

I.1. Introduction :

Nous présenterons dans ce chapitre les différentes conceptions et les résultats bibliographiques sur le refroidissement des panneaux photovoltaïques.

La plupart des recherches ont pour but l'optimisation des performances des composants solaires existants en améliorant les conditions de fonctionnement (inclinaison, orientation du composant...) ou en proposant des configurations géométriques innovantes. Elles se basent sur la modification des dimensions ou des propriétés des matériaux de constitution (isolant thermique, absorbeur, cellules PV...) ou des fluides caloporteurs (air, eau...). Ces améliorations visent à accroître la quantité d'énergie solaire absorbée et les transferts thermiques entre le fluide caloporteur et l'absorbeur ou à réduire, voire éliminer, les pertes thermiques extérieures du capteur solaire.

I.2. Quelques travaux réalisés dans le domaine thermique des PV :

SARHADDI F. et al [1] Didier Delages et Bruno Fleche «Energie solaire photovoltaïque », juin 2007. ont présenté, en **2010**, un modèle thermique et électrique détaillé. Le module est développé pour calculer les paramètres thermiques et électriques d'un collecteur **PV/T** typique à air (**figure I.1**)

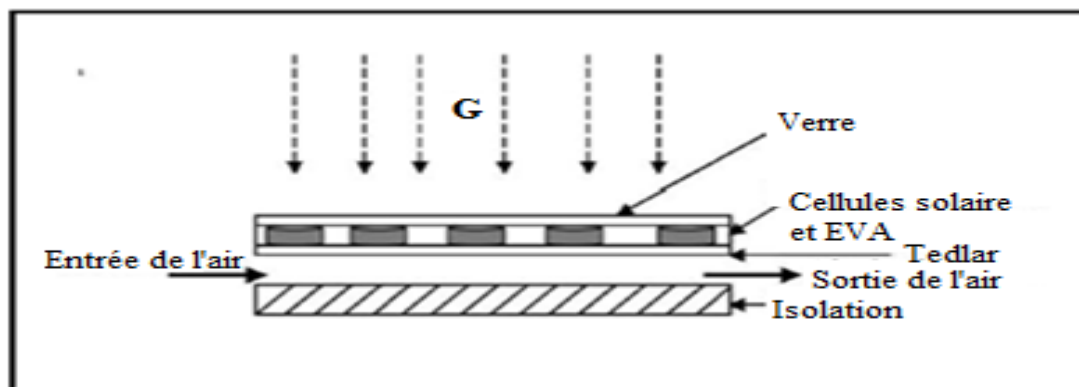


Figure.I.1. Coupe transversale du capteur hybride étudié par SARHADDI et al. [1] **Didier Delages et Bruno Fleche**, « Energie solaire photovoltaïque », juin 2007.

Les paramètres thermiques et électriques incluent la température de cellule solaire, la température de face arrière de module PV, la température de sortie de l'air, la tension électrique de circuit ouvert, le courant de court-circuit, la tension maximum (de point de puissance max), le courant maximum (de point de puissance max) ... etc. Quelques corrections sont faites sur les coefficients de perte de chaleur afin d'améliorer le modèle

thermique du collecteur **PV/T**. Un meilleur modèle électrique est employé pour augmenter la précision de calculs des paramètres électriques du **PV/T** à air. Le modèle électrique présenté peut estimer les paramètres électriques tels que la tension électrique de circuit ouvert, le courant électrique de court-circuit, la tension électrique maximum, et le courant électrique maximum. De plus, une expression analytique pour l'efficacité énergétique globale d'un **PV/T** à air est donnée en termes thermique, électrique, dimensions du capteur et paramètres climatiques. Un programme de simulation sur ordinateur est développé afin de calculer les paramètres thermiques et électriques de capteur hybride. Les résultats trouvés par la simulation numérique sont en bon accord avec les mesures expérimentales remarquables dans la littérature précédente. Ils ont trouvé également que l'efficacité thermique, l'efficacité électrique et l'efficacité énergétique globale du collecteur hybride à air sont d'environ **35,18%**, **10,01%** et **45%**, respectivement, pour un échantillon des paramètres climatiques et de fonctionnement.

En 2011, **TEO H.G. et al [2] Didier Delages et Bruno Fleche**, « Energie solaire photovoltaïque », juin 2007. ont étudié un système de refroidissement actif pour les modules photovoltaïques, l'énergie électrique et thermique est produite par le système hybride du module **PV/T**. Les résultats de l'expérience montrent l'effet du mécanisme de refroidissement actif.

Dans le cas où aucun refroidissement n'a été employé, la température de fonctionnement du module **PV/T** a atteint une valeur de **68 °C** et l'efficacité électrique a chuté de manière significative à **8,6%**.

En exploitant un ventilateur pour refroidir le module **PV/T**, la température du module a été maintenue à **38 °C** et l'efficacité électrique portée à environ **12,5%**. En outre, un débit massique optimum a été également trouvé dans cette étude (par rapport aux dimensions du capteur **PV/T** étudié). Le débit d'air **0,055 kg/s** est suffisant pour absorber une quantité maximum de la chaleur du module PV. Quand le débit dépasse cette valeur, l'énergie thermique et l'énergie électrique ne sont plus affectées. Ceci aide en choisissant l'estimation de la puissance du ventilateur afin d'éviter de gaspiller l'énergie inutile. Pour amplifier l'efficacité électrique du module PV, la température et le gradient de température au-dessus du module photovoltaïque sont considérés comme critiques. La plus grande efficacité des systèmes **PV/T** refroidis par air aura une contribution significative aux applications du système photovoltaïque.

En 2010 (LEROUX Guilian, et al) [3] présentent le rafraîchissement des panneaux photovoltaïques intégrés en toiture par convection naturelle.

Cette étude présente des travaux effectués dans le cadre du projet ANR CoolPV, visant à développer des solutions pour limiter la montée en température des panneaux photovoltaïques intégrés en toiture. Cet article s'intéresse à l'amélioration des écoulements de convection naturelle en sous face des panneaux. Le cas d'étude est une cavité ouverte inclinée et s'appuie sur une campagne expérimentale en site réel. Deux approches de modélisation de type nodale et volumes finis ont été comparées sur différentes configurations.

Cette étude a permis non seulement de mettre en évidence les limites et les avantages de chaque méthode, mais aussi de valider l'approche nodale qui sera utilisée par la suite dans une utilisation plus globale.

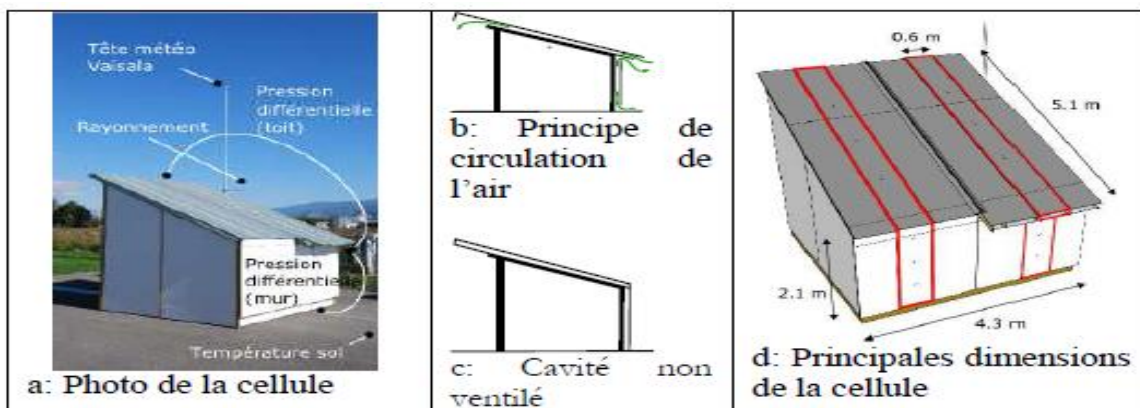


Figure.I.2. : Positionnement des mesures de sollicitation, schéma de principe de circulation de l'air et dimension de la cellule.

En 2012, MORTEZAPOUR H. et al [4] ont présenté analytiquement et expérimentalement l'évaluation des performances d'un collecteur hybrides photovoltaïque thermique à deux passages d'air. Des expressions mathématiques pour des paramètres d'utilisation pour un PV/T de verre à verre et un PV/T de verre à tedlar (figure I.3) ont été développées et expérimentalement validées par un capteur PV/T de type verre à tedlar. L'influence du débit d'air sur l'efficacité du capteur solaire a également été étudiée. Les résultats ont prouvé que le PV/T de verre à verre a donné une température de sortie d'air, une température de cellules et une efficacité thermique plus élevée qu'un capteur PV/T verre à tedlarz. Cependant, la température de surface arrière et l'efficacité électrique étaient plus hautes en cas de collecteur verre au tedlar. L'augmentation du débit d'air a mené la plus basse température de l'air de sortie et une efficacité électrique plus élevée du module photovoltaïque. L'efficacité électrique

expérimentale maximum, l'efficacité thermique et l'efficacité globale pour le collecteur de verre à tedlar ont atteint respectivement **10,35%**, **57,9%** et **84,5%**.

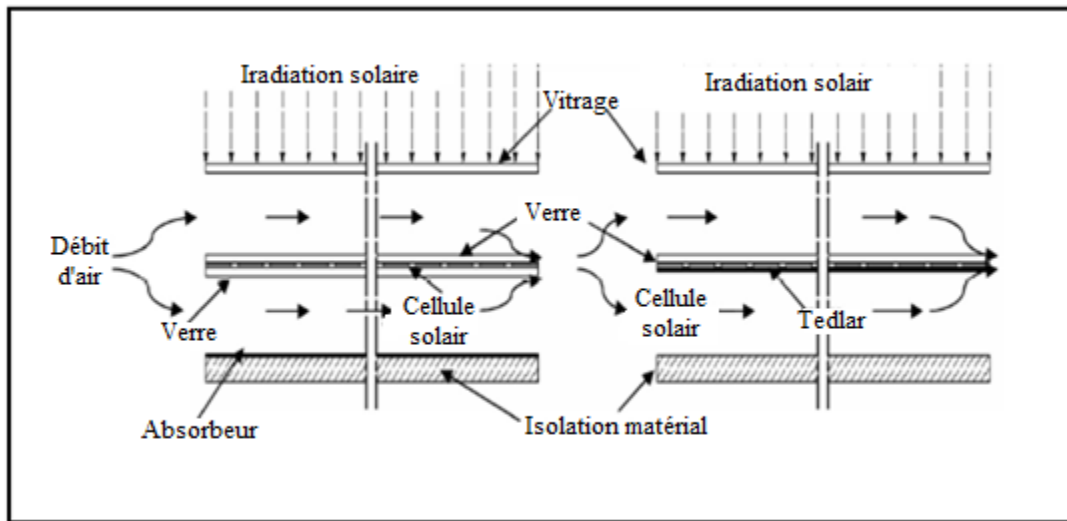


Figure.I.3. Vue schématique (a) d'un PV/T de verre à verre, (b) d'un PV/T de verre à tedlar. [4]

En 2013, **TOUAFEK K. et al [5]** présentent une nouvelle conception d'un collecteur hybride où le capteur possède deux plaques absorbantes, l'une en dessous du module photovoltaïque et l'autre au-dessus de la couche isolante afin d'augmenter les performances globales du capteur hybride (**figure I.4**). Une étude de modélisation et simulation numérique a été faite pour évaluer les performances électriques et thermiques de ce type de capteur. Cette étude est argumentée par des tests expérimentaux pour la validation du modèle numérique développé. Le modèle mathématique est basé sur un système d'équations de bilan énergétique de chaque composant du capteur hybride, les résultats donnent un rendement thermique qui varie entre **22%** et **68%** de **8h00** à **midi** avec une puissance thermique maximale de **290 W** et une puissance électrique maximale de **46 W**. Notons que l'air circule avec un débit massique de **0,022 kg/s** et la température de l'air en sortie atteint **35 °C**. L'application de cette nouvelle conception donne donc un bon rendement thermique et électrique par rapport aux collecteurs hybrides traditionnels.



Figure.I.4. Photo du capteur hybride étudié par TOUAFEK et al. [5]

En 2013 (Louis-Michel) [6] mènent une étude théorique et expérimentale sur les Caractérisation thermique de modules de refroidissement pour la photovoltaïque concentrée. La concentration de la lumière augmente la température de la cellule et diminue ainsi son efficacité. Il faut donc assurer à la cellule un refroidissement efficace.

La charge thermique à évacuer de la cellule passe au travers du récepteur, soit la composante soutenant physiquement la cellule. Le récepteur transmet le flux thermique de la cellule à un système de refroidissement. L'ensemble récepteur-système de refroidissement se nomme module de refroidissement.

Habituellement, la surface du récepteur est plus grande que celle de la cellule. La chaleur se propage donc latéralement dans le récepteur au fur et à mesure qu'elle traverse le récepteur. Une telle propagation de la chaleur fournit une plus grande surface effective, réduisant la résistance thermique apparente des interfaces thermiques et du système de refroidissement en aval vers le module de refroidissement.

Actuellement, aucune installation ni méthode ne semble exister afin de caractériser les performances thermiques des récepteurs. Ce projet traite d'une nouvelle technique de caractérisation pour définir la diffusion thermique du récepteur à l'intérieur d'un module de refroidissement. Des indices de performance sont issus de résistances thermiques mesurées expérimentalement sur les modules.

Une plateforme de caractérisation est réalisée afin de mesurer expérimentalement les critères de performance. Cette plateforme injecte un flux thermique contrôlé sur une zone localisée de la surface supérieure du récepteur. L'injection de chaleur remplace le flux thermique normalement fourni par la cellule. Un système de refroidissement est installé à la surface

opposée du récepteur pour évacuer la chaleur injectée. Les résultats mettent également en évidence l'importance des interfaces thermiques et les avantages de diffuser la chaleur dans les couches métalliques avant de la conduire au travers des couches diélectriques du récepteur. Des récepteurs de multiples compositions ont été caractérisés, démontrant que les outils développés peuvent définir la capacité de diffusion thermique.

La répétabilité de la plateforme est évaluée par l'analyse de l'étendue des mesures répétées sur des échantillons sélectionnés. La plateforme démontre une précision et reproductibilité de ± 0.14 °C/W.

Ce travail fournit des outils pour la conception des récepteurs en proposant une mesure qui permet de comparer et d'évaluer l'impact thermique de ces récepteurs intégrés à un module de refroidissement.

En **2014 (OUBIRI Ahmed) [7]** a fait une Simulation numérique du refroidissement de l'absorbeur d'un réfrigérateur solaire à adsorption par convection.

Les critères d'un bon refroidissement découlent des principes de transfert de chaleur autour des configurations fermées. Par conséquent pour obtenir un bon échange de chaleur dans de tels systèmes il est nécessaire de satisfaire les trois exigences suivantes :

- ❖ Un écoulement du fluide de refroidissement bien estimé (vitesse de l'écoulement, position de l'absorbeur, géométrie de l'absorbeur et enfin la température de ce comble.
- ❖ Manière de création de la turbulence de l'écoulement.
- ❖ Une grande surface d'échange. A cet effet, un système d'équation régissant le comportement thermique de l'absorbeur et les différents coefficients d'échange thermique est établi. Une simulation mathématique nous a permis d'obtenir des résultats représentés graphiquement, suivi par une analyse et une interprétation, en plus d'une conclusion générale et des recommandations.

Le présent travail s'intéresse donc à l'étude du refroidissement par air sur un cylindre coaxial en aluminium, configuration dont les résultats ont été à la base du progrès réalisé en matière de refroidissement des absorbeurs à adsorption.

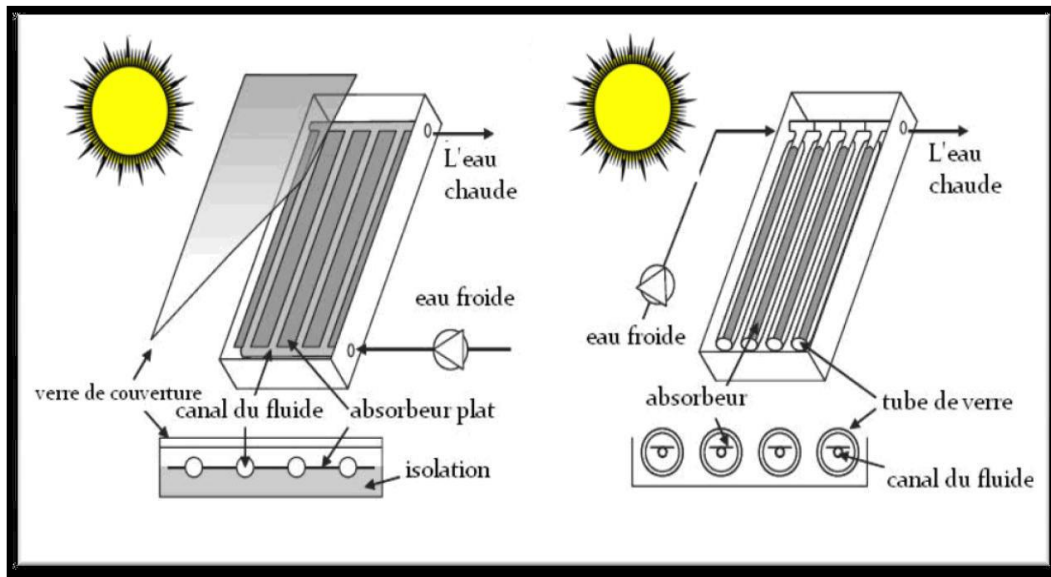


Figure.I.5. : Schémas de refroidissement des panneaux solaires plans.

I.3. Conclusion :

L'étude bibliographique menée nous a permis de situer le travail demandé dans le cadre des différents travaux en Algérie et à travers le monde notamment l'importance à accorder aux certains aspects et certains paramètres à prendre en compte le refroidissement des panneaux photovoltaïques. On déduit qu'il y a deux types de refroidissement :

Le premier basé sur l'aération des panneaux (air) et le deuxième avec l'eau.