



## The 1<sup>st</sup> International Conference on Local Resource Exploitation

[www.lorexp.org](http://www.lorexp.org) / [info@lorexp.org](mailto:info@lorexp.org)  
REF: LOREXP\_2021\_A1178 Pages: 716–726



### Étude théorique du séchage en couches minces de la tomate dans un séchoir hybride solaire-biomasse dans les régions humides

#### *Theoretical study of thin layer drying of tomato in a solar-biomass hybrid dryer in wetlands*

Emilienne Bogwarbe<sup>1,2,\*</sup>, Alexis Kuitche<sup>2</sup>, Yvette Jiokap Nono<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institut National de Formation des Formateurs et de Développement des Programmes, INFFDP, Yaounde, Cameroon.

<sup>2</sup> Department of Automatic, Energetic and Electrical Engineering, ENSAI, University of Ngaoundere, P.O Box 455 Ngaoundere, Cameroon.

<sup>3</sup> Department of Chemical Engineering and Environment, UIT, University of Ngaoundere, P.O Box 455 Ngaoundere, Cameroon.

\* Auteur Correspondant : [ebogwarbe@yahoo.fr](mailto:ebogwarbe@yahoo.fr)

#### RÉSUMÉ :

Dans ce travail, nous contribuons à la réduction des pertes post-récoltes des tomates par séchage. Pour ce faire, une modélisation d'un séchoir hybride solaire-biomasse est faite. Pour une meilleure simulation de la cinétique de séchage, nous avons adopté le modèle de séchage en couches minces selon trois modes d'alimentation énergétique du séchoir à savoir le mode solaire, le mode biomasse et le mode couplé où les deux sources interviennent à la fois. Les résultats obtenus montrent que le séchage au soleil est plus favorable que le séchage solaire en convection naturelle et que la teneur en eau de stabilité de la tomate, garantissant une activité de l'eau inférieure à 0,6, est atteinte après environ 2 jours, 13 heures et 4,5 heures de séchage respectivement pour le mode solaire, le mode biomasse et le mode couplé, au mois d'Août pour une vitesse de l'air asséchant de 1,5 m/s et une température moyenne de 42 °C, 52 °C et 69 °C respectivement.

**Mots clés :** Séchoir hybride, Tomate, Cinétique de Séchage, Modélisation.

#### ABSTRACT:

In this work, we contribute to the reduction of post-harvest losses of tomatoes by drying. To do this, a solar-biomass hybrid dryer is modelled. For a better simulation of the drying kinetics, we adopted the thin-film drying model according to three energy supply modes of the dryer namely solar mode, biomass mode and cut mode where both sources are involved at the same time. The results obtained show that sun drying is more favorable than solar drying in natural convection and that the stability water content of the tomato, guaranteeing a water activity of less than 0.6, is reached after about 2 days, 13 hours and 4.5 hours of drying respectively for solar mode, biomass mode and coupled mode, in August for a drying air speed of 1.5 m/s and an average temperature of 42 °C, 52 °C and 69 °C respectively.

**Keywords:** Hybrid dryer, Tomato, Drying kinetics, Modeling.

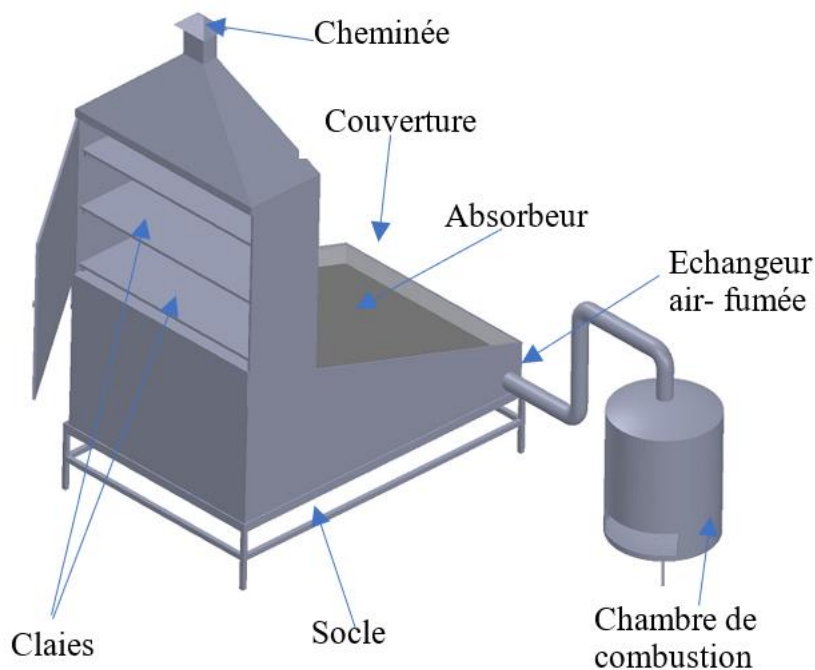
## 1. INTRODUCTION

La tomate (*Lycopersicum esculentum*) fait partie des légumes les plus consommés par les Camerounais avec une consommation moyenne annuelle de 42 kg par habitant. C'est la culture la plus pratiquée dans le domaine du maraichage, dont 39 % provient de la région de l'Ouest Cameroun (Boum Nack et al, 2012). La production moyenne de la tomate au Cameroun est estimée à 932 530 tonnes par an (FAO, 2016) et était principalement destinée à l'exportation. La tomate a la particularité d'être très périssable du fait de sa forte teneur en eau (environ 90 %) qui favorise sa détérioration physico-chimique et microbiologique (Igwe and Isonguyo, 1999). Le caractère périssable des tomates fraîches limite les délais de conservation et de consommation à l'état frais. Par manque de dispositif nécessaire pour un meilleur circuit de distribution c'est-à-dire sa commercialisation dans les zones urbaines et à l'extérieur du pays, on assiste à des pertes de plusieurs tonnes pendant la période de surproduction estimée à 33,8 % (FAO, 2016). Et, depuis l'avènement de la pandémie de coronavirus qui a entraîné la fermeture des frontières, la production pourrit dans les champs car elle n'arrive pas à être absorbée par le marché locale. Il devient donc urgent, plus que par le passé, de développer des techniques de conservation adaptées à la zone et au rythme de production. Le séchage dans un séchoir hybride solaire-biomasse constitue non seulement une alternative à la surproduction maraîchère dans les régions humides mais aussi permet la diversification du régime alimentaire tout au long de l'année vu la disponibilité de l'énergie solaire et de la biomasse dans la zone tropicale humide. L'objectif de ce travail est la simulation du séchage de tranches de tomates disposées en couches minces en vue de déterminer les meilleurs paramètres de séchage de cette denrée dans les Régions humides et en particulier dans le sud-Cameroun. Le séchoir modélisé pour la simulation est conçu au Laboratoire d'Energétique, de thermique et d'Automatique (LETA) de l'ENSAI de l'Université de Ngaoundéré.

## 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 2.1. Le séchoir hybride solaire-biomasse

Le séchoir utilisé représenté en figure 1 est constitué d'un capteur plan solaire, d'une chambre de séchage et d'une chambre de combustion de la biomasse dont les caractéristiques sont données en Tableau 1.



**Figure 1** : Séchoir hybride solaire-biomasse

**Tableau 1 :** Caractéristiques des différents éléments du séchoir

Composant	Paramètre (Unité)	Valeur
Capteur solaire	Longueur (m)	2,6
	Largeur (m)	1,7
	Surface (m <sup>2</sup> )	4,5
	Inclinaison	15°
Chambre de séchage	Hauteur (m)	1,4
	Largeur (m)	1,7
	Profondeur (m)	0,5
	Nombre de claie (-)	3
	Surface d'une claie (m <sup>2</sup> )	0,67
Cheminée	Diamètre	0,1
	Hauteur cheminée (m)	0,6
Chambre de combustion	Longueur conduit (m)	5,4
	Diamètre conduit (m)	0,1
Coût estimatif		<b>1050920</b> <b>FCFA</b>

## 2.2. Le Modèle mathématique

Du fait que le système se compose de deux sous-systèmes (boîte de séchage, capteur) et que le fonctionnement de chaque sous-système dépend des différents paramètres qui lui sont associés, la formulation mathématique consiste à mettre en équation chacun des sous-systèmes et, étant donné que le milieu extérieur autour du séchoir exerce une influence sur le comportement de ce dernier, les variations de température de l'air T, l'humidité relative de l'air HR et l'ensoleillement global G\* à la surface du capteur dans la zone considérée ont été décrites par des modèles de comportement trouvés dans la littérature.

### 2.2.1. Modèle du milieu extérieur

- **Modèle de la température journalière horaire**

$$T_{cal}(t) = \left(\frac{T_{max}+T_{min}}{2}\right) + \left(\frac{T_{max}-T_{min}}{2}\right) \cos\left(\frac{\pi(14-t)}{12}\right) \quad \text{Benlahmidi (2013)} \quad (1)$$

- **Modèle de l'humidité relative journalière horaire**

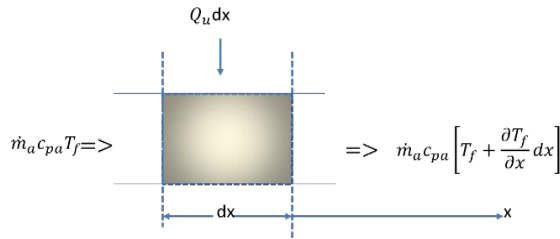
$$HR_{cal}(t) = HR_{min} + \beta(t)(HR_{max} - HR_{min}) \quad (\text{Luna, 2008}) \quad (2)$$

- **Modèle de la densité de flux solaire global horaire**

$$G^*(i, \gamma) = S^*(i, \gamma) + D^*(i, \gamma) + R^*(i, \gamma) \quad (\text{Jannot, 2003}) \quad (3)$$

### 2.2.2. Modèle du capteur solaire

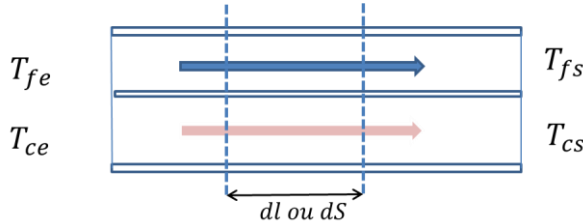
- Fonctionnement en mode solaire



**Figure 2 :** Tranche fictive de longueur dx

$$T_f(x) = \left[ \frac{Q_u l}{\dot{m}_a c_{pa}} \right] \cdot x + T_{fe} \tag{4}$$

- Fonctionnement en mode biomasse



**Figure 3 :** Représentation des échanges dans un échangeur à courant parallèle

$$T_{fs}(\mathbf{bio}) = T_{fs} = T_{fe} + \frac{\varepsilon(1-\eta)\dot{m}_c PCI}{\dot{m}_f C_{pf}} \tag{5}$$

- Fonctionnement en mode couplé

Dans le cas d'un fonctionnement combiné solaire et biomasse, nous recherchons une relation donnant la température de sortie sous la forme  $T_{fs} = f(\phi_u, W)$  avec les conditions suivantes :

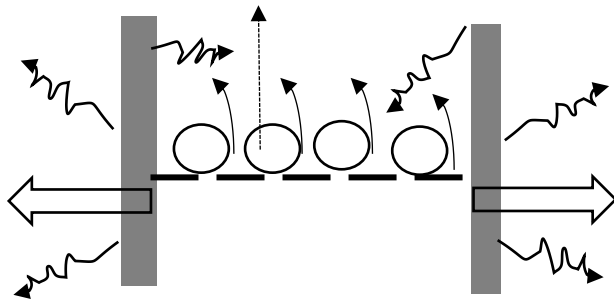
$$\begin{cases} \phi_u = 0 \Rightarrow f(\phi_u, W) = T_{sc}(\mathbf{bio}) \\ W = 0 \Rightarrow f(\phi_u, W) = T_{sc}(\mathbf{sol}) \end{cases} \tag{6}$$

- En supposant que  $f(\phi_u, W)$  est une fonction linéaire, on peut l'écrire de la manière suivante :
- $f(\phi_u, W) = a\phi_u + bW + C$

$$T_{fs}(\mathbf{couplage}) = T_{fe} + \frac{\eta_c A_c G^*(i, \gamma)}{Q_m C_p} + \frac{\varepsilon(1-\eta)}{\dot{m}_f C_{pf}} \cdot \dot{m}_c PCI \tag{7}$$

### 2.2.3. Modèle de la chambre de séchage

Les modèles de cinétiques de séchage dans ce travail sont écrits en se basant sur la méthode de la courbe caractéristique du séchage (CCS). La figure 4 montre les échanges thermiques qui ont lieu



**Figure 4:** Echanges thermiques dans une tranche fictive de séchoir

La modélisation du séchage en couche mince de la tomate est faite sous huit (8) hypothèses simplificatrices (Dianda, 2016 ; Heisler, 2014) ci-après :

- les échanges radiatifs à l’intérieur du séchoir sont négligés ;
- l’écoulement de l’air est supposé unidirectionnel et uniforme ;
- la température et la teneur en eau sont supposées uniformes à l’intérieur du produit ;
- la conduction claie-produit est négligée ;
- les propriétés physiques du produit sont constantes ;
- le produit est coupé en couches minces ;
- les variations temporelles de la température de l’air sont négligeables devant celles du produit ;
- les échanges se font avec l’air pris dans les conditions de sortie de la tranche précédente.

▪ **Ecriture des bilans d’Energie et de masse**

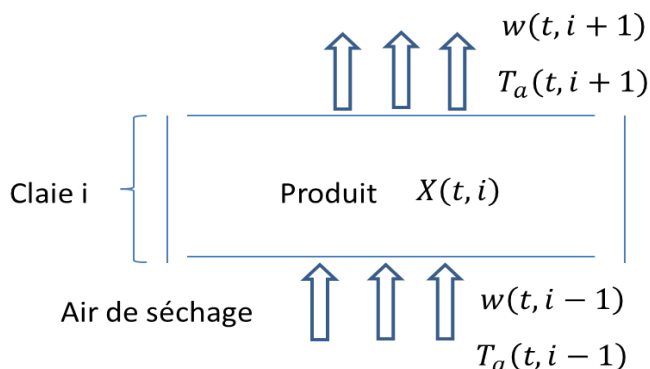
L’écriture des bilans au niveau du produit et au niveau de l’air nous permet d’obtenir le système d’équation suivant qui constitue notre modèle mathématique :

$$\begin{cases} \frac{dX}{dt} = - \left( - \frac{dX}{dt} \right)_I f(X^*) \\ \frac{\partial W}{\partial z} = - \frac{m_{prs}}{\dot{m}_a \Delta z} \frac{\partial X}{\partial t} \\ T_a = T_{ae} + \frac{m_{prs} L_v}{\dot{m}_a C_{pa}} \left( \frac{dX}{dt} \right) \end{cases} \quad (8)$$

▪ **Discrétisation des équations**

Nous avons choisi la méthode des différences finies « régressives » (ou vers l’arrière) qui admet des pas de temps assez grands contrairement à la méthode des différences finies « progressives » et nécessite moins de temps de calcul que la méthode des différences centrées.

Nous repérons les claies par l’indice entier « i » : la première est indicée par (i=1), la seconde par (i=2) et la troisième par (i=3). Le temps présent est indiqué par « t » et le temps précédent par « t-Δt ». Lorsqu’il s’agit de l’air asséchant, la température  $T_a$  et la teneur en humidité absolue W sont indicées par « i-1 » avant la claie d’indice i, et par « i+1 » après cette claie (Figure 5).



**Figure 5** : Schéma d’une claie d’indice i

Après discrétisation le modèle devient :

$$\begin{cases} \mathbf{X}(t, i) = \mathbf{X}(t - \Delta t, i) - \Delta t \cdot \left(-\frac{d\mathbf{X}}{dt}\right)_I(t - \Delta t, i) \cdot \mathbf{f}(\mathbf{X}^*(t - \Delta t, i)) \\ \mathbf{W}(t, i) = \mathbf{W}(t, i - 1) - \frac{m_{prs} \Delta X}{\dot{m}_a \Delta z \Delta t} \\ \mathbf{T}_a(t, i) = \mathbf{T}_a(t, i - 1) + \frac{m_{prs} L_v}{\dot{m}_a C_{pa}} \left(\frac{\Delta X}{\Delta t}\right) \end{cases} \quad (9)$$

Avec :

$$\left(-\frac{d\mathbf{X}}{dt}\right)_I(t - \Delta t, i) = \alpha V_a^\beta (\mathbf{T}_a(t - \Delta t, i) - \mathbf{T}_h(t - \Delta t, i)) \quad (10)$$

$$\mathbf{X}^*(t - \Delta t, i) = \frac{\mathbf{X}(t - \Delta t, i) - \mathbf{X}_{eq}(t - \Delta t, i)}{\mathbf{X}_{cr}(t - \Delta t, i) - \mathbf{X}_{eq}(t - \Delta t, i)} \quad (11)$$

$$L_v = 4,18(597 - 0,56\mathbf{T}_h(t, i - 1)) \cdot 10^3 \quad (12)$$

#### 2.2.4. Les conditions de simulation

Pour tout ce qui suit, on a choisi la ville d'Ebolowa comme lieu d'étude. Cette ville caractérisée par son climat équatorial de type bimodal, est située à une latitude de 2°93' Nord et une longitude de 11°14' Est, son altitude par rapport au niveau de la mer est de 501 m, la pression atmosphérique à cette altitude est de 95,5 KPa.

Le jour type retenu pour l'analyse est le 17 Août 2009 de l'année de référence qui est la journée la moins ensoleillée, la plus chaude et la plus humide. Les caractéristiques de cette journée sont regroupées dans le tableau 2. Cette journée est choisie afin d'analyser le fonctionnement du séchoir pour les pires conditions de séchage.

**Tableau 2 :** Conditions climatiques de simulations

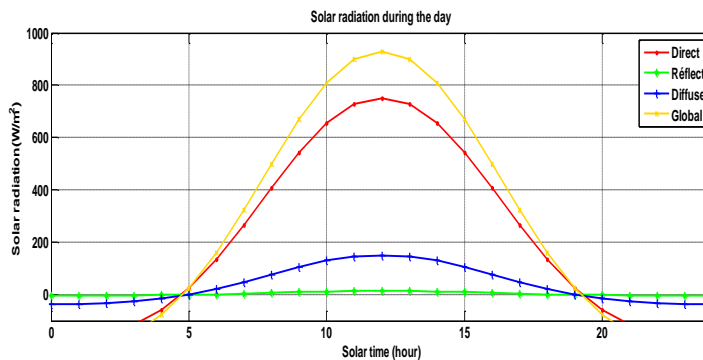
Mois	N° du jour	Caractéristique	G	Tmax	Tmin	HRmax	HRmin	Vitesse du vent
Août	238	Froid, Humide et moins ensoleillé	4,12 kWh/m2/j	28 °C	21 °C	100 %	55 %	1,1m/s

Toutes les équations élaborées précédemment ont été implémentées sous MATLAB R2014a.

### 3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

#### 3.1 Résultats de transfert de masse et d'énergie

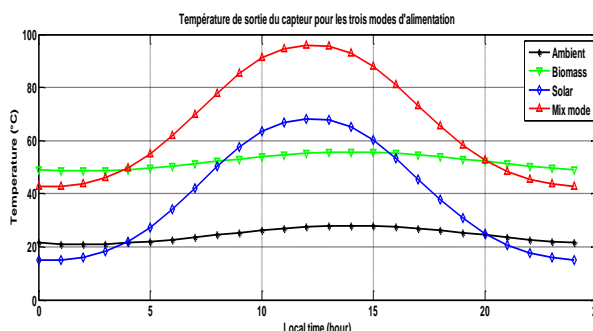
La figure 6 illustre l'évolution théorique des composantes directe, diffuse et réfléchi du rayonnement solaire ainsi que le rayonnement global.



**Figure 6 :** Variation de la puissance solaire sur le plan du capteur au cours de la journée

L'intensité lumineuse directe augmente progressivement jusqu'à atteindre sa valeur théorique maximale de 751,7 W/m<sup>2</sup> à 12 heures TSV (13 heures locales), puis chute jusqu'à atteindre une valeur nulle aux environs de 19 heures TSV. Pour ce qui est du rayonnement diffus, nous pouvons voir qu'il atteint un maximum de 151,2 W/m<sup>2</sup> à 12 heures TSV. D'autre part, le rayonnement réfléchi est très faible de l'ordre de 8 W/m<sup>2</sup> en moyenne. Etant la somme des rayonnements diffus, direct et réfléchi, le rayonnement global atteint une valeur théorique maximale de 929,9 W/m<sup>2</sup>. Des évolutions similaires ont été reportées par Benlahmidi (2013), Djebnoun (2012) et Chalal (2007).

En figure 7, on représente l'évolution des différentes températures de sortie du capteur selon les sources d'alimentation du séchoir.



**Figure 7 :** Température ambiante et température de sortie du capteur

On considère que la température d'entrée du capteur est la température ambiante. Cette température varie au cours de la journée pour atteindre sa valeur maximale, de 28 °C, à 14 heures environ et sa valeur minimale, de 21 °C, au lever et coucher du soleil.

On remarque sur la courbe l'écart important de la température entre l'entrée et la sortie du capteur solaire. Il y a une montée de la température en matinée et une baisse dans l'après-midi pour le fonctionnement en mode solaire et mode couplé. Ceci peut s'expliquer par le fait qu'en raison de l'augmentation de la densité de flux solaire global dans la matinée et de sa diminution dans l'après-midi, la température de l'air à la sortie du capteur est constamment croissante dans la matinée et décroissante dans l'après-midi. Ces tendances d'évolutions de la température de sortie du capteur en mode solaires ont été notées par Tétang et al. (2016) et Benlahmidi (2013).

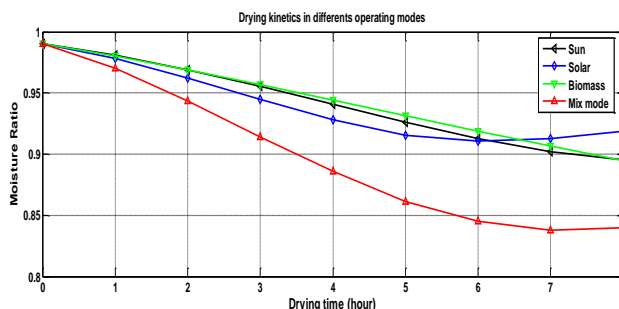
La température de sortie atteint une valeur maximale de 95,8 °C à 12 heures environ pour le fonctionnement en mode couplé avec une moyenne de 69 °C et une valeur maximale de 68,2 °C à 12 heures pour le fonctionnement en mode solaire avec une moyenne de 42 °C. Pour le mode biomasse, la température varie

très peu au cours de la journée. Une valeur maximale de 55,6 °C est atteinte à 14 heures avec une moyenne de 52 °C pour la journée. Les valeurs minimales sont obtenues à minuit. Pour le fonctionnement solaire, le séchage n'est propice qu'entre 7 heure et 17 heures 30 où la température supérieure à 40°C comme recommandée.

### 3.2. Courbe de séchage en convection naturelle

La simulation du fonctionnement du séchoir en convection naturelle permet de visualiser l'évolution de la teneur en eau d'une couche mince de tomate en fonction du temps pour les trois modes de fonctionnement.

La figure 8 présente l'évolution de la teneur en eau réduite des tranches de tomate dans le séchoir.



**Figure 8 :** Variation de la teneur en eau réduite de la tomate en convection naturelle

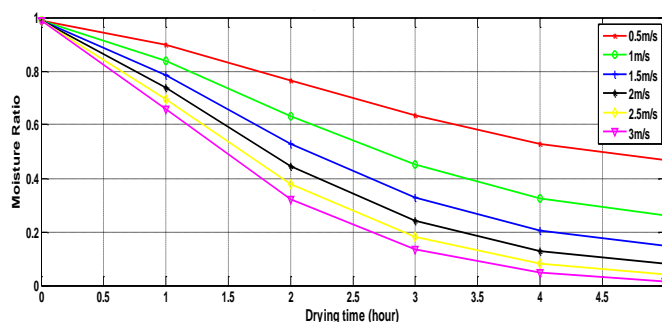
On y observe une faible variation de la teneur en eau des tranches de tomate pour les trois modes de fonctionnement après une durée de séchage de 8 heures allant de 9 heures à 17 heures. La teneur en eau a été réduite de 11 % en séchage au soleil et à la biomasse, de 8 % en mode solaire et de 17 % pour le mode couplé solaire et biomasse. Le séchage au soleil est plus favorable dans ce cas que le séchage solaire à cause de la vitesse de l'air ambiant (1,1 m/s) qui est plus élevée que la vitesse de l'air dans le séchoir (0,02 m/s), ce qui favorise les échanges convectifs dans le produit. Ce résultat est comparable aux résultats de la littérature (Lahmari et al., 2012 ; Boughali, 2009 ; Perumal, 2007 ; Mennouche 2006). Il apparaît donc que dans les conditions climatiques d'Ebolowa, la ventilation naturelle ne garantit pas un bon séchage.

### 3.3 Courbes de séchage en convection forcée

Des courbes d'évolution de la teneur en eau réduite pour les trois modes de fonctionnement du séchoir ont été tracées à des vitesses de l'air variant de 0,5 m/s à 3 m/s.

#### 3.4.1. En mode solaire

L'évolution de la teneur en eau réduite est représentée sur les figures 9



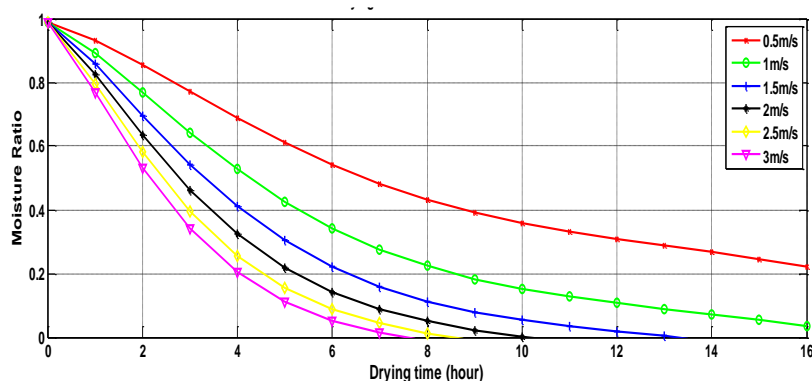
**Figure 9 :** Influence de la vitesse de l'air sur la teneur en eau réduite en mode solaire



On remarque sur la figure 67 que, plus la vitesse de l'air asséchant est grande, plus le temps de séchage est court. Ce qui veut dire que la vitesse de l'air asséchant joue un rôle très important surtout au début du séchage. Cette influence est plus sensible lorsque l'on augmente la vitesse de l'air de 0,5 à 1,5 m/s. A partir d'une certaine valeur de la teneur en eau réduite (0,2), les courbes se rapprochent, cela veut dire que la vitesse de l'air de séchage devient moins influente.

### 3.4.2. En mode biomasse

La figure 10 représente l'évolution de la teneur en eau réduite en fonction du temps pour le fonctionnement en mode biomasse.



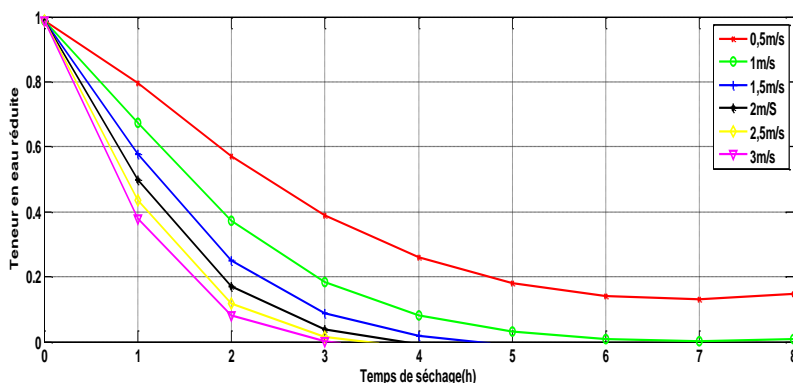
**Figure 10** : Influence de la vitesse de l'air sur la teneur en eau réduite en mode biomasse.

On constate que les tendances de l'évolution sont les mêmes que dans le cas du fonctionnement en mode solaire c'est-à-dire que l'influence de la vitesse est remarquable lorsqu'on passe de la valeur 0,5 m/s à 1,5 m/s.

En faisant une comparaison entre avec les courbes obtenus en mode solaire, on note que le séchage à la biomasse est plus favorable en termes de durée que le séchage solaire pour des valeurs de la vitesse inférieures à 2m/s.

### 3.4.3. En mode couplé

La figure 9 représente l'évolution de la teneur en eau réduite en fonction du temps pour le fonctionnement en mode couplé.



**Figure 11** : Influence de la vitesse de l'air sur la teneur en eau réduite en mode couplé

Les tendances de l'évolution sont les mêmes que dans le cas du fonctionnement en mode solaire et biomasse : Plus la vitesse de l'air est grande, plus le séchage s'effectue rapidement.

### 3.4.4. Comparaison des différents modes de séchage

Le tableau 3 ci-dessous récapitule le temps de séchage pour les trois modes de fonctionnement pour des vitesses respectives de 1,5 m/s et 3 m/s.

**Tableau 3** : Durée de séchage à des vitesses de 1,5 m/s et 3m/s pour les 3 modes.

Source	Vitesse de 1,5 m/s			Vitesse de 3m/s		
	Solaire (42 °C)	Biomasse (52 °C)	Solaire et biomasse (69 °C)	Solaire (42 °C)	Biomasse (52 °C)	Solaire et biomasse (69 °C)
Temps de séchage	2 jours	13 heures	4,5 heures	5,2 heures	7,5 heures	3 heures

En faisant une comparaison des résultats obtenus dans les trois modes de fonctionnement, on note que pour une vitesse donnée, le temps de séchage est plus court en mode couplé qu'en modes solaire et biomasse à toutes les vitesses, le temps du mode biomasse plus court que celui du mode solaire pour des vitesses inférieures à 2 m/s et à plus de cette valeur, le phénomène s'inverse.

## 4. CONCLUSION

Les auteurs déclarent n'avoir aucun conflit d'intérêt.

## 5. CONCLUSION

Les simulations réalisées permettent de tirer les conclusions suivantes :

- La température et la vitesse de l'air asséchant ont une forte influence sur la cinétique de séchage des tranches de tomate ;
- Le séchage au soleil est plus favorable que le séchage solaire en convection naturelle à cause de la vitesse de l'air ambiant (1,1 m/s) qui est plus élevée que la vitesse de l'air dans le séchoir (0,02 m/s) dans les conditions climatiques de la Région du Sud-Cameroun ;
- En convection forcée, pour une même vitesse de l'air de séchage, le temps de séchage en mode couplé est plus court que le temps de séchage en mode biomasse qui lui-même est plus court que le temps en mode solaire pour des vitesses ne dépassant pas 2 m/s ;
- Le séchage à la biomasse est plus favorable en termes de durée que le séchage solaire pour des valeurs de la vitesse inférieures à 2 m/s ;
- L'utilisation du couplage permet la diminution des temps de séchage et en même temps d'envisager la maîtrise de la qualité du produit sec.

## 6. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Benlahmidi S., 2013. Etude du séchage convectif par l'énergie solaire des produits rouges. Thèse de Doctorat en Génie mécanique, Université de Mohamed Khider-Biskra, Algérie.
- Boughali S., 2010. Etude et optimisation du séchage solaire des produits agro-alimentaires dans les zones arides et désertiques. Thèse de doctorat, Université Hadj Lakhdar Batna, Alger, 126 p.

- Boum Nack P.E., Fouda Moulende T., Gwinner J., 2012. Rentabilité financière de la production de la tomate au Cameroun : étude comparative de la production de la tomate en production intégrée et en système traditionnelle dans le Noun, éditions universitaires européennes. 108 pp.
- Chalal N., 2007. Etude d'un séchoir fonctionnant en mode direct et indirect. Mémoire de Magister, Université de Mentouri-Constantine, 123 p.
- Dianda B., 2016. Etude expérimentale et numérique du séchage convectif de la tomate en couches minces. Thèse de doctorat Unique, Université de Ouagadougou, Burkina Faso, 201 p.
- Djebnoun K., 2012. Etude théorique et expérimentale des performances d'un séchoir couplé à un capteur solaire plan à air. Mémoire de Magister, option énergétique, Université de Mohamed Khider-Biskra, Algérie.
- FAO – FLW, 2016. Dynamique des pertes dans la chaîne d'approvisionnement de la Tomate : cas du Cameroun. – Save foods, Douala.
- Heisler E. M., 2014. Exploring alternative designs for solar chimneys using computational fluid dynamics. Master of science in mechanical engineering, Faculty of the Virginia Polytechnic Institute Blacksburg, VA, 90 p.
- Igwe E.C. and Isonguyo E.N., 1999. In Proceedings of the *International Workshop on Drying and Improvement of Shea and Canarium*, C. Kapseu et J. Kayem (Eds), Presses Universitaires de Yaoundé, Cameroun, 213–220.
- Lahmari N., Fahloul D. et Azani I., 2012. Influence des méthodes de séchage sur la qualité des tomates séchées (variété Zahra). *Revue des Energies Renouvelables*, **15**(2), 285–295.
- Luna-Sanchez D., 2008. Modélisation et Conception Préliminaire d'un Séchoir Solaire Pour Bois De Pin Avec Stockage d'énergie. Thèse de Doctorat, ENSAM Lille, Paris.
- Mennouche D., 2006. Valorisation des produits agro-alimentaires et des plantes médicinales par les procédés de séchage solaire. Mémoire de MAGISTER, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie, 80p.
- Perumal R., 2007. Comparative Performance of Solar Cabinet, Vacuum Assisted Solar and Open Sun Drying. Thesis of Master of Science, Department of Bioresource Engineering, McGill University, Montreal, Canada.
- Tetang F. A., Edoun M., Kuitche A. and Zeghmati B., 2016. Experimental drying kinetics of mango slices (*Mangifera indica* L.), Amelie under intermittent conditions. *International Journal of Thermal Technologies*, INPRESSCO, E-ISSN 2277 – 4114, **6**(3), 203–211.