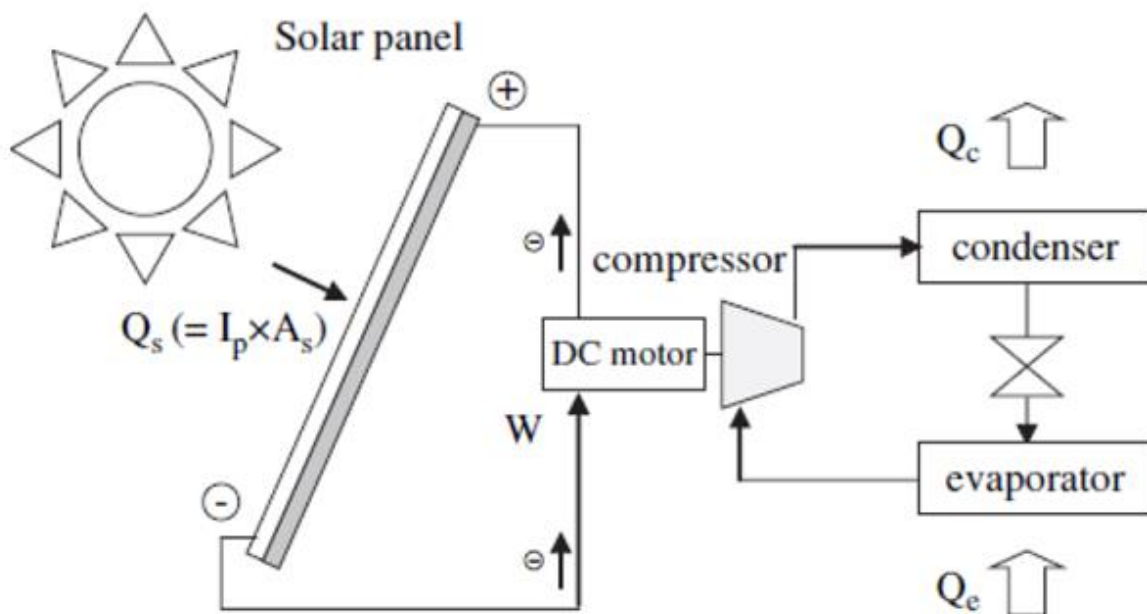
Figure II.3 : les différentes technologies de production du froid solaire [13]

## II.5.1 Les différentes technologies de production du froid solaire

### II.5.1.1 Techniques basées sur l'emploi de l'électricité

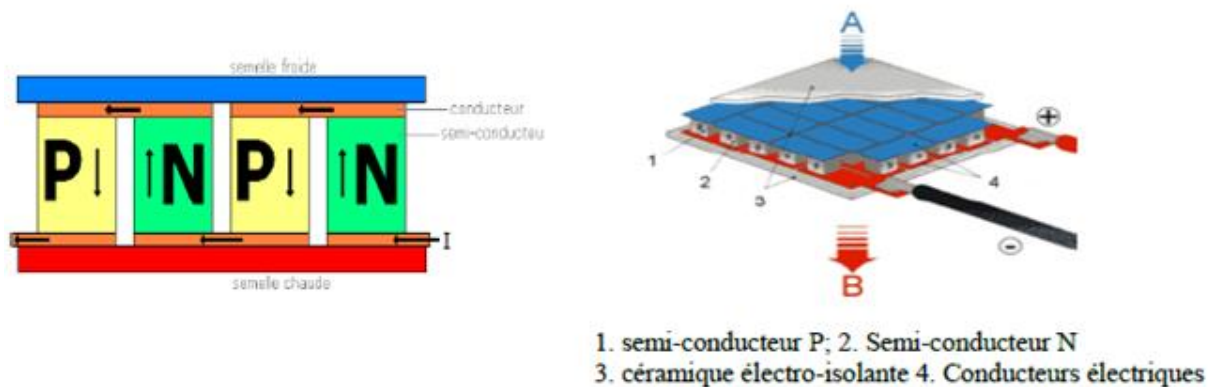
Les technologies de production de froid solaire peuvent être des systèmes frigorifiques qui sont basés sur l'utilisation de l'électricité. Dans ces cas-là, l'énergie solaire est transformée en électricité grâce à des capteurs photovoltaïques puis est utilisée dans les systèmes. [14]

- **Systèmes à compression :** Les panneaux photovoltaïques convertissent l'énergie solaire en énergie électrique, cette énergie sert ensuite à alimenter un compresseur électrique. La production du froid est assurée par un système classique (conventionnel) constitué d'un compresseur électrique, détendeur, évaporateur et condenseur. (la figure II.4)



**Figure II.4 :** Schéma de principe d'un climatiseur solaire électrique de compression [14]

- **Systèmes à effet Peltier :** L'effet Peltier, appelé aussi effet thermoélectrique, est un phénomène physique de déplacement de la chaleur en présence d'un courant électrique parcourant deux matériaux conducteurs de natures différentes [14]. (la figure II.5)



**Figure II.5 : Cellules à effet Peltier [13]**

Une cellule à effet Peltier est constituée de pavés semi-conducteurs de type (N : semi-conducteur) et de type (P : semi-conducteur), reliés en série par un matériau conducteur, et de semelles d'échange thermique.

Ces techniques sont limitées par l'emploi de capteurs photovoltaïques ayant un faible rendement nominal (environ 12 %) et un coût important, ce qui ne permet pas actuellement leur développement. La puissance appelée par un compresseur nécessite une grande surface de capteur car leur puissance spécifique est d'environ 100 à 130 W/m<sup>2</sup>. De plus le stockage de l'électricité est coûteux et volumineux. Le plus grand avantage d'employer les panneaux solaires pour la réfrigération est la construction simple et l'efficacité globale élevée une fois combiné avec un système conventionnel de compression de vapeur. [14]

### II.5.1.2 Technique basée sur un processus thermomécanique

L'énergie solaire est utilisée comme source de chaleur grâce à des capteurs solaires thermiques, dans une machine produisant un travail mécanique, lequel est à son tour utilisé pour produire du froid. Citons :

- **Le cycle de Rankine** : La chaleur récupérée met en mouvement un fluide qui lui-même actionne une turbine produisant de l'électricité. Cette électricité peut être utilisée dans un cycle classique à compression.
- **Le cycle à jet de vapeur** : La chaleur est utilisée pour produire un jet de vapeur à très grande vitesse. Ce jet provoque dans son entourage un vide qui permet de vaporiser de l'eau à faible température dans l'évaporateur et de refroidir l'ambiance. La vapeur ainsi créée rejoint ensuite le flux primaire 'moteur' et est refroidie dans le condenseur.

[13]

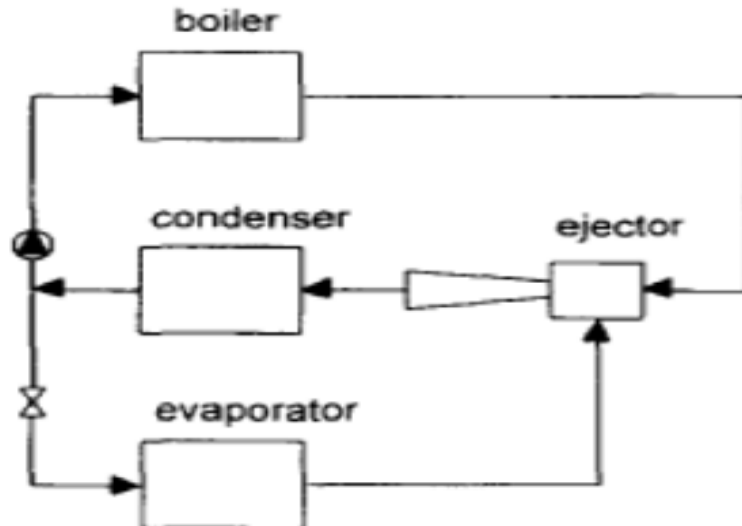


Figure II.6 : Cycle de réfrigération à jet de vapeur [13]

### II.5.1.3 Procédé thermo acoustique

Le principe est d'utiliser l'énergie thermique fournie par des capteurs solaires pour la transformer en onde acoustique de très forte intensité (200dB). Cette énergie acoustique permet d'engendrer un pompage de chaleur par un phénomène de compression et de détente d'un gaz, cela permet de créer des sources de froid et de chaleur. Faire du froid en faisant du bruit paraît inconcevable pourtant à l'aide d'un thermomètre très précis, on peut facilement constater que le son d'une voix en se propageant dans une pièce, fait baisser la température de l'air de quelques millièmes de degrés. [13]

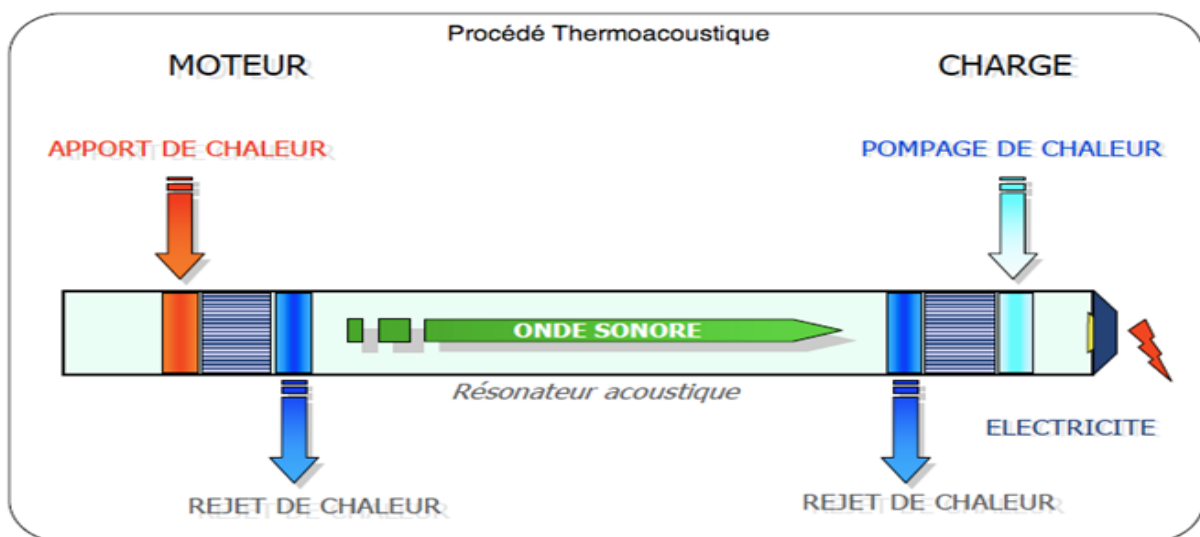


Figure II.7 : Schéma d'un réfrigérateur thermo acoustique [13]

### II.5.1.4 Procédés thermodynamiques

De nos jours, deux technologies ont fait l'objet de réels travaux de développement et d'opérations de démonstration de taille significative, il s'agit des cycles fermés avec groupe d'eau glacée et des cycles ouverts à dessiccation.

#### ❖ Les cycles ouverts à dessiccation (DEC : Dessicant Evaporative Cooling)

Les systèmes à cycle ouvert à dessiccation sont basés sur la combinaison de refroidissement évaporatif couplé à la déshumidification de l'air grâce à un système à dessiccation. Cette transformation s'inscrit dans un système de traitement d'air complet qui comprend plusieurs variantes permettant d'atteindre les conditions de confort souhaitées. La déshumidification par sorption s'effectue :

- soit à travers un dispositif sur lequel est posé un matériau dessiccant : déshumidification en phase solide, on parle d'adsorption.
- soit dans des échangeurs dans lesquels est pulvérisée une solution dessiccative : déshumidification en phase liquide, on parle d'absorption.

Le cycle standard qui est le plus employé actuellement, utilise des roues à dessiccation équipées soit de gel silice ou de chlorure de lithium comme matériau dessiccant [13].

#### ❖ Les cycles fermés

Dans ce cas, un groupe de production de froid à sorption (absorption et adsorption) produit de l'eau glacée utilisable aussi bien dans une centrale de traitement d'air (refroidissement, déshumidification) que dans un réseau d'eau glacée alimentant des installations décentralisées :

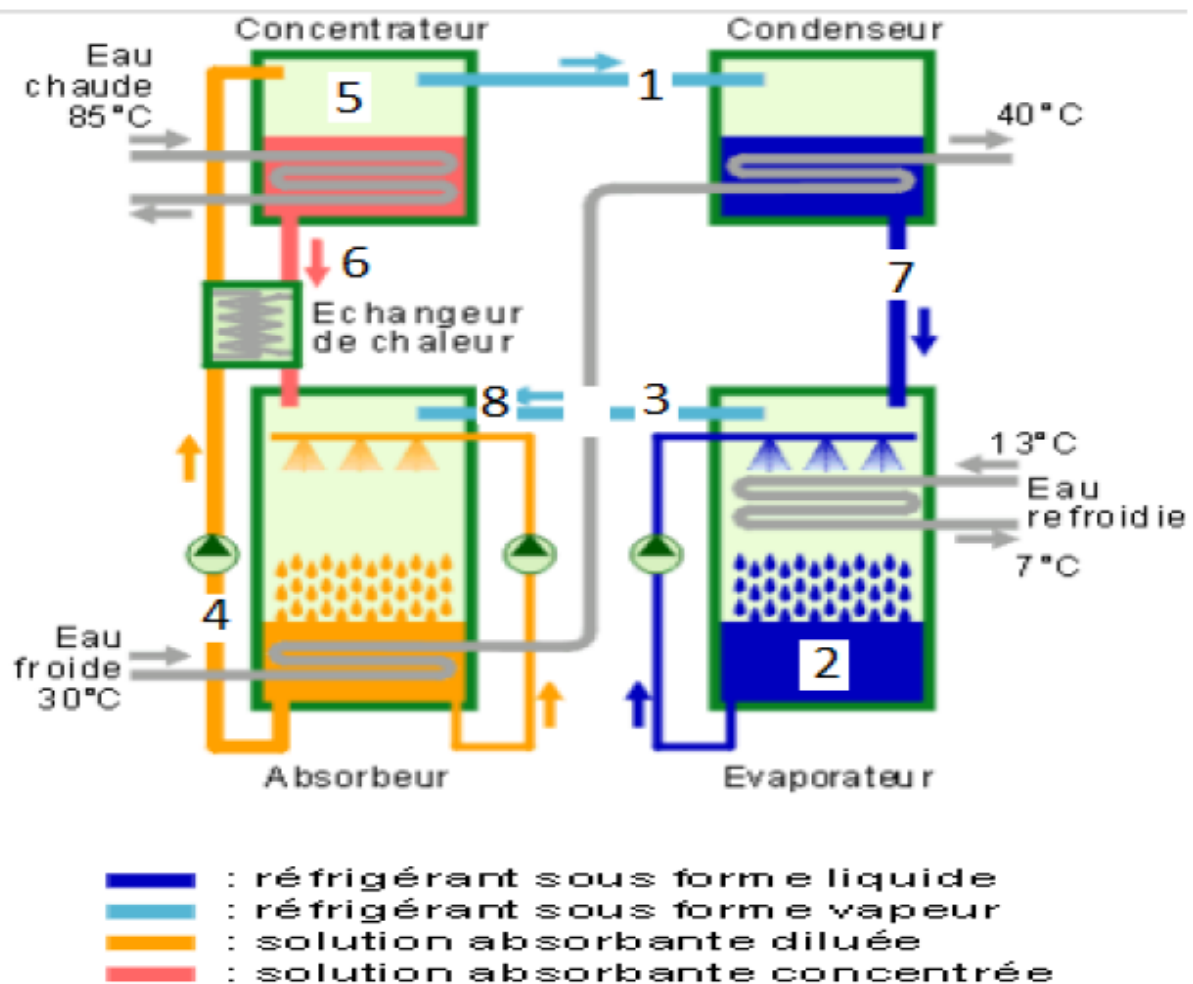
##### 1. La machine à absorption

Les machines frigorifiques à absorption liquide fonctionnent grâce à la faculté de certains liquides d'absorber (réaction exothermique) et de concentrer (réaction endothermique) une vapeur. Elles utilisent également le fait que la solubilité de cette vapeur dans le liquide dépend de la température et de la pression. Les installations à absorption fonctionnent sur la base d'un cycle thermodynamique, mais la compression au lieu d'être mécanique, est de type thermochimique. Deux couples de fluide de travail sont principalement utilisés :

- Eau + Bromure de Lithium (H<sub>2</sub>O/LiBr), l'eau étant le fluide frigorigène.

- Ammoniac + Eau ( $\text{NH}_3/\text{H}_2\text{O}$ ), l'ammoniac étant le fluide frigorigène.

La figure (II.8) montre les différents organes d'une machine à absorption. Les machines à absorption actuelles sont construites en intégrant un échangeur (appelé quelque fois transmetteur interne) entre la solution riche sortant de l'absorbeur et la solution pauvre sortant du concentrateur. Cet échangeur permet de préchauffer la solution riche avant son entrée dans le générateur et de pré-refroidir la solution pauvre avant son entrée dans l'absorbeur. Cela concourt à l'amélioration du coefficient de performance de la machine. Il existe des machines à double effet dont le principe permet d'utiliser la chaleur introduite à la source chaude deux fois d'où le terme de double. Ce système permet d'améliorer le COP d'un système simple effet (0,7-0,8) à une valeur voisine de 1,2.



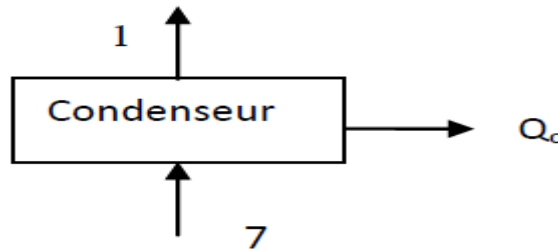
**Figure II.8** : Représentation schématique d'une machine à absorption dotée d'un échangeur interne [14]

**Bilan enthalpie**

Soient  $m_7$ ,  $m_6$ ,  $m_5$ , respectivement les débits massiques de frigorigène, de la solution concentrée et de la solution diluée.

**La puissance thermique du condenseur**

La vapeur de réfrigérant générée au bouilleur se liquéfie sur le faisceau d'échange. La condensation d'un corps pur se fait à pression constante, avec un dégagement de chaleur latente. La puissance du condenseur s'exprime ainsi. [14]



$$Q_c = m_7 \times (h_7 - h_1) \dots \dots \dots (II-1)$$

**Le bilan thermique de l'absorbeur**

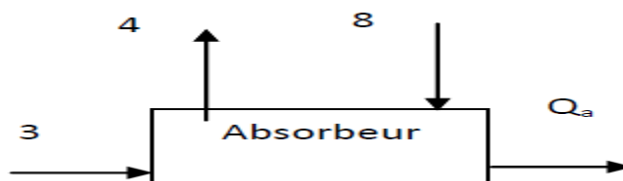
La solution pauvre en réfrigérant provenant du générateur absorbe la vapeur de réfrigérant provenant de l'évaporateur. Le mélange obtenu à basse pression est pompé vers le générateur.

Deux phases d'échange de chaleur se déroulent

Lors du processus d'absorption :

- La solution pauvre en réfrigérant subit un refroidissement sans modification de concentration.
- Le processus d'absorption du frigorigène modifie la concentration de mélange dans l'absorbeur, le réfrigérant est absorbé par le LiBr. Cette réaction a un caractère très exothermique, ce qui fait qu'une grande quantité de chaleur doit être évacuée.

Les pertes thermiques sont négligées. La puissance thermique est donnée par :

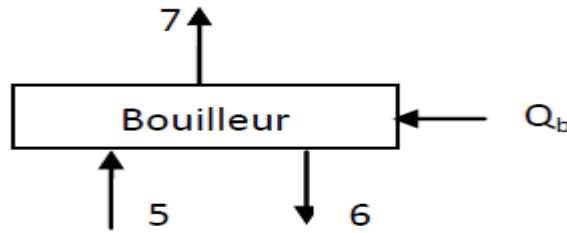


$$Q_a = m_7 \times (h_3 - h_8) + m_5 \times (h_8 - h_4) \dots \dots \dots (II-2)$$



**Le bilan thermique du bouilleur**

Le liquide riche en frigorigène entre dans le générateur en (5), ou il est partiellement vaporisé grâce à l'énergie apportée par le circuit d'eau chaude, les deux phases résultantes sont : une vapeur de réfrigérant (7) et une solution concentrée de l'absorbant (8). Notons que les températures d'évaporation du LiBret de l'H<sub>2</sub>O Sont très éloignées. Pour un régime permanent de fonctionnement le bilan d'enthalpie est donné par l'expression suivante : [14]

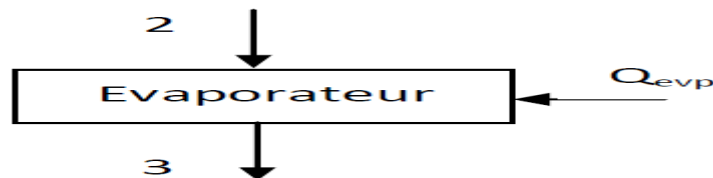


$$Q_b = m_7 \times h_7 + m_6 \times h_6 - m_5 \times h_5 \dots\dots\dots (II-3)$$

**La puissance thermique de l'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 sur-chauffage de la vapeur. La puissance de l'évaporateur exprimée par : [14]



$$Q_{evp} = m \times (h_3 - h_2) \dots\dots\dots (II-4)$$

**2. La machine à adsorption**

Lorsque le gaz ne se fixe pas dans un liquide, mais sur un matériau hautement poreux, on parle d'adsorption. Cette faculté de matériaux tels que les gels de silice, Ou les Zéolites est utilisée dans des machines les couplant à la vapeur d'eau pour réaliser le cycle de refroidissement. L'utilisation de matériaux solides oblige alors à avoir un fonctionnement cyclique et non continu comme pour l'absorption. Deux masses de matériaux absorbant sont alternativement chauffées par la source chaude pour désorber la vapeur d'eau qui va ensuite se condenser dans le condenseur. Puis l'eau est ensuite évaporée dans l'évaporateur où le

froid est alors produit. Cette vapeur d'eau s'adsorbe ensuite sur le matériau adsorbant et le cycle recommence.

Les machines à adsorption sont peu développées et concernent pour l'instant seulement des puissances importantes, à partir de 70 KW. Le  $COP_{th}$  est d'environ 0.6. Des recherches sont actuellement conduites pour améliorer le caractère cyclique générateur de beaucoup d'instabilité, ainsi que pour améliorer leur compacité et proposer des petites puissances. [14]

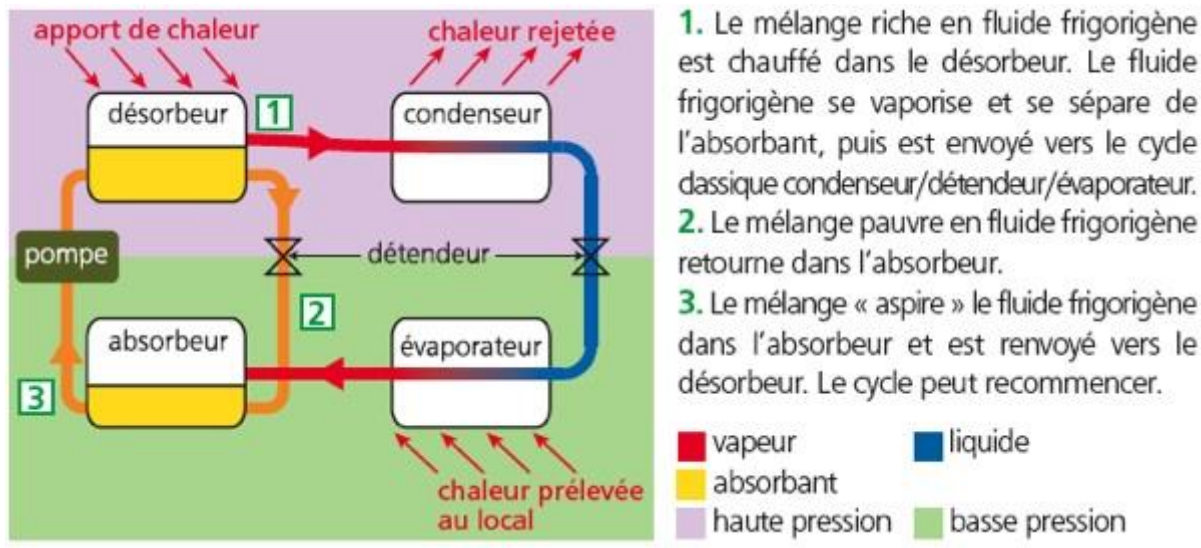
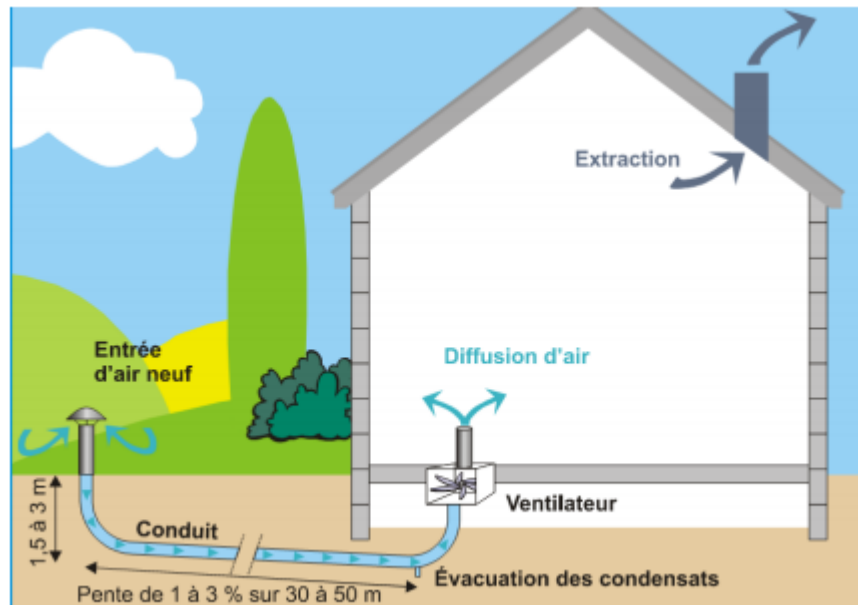


Figure II.9 : Machine à adsorption

### Comme il existe une autre technique basée sur l'effet air/sol

#### II.6 Puits canadien (air/sol)

Ce principe est un système géothermique de surface. Il consiste à utiliser l'inertie thermique du sol pour récupérer la fraîcheur (ou la chaleur) du sol. Le puits canadien a une origine très ancienne. C'est un système traditionnellement utilisé en Amérique du Nord pour maintenir les habitations hors gel sans chauffage pendant l'hiver mais il trouve son origine chez les romains. L'expression « puits canadien » est utilisée quand il sert à préchauffer la maison et « Puits provençal » lorsqu'il sert à rafraîchir. [15]



**Figure II.10** : Schéma simplifié d'un puits canadien [15]

### II.6.1 Principe de fonctionnement d'un puits canadien

L'échangeur d'air géothermique, appelé également puits canadien ou puits provençal, est composé d'un ou de plusieurs tubes horizontaux placés sous terre et par lesquels circule l'air destiné à la ventilation des bâtiments. Dans le cas d'un puits canadien à eau, c'est un fluide caloporteur qui permet de réchauffer l'air introduit dans le bâtiment via une batterie d'échange.

Les deux utilisent l'inertie thermique du sol, à savoir sa particularité à maintenir à une certaine profondeur une température constante, pour rafraîchir ou préchauffer l'air entrant dans le bâtiment

**En hiver**, dans le cas d'une température extérieure de  $-7\text{ °C}$ , l'air neuf sera introduit dans le bâtiment à une température supérieure à  $0\text{ °C}$ .

**En été**, si le bâtiment est bien protégé contre les apports solaires et sous réserve des charges internes, la ventilation suffira à maintenir une température ambiante de  $25\text{ °C}$  pour une température extérieure de  $30\text{ °C}$ .

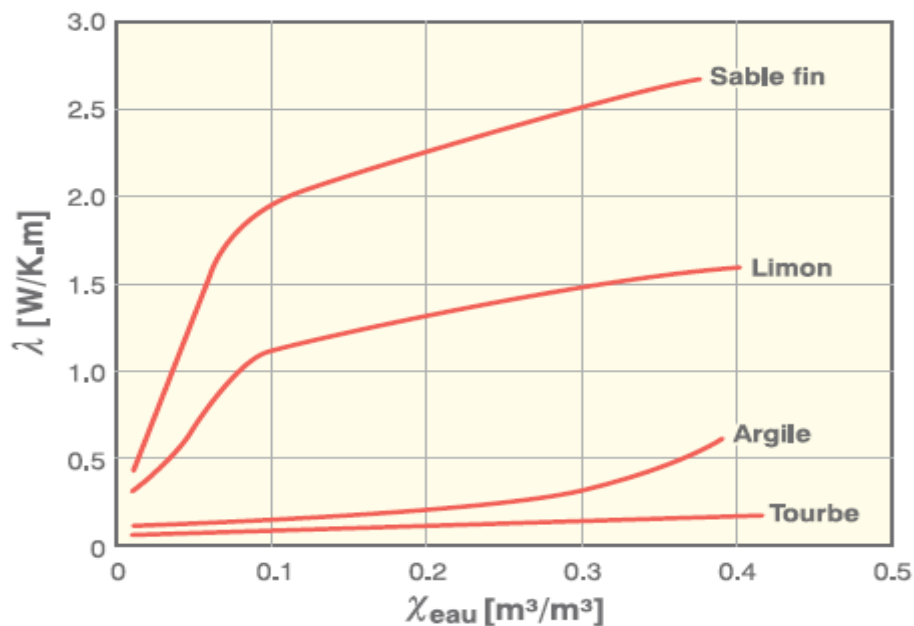
**En demi-saison**, lorsque la température extérieure est comprise entre  $10$  et  $20\text{ °C}$ , le puits canadien sera by-passé partiellement. L'intérêt du puits canadien est variable selon le type de construction et la région.

### II.6.2 Eléments pour la conception d'un puits canadien/provençal

- **Nature du sol** : C'est un des principaux éléments à prendre en compte lors de la conception d'un puits canadien/provençal. Les performances du puits sont directement liées à la capacité calorifique et à la conductivité thermique du sol.

**-Conductivité thermique du sol** : La conductivité thermique d'un sol dépend non seulement de sa composition mais également de la disposition et de la forme de ses particules constitutives, des liaisons entre ces particules ainsi que de sa teneur en eau. Le sol sera d'autant plus conducteur de chaleur qu'il sera humide. La conductivité thermique d'un sol peut donc varier dans le temps, notamment en fonction des évolutions de sa teneur en eau dues aux variations climatiques et au changement de saison.

La figure (II.11) suivante montre la conductivité thermique de différents types de sols en fonction de leur teneur en eau :



**Figure II.11** : La conductivité thermique de différents types de sols [15]

**-Capacité calorifique du sol** : La capacité calorifique  $C_s$  d'un sol s'exprime par la moyenne pondérée des capacités calorifiques de ses constituants : minéraux, matière organique, eau, air :

$$C_s = \sum_i x_i \rho_i C_i \dots\dots\dots (II-5)$$

Où  $x_i$ ,  $\rho_i$ ,  $C_i$  représentent respectivement la teneur du matériau ( $m^3$  de matériau/ $m^3$  de sol), sa masse volumique et sa capacité calorifique. Comme l'eau et la matière organique ont une capacité calorifique supérieure à celle des éléments minéraux, un sol humide et riche en matière organique stockera mieux la chaleur qu'un sol sec, riche en minéraux.

Le tableau suivant montre les propriétés thermiques des principaux constituants d'un sol :

**Tableau II.1** : Propriété thermique des principales constructions d'un sol [15]

Matière	Masse volumique $\rho_{kg/m^3}$	Capacité calorifique $C_{KJ/(K.Kg)}$	Conductivité thermique $\gamma_{W/(K.m)}$
Minéraux (moy)	2650	0.80	2.90
Sable et Gravier	1700 à 2200	0.91 à 1.18	2.00
Argile et Limon	1200 à 1800	1.67 à 2.5	1.50
Matière organique	1300	1.90	0.25
Eau	1000	4.20	0.585
Glace	920	2.10	2.50
Air	1250	1.00	0.023

- **Localisation géographique** : Le recours à un puits canadien/provençal est particulièrement intéressant dans les régions ayant un différentiel de température important entre l'été et l'hiver ( $>20$  °C).
- **Place disponible pour l'enfouissement du conduit et coût** : Lors de la conception d'un puits canadien/provençal, il est préférable pour l'enfouissement du conduit de disposer d'une surface importante et dégagée. De plus, le coût d'installation d'un puits canadien/provençal dépend fortement du coût de terrassement.  
Ces deux éléments font qu'il est plus judicieux d'installer le puits pendant les travaux de fondation d'un bâtiment que pour équiper un bâtiment existant.
- **Type de bâtiment et ventilation hygiénique** : Le puits canadien/provençal doit permettre au système de ventilation de l'habitation d'assurer un débit d'air nécessaire

pour les bâtiments résidentiels et le règlement sanitaire départemental et/ou le code du travail pour les locaux tertiaires. Ce débit dépend de la configuration de chaque bâtiment.

- **Besoins en chauffage et refroidissement** : Une étude thermique, permet en fonction des conditions climatiques et des besoins de chauffage et de refroidissement d'un bâtiment, de déterminer les principales caractéristiques que doit avoir le puits.

### II.6.3 Dimensionnement d'un puits canadien / provençal

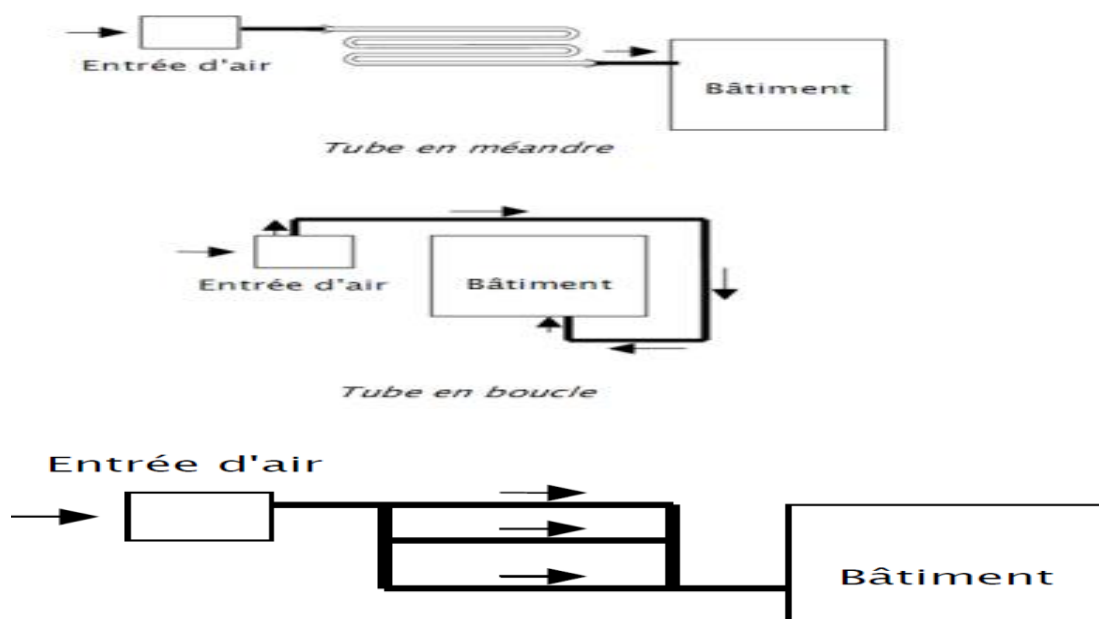
Il est basé sur quatre principaux éléments essentiels :

- **Entrée d'air neuf** :
  - **Type d'entrée** : Il s'agit généralement d'une bouche extérieure pour le secteur résidentiel et d'un plénum pour le secteur tertiaire nécessitant de plus gros volumes de renouvellement d'air.
  - **Hauteur de la prise d'entrée d'air neuf** : Elle doit être supérieure à 1,10 m pour limiter l'encrassement.
  - **Chapeau de protection** : Il permet d'éviter les infiltrations d'eau de pluie à l'intérieur du puits.
  - **Grille de protection à fin maillage** : Elle est indispensable pour éviter l'intrusion de rongeurs, oiseaux, insectes. Elle doit être facilement accessible pour nettoyage.
  - **Filtres** : Il est conseillé de munir les entrées d'air des puits canadiens/provençaux d'un filtre. La classe du filtre à utiliser dépend de la densité et du type de poussières à proximité de l'entrée d'air. Il est recommandé d'inspecter et de changer régulièrement les filtres (3 à 4 fois par an en moyenne) car un filtre encrassé contribue à augmenter les pertes de charge du puits et donc la consommation du ventilateur.
  - **Positionnement de l'entrée d'air neuf** : celle-ci doit être implantée loin des sources de pollution (parking, poubelles,..) et loin de toute végétation pouvant produire des pollens allergisants.

➤ **Conduit :**

- **Nombre de tubes :** Le conduit du puits peut être constitué d'un seul tube posé en méandre ou en boucle autour du bâtiment ou être organisé sous la forme d'un réseau de tubes parallèles installés entre des collecteurs afin d'augmenter le débit d'air circulant dans le puits.
- **Longueur de chaque tube :** Elle est habituellement de l'ordre de 30 à 50 m afin de limiter les pertes de charge. La longueur totale du conduit est calculée en fonction du débit d'air souhaité, de la nature du sol, de la zone géographique (température extérieure tout au long de l'année) et du type d'installation choisie.
- **Diamètre des tubes :** Pour optimiser les transferts thermiques sol/air, la vitesse de l'air au sein du puits doit être comprise entre 1 et 3 m/s. En fonction des débits d'air requis, le diamètre du conduit du puits est alors calculé pour respecter ces conditions de vitesse d'air.
- **Disposition des tubes :** Afin de minimiser les pertes de charge au sein du conduit et de faciliter son entretien, il est conseillé de limiter le nombre des coudes.

Deux dispositions sont majoritairement utilisées lorsque le puits ne comporte qu'un seul tube :



**Figure II.12 :** Différents circuits pour l'implantation des tubes [15]

- **Profondeur d'enfouissement des tubes :** Pour l'installation c'est préférable de mettre une profondeur allant de 2 m à 4m minimum et ça pour des nombreux avantages telle que , la température du sol , elle varie bien moins que la température de l'air extérieur entre l'été et l'hiver de 7 et 12 °C en moyenne.
- **Espacement entre les tubes :** Il est préférable qu'il soit supérieur à 3 fois le diamètre des tubes afin de garantir un bon échange thermique de chaque tube avec le sol.
- **Pente du conduit :** Elle doit être comprise entre 1 et 3% pour favoriser l'évacuation des condensats qui peuvent se former dans le conduit lorsque l'air extérieur chaud est en contact avec les parois plus froides du puits.
- **Matériau constitutif des tubes :** Le choix du matériau est important car il impacte directement sur les échanges thermiques sol/puits. L'utilisation de parois compactes à conductivité thermique élevée doit être favorisée car elle permet d'augmenter les échanges et ainsi de réduire la longueur du puits. Les matériaux utilisés doivent également avoir une bonne tenue à l'enfouissement. Les tubes entrant dans la composition des puits canadiens/provençaux actuellement en fonctionnement sont généralement en PVC, en polyéthylène ou en polypropylène souple ou rigide. Certains tubes sont constitués de matières plastiques (PVC structurés ou gaines type TPC) emprisonnant des bulles d'air, ce qui diminue l'échange thermique sol/conduit. Le recours à ce type de tube est donc déconseillé.

➤ **Système d'évacuation des condensats :**

- **Présence d'un sous-sol :** La récupération des condensats peut alors se faire dans le sous-sol. Ils sont ensuite évacués vers l'égout à l'aide d'un siphon, ce qui permet une étanchéité parfaite du puits depuis l'entrée d'air neuf jusqu'au système de ventilation. Cette solution est donc à privilégier dans les zones à forte concentration de gaz radon dans le sol ou si le sol entourant le puits est très humide.
- **Absence de sous-sol :** Un regard de visite doit être placé à l'endroit le plus bas du puits (sous la bouche d'entrée d'air si le conduit est montant, à l'extrémité du



conduit côté bâtiment) afin d'évacuer les condensats soit par infiltration dans le sol à l'aide d'un lit de cailloux, soit en utilisant une pompe de relevage. Ce regard permet également d'inspecter visuellement le conduit afin de déceler d'éventuels problèmes et de procéder à l'entretien du puits.

- **Ventilateur et système de régulation :** Le ventilateur doit être dimensionné en fonction du débit d'air neuf nécessaire. Il doit avoir un rendement suffisant pour ne pas dégrader le facteur de performance du puits.

### II.7 Avantage et inconvénient :

Quelques avantages et inconvénient des différentes techniques cités précisément [13] [15].

Technologie	Avantages	Inconvénients
<b>Effet Peltier</b>	- Le fluide frigorigère est ici remplacé par un courant électrique, donc pas nocif pour l'environnement - Inversion du sens chaud -froid par inversion du courant électrique	- COP faible (~0,5). - Puissance limitée. Actuellement sur le marché, les modules existant ne dépassent pas les 100 W de puissance
<b>Système à compression</b>	Ne demande pas d'investissements importants - COP élevé (2,5- 4)	- Présente un risque en cas de fuite car utilise des fluides frigorigères ayant une influence sur la couche d'ozone et l'effet de serre (réchauffement climatique) - Forte consommation d'électricité
<b>Cycle de Rankine</b>	Utilise l'énergie thermique du soleil. - COP élevé.	- Semble être développée uniquement pour de grande puissance
<b>Cycle à jet de vapeur</b>	- Utilise l'énergie thermique du soleil, - Pas de fluide réfrigérant polluant	- Technologie encore en recherche et développement
<b>Puit canadien</b>	-6 à 10 fois moins cher qu'une climatisation. -Effet sonore silencieux par rapport à la climatisation.	- besoin en surface -risque de moisissure si la conduit est mal conçu.

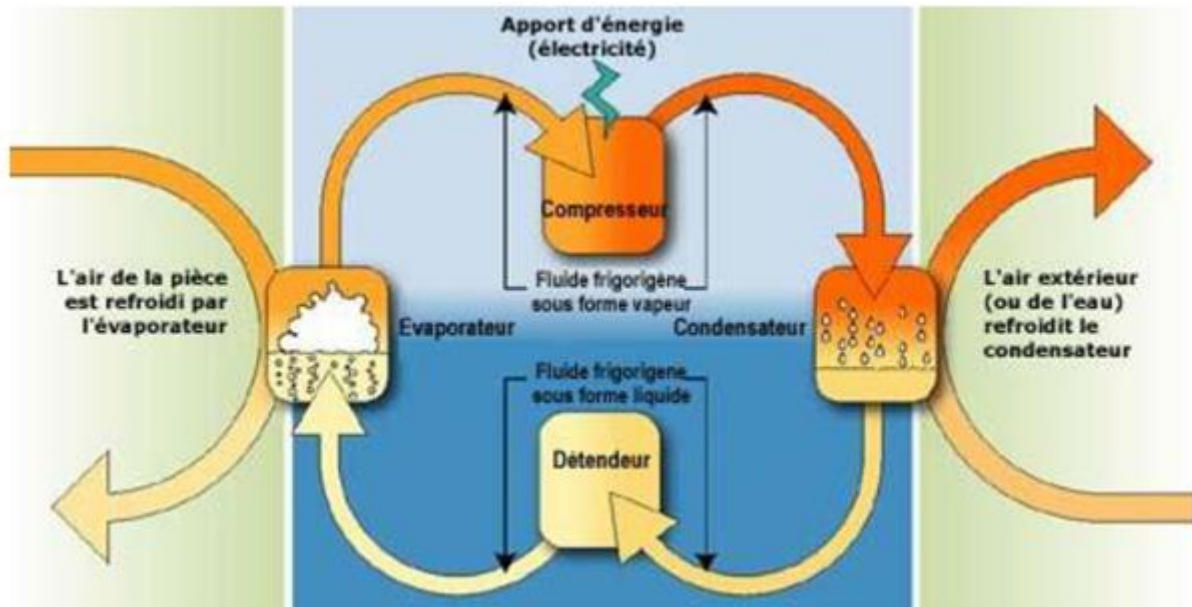
	-Il est économique coté cout ou bien en énergie. -Maintenance, très faible.	
<b>Procédé thermo acoustique</b>	-Procédé silencieux	-Technologie encore au stade de recherche.
<b>DEC absorption</b>	- Exploitation d'une énergie renouvelable et propre (soleil) ; - Consommation électrique très faibles comparées à celles dues à un compresseur frigorifique	- Nécessite une maintenance très rigoureuse. - Coût à l'investissement élevé par rapport à celui des machines à compression,
<b>DEC adsorption</b>	-Exploitation d'une énergie renouvelable et propre (soleil) - Température de régénération faible,	- Nécessite donc une maintenance très rigoureuse
<b>Absorption</b>	-Utilisation de la ressource solaire comme principale source d'énergie.	- Nécessité d'un système de refroidissement à basse température. -Risque de cristallisation, -Coût d'investissement très élevé.
<b>Adsorption</b>	- Aucune source d'énergie autre que le soleil (énergie propre et inépuisable) n'est nécessaire, - Consommation électrique très faible par rapport aux machines frigorifiques à compression,	- Déphasage de (au moins) 12h entre production de chaud et production de froid, nécessité de stockage froid, pour le cycle intermittent (un seul réacteur)

## II.8 comparaison entre climatisation solaire et traditionnelle

Utiliser l'énergie solaire pour produire de froid peut revêtir plusieurs aspects mais l'objectif final est toujours de limiter l'utilisation d'une climatisation classique réputée pour ses impacts négatifs sur l'environnement. D'un point de vue théorique et fondamental, il existe de très nombreuses manières

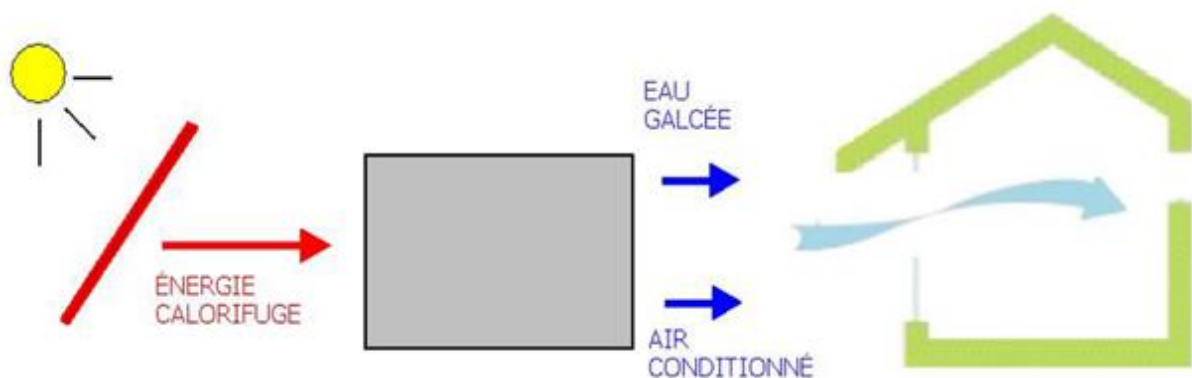
Un climatiseur traditionnel produit du froid en comprimant un fluide dit (frigorigène) ou (réfrigérant) qui a la capacité d'absorber de grosse quantité de chaleur (calorie) lorsqu'il passe de sa phase liquide à sa phase gazeuse au niveau de l'évaporateur figure (II.13).

Un climatiseur consomme par conséquent de l'électricité pour actionner le compresseur et du fluide frigorigène. En effet, bien qu'il soit en circuit fermé, les fuites de fluide ne sont pas rares.



**Figure II.13 :** Fonctionnement d'un climatiseur traditionnel [16]

Dans le cas de la climatisation solaire, l'énergie calorifique délivrée par le système solaire est utilisée par des machines de production de froid ou de traitement d'air pour produire de l'énergie frigorifique permettant d'assurer le rafraîchissement des locaux (**figure II.14**)



**Figure II.14 :** Schéma de la climatisation solaire [16]

Les systèmes de rafraîchissement solaire ont l'avantage de supprimer la plupart des nuisances de climatisation classique : la consommation d'électricité peut être jusqu'à 20 fois inférieure à celle d'un système classique à compression. Les fluides frigorigènes employés sont inoffensifs puisqu'il s'agit d'eau et de solution saline et la nuisance sonore du compresseur est supprimée. De plus, l'absence de compresseur mécanique évite la vibration d'où le fait que ces machines demandent un entretien limité et présentent une grande longévité. [14]

## II.9 CONCLUSION :

Dans ce chapitre, une recherche bibliographique concernant les différentes techniques de climatisation solaire a été présentée.

L'utilisation de l'énergie solaire pour produire du froid est une alternative attirante, puisque le maximum d'énergie solaire correspond généralement à celui des besoins en froid.

Nous en concluons que les technologies de climatisation solaire par les différentes techniques peuvent être utilisées pour produire une large gamme de température de froid.

Les technologies examinées sont intéressantes, de temps plus le puits canadien fait de lui un parfait exemple de rafraîchissements solaire. Ces technologies, peuvent surtout répondre à la demande de conservation de l'énergie et de la protection de l'environnement.

# CHAPITRE III

*Descriptions et études  
technique de puits canadien*

### III.1 INTRODUCTION

Dans ce chapitre et parmi les techniques cités au chapitre précédent, nous avons choisi la technique basée sur l'effet air /sol dite « puits canadien ». Ce choix, est pris selon les avantages de point du vue économique, environnement et confort. Cette technique sert à rafraîchir l'habitation et connaît un développement important depuis quelques années.

### III.2 L'étude de site (Local : Hall Technologie)

**III.2.1 Nature du sol :** Elle sera favorable à notre étude vis-à-vis de sa situation géographique.

#### III.2.2 Localisation géographique :

Notre site de dimensionnement d'un puits canadien se situe au niveau de l'université de Bejaïa précisément à Targua Ouzemour, le local est entouré de trois Amphi théâtres à droite, et à gauche par un terrain d'une superficie étant égale à  $1760m^2$  et juste en face bloc de maintenance comme on le voit clairement sur (la figure III.1).



**Figure III.1 :** Vue de ciel de l'ensemble du local

Le local dimensionné est une structure métallique de deux étages qui se caractérise par les dimensions suivantes : Longueur de 40m, Hauteur de 10m et une Largeur de 30.40m. Donc, une superficie totale étant égale à  $1296m^2$ , (figure III.2)

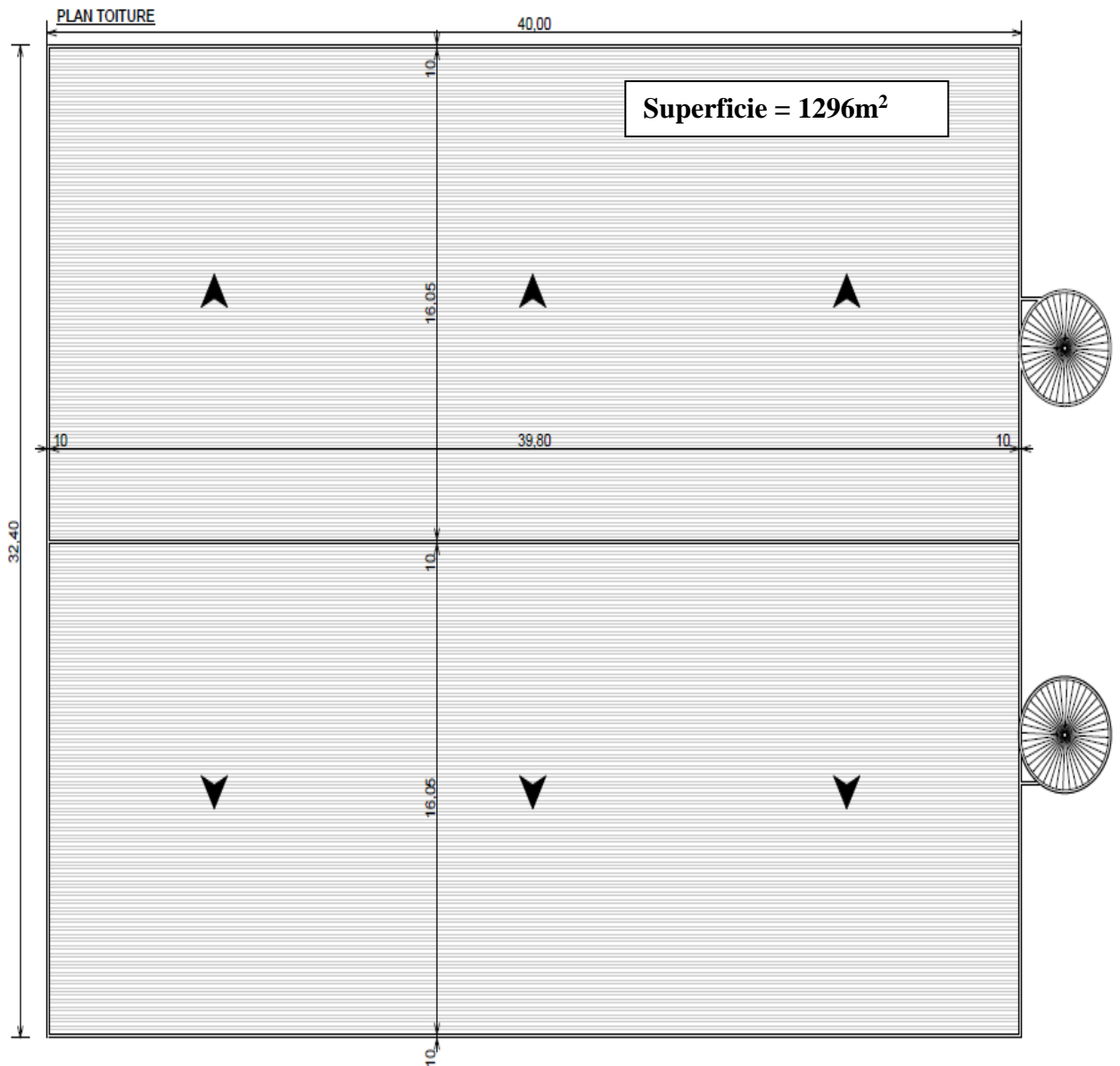


Figure III.2 : La toiture de local

Le rez-de-chaussée est constitué de deux bureaux, des ateliers, un sanitaire et une grande surface libre appelé salle des machines. (Figure III.3)

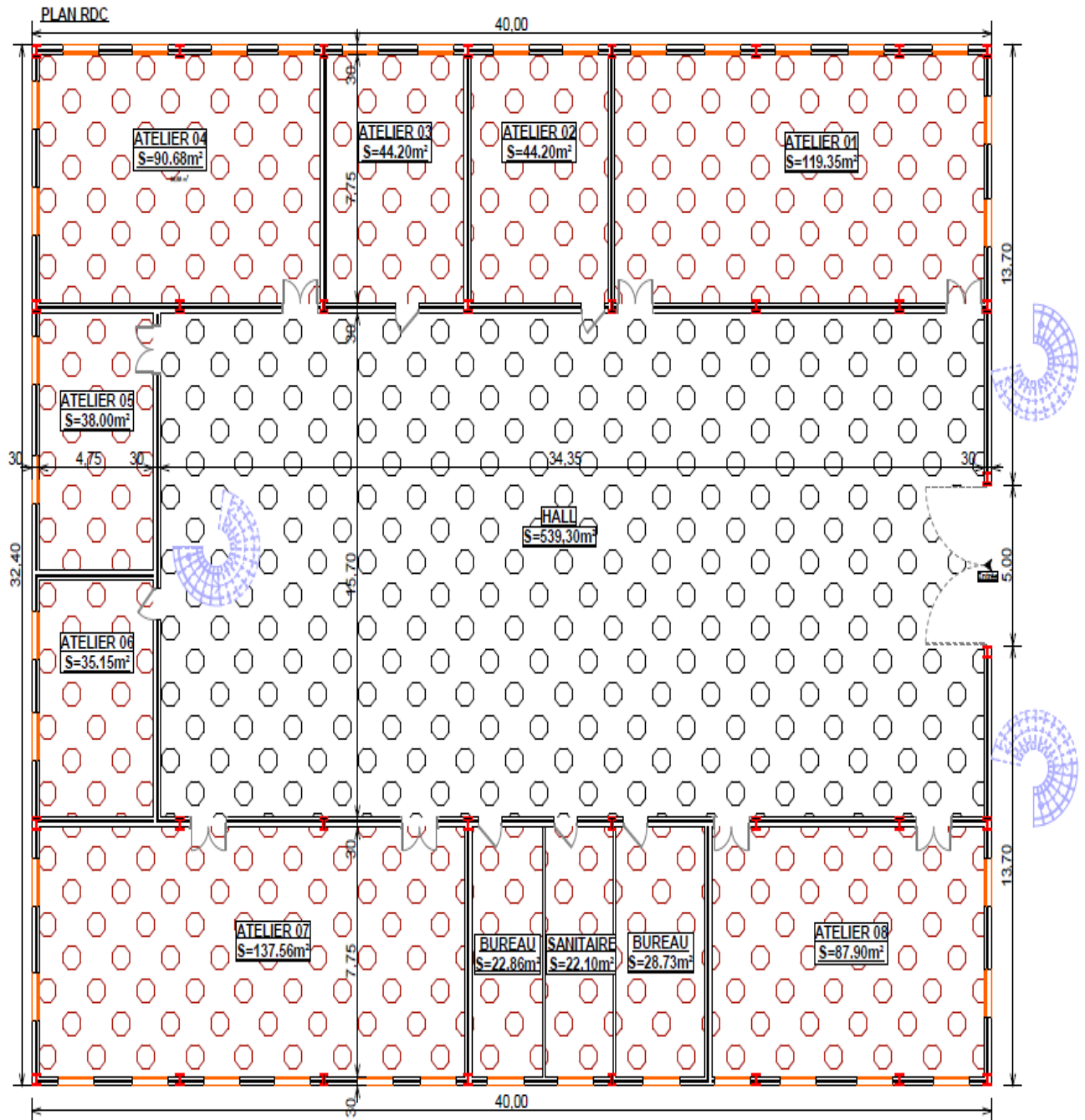


Figure III.3 : Plan de RDC de local



Le premier étage se compose de quatre bureaux et une salle d'informatique et cinq ateliers de dessins comme montré par la figure III.4 :

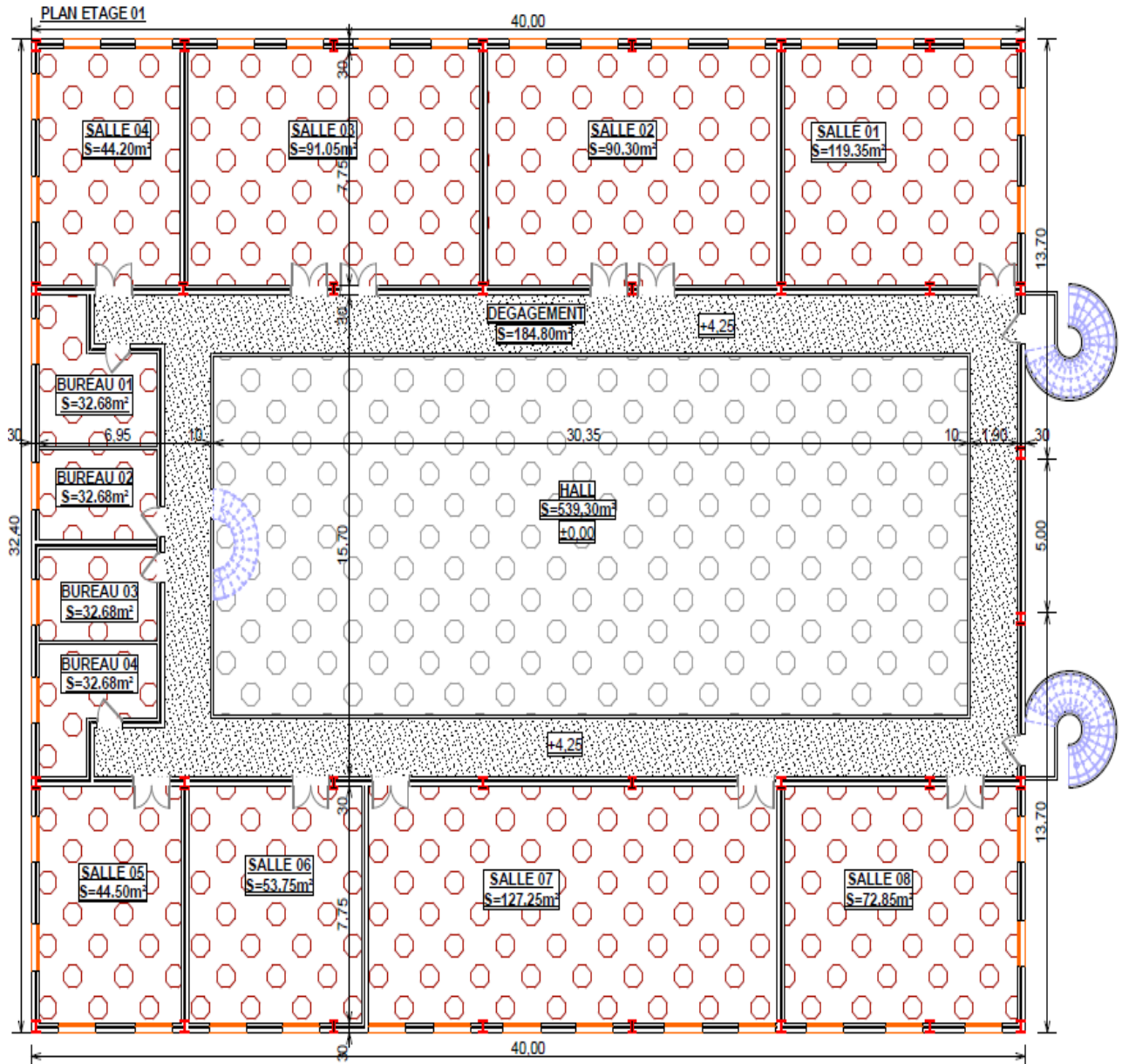


Figure III.4 : Le plan de 1<sup>er</sup> étage du locale

Le dimensionnement de la toiture : le toit du local est construit par des feuilles métallique légère de 6m de longueur et de largeur de 70 cm d'une épaisseur de 7mm, entreposé l'une sur l'autre. (Figure III.2)

### III.2.3 Place disponible pour l'enfouissement du conduit

L'emplacement choisie pour notre projet d'étude est le terrain à gauche du local .C'est un espace vert d'une superficie égale à  $1760m^2$  qui est largement suffisant pour l'enfouissement.



Figure III.5 : Vue en 3D de la surface d'enfouissement

### III.3 Mise en œuvre de l'installation

Notre installation sera répartie selon les éléments suivants :

1. Entrée d'air neuf
2. Conduit
3. Système d'évacuation des condensats
4. Ventilateur et système de régulation du puits

Tout d'abord on commence par calculer le débit d'air total dans notre local (hall technologie) : Le débit total de l'air circulant dans le puits canadien doit assurer l'ensemble des besoins d'air du local à rafraîchir. La détermination du débit d'air total maximal constitue l'un des premiers paramètres de dimensionnement d'un puits canadien.

Le débit d'air est donné par l'équation suivante :

$$q_v = \tau \times v \dots\dots\dots (III-1)$$

Avec :

- $q_v$  : Débit volumique de l'aire nécessaire en  $m^3/h$
- $\tau$  : Taux de brassage de l'air en 1/h
- $v$  : Volume du local en  $m^3$

Les taux de brassage varient en fonction du rôle de l'air qui est apporté :

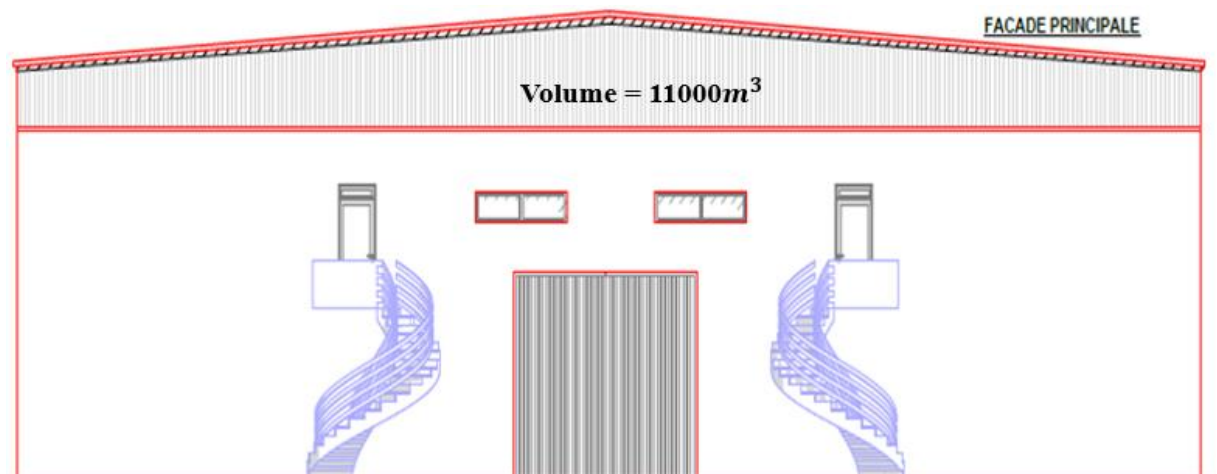
**Tableau III.1** : Taux de brassage dans tout type de ventilation [15]

Type de ventilation	Taux de brassage
Aération standard	$\tau=0.5$ à $2$ [1/h]
Chauffage	$\tau= 2$ à $5$ [1/h]
Climatisation	$\tau=5$ à $10$ [1/h]

Dans notre cas, on a un volume de :

$$v= 11000m^3.$$

Il est le produit de la superficie de la façade du local multiplié par sa longueur. La façade du local est illustrée par la figure III.6.



**Figure III.6** : Vue de face de local

Le taux de brassage de l'air dans une climatisation est de 5 à 10, on prend une valeur petite  $\tau = 5.5$  vue que c'est une climatisation naturelle (sol/air)

Application numérique :

Selon la relation III.1 on a :

$$q_v = 5.5 \times 11000$$

$$q_v = 60500 \text{ m}^3 / \text{h}$$

### III.3.1 L'entrée et sortie d'air neuf :

- **Hauteur et type d'entrée / sortie :** on a choisi une entrée simple résidentielle d'une hauteur de 1m10 au niveau de sol (figure III.7).

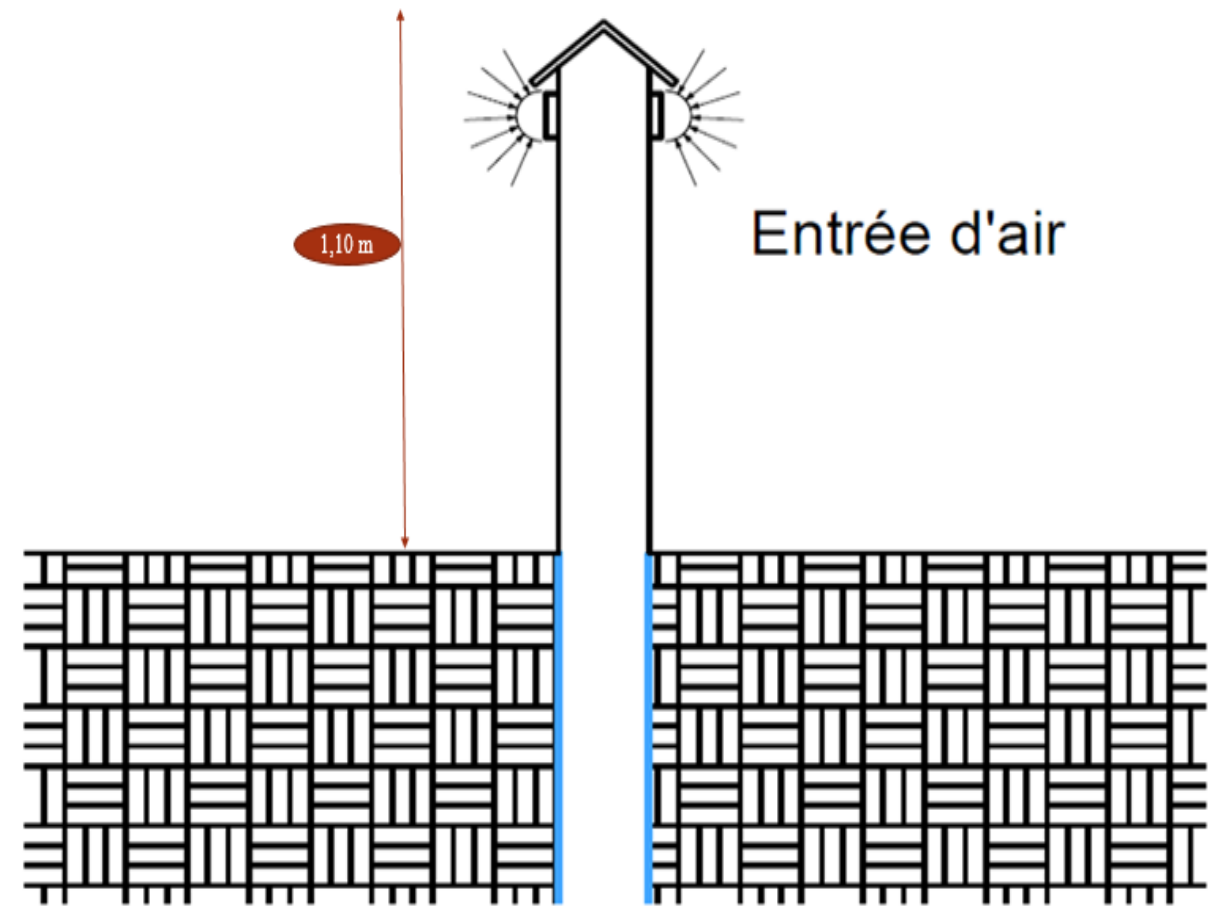
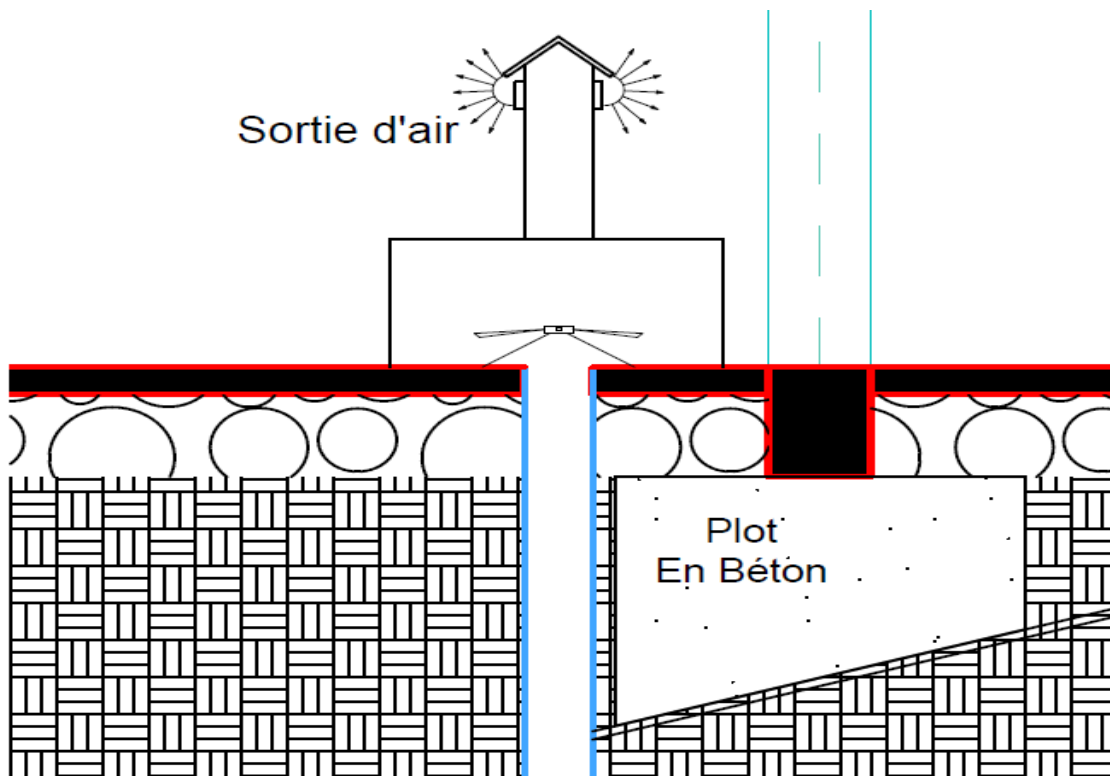




Figure III.7 : Entrée d'air

La sortie de conduit est positionnée approximativement à la porte d'entrée du local. (Figure III.8).



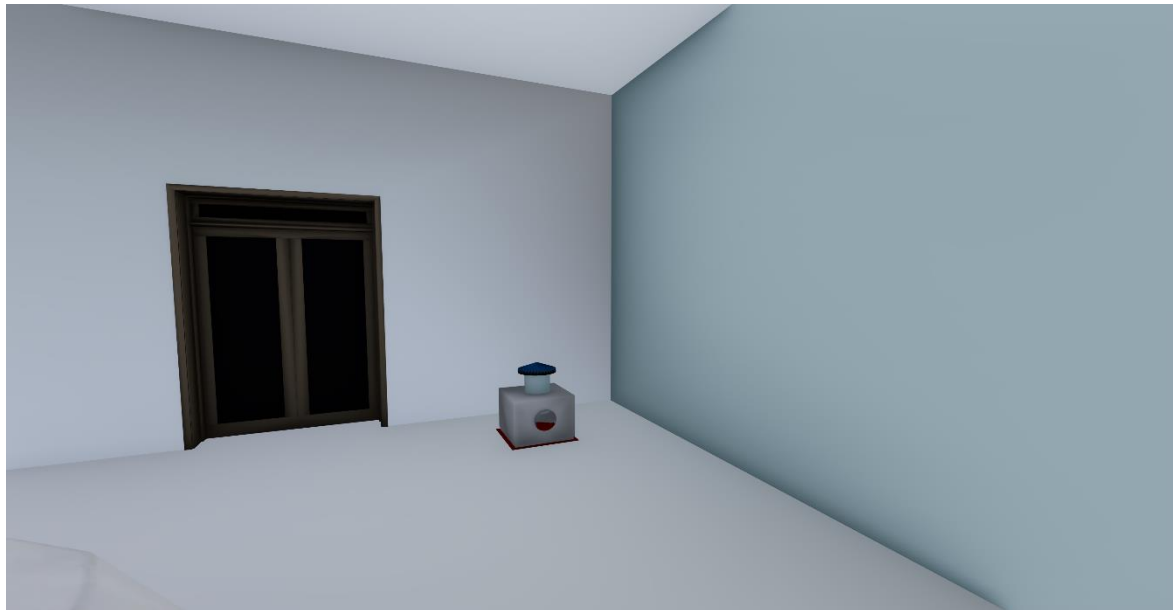
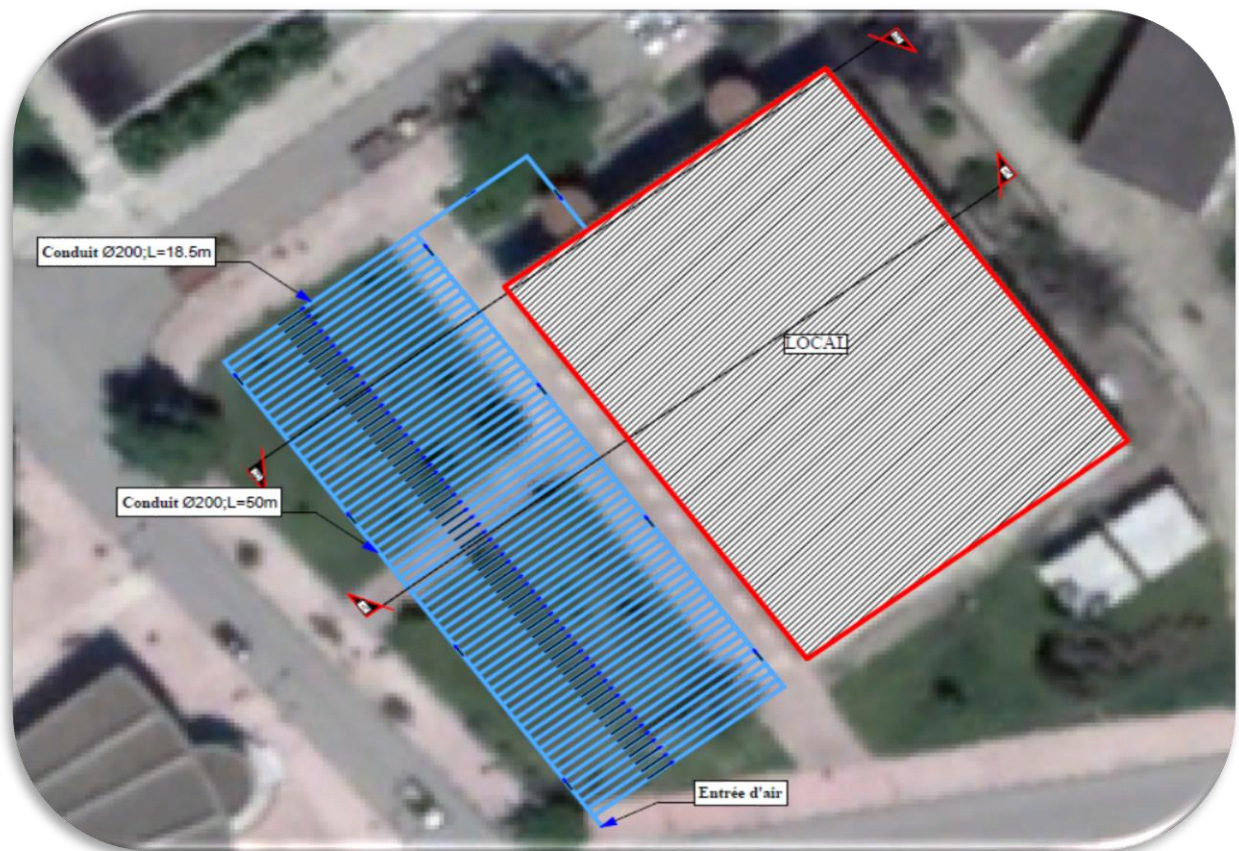
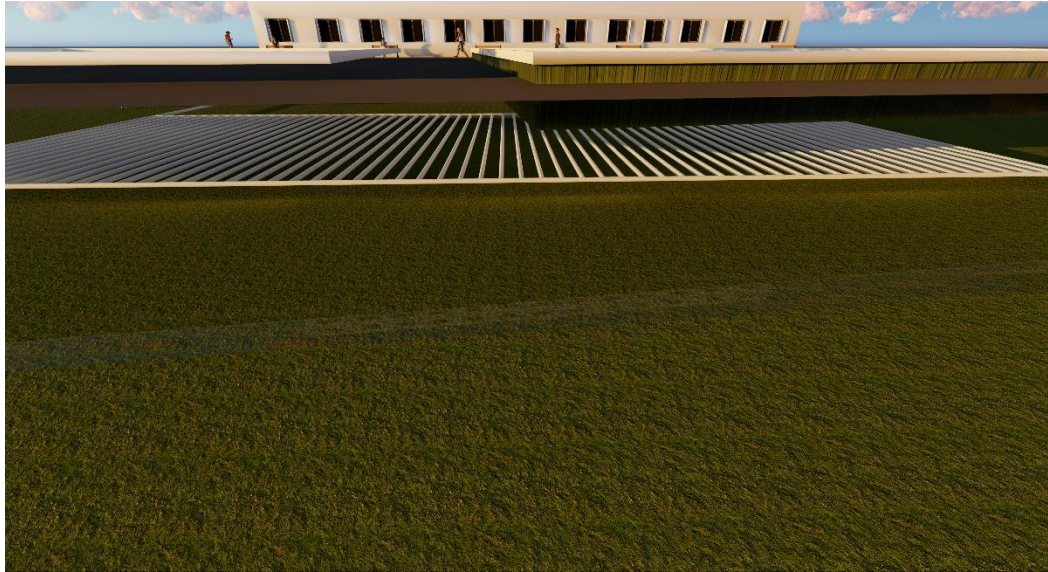


Figure III.8 : La sortie d'air

- **Positionnement de l'entrée d'air neuf** : notre position se situe à l'extrémité de terrain choisi pour l'installation. Comme le montre la (figure III.8).





**Figure III.9** : Positionnement d'entrée et de sortie d'Air

### III.3.2 Conduit et caractéristiques :

- **Nombre de tubes.**
- **Longueur de chaque tube.**
- **Diamètre des tubes.**

Le tableau suivant montre les différentes conduites selon leurs longueurs et leurs diamètres en fonction de rendement de chaque conduite. Par exemple, pour alimenter une maison avec 300 m<sup>3</sup>/h, on peut opter pour une conduite de 15 m et 200 mm de diamètre, ou pour 2 conduites de 12 m et 150 mm de diamètre, amenant chaque'une d'elles 150 m<sup>3</sup>/h. Le nombre de conduite sera en fonction de la place disponible. On évitera les longues conduites présentant des coudes, pour éviter les pertes de charge.

**Tableau III.2 :** Débit en fonction du diamètre des conduites pour obtenir un échange thermique de 80%. [15]

Débit par conduite [m <sup>3</sup> /h]	Diamètre 100 mm	Diamètre 150 mm	Diamètre 200 mm	Diamètre 250 mm	Diamètre 300 mm
100	10.6	11.7	13.3	/	/
200	11.3	12.7	14.3	15.9	17.2
300	/	13.1	15.1	17.2	19
400	/	13.7	15.9	17.7	20.4
500	/	14.1	16.4	19	21.6
600	/	14.7	16.9	19.8	22.5
700	/	/	17.7	20.2	23.6
800	/	/	18.3	21	24.6
900	/	/	18.5	21.5	25.1
1000	/	/	18.6	21.8	25.8

On a  $qv = 60500 \text{ m}^3/\text{h}$

Pour :  $1000 \text{ m}^3/\text{h}$ . On trouvera le nombre de tube est  $\frac{60500}{1000} = 60.5$  tubes

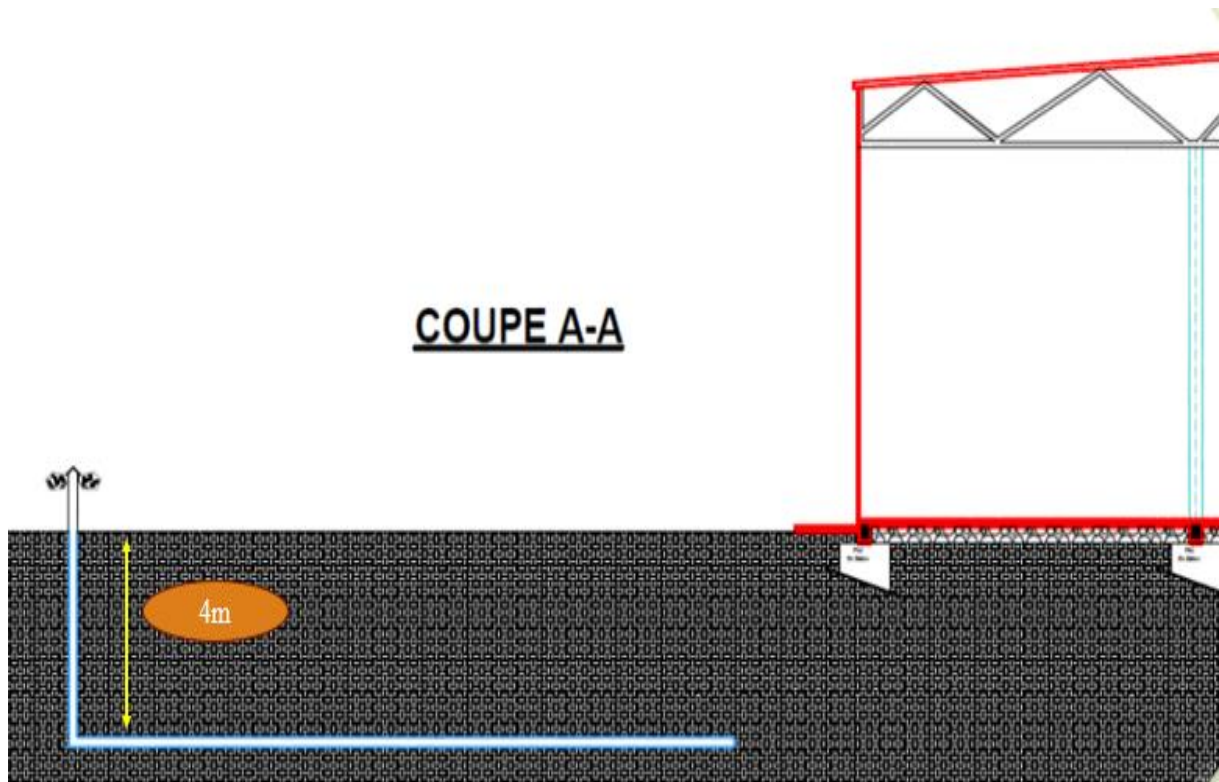
Nombre de tube : 61 Tubes.

On prendra 61 tubes

Donc pour subvenir aux besoins d'air frais nécessaire pour un volume de  $11000 \text{ m}^3$ , il faut un débit de  $60500 \text{ m}^3/\text{h}$  selon le tableau précédant. On prendra 61 tubes de 18.6m de longueur et 200mm de diamètre et on prend en considération la superficie de la place disponible pour l'enfouissement des conduites qui seront répartie selon (**la figure III.7**).

Pour l'enfouissement des tubes on a opté pour 4m de profondeur ou la température du sol est bien inférieure à celle de l'air extérieur entre l'été et l'hiver. Ceci est représenté sur (**la figure III.9**).

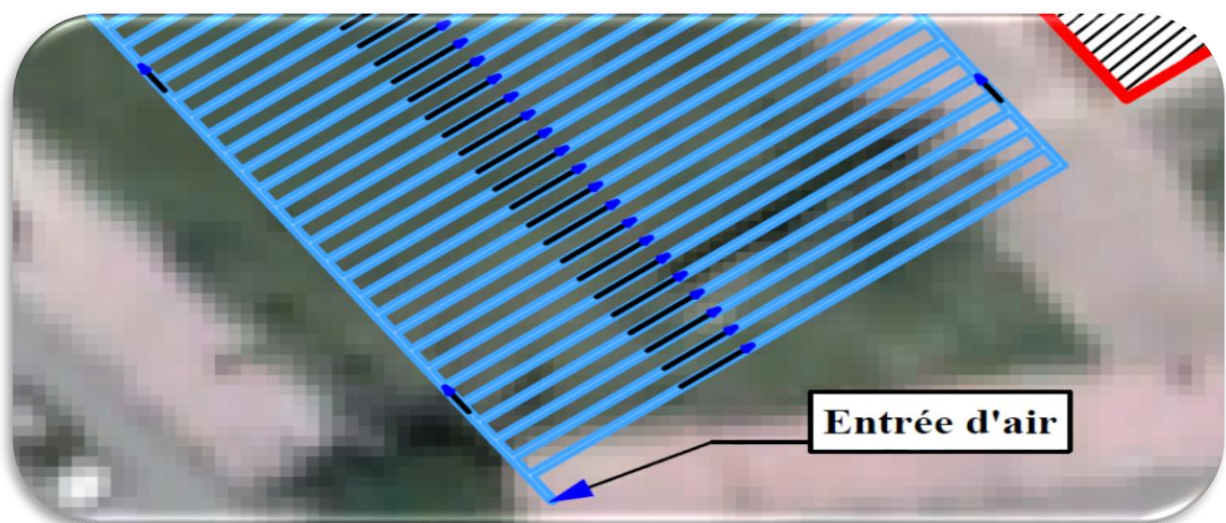




**Figure III.10** : Profondeur d'enfouissement des tubes

- **Espacement entre les tubes :**

Il est préférable qu'il soit 3 fois supérieur au diamètre des tubes. Et ça afin de garantir un bon échange thermique des tubes avec le sol.



**Figure III.11** : Espacement entre les tubes

- **Matériau constitutif des tubes** : le choix du matériau en PVC.
- **Température de sortie** : En considérant une température  $T_{sol}$  du sol homogène imposée sur la paroi des tubes, un bilan thermique en tout point du tube permet de déduire le profil de température de l'air et la température en bout de tube. Ainsi la température de sortie de l'air est donnée par :

$$T_{air}(x) = T_{sol} + (T_e - T_{sol})e^{-\frac{x}{l}} \dots\dots\dots (III-3)$$

- $T_{air}(x)$ : Température de l'air dans le tube à une distance x de l'entrée en [°C] ;
  - $T_{sol}$ : Température du sol au niveau du tube en [°C] ;
  - $T_e$  : température d'entrée de l'air dans le tube [°C] ;
  - $l$  : Longueur caractéristique de l'échange thermique, dépendant du débit d'air et des propriétés thermiques de l'air et du tube en [m].
  - $x$  : La distance (variation selon la température de l'air à l'entrée de tube)
- **Système d'évacuation des condensats** : Vu que l'absence de sous-sol dans notre Hall technologie, il va être positionnée juste à l'entrée de local.car c'est l'endroit le plus bas.
  - **Ventilateur et système de régulation du puits** : La performance de notre ventilateur répond à l'exigence de notre débit d'air nécessaire qui est de  $q_v = 60500 \text{ m}^3/\text{h}$ . qui va être alimentés part des panneaux solaires (photovoltaïque)

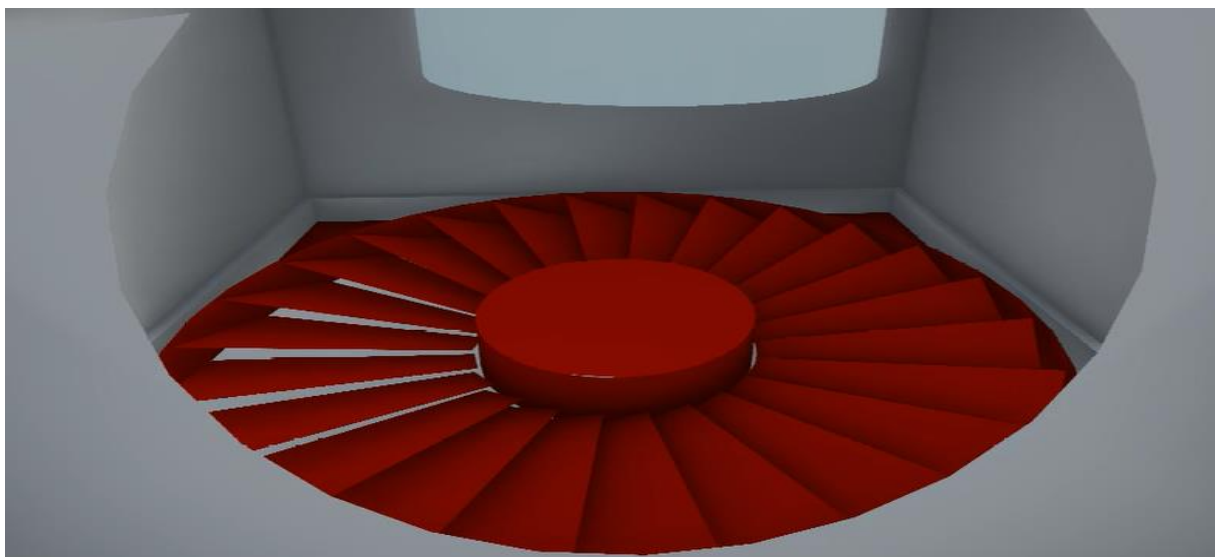


Figure III.12 : Système de ventilation

### **III.4 Conclusion**

Il est important de noter que le puits canadien ne suffit pas pour remplacer un système de chauffage et de climatisation, mais il contribue à une diminution des dépenses énergétiques nécessaires au renouvellement d'air. Il permet aussi de mettre une habitation hors gel en hiver et surtout d'avoir un vrai confort d'été avec une baisse significative des températures d'air neuf lors des pics de chaleur.

# ***CONCLUSION GENERALE***

### Conclusion

L'utilisation de l'énergie solaire est un des axes prioritaires de recherche en ALGERIE qui dispose d'un gisement solaire important, dans ce cadre notre étude d'installation d'un système de climatisation est faite. Notre travail comporte deux grands points essentiels :

❖ L'étude théorique des systèmes solaires en générale et particulièrement la climatisation solaire, leurs fonctionnements et leurs descriptions, ainsi que sur leurs avantages et les désavantages de l'exploitation.

❖ La description et la technique d'installation d'un puits canadiens dans le local (HALL de technologie), ainsi que les principaux paramètres de dimensionnement.

Premièrement ,l'étude que nous venons de présenter, nous a permis d'approfondir et d'enrichir nos connaissances sur les systèmes solaires, et précisément les techniques de climatisation solaire, qui fonctionnent selon un principe simple et efficace, consistant à convertir les rayons électromagnétique du soleil en électricité pour des besoins domestiques ou pour procès industriel.

Deuxièmement, Il est important de noter que le puits canadien ne suffit pas à remplacer un système de climatisation, mais il contribue à une diminution des dépenses énergétiques nécessaires au renouvellement d'air. Il permet aussi de mettre une habitation hors gel en hiver et surtout d'avoir un vrai confort d'été avec une baisse significative des températures d'air neuf lors des pics de chaleur.

Selon les résultats obtenus de notre études de l'installation d'un puits canadien, nous concluons que pour un volume de  $11000m^3$ , il nous faut 61 tubes de 18,6m de longueur et 200 mm de diamètre, et un espace de  $1760m^2$  de superficie qui seront enfouis sous 4 m de profondeur pour assurée un bon rendement de système.

Cette étude est réalisé grâce a des logiciels (l'auto CAD et Archi-CAD et Lumio).

Enfin nous espérons que ce travail donnera au consommateur, une idée sur les différents systèmes solaires et précisément les techniques de climatisation solaire, et nous souhaitons que les futures promotions le trouvent utile et efficace.

# ***BIBLIOGRAPHIE***

## Bibliographie

---

- [1] J, Bernard. Energie solaire calculs et optimisation, Ellipse Edition Marketing. (2004).
- [2] C, Vauge. Introduction générale sur les différentes énergies renouvelables, Techniques de l'Ingénieur, B263. (1982).
- [3] A, H, Khedim. Energie solaire et son utilisation sous forme thermique et Photovoltaïque, Centre de Publication Universitaire. (2003).
- [4] Z, Sen. Solar energy fundamentals and modeling techniques, Springer. (2008).
- [5] M. Capderou, Atlas solaire de l'Algérie, Tome 1, Vol. 1 et 2 ; OPU, 1987.
- [6] J.A Duffie and W.A Beckman, Solar Energy Thermal Processes; 2nd
- [7] A. Mefti; M.Y Bouroubi; H. Mimouni, Evaluation du potentiel énergétique solaire Bulletin des Energies Renouvelables, N° 2, P12, décembre 2002.
- [8] D.S. Kima, C.A. Infante Ferreira, "Solar refrigeration options, a state of the art review, State of the Art ",international journal of refrigeration 31(2008)3–15.
- [9] Mr Thibaut Vitte, «Généralités et état de l'art à propos de la climatisation solaire » Thèse en Génie civil, Institut National des sciences Appliquées de Lyon.
- [10] Andrea Voigt «Climatisation solaire : Une technologie prometteuse mais pas encore mature », Publié dans Clim Pratique.
- [11] Jérôme ADNOT, ARMINES,"Energy Efficiency and Certification of Central Air Conditioners", FINAL REPORT - APRIL 2003.
- [13] Hubert Tian massa COULIBALY, mémoire de fin d'étude, Conception et réalisation d'un prototype de climatisation solaire de 5 kw froid au Burkina Faso, le 15 juin 2010
- [14] Fellah Ilyas et DJAIDER Rafik, mémoire fin d'étude, Etude et conception d'un système de climatisation utilisant l'énergie solaire. 2012
- [15] Julien HEINTZ et all, Les puits canadiens/provençaux Guide d'information, Centre Technique des Industries Aérauliques et Thermiques, Janvier 2008

## Bibliographie

---

[16] Site internet : Google, l'ensoleillement au monde, consulté le 21 juin 2018



# Résumé

L'utilisation des énergies renouvelables suscite de plus en plus un intérêt certain dans le monde. La diminution des réserves mondiales en pétrole et en gaz et les problèmes

environnementaux ont amené beaucoup de pays à s'intéresser aux énergies renouvelables et propres telles que l'énergie solaire.

A l'échelle mondiale la production de froid dans l'habitat (individuel ou collectif) apparaît comme un enjeu majeur de ce nouveau siècle. Durant les dernières décennies, une demande de confort accrue et des températures particulièrement élevées ont conduit à un fort développement de la climatisation dans les pays développés.

Le but de ce travail était de présenter un dimensionnement d'une climatisation basée sur l'effet Air/Sol (puits canadien /provençal), d'un local (hall technologie). Ce dimensionnement a été simulé avec des logiciels l'auto CAD et Archi-CAD et Lumio. On a déduit que pour un volume de 11000 m<sup>3</sup> il nous faut 61 conduits (18,6 m/ 200 mm) et une surface libre ( $S=1760\text{m}^2$ ).

# Abstract

The use of renewable energy generates more and more significant interest in the world. The global reduction in oil and gas and environmental problems has led many countries to become interested in renewable and clean energy such as solar energy.

Globally, the production of cold housing (individual or collective) appears as a major energy challenge of this new century. In recent decades, an increasing demand for comfort and high temperatures in summer has led to a strong growth development air conditioning in developed countries.

The purpose of this work was to present a dimensioning of an air conditioning based on the Air / Ground effect (Canadian / Provençal well), for local (technology hall). This dimensioning was simulated with software CAD auto and Archi-CAD and Lumio. It has been deduced that for a volume of 11000 m<sup>3</sup> we need 61 ducts (18.6 m / 200 mm) and a free surface ( $S = 1760 \text{ m}^2$ ).