



Détermination expérimentale des isothermes de sorption et de la chaleur isostérique des feuilles d'absinthe et de menthe pouliot

Abdelkader Lamharrar, Cheikh Sidi Ethmane Kane, Ali Idlimam, Siham Akkad, Mohammed Kouhila, Abdelaziz Mimet, Mohamed Ahachad

► To cite this version:

Abdelkader Lamharrar, Cheikh Sidi Ethmane Kane, Ali Idlimam, Siham Akkad, Mohammed Kouhila, et al.. Détermination expérimentale des isothermes de sorption et de la chaleur isostérique des feuilles d'absinthe et de menthe pouliot. JITH 2007, Aug 2007, Albi, France. 5p. hal-00167248

HAL Id: hal-00167248

<https://hal.science/hal-00167248>

Submitted on 29 Aug 2007

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

DÉTERMINATION EXPÉRIMENTALE DES ISOTHERMES DE SORPTION ET DE LA CHALEUR ISOSTÉRIQUE DES FEUILLES D'ABSINTHE ET DE MENTHE POULIOT

Abdelkader LAMHARRAR¹, Cheikh Sidi Ethmane KANE^{1, 2, 3}, Ali IDLIMAM¹,
Siham AKKAD¹, Mohamed KOUHILA¹, Abdelaziz MIMET², Mohamed AHACHAD³

1 : Laboratoire d'Energie Solaire et des Plantes Aromatiques et Médicinales
École Normale Supérieure, BP 2400, Marrakech, Maroc

2 : Faculté des sciences de Tétouan, BP 2121 Tétouan, Maroc

3 : Faculté des Sciences et Techniques de Tanger, BP 416 Tanger, Maroc
alamharrar@yahoo.fr; ottmane6@hotmail.com; kouhila@hotmail.com

Résumé : La détermination des isothermes de sorption est une étape indispensable et un moyen privilégié pour connaître la répartition et l'intensité des liaisons de l'eau dans les produits agro-alimentaires. Ces isothermes permettent de déterminer la teneur en eau finale à atteindre pour optimiser les conditions de stockage et de séchage de ces produits et donnent des informations précieuses sur l'équilibre hygroscopique du produit à sécher et à conserver. Cette étude vise d'une part à déterminer expérimentalement les isothermes de désorption et d'adsorption de deux plantes en l'occurrence l'absinthe (*Artemisia arborescens*) et la menthe pouliot (*Mentha pulegium*). Les résultats expérimentaux sont ensuite lissés par le modèle de GAB pour la description de l'état d'équilibre de ces produits et leurs chaleurs isostériques.

Mots-clés : Absinthe, Chaleur isostérique, conservation, Isothermes de sorption; Menthe pouliot.

1. INTRODUCTION

La détermination expérimentale des courbes de sorption, le développement et l'utilisation des modèles mathématiques peuvent faciliter l'amélioration de la qualité de traitement des plantes médicinales et aromatiques. De nombreuses équations ont été suggérées dans la littérature pour représenter le rapport entre la teneur en eau d'équilibre et l'humidité relative [1]. Le choix de ces deux plantes est justifié par leur abondance et leur importance phytothérapique dans la région de Marrakech (Maroc). Elles sont très utilisées comme infusion avec le thé et dans l'industrie cosmétique et pharmaceutique.

Nous avons d'abord déterminé expérimentalement les isothermes de sorption des feuilles d'absinthe et de menthe pouliot. En effet, la connaissance de telles informations permet de les sécher [2] dans des conditions qui assurent leur conservation sans altérer leurs huiles essentielles et leurs principes actifs. Le modèle de GAB [3], qui repose sur une théorie de l'adsorption multimoléculaire localisée et homogène, décrit parfaitement ces isothermes dans la gamme d'activité allant de 0 à 90%. Enfin, les chaleurs isostériques de sorption ont été déterminées.

2. MATERIEL ET MODE OPERATOIRE

Nous avons opté pour la méthode gravimétrique statique, et nous avons utilisé des solutions de sels saturés : KOH, (MgCl₂, 6H₂O), K₂CO₃, NaNO₃, KCl et (BaCl₂, 2H₂O). Ces solutions sont préparées dans des bocal hermétiques et sont maintenues dans une étuve régulée en température [4]. L'échantillon est suspendu dans le bocal, au-dessus des sels, et

reste donc dans une ambiance stabilisée en température et en hygrométrie. L'expérience est réalisée pour trois températures 30, 40 et 50 °C.

La masse du produit utilisé pour la désorption est de $0,400 \pm 0,001$ g et de $0,100 \pm 0,001$ g pour l'adsorption. Le suivi des pertes de masse pour la désorption et le gain de masse pour l'adsorption est assuré par une balance de précision $\pm 0,001$ g. L'équilibre hygroscopique est obtenu lorsque l'échange entre le produit et l'air ambiant est terminé. Dès que les masses humides sont déterminées, les échantillons sont introduits dans une étuve à 105°C pendant 24h afin de déterminer leurs masses sèches. Le produit subit un préséchage pour subir le phénomène d'adsorption. Le préséchage est réalisé dans une étuve portée à une température de 50°C et ceci jusqu'à déshydratation maximale du produit.

3. MODÉLISATION DES COURBES DE SORPTION

Plusieurs auteurs ont proposé des modèles mathématiques sous forme empirique pour décrire la relation graphique entre la teneur en eau d'équilibre, l'humidité relative d'équilibre et la température. Dans ce travail, nous avons choisi le modèle de GAB.

Auteurs	Modèle	Paramètres	Références
Guggenheim-Anderson-Boer (GAB)	$X_{eq} = \frac{ABC(Hr)}{[1 - B(Hr)][1 - B(Hr) + BC(Hr)]}$	A $B = B_0 e^{\left(\frac{h_1}{RT}\right)}$ $C = C_0 e^{\left(\frac{h_2}{RT}\right)}$	[3]

Tableau 2 : Modèle mathématique appliquée aux courbes de sorption des deux plantes.

Le coefficient de corrélation (r) est l'un des premiers critères pour prévoir la meilleure équation qui décrit les isothermes de sorption. En plus de r , l'erreur moyenne relative (EMR) et l'erreur standard de l'humidité (ESH) sont utilisées dans le même objectif. Ces paramètres statistiques sont calculés comme suit :

$$EMR = \frac{100}{N} \sum_{i=1}^N \left| \frac{X_{eq,i,exp} - X_{eq,i,pre}}{X_{eq,i,exp}} \right| \quad (1)$$

$$ESH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (X_{eq,i,exp} - X_{eq,i,pre})^2}{d_f}} \quad (2)$$

4. RÉSULTATS ET DISCUSSION

L'équilibre hygroscopique est atteint pour l'absinthe au bout de 9 jours pour la désorption et 8 jours pour l'adsorption et pour la menthe de 13 jours pour la désorption et de 9 jours pour l'adsorption. Le phénomène d'hystérésis est observé pour les isothermes de sorption des deux plantes à 40°C (figure1). Les courbes d'adsorption- désorption montrent que pour une humidité relative constante, la teneur en eau de désorption est supérieure à celle d'adsorption. Les figures 2 et 3 montrent que les isothermes de sorption ont une allure sigmoïdale, similaires à celles présentées communément par les produits aromatiques et médicinaux [5, 6, 7], la figure 4 illustre la modélisation des ces courbes de sorption et la chaleur isostérique est donnée dans la figure 5.

Les courbes expérimentales obtenues montrent que pour une même humidité relative, la teneur en eau d'équilibre augmente quand la température diminue, ce qui est en accord avec d'autres résultats présentés dans la littérature [7].

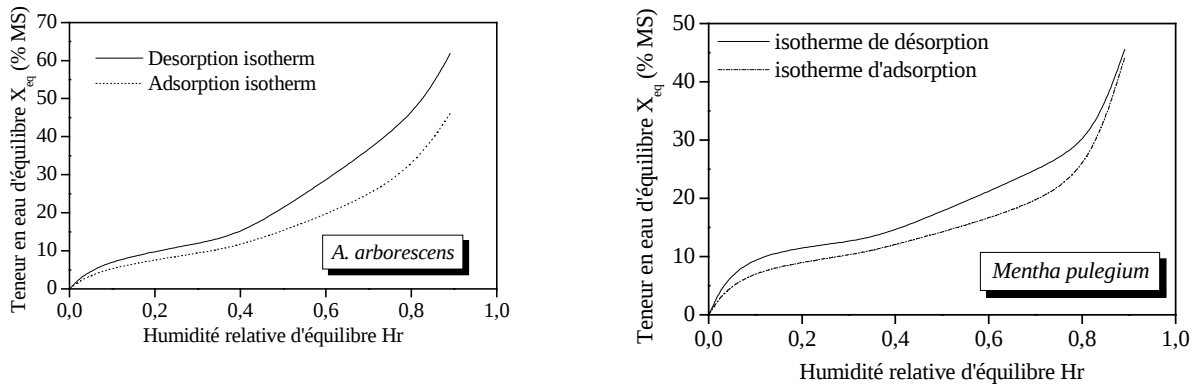


Figure 1 : Mise en évidence de l'effet d'hystérésis de sorption observé pour les deux plantes à 40°C.

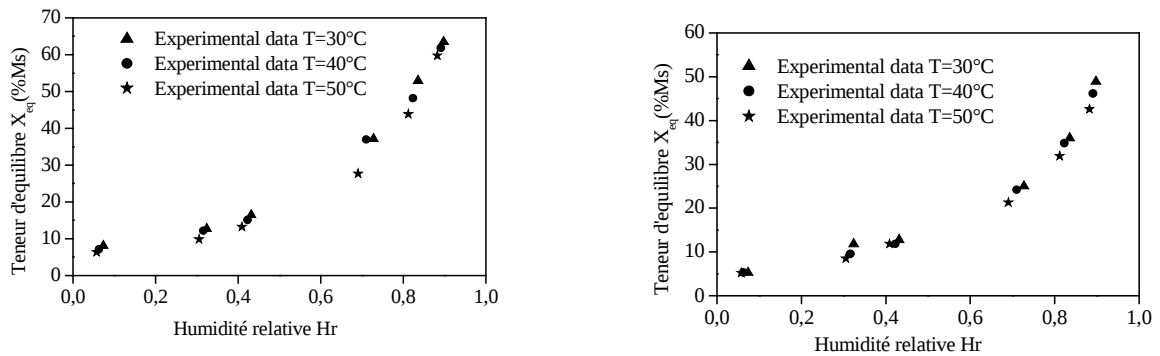


Figure 2 : Isothermes d'adsorption – désorption de l'absinthe.

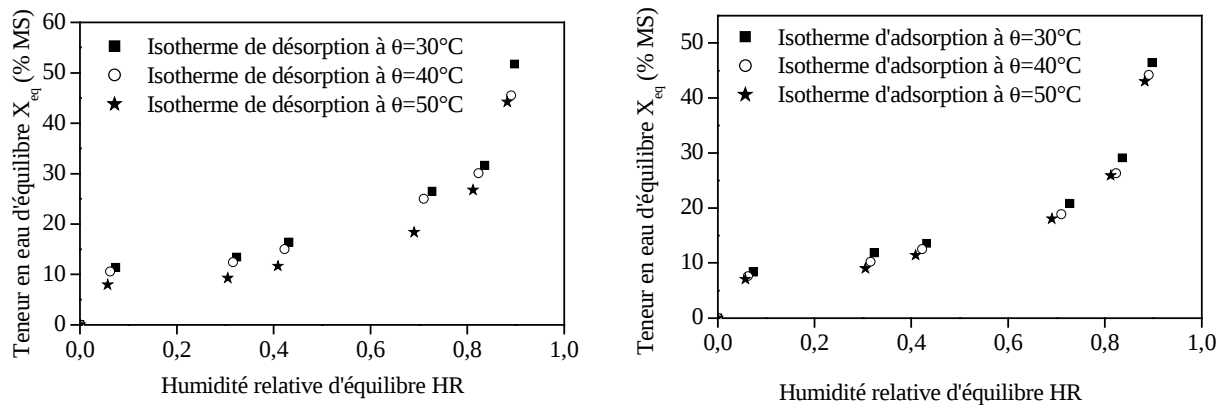


Figure 3 : Isotherme d'adsorption – désorption de la menthe pouliot.

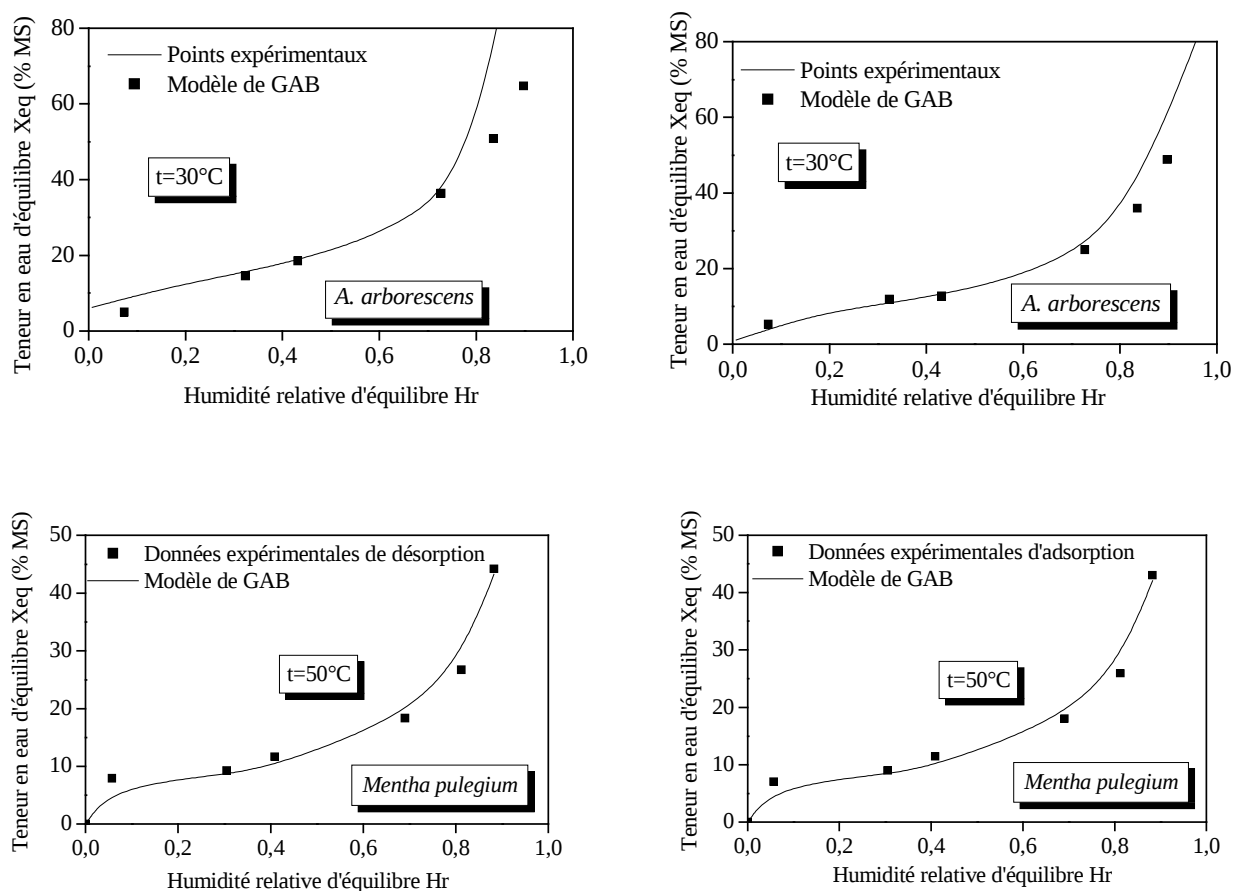


Figure 4 : Comparaison entre les courbes expérimentales de sorption et prédites par le modèle de GAB pour les deux plantes.

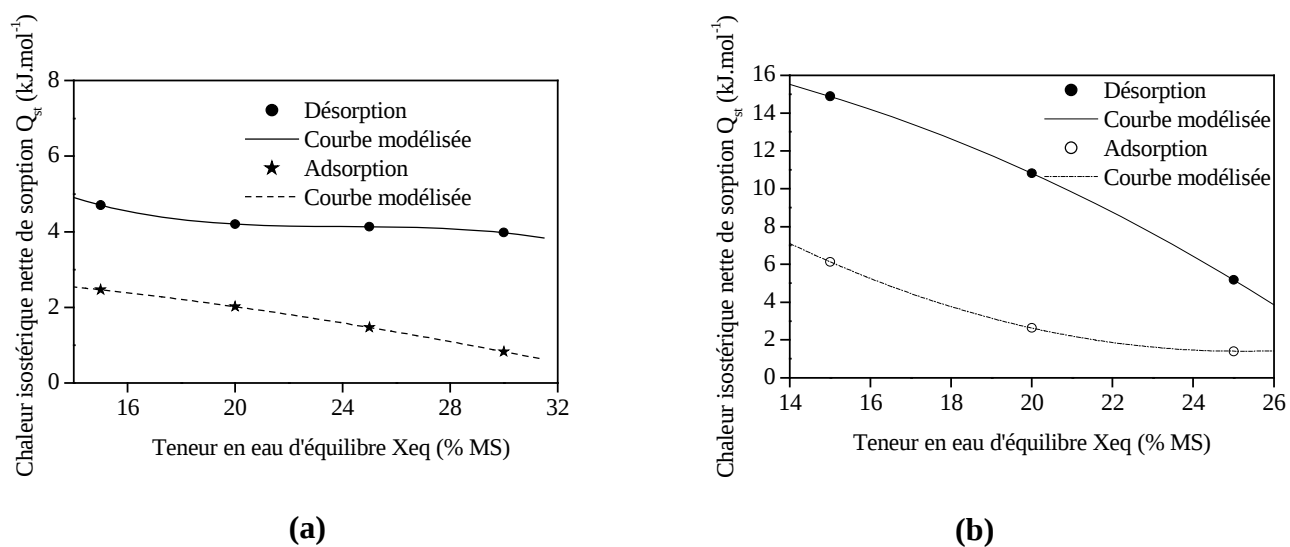


Figure 5 : Chaleurs isostériques nettes de sorption d'absinthe (a) et de menthe pouliot (b).

5. CONCLUSION

La détermination et la modélisation des isothermes de sorption constituent une étape incontournable dans tout procédé de séchage. Leur connaissance constitue une étape indispensable pour mieux comprendre et appréhender les problèmes liés à la conservation, à l'expérimentation et à la modélisation des processus de séchage. À partir des résultats obtenus, nous pouvons conclure que les isothermes de sorption des deux plantes suivent bien l'allure générale de la courbe de sorption et que le modèle de GAB décrit bien les isothermes de sorption pour différentes températures. On note également que la chaleur isostérique nette de l'absinthe décroît lentement alors que celle de la menthe décroît rapidement. Enfin, connaissant les teneurs en eau d'équilibre des deux plantes, nous pouvons maintenant envisager de déterminer leurs cinétiques de séchage dans un séchoir solaire fonctionnant en convection forcée.

Nomenclature

$d_f = N - n$	degré de liberté de la régression du modèle	N	nombre de paramètres de chaque modèle
Hr	humidité relative d'équilibre	Q_{st}	Chaleur isostérique nette
h_1	chaleur de condensation de la vapeur d'eau pure, $kJ.mol^{-1}$	R	constante des gaz parfaits, $J.mol^{-1}.K^{-1}$
h_2	chaleur intégrale de sorption des couches d'eau supplémentaire, $kJ.mol^{-1}$	r	coefficient de corrélation
		T	température absolue, K
		t	température, °C
N	nombre de points expérimentaux	$X_{eq\ i, \exp}$	$i^{ème}$ teneur en eau expérimentale d'équilibre
		$X_{eq\ i, \text{pre}}$	$i^{ème}$ teneur en eau prédite d'équilibre

Références

- [1] C. Van den Berg et S. Bruin. Water activity and its estimation in food systems: Theoretical aspects. In L. B. Rockland, G. E. Stewart (Eds.), water activity; influence on food quality, New York: *Academic Press*, pp. 45-58, 1981.
- [2] M Dagenet. Les séchoirs solaires: théorie et pratique, *Publication de l'UNESCO*, Paris, France, 1985.
- [3] C. Van den Berg. Development of B.E.T. like models for sorption of water on foods, theory and relevance. In D. Simatos, & J. L. Multon (Eds), *Properties of water in foods* (p. 119). Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1985.
- [4] H. Bizot et J.L. Multon, Méthode de référence pour la mesure de l'activité de l'eau dans les produits alimentaires, *anales de Technologie Agricole*, 27, pp 441, 1978.
- [5] M. Kouhila, N. Kechaou, M. Otmani, M. Fliyou, et S. Lahsasni, Experimental study of sorption isotherms and drying kinetics of Moroccan *Eucalyptus globules*, *Drying Technology*, 20, pp 2027-2039, 2002.
- [6] H. M. Iglisias et J. Chirife. Prediction of the effect of temperature on water sorption isotherms of food material, *Journal of Food Technology*, Vol. 11, 109-116, 1976.
- [7] M. Kouhila, A. Belghit, M. Dagenet, et B.C. Boutaleb. Experimental determination of the sorption isotherms of mint (*Mentha viridis*), sage (*Salvia officinalis*) and verbena (*Lippia citriodora*). *Journal of Food Engineering*, pp 47, 281-287, 2001.