

# *Approche expérimentale de la cinétique de séchage de feuilles de henné*

Sgaier Khamsa: PhD student  
Université de Gabès, Ecole Nationale d'Ingénieurs, Unité  
de recherché, Thermodynamique Appliquée, Rue Omar Ibn  
Elkhattab, Gabès, 6029, Tunisie  
[Sgaierkhamsa@gmail.com](mailto:Sgaierkhamsa@gmail.com)

Bagane Mohamed Professor  
Université de Gabès, Ecole Nationale d'Ingénieurs, Unité de  
recherché, Thermodynamique Appliquée, Rue Omar Ibn  
Elkhattab, Gabès, 6029, Tunisie  
[Drmbag1420@yahoo.fr](mailto:Drmbag1420@yahoo.fr)

Benbrahim Ammar Professeur  
Université de Gabès, Ecole Nationale d'Ingénieurs,  
Unité de recherché, Thermodynamique Appliquée, Rue Omar Ibn Elkhattab,  
Gabès, 6029, Tunisie  
[Ammar.Benbrahim@enig.rnu.tn](mailto:Ammar.Benbrahim@enig.rnu.tn)

**Abstract**—le henné (*Lawsonia inermis*) a été utilisé comme plante aromatique et médicinale dans les industries cosmétiques et pharmaceutiques. Afin de préserver cette plante saisonnière et la rendre disponible durant toute l'année, on doit la faire subir des traitements technologiques spécifiques tels que le séchage. Le présent travail se propose de déterminer expérimentalement la cinétique de séchage convectif de feuilles de henné à l'aide de la soufflerie. Les expériences menées visent à évaluer l'effet de la vitesse, de la température et de l'humidité relative de l'air de séchage sur la cinétique de séchage d'henné. Les résultats expérimentaux obtenus ont permis de déterminer l'évolution temporelle de la teneur en eau et le profil de la vitesse de séchage en fonction de la teneur en eau pour différentes conditions de l'air asséchant ( $V_{\text{air}} = 0.5 ; 1 \text{ et } 1.4 \text{ m/s}$ ,  $T_{\text{air}} = 30 ; 40, 50 \text{ et } 60^\circ\text{C}$  et HR 20 ; 30 ; 35 et 40%).

**Keywords**—séchage convectif; feuilles de henné; cinétique.

## **Introduction (HEADING 1)**

Le procédé de séchage est indispensable dans le domaine industriel soit pour la production d'un nouveau produit à partir d'un autre (exemple le lait en poudre), soit pour réduire le poids du produit et par la suite le cout de transport [1] Par contre, pour effectuer le processus de séchage, on a besoin des isothermes de sorption qui nous donnent des informations précieuses sur l'équilibre hygroscopique du produit du fait qu'elles permettent de connaître la teneur en eau d'équilibre [2].

L'objectif visé par cette étude est la détermination expérimentale de l'influence des quelques facteurs sur la cinétique de séchage de henné (la vitesse de l'air de séchage, la température de l'air de séchage et l'humidité relative de l'air de séchage). Le choix de cette plante se justifie par son abondance et sa grande consommation en Tunisie surtout dans le domaine cosmétique.

Dans ce travail, on détermine les cinétiques de séchage de henné à l'aide d'une soufflerie de séchage à convection forcée avec une balance à affichage automatique.

## I. MATERIELS ET METHODE

Les cinétiques de séchage sont décrites habituellement par une courbe rapportant la teneur en eau à l'équilibre du produit à étudier en fonction du temps de séchage :

$$X_{\text{éq}} = f(t) \quad (1)$$

Le dispositif expérimental consiste en une soufflerie de séchage convectif. Un plan expérimental à trois variables a été considéré en faisant varier la température de l'air asséchant de 30,40, 50 et 60°C et la vitesse de l'air de 0.5, 1 et 1.4 m/s et l'humidité relative de 20,30, 35 et 40%.

La manipulation consiste à fixer la valeur de la vitesse et de température de l'air de séchage pour chaque expérience. On introduit le produit dans la chambre d'essai lorsque le système se stabilise avec la température de la consigne (la stabilisation peut prendre jusqu'à une heure). La perte de masse de l'échantillon après chaque 5 min est enregistrée d'une façon automatique. A la fin de chaque expérience, on met l'échantillon dans une étuve à température réglée sur 105°C pendant 24 heures pour avoir la masse sèche.

## II. RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les courbes de séchage des feuilles de henné (*Lawsonia inermis*) obtenues expérimentalement, décrivant l'évolution de la teneur en eau en fonction du temps de séchage, sont présentées par les figures 1, 2 et 3.

### A. Influence de la température

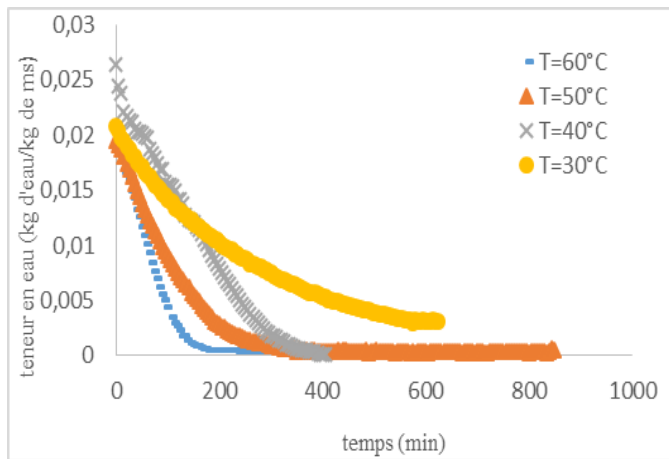


FIGURE 1a. INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DE L'AIR DE SECHAGE SUR L'EVOLUTION DE LA TENEUR EN EAU EN FONCTION DU TEMPS.

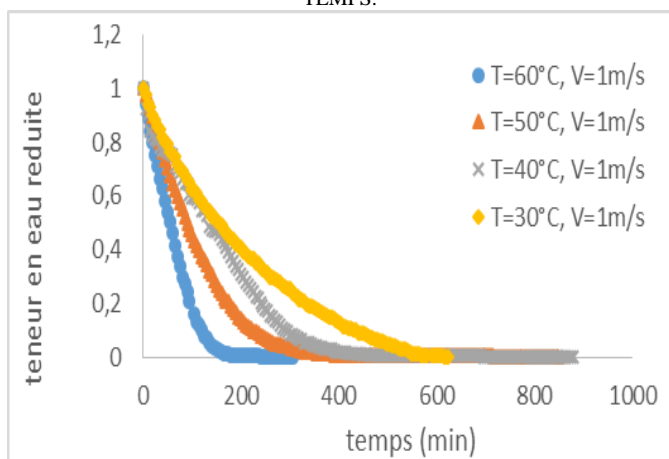


FIGURE 1b. INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DE L'AIR DE SECHAGE SUR L'EVOLUTION DE LA TENEUR EN EAU REDUITE EN FONCTION DU TEMPS

La figure 1 illustre l'effet de la température de l'air sur la cinétique de séchage de feuilles de henné. Pour les quatre valeurs de températures étudiées (30, 40, 50 et 60°C) on observe que le temps de séchage diminue avec la température. L'allure de ces courbes permet d'analyser le comportement du produit pendant le processus de séchage. En effet, on remarque l'absence de deux premières phases de séchage (période de préchauffage et période à flux constant).

Ce résultat est compatible avec la littérature [3]. Bimbenet et al ont estimé que la phase de préchauffage disparaît dans les feuilles et la phase à vitesse constante n'existe pas chez plusieurs produits biologiques.

### B. Influence de la vitesse de l'air

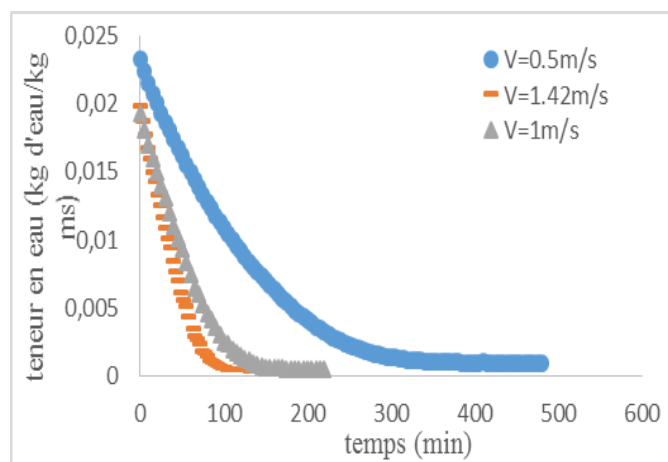


FIGURE 2a. INFLUENCE DE LA VITESSE DE L'AIR DE SECHAGE SUR L'EVOLUTION DE LA TENEUR EN EAU EN FONCTION DU TEMPS

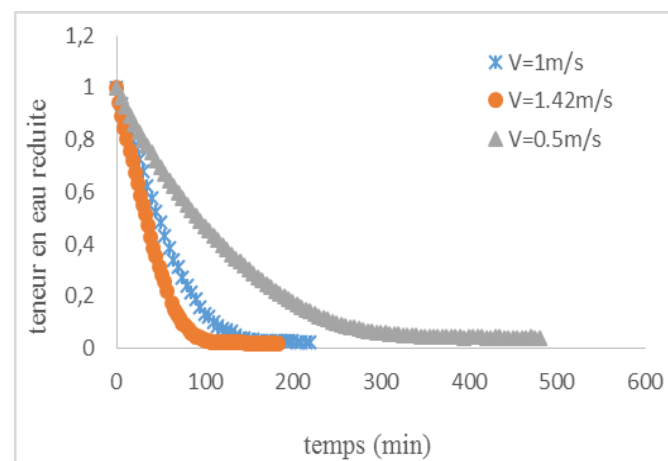


FIGURE 2b. INFLUENCE DE LA VITESSE DE L'AIR DE SECHAGE SUR L'EVOLUTION DE LA TENEUR EN EAU REDUITE EN FONCTION DU TEMPS

Afin de mettre en évidence l'influence de la vitesse de l'air de séchage sur la cinétique de séchage des feuilles de henné, on a réalisé quelques expériences en variant la vitesse de l'air tout en fixant la température à 60°C et en maintenant l'humidité relative stationnaire (HR=30%)

Les résultats obtenus sont en parfait accord avec la théorie [4]. En effet, la teneur en eau présente un taux décroissant de séchage lorsque la vitesse de l'air augmente. Par contre, Yagcioglu et al (1999) [5] ont étudié les effets de la vitesse de l'air et de la température sur le séchage des feuilles de Laurier et ils ont travaillé avec 40, 50 et 60°C comme températures de séchage et 1, 1,5 et 2 m/s comme vitesse de l'air sans tenir compte de l'humidité relative. Ils ont montré que la vitesse de l'air a eu un effet négligeable sur le séchage des feuilles de Laurier. Les résultats de cette étude étaient similaires à ceux obtenus par Skrubis (1982) [6].

### C. Influence de l'humidité relative

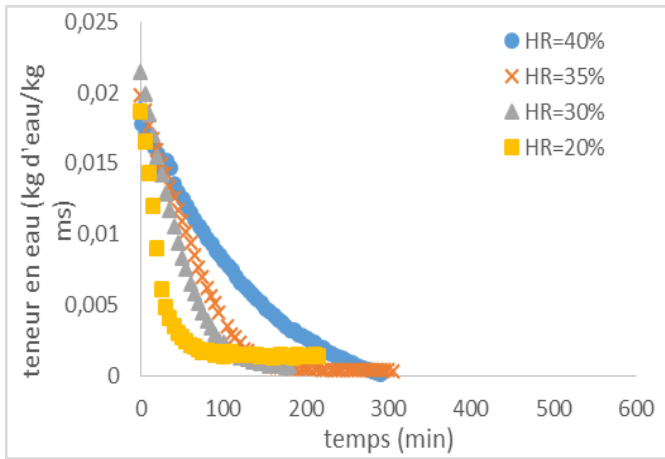


FIGURE 3A. INFLUENCE DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR DE SECHAGE SUR L'EVOLUTION DE LA TENEUR EN EAU EN FONCTION DU TEMPS

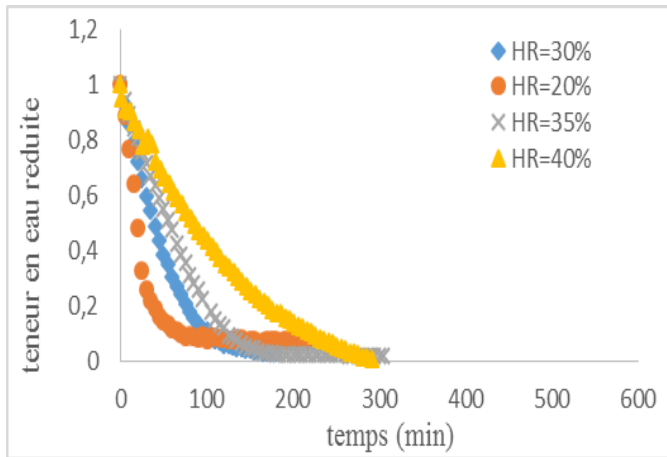


FIGURE 3B. INFLUENCE DE L'HUMIDITE RELATIVE DE L'AIR DE SECHAGE SUR L'EVOLUTION DE LA TENEUR EN EAU REDUITE EN FONCTION DU TEMPS

Dans cette étude, on a varié l'humidité de l'air de séchage en injectant de la vapeur d'eau produite par une chauffe ballon dans la soufflerie. Dans ce travail, on présente les résultats obtenus à  $T=30^{\circ}\text{C}$  et  $V=1\text{m/s}$ . la figure 3 illustre l'évolution de la teneur en eau durant le séchage à chaque valeur de l'humidité relative.

Cette figure met en évidence la présence de la phase de déclin au cours du processus de séchage. Ces résultats sont similaires avec d'autres travaux [Kechaou et al (2008)] [7].

Les conditions variables de l'air semblent n'avoir aucun effet vers la fin du séchage ou on constate que les courbes ont tendance à coïncider, en accord avec ce qui a été publié par M. Dagueuet. [8].

### CONCLUSION

L'étude expérimentale de la cinétique de séchage de feuilles de henné a mis en évidence l'influence de différents paramètres de l'air. Les résultats obtenus montrent l'absence de la phase 0 et 1 [3] et l'influence de la température, la vitesse et l'humidité relative de l'air de séchage sur la teneur en eau du produit. Ces résultats sont en accord avec la théorie de faite que les conditions variables de l'air semblent n'avoir aucun effet vers la fin du processus de séchage ou on constate que les courbes ont tendance à coïncider.

### REFERENCES

- [1] A. belghit, M. Kouhila, B. C. Boutaleb. Experimental study of drying kinetics by forced convection of aromatic plants. Energy conversion and management 41 (2000) 1303-1321.
- [2] M. Kouhila, A. Belghit et M. Dagueuet. Approche Expérimentale des courbes de sorption de la Menthe en vue d'un séchage par Energie Solaire. Rev. Energ. Ren. Vol. 2 (1999) 61-68.
- [3] bimbenet JJ, Daudin JD, Wolff E. Air drying kinetics of biological particles. In: proceedings of the Fourth International drying Symposium, Kyoto. 1984.
- [4] A. Belghit, M. Kouhila, B. C. Boutaleb. Experimental study of kinetics by forced convection of aromatic plants. Energy Conversion and Management 14 (2000) 1303-1321.
- [5] Yagcioglu A ; Degirmenciglu A ; Cagatay F (1999). Drying characteristics of bay leaves under different drying conditions. Proceedings of the 7th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture, pp. 565-569. Adana, Turkey, 26-27 May
- [6] Skrubis BG (1982). The drying of bay leaves. Perfumer and Flavorist, 7(5), 37-40
- [7] Kechaou N ;Hidrich B ; dahak K ;Abdenouri N. (2008) : Etude de séchage des feuilles de bigaradier. Revue des Energies Renouvelables, pp.145-149.
- [8] M. Dagueuet, 'les séchoirs solaires : théorie et pratique', Publication de l'UNESCO, Paris, France, 1985.