

# CONCEPTION D'UN CAPTEUR CYLINDRO-PARABOLIQUE APPLIQUE A UN SECHOIR SOLAIRE AGRICOLE

Bienvenu M. PAKOUZOU <sup>a,b</sup>, Dieudonné J. BATHIEBO <sup>b</sup> & Jean-Marie BASSIA <sup>a</sup>

<sup>a</sup> *Laboratoire d'Energétique Carnot, Faculté de Sciences, Université de Bangui.*

<sup>b</sup> *Laboratoire d'Energies Thermiques et Renouvelables, Université de Ouagadougou.*

[jbathiebo@univ-ouaga.bf](mailto:jbathiebo@univ-ouaga.bf) et [jean-marie.bassia@laposte.net](mailto:jean-marie.bassia@laposte.net)

[mb.pakouzou@gmail.com](mailto:mb.pakouzou@gmail.com)

**Résumé:** Plusieurs séchoirs solaires (indirects et mixtes) fonctionnent avec des capteurs plans; or des nombreuses recherches menées visent à l'amélioration des performances thermiques de ces capteurs. En outre, l'écoulement du fluide dans des capteurs plans est fréquemment assuré par adjonction d'un brasseur fonctionnant à l'aide d'une source d'énergie complémentaire, le plus souvent électrique, d'un prix trop élevé et d'une disponibilité précaire dans les zones agricoles.

La conception d'un accumulateur de chaleur solaire apporterait certainement une alternative au fonctionnement sans appoint d'un séchoir solaire.

Un calcul de dimensionnement d'un nouveau collecteur capable de concentrer l'énergie solaire nécessaire au séchage de 2kg du gombo en 5 heures, est présenté et constitue le but principal dans ce travail.

**Mots clés :** Séchoir solaire-Capteur à concentration-Dimensions-simulations.

## 1. INTRODUCTION

L'agriculture constitue le secteur clé de l'économie centrafricaine [1]. Afin de préserver les produits agricoles saisonniers et les rendre disponibles aux consommateurs pendant toute l'année, ces produits subissent nécessairement des traitements technologiques spécifiques, tels que le séchage thermique. Cette opération est l'un des procédés de conservation des produits agroalimentaires le plus ancien, considéré comme le plus facile, efficace, viable, encore aujourd'hui le plus utilisé.

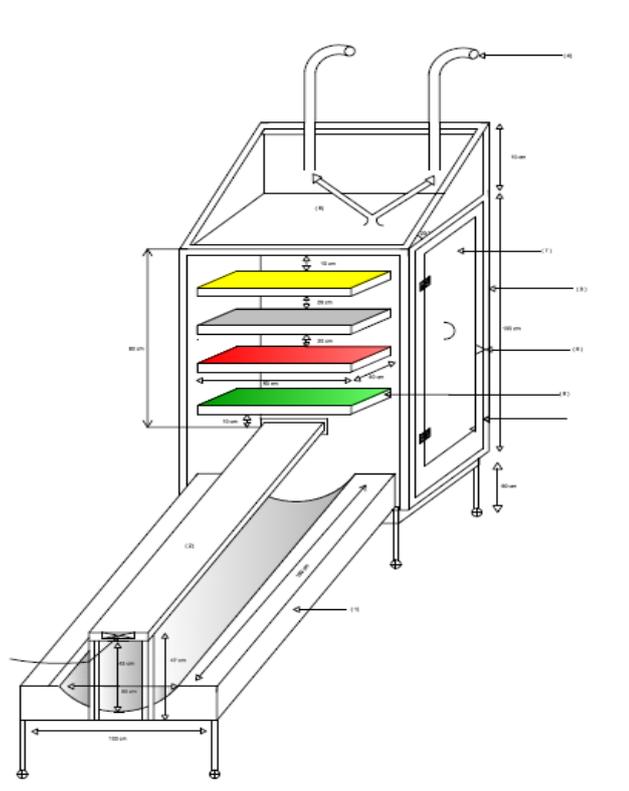
Plusieurs types de capteurs à air, élément fondamental d'un séchoir solaire, ont été construits et testés à travers le monde.

L'objectif principal étant de collecter le maximum d'énergie solaire à un coût minimum et la sauvegarde de la qualité du produit séché. Ces raisons ont incité des nombreux auteurs à améliorer les performances thermiques des séchoirs solaires à air [2].

Ainsi, notre étude consiste à mettre sur pied un collecteur solaire à concentration, appliqué à un séchoir agricole. La modélisation numérique du nouveau collecteur, ainsi fabriqué, est l'objectif principal de la présente étude.

## 2-1. DISPOSITIF ET METHODE

Le nouveau collecteur conçu est un capteur solaire cylindro-parabolique, au foyer duquel nous disposons d'un capteur plan, de dimensions très réduites. Ce capteur qui reçoit le flux solaire du collecteur, permet le chauffage de l'air qui circule librement par effet de thermosiphon en convection naturelle. Cette batterie de chauffage fournit l'énergie nécessaire au séchage de 2kg du gombo en 5heures, étalé sur quatre clayettes disposées dans l'armoire du séchage. Le dispositif ainsi construit permet d'obtenir une bonne qualité du produit séché. Il s'agit d'un dispositif sans stockage ni recyclage dont l'image synoptique est ainsi présentée.



**Figure 1:** schéma synoptique du nouveau séchoir

**Légende:** 1-cylindro-parabolique, 2-Capteur plan, 3-armoire de séchage, 4-cheminée, 5-vitre, 6-claie chargée, 7-porte amovible, 8-cadenas.

Plusieurs équations mathématiques existent et conduisent à retenir les dimensions géométriques du nouveau capteur dont la surface collectrice du concentrateur, évaluée suivant la formule:

$$P = S_c \times Q_a \quad (1)$$

Avec:

**P:** la puissance nécessaire à fournir au système, déterminée par: **P = q<sub>m</sub> × HJ (2).**

Cette puissance est calculée en connaissant au préalable le contenu énergétique (enthalpie, **HJ** ≈ **108 kJ/kg d'ASA**) du fluide séchant, d'après les données disposant la carte psychrométrique et le débit massique d'air sec et chaud, **q<sub>m</sub>**.

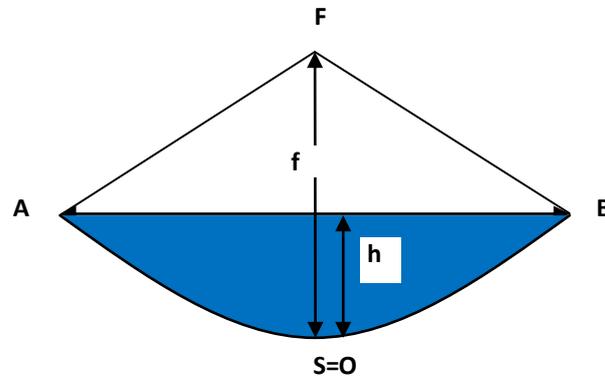
Finalement, la puissance nécessaire étant évaluée à **360W** si la température de l'air à l'entrée de l'armoire vaut 70°C.

**Q<sub>a</sub> (W/m<sup>2</sup>),** le flux solaire reçu par l'absorbeur, évalué selon les jours caractéristiques des mois d'une année civile.

Ainsi, la surface du collecteur pouvant sécher 2kg du gombo en 5heures est calculée et l'aire obtenue vaut **1,5m<sup>2</sup>**. Cette surface représente, non seulement le critère de dimensionnement de l'installation mais aussi la demande d'une subvention.

## 2-2. PARAMETRES GEOMETRIQUES DU COLLECTEUR, [3]

Le nouveau collecteur étant un cylindro-parabolique, donc la forme de sa section est parabolique représentée par la figure 2



**Figure 2:** Taille d'une section parabolique du collecteur, vue de face.

Etant donné la surface du capteur,  $S_c$ , elle conduit, d'après les différentes corrélations établies ci-dessous, à déterminer ses paramètres géométriques regroupés dans le tableau 1.

La distance focale  $f$  est donnée par:

$$f = \frac{r^2}{(4 \times h)} \quad (3)$$

Où  $r$  (m) est le rayon d'ouverture du collecteur et  $h$  (m), sa profondeur exprimée en fonction de son diamètre  $d$  (m) par:

$$h = \frac{d^2}{(16 \times f)} \quad (4)$$

## 3. RESULTATS ET DISCUSSION

Finalement, pour le collecteur de notre séchoir, nous retenons les dimensions consignées dans le tableau suivant:

Tableau 1: Les dimensions du nouveau collecteur

Surface: $S_c$ (m <sup>2</sup> )	Long: L (m)	largeur: l(m)	profondeur: $\epsilon$ (m)	rayon: r(m)	focale: f(m)
1.5	1.5	1	0.15	0.5	0.42

Avec cette surface de **1.5m<sup>2</sup>**, on peut avoir une variante de longueurs et largeurs correspondantes telles que discutées selon les cas ci-dessous:

**1<sup>er</sup> cas** :  $S=1.5m^2$ ,  $L=1.5m$ ,  $l=1m$  et  $r=50cm$

Profondeur	focale, cm	Ouverture	concentration
10cm	62.5	87°	99.88
<b>15cm</b>	<b>42</b>	<b>123°</b>	<b>84</b>
20cm	31.25	155°	43

Les valeurs extrêmes ne conviennent pas à notre système, du fait qu'elles donnent, soit des focales trop éloignées par rapport au capteur, soit une concentration géométrique moins favorable; or le coefficient de concentration est le facteur qui caractérise la performance de notre système. Plus celui-ci est élevé, plus la température atteinte sera importante!

**2<sup>ème</sup> cas:**  $S=1.5\text{m}^2$ ,  $L=2\text{m}$ ,  $l=0.75\text{m}$  et  $r=37.5\text{cm}$

Profondeur	focale, cm	Ouverture	concentration
10cm	1.18	154°	45
15cm	23.4	155°	43
20cm	06.87	147°	62

Pour ce cas, les concentrations géométriques étant petites, elles ne répondent pas à nos attentes, des valeurs non conseillées dans la littérature, quand bien même que les focales sont plus petites qu'au 1<sup>er</sup> cas.

**3<sup>ème</sup> cas:**  $S=1.5\text{m}^2$ ,  $L=2.5\text{m}$ ,  $l=0.6\text{m}$  et  $r=30\text{cm}$

Profondeur	focale, cm	Ouverture	concentration
10cm	22.5	134.76°	71
15cm	15	E	E
20cm	11.25	147°	54

Une fois de plus, dans ce dernier cas, les valeurs de la concentration géométrique n'atteignent pas celle recommandée.

Ces dimensions ainsi retenues, fournissent au nouveau collecteur 360W d'énergie, et lui offrent également un facteur de concentration ( $C=84$ ) et un angle d'ouverture,  $\phi_r = 123^\circ$ , qui conviennent bien au nouveau séchoir, dans le but de sécher 2kg du gombo en 5heures.

### 3-2. DIAMETRE DE L'IMAGE AU Foyer, [4]

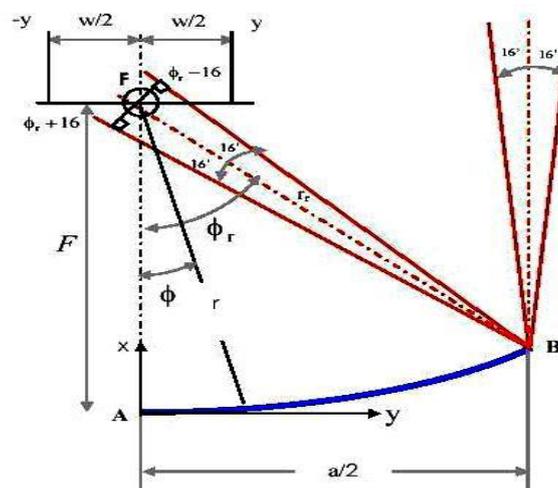


Figure 3: Largeur de la zone focale

La connaissance d'angle d'ouverture conduit à la détermination du diamètre de l'image au foyer, exprimé par:

$$W = \left[ \frac{(d \times \sin \theta)}{\left[ \sin\left(\frac{\phi_r}{2}\right) \times \cos\left(\frac{\phi_r}{2} + \theta\right) \right]} \right] \quad (5)$$

Avec:

**d**: diamètre d'ouverture, **d=1m**

**Θ**: moitié du diamètre apparent du soleil, **Θ≈0,27°**

**Φ<sub>r</sub>**: angle d'ouverture du collecteur, **Φ<sub>r</sub>=123°**

**W**: diamètre de l'image au foyer, **W=1,2Cm**.

5

Toutes ces grandeurs permettent de construire le nouveau collecteur, accroché à l'enceinte du séchage, constituant ainsi le séchoir thermique, présenté ci-dessus:

#### 4. CONCLUSION

Un capteur solaire à concentration a été conçu dans ce document. Ce choix résulte d'un compromis technique et économique, [5]. Les dimensions escomptées obtenues augmentent les performances thermiques du nouveau collecteur à moindre coût. Nous obtenons dans la cage de séchage des températures simulées de l'ordre de 70°C, avec des vitesses d'air voisines de 1m.s<sup>-1</sup>. Le dispositif ainsi conçu permet de sécher 2kg du gombo, sans en dénaturer les éléments organoleptiques, en une journée. Le bon niveau de température qui y est maintenu accroît l'efficacité de l'air asséchant, et par conséquent vitesse du séchage, [6]. Les concentrateurs sont des dispositifs susceptibles de régler le problème posé par la faible densité énergétique du rayonnement solaire incident, [10]. Ces dimensions nous ont conduits à simuler des résultats très satisfaisants.

#### REPERTOIRES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] H. Ouikon, Problématique de développement agricole en République centrafricaine et perspectives de recherche, actes du colloque du 27-31 mai 2002, Garoua, Cameroun.
- [2] S. Malinguinza, Optimisation du capteur double vitrage par la méthode des plans d'expériences, Thèse de doctorat, d'Abomey au Bénin, 2012.
- [3] D. Guerraiche & al., Facteurs optiques et géométriques caractérisant un concentrateur cylindro-parabolique, Revue des Energies Renouvelables, Vol.14 N°2 (2011), 229-238
- [4] D. Djerroub, Modélisation Markovienne du séchage continu par contact avec agitation, Thèse de doctorat, Université de Toulouse, 2010.
- [5] B. Touati, Etude théorique et expérimentale du séchage solaire des feuilles de la menthe verte, Thèse de doctorat, Universités de Lyon et de Tlemcen, Novembre 2008.
- [6] Z. Ilhem, Etude et Réalisation d'un Concentrateur Solaire Parabolique, Mémoire de Magister, 2005
- [7] M. Dagueuet, la théorie du séchage solaire, 1985.
- [8] J. A. Duffie and W.A. Beckman, 'Solar Engineering of Thermal Processes', 2nd Edition John Wiley, 1991.
- [9] A. Teyeb et al., Etude des performances d'un capteur stockeur cylindro-parabolique, Revue des Energies Renouvelables Vol. 9 N°3 (2006) 135 – 141.
- [10] B. M. Pakouzou, Réalisation et expérimentale d'un séchoir agricole à capteur cylindro-parabolique intégré, Mémoire de Master, 2007.