

Le séchage du cuir au cours des opérations de tannage

N. Abdenouri^{1*}, N. Kechaou³, A. Motassadeq¹, H. Amazdaou¹ et A. Jaouad²

¹ LP2M2E, Equipe d'Instrumentation, Métrologie et Procédés, 'IMP'
FSTG Bv. Abdelkrim El khattabi, B.P. 549, Guéliz, Marrakech, Maroc

² Laboratoire de Chimie Organique Appliquée, Unité de Chimie Agroalimentaire
FSSM, Avenue Prince My Abdellah, Marrakech, Maroc

³ GGPA, Unité de Recherche en Mécanique des Fluides Appliquée et Modélisation
Ecole Nationale d'Ingénieurs de Sfax, B.P. 1173, Sfax, Tunisie

Résumé - *L'évolution rapide de l'industrie du cuir impose à ce secteur une production régulière et plus soutenue. Le séchage intervient à plusieurs reprises dans les opérations de tannage, et nécessite une consommation en énergie importante, en plus de celle nécessaire pour les autres opérations. En plus, les étapes de séchage occupent des durées importantes par rapport à la durée totale nécessaire pour le tannage. L'introduction d'un séchage optimisé en termes d'énergie et d'humidité relative dans le Maghreb est nécessaire pour l'évolution de ce secteur dans le marché méditerranéen et dans le marché international. Le séchage du cuir dure environ 10 heures à l'air libre sous ensoleillement direct. Cette durée peut être réduite à 2 heures sous un flux d'air chaud. L'épaisseur de la peau n'admet pas beaucoup d'influence sur la cinétique de séchage. Par contre, une élévation de la température de 30 à 40 °C accroît notablement la cinétique de séchage.*

Mots clés: Séchage - Cuir - Tannage - Environnement - Cinétique de séchage - Valorisation de matière première.

1. INTRODUCTION

Soumis de plus en plus à des normes environnementales internationales strictes, les différentes opérations du procédé de tannage nécessitent un ajustement de paramètres, voire une optimisation poussée des points jugés très polluants et énergétivores.

Dans ces procédés, on décèle une grande importance que revêt le séchage en étant une étape clé dans la globalité du procédé de tannage, et il est considéré comme étant une opération décisive. En plus, le séchage du cuir concerne aussi les effets sur l'environnemental que causent les sulfures et le chrome rejeté dans les stations municipales ou infiltré dans le sol [3, 4].

Au Maghreb, les opérations de séchage qui accompagnent le tannage se font généralement à l'air. Les eaux acides égouttées des peaux s'infiltrent dans le sol et le rendent ainsi inerte. En plus des risques d'infiltration du chrome dans la nappe phréatique, le séchage à l'air ne semble plus compatible avec le tannage moderne qui nécessite un flux plus important et régulier.

L'utilisation des sècheurs électriques nécessite plus d'énergie et généralement, ne donne pas toujours une uniformité d'humidité relative au niveau de toute la peau. Ces sècheurs font généralement recours à un opérateur qui tâte la peau au cours du séchage. Dans le cas du cuir, la limite du séchage diffère d'un type de peau par rapport à un autre et ne doit pas être total.

* n.abdenouri@ucam.ac.ma

Dans ce travail, nous présentons l'état du tannage au Maroc et en Tunisie en premier lieu. Nous présentons ensuite l'utilité d'un tannage qui intègre des données précises sur les peaux considérées. Aussi, les premiers résultats obtenus seront discutés à la lumière des données citées auparavant.

2. LA PEAU ET LE PROCÉDE DE TANNAGE USUEL AU MAGHREB

La peau est composée de trois couches: l'épiderme, le derme et le tissu sous-cutané. Le derme contient de 30 à 35 % de protéines, principalement du collagène, le reste étant de l'eau et de la graisse. On se sert du derme pour fabriquer du cuir une fois que les autres couches ont été détachées par des moyens chimiques et mécaniques. Le tannage consiste à renforcer la structure protéinique de la peau en établissant une liaison entre les chaînes de peptides (Fig. 1).

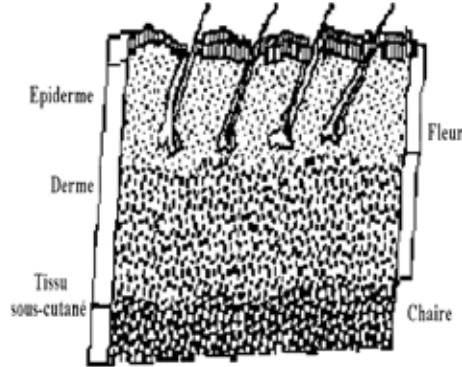


Fig. 1: Coupe de la peau

La peau des animaux présente des irrégularités de composition et de forme, cela subsiste souvent atténué dans le cuir obtenu à partir de ces peaux.

Dans les peaux de bovins, ovins et caprins, on peut considérer trois régions assez bien délimitées:

- le croupon: partie de la peau qui recouvrait le dos de l'animal jusqu'à hauteur des membres antérieures et elle est caractérisée par son homogénéité en épaisseur (Fig. 2). C'est la meilleure partie du cuir fini.

- le collet: partie qui recouvrait le cou de l'animal. La peau est d'épaisseur irrégulière, de structure plus lâche que celle du croupon et la surface est ridée.

- Les flancs: partie de la peau qui recouvrait le ventre de l'animal. Ils sont toujours de structure plus lâche et plus creuse que le reste de la peau.

Au stade du tannage, on emploie des acides, des alcalis, des sels, des enzymes et des agents tannants pour dissoudre les graisses et les protéines non fibreuses et lier chimiquement les fibres collagènes.

Quant à l'eau, elle y reste imprégnée jusqu'à la fin du procédé de traitement qui se passe en solution. Cette eau est éliminée à chaque fois par un procédé de séchage (Fig. 3).

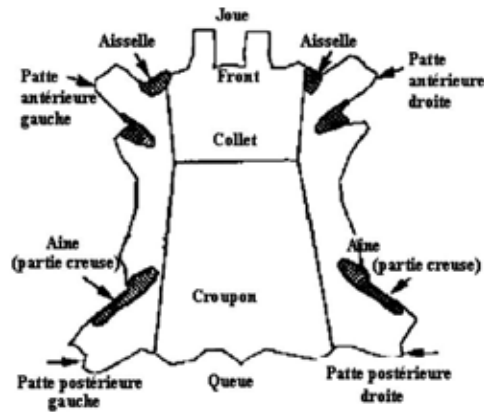


Fig. 2: Différentes parties de la peau

Les procédés dans les tanneries peuvent être regroupés en quatre grandes catégories [1]:

- Le travail de rivière;
- Les opérations de tannage;
- Les opérations de corroyage;
- Les opérations de finissage.

Les peaux dépouillées des carcasses dans les abattoirs sont livrées à des entreprises de collecte des peaux connues par Souk Bad Dbagh de Marrakech, ou directement aux tanneries et mégisseries.

Si nécessaire, les peaux sont séchées avant leur transport à la tannerie, afin d'éviter qu'elles n'entrent en putréfaction. Elles subissent par la suite des opérations de: tri, échantillonnage (parage), traitement de conservation et stockage, dans l'attente du travail de rivière.

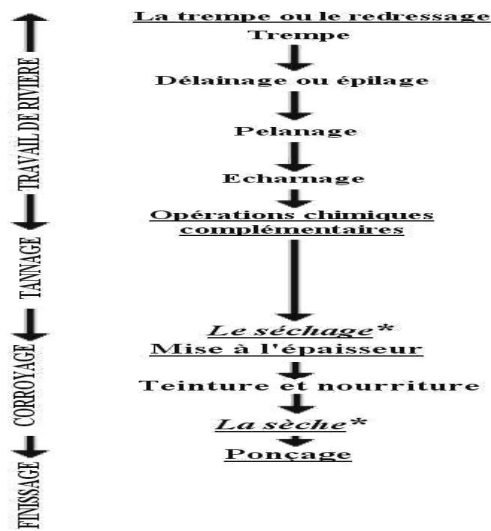


Fig. 3: Schéma des différentes opérations que subit la peau lors de sa transformation en cuir

Au Maroc, le secteur a connu dernièrement une restructuration pour un alignement aux normes de protection de l'environnement. Le secteur concerne près de 550 entreprises à plus de 10 personnes, dont 350 modernes concentrés notamment à Fès et à Marrakech.

Une station d'épuration des eaux et de récupération du chrome a été aménagée à proximité d'un regroupement d'usines de tannage. A Marrakech, un centre est en cours d'étude où des sources d'énergies renouvelables sont prévues. Ces sources concernent entre autres les opérations de séchage.

En Algérie, malgré les restructurations et les fermetures d'une dizaine d'entreprises, le secteur cuir n'en finit pas de perdre des parts de marché face à la pression des importations, notamment de Chine. Le secteur dans ce pays jouit d'une renommée grâce à l'exportation de produits de haute valeur ajoutée. La production de la tannerie algérienne est évaluée à 1.200.000 kilos par an.

En Tunisie, le secteur cuir représente 51 % de l'emploi industriel. On dénombre près de 460 entreprises à plus de 10 personnes en 2007 dont 80 % de ces entreprises sont exportatrices. Au niveau Environnement, un projet 'Eau-Cuir' est en cours de réalisation à Dokkarat pour le traitement des eaux usées dans les tanneries.

3. LE SECHAGE DANS LE TANNAGE

Les principaux rejets vers le système d'eaux résiduelles résultent des opérations par voie humide liées au travail de rivière, au tannage, au séchage et au corroyage.

Le séchage forcé du cuir est une des opérations les plus énergétivores de la tannerie industrielle. Le séchage naturel à l'air ne consomme pas d'énergie, mais n'est pas applicable dans tous les cas, car il demande beaucoup de temps [5], un terrain de plus en plus apprivoisé et des conditions climatiques favorables. En plus, le séchage par étalage sur le sol induit des contaminations par infiltration des effluents acides en présence de forte concentration de chrome [1, 4].

Aussi, pour une meilleure qualité de la peau, le séchage ne doit pas être effectué sous insolation directe. En effet, la lumière occasionne la décomposition de plusieurs constituants de la peau et affecte sérieusement la qualité du cuir travaillé.

Le séchage ne doit pas être très proche de la déshydratation totale de la peau. En effet, la peau a la propriété d'être souple du fait de sa disposition naturelle des fibres protéiniques, mais lorsque l'équilibre hygrométrique est rompu par suite d'une perte d'humidité, celles-ci adoptent des formes rigides; le dessèchement entraîne l'isolement des filaments protéiques [6, 7].

Cette rupture des liaisons occasionne une perte de souplesse qui favorise le craquellement, l'exfoliation, voire la désagrégation du support.

En éliminant l'eau adéquatement, on peut éviter ces altérations des cuirs pendant le séchage, mais aussi on doit faire appel à des méthodes de séchage plus performantes et moins polluantes que celle utilisée traditionnellement [8].

4. LE TAUX D'HUMIDITE DES PEAUX TANNEES

Après 24 à 48 h du tannage, la peau tannée subira un essorage pour réduire le taux d'humidité de 70-75 % à 55 % [1]. La peau essorée subira l'opération de dérayage pour

égaliser l'épaisseur du cuir selon l'utilité envisagée. Son humidité joue un rôle clé à ce niveau [1].

Un dégraissage est préalable au deuxième essorage et au repassage d'environ 12 à 24 h. Après l'humidité baissera à 35-40 %, le cuir s'ouvrira et deviendra lisse et augmentera de surface [1].

L'eau évacuée traditionnellement cause des infiltrations d'agents polluants au sol vu le temps prolongé du séchage.

Delà, vient la nécessité de trouver des solutions techniquement et économiquement rentables suivant un système de commande basée sur des mesures et des critères précis.

5. RESULTATS EXPERIMENTAUX

5.1 Description des échantillons

La matière testée est fournie par une société de tannage à Marrakech. Il s'agit du cuir en croûte ou cuir retanné, prélevé juste avant l'opération de finissage.

Les échantillons sont conservés au froid afin d'éviter sa dégradation, l'échantillonnage se fait à fur et à mesure des essais de séchage successifs. Ces derniers concernent trois variétés de cuir en croûte.

- Le cuir de mouton grené pour vêtements (CMGV) de 0,6 cm d'épaisseur et de couleur jaune;
- Le cuir de vachette pour chaussures (CVC) de 1,3 cm d'épaisseur et de couleur jaune;
- Le cuir de vachette pour ameublement (CVA) de 1,3 cm d'épaisseur et de couleur beige.

Chaque échantillon fait des dimensions plus ou moins régulières de 2 cm / 2 cm.

5.2 Mode opératoire

Afin d'étudier la variation de la teneur en eau du cuir sous différentes températures de séchage, on a réalisé 5 essais pour chaque type de cuir et on a suivi le poids de ce dernier en fonction du temps de séchage.

Le séchage se fait dans une étuve à température réglable, et à des durées qui atteignent 3 à 5 heures cumulées.

Le pesage se fait à l'aide d'une balance analytique d'une précision de 10^{-4} g. Les essais ont été menés à trois températures: 30, 40 et 50 °C.

Le travail consiste à suivre la variation de la masse des échantillons jusqu'à stabilisation du poids. Les résultats sont traités et représentés des courbes de séchage.

Aussi, nous avons déterminé l'influence de la température, l'épaisseur de la peau et la nature de chaque cuir sur la vitesse de séchage [9, 10].

5.3 Variation de la teneur en eau du cuir

Pour le cuir de vachette pour chaussure à épaisseur 1.3 mm, et selon les résultats obtenus (Fig. 4, 5 et 6), à $T = 50$ °C, la teneur en eau baisse rapidement atteint la phase de stabilité à partir 50 minutes. Alors qu'à $T = 30$ °C, l'allure de la courbe est beaucoup plus étalée sur le temps. Le séchage à 40 °C présente un comportement intermédiaire.

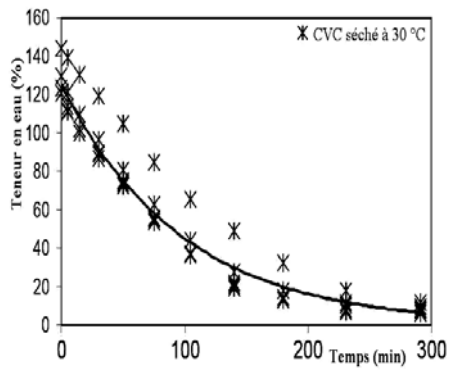


Fig. 4: Evolution du séchage du cuir de vachette pour chaussures à $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

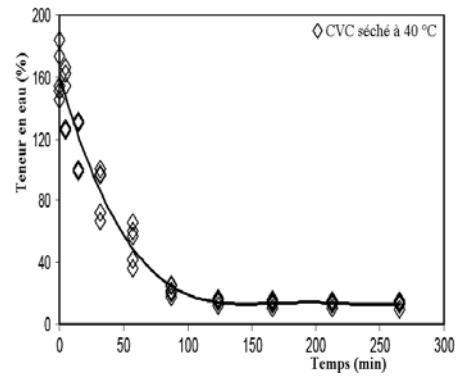


Fig. 5: Evolution du séchage du cuir de vachette pour chaussures à $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

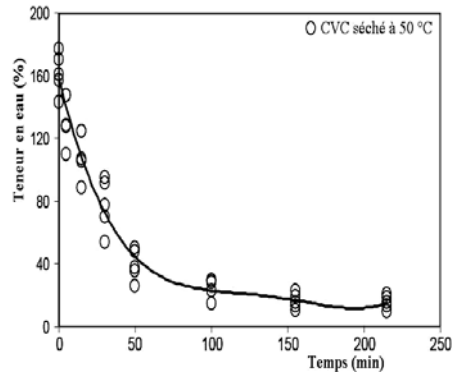


Fig. 6: Evolution du séchage du cuir de vachette pour chaussures à $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

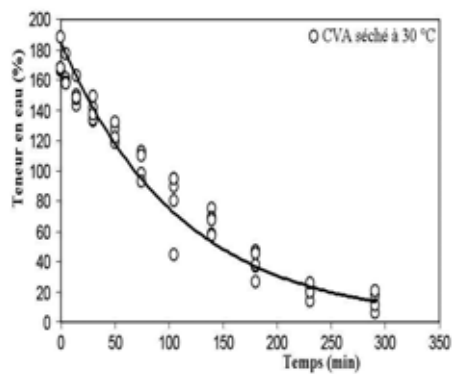


Fig. 7: Evolution du séchage du cuir de vachette pour ameublement à $T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$

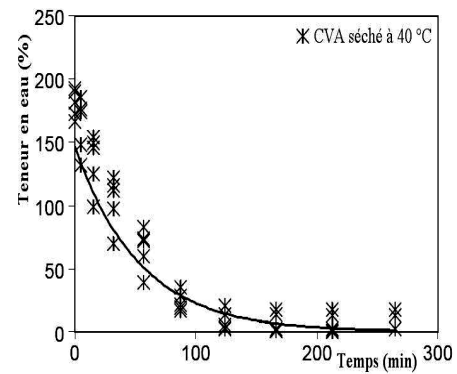


Fig. 8: Evolution du séchage du cuir de vachette pour ameublement à $T = 40\text{ }^{\circ}\text{C}$

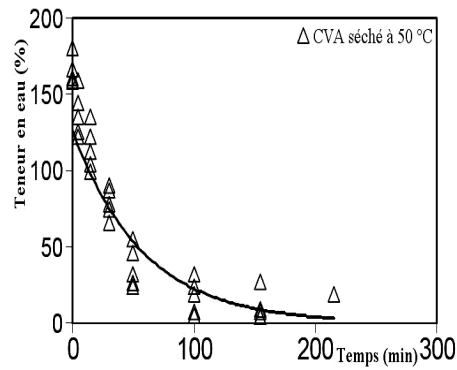


Fig. 9: Evolution du séchage du cuir de vachette pour ameublement à $T = 50\text{ °C}$

Avec les mêmes épaisseurs, le cuir de vachette pour ameublement présente le même comportement vis-à-vis de l'évolution de teneur en eau en fonction de la température (Fig. 7, 8 et 9). Il reste à mentionner la présence d'une rétention d'eau prononcée pour ce type de cuir dû certainement à la différence de texture qu'on peut confirmer par le toucher.

Dans le cas présent, l'échantillon à sécher présente une forme différente des ceux étudiés avant, d'une épaisseur plus faible (0,6 mm), le cuir du mouton grené pour vêtements retient beaucoup plus de l'eau dans ses pores et demande par conséquent beaucoup plus de temps pour que la teneur d'eau se stabilise durant le séchage. Ainsi à une température basse (30 °C), la perte en eau sera moins importante que pour des températures supérieures à 50 °C (Fig. 10, 11 et 12).

La baisse en teneur d'eau commence à devenir importante à 40 °C. La stabilisation du poids apparaît avant les centaines de minutes, et en comparaison avec ce devenir à 30 °C, on constate une immense différence d'allure.

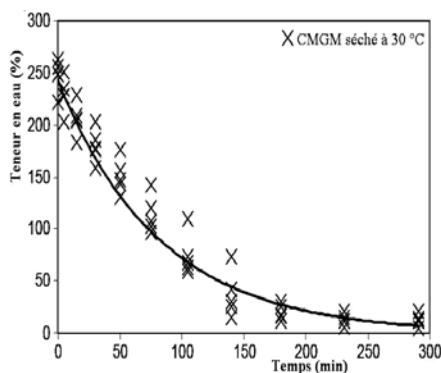


Fig. 10: Evolution du séchage du cuir de mouton grené à $T = 30\text{ °C}$

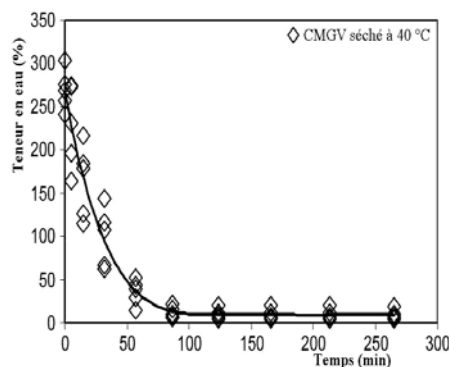


Fig. 11: Evolution du séchage du cuir de mouton grené à $T = 40\text{ °C}$

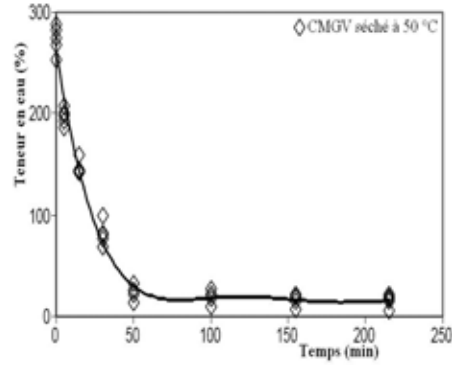


Fig. 12: Evolution du séchage du cuir de mouton grené à $T = 50\text{ °C}$

D'après les courbes obtenues, on remarque l'absence des phases de mise en température du produit (Phase 0) et de séchage (Phase 1), alors que la phase 2 à allure décroissante est omniprésente et même pour tous les degrés de température.

Nous remarquons également que pour les deux variétés: cuir de vache pour chaussures et cuir de mouton grené pour vêtements montre la présence d'une réponse avancée vis-à-vis l'opération de séchage en comparaison avec le cuir de vachette pour ameublement.

Pour le cuir de mouton grené pour vêtements, et sur le même intervalle de temps à $T = 30\text{ °C}$, le poids du cuir ne se stabilise qu'après 200 minutes. Alors qu'à des températures plus élevées, le poids se stabilise au bout 100 minutes.

Similairement aux résultats du séchage du cuir de vachette pour ameublement, la courbe ne comprend que la phase 2.

Le comportement du cuir de mouton grené pour vêtement vis-à-vis la température diffère devant celui du cuir de vachette plus épais. Pour les deux températures 40 °C et 50 °C , la stabilité de poids commence dès 70 minutes.

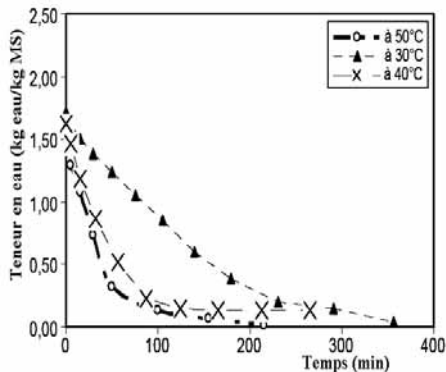


Fig. 13: Evolution du séchage du cuir de vachette pour ameublement, ép.=1,3

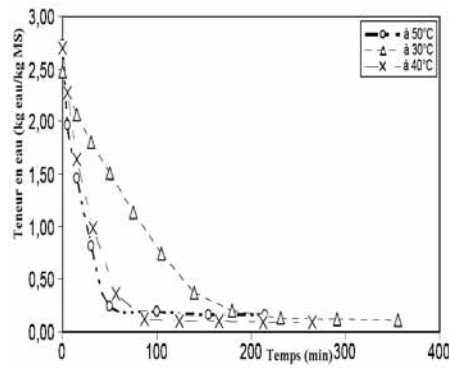


Fig. 14: Evolution du séchage du cuir mouton grené pour vêtements, ép.=1,3

Sur les courbes des figures 13 et 14, nous avons établi une comparaison des résultats obtenus pour les différentes épaisseurs. Nous remarquons que l'épaisseur a une influence sur la cinétique de séchage, mais ces variations n'admettent pas une influence sur l'ensemble du procédé de tannage.

Aussi les allures des courbes qui présentent une forte baisse au début du séchage montrent que l'eau contenue dans les peaux n'admet pas de fortes liaisons avec les constituants du cuir.

6. CONCLUSION

L'étude expérimentale, menée lors du présent travail concernant le séchage du cuir dans les procédés de tannage, nous a permis de tracer différentes courbes de séchage pour arriver à relever l'influence de quelques paramètres, tels que la température, l'épaisseur et la variété du produit.

En effet toutes les courbes tracées ont un point commun qui concerne l'allure, seule la phase à allure décroissante est présente. Ce comportement est proche de celui connu pour les produits agroalimentaires [11].

La température a pour effet d'accroître notablement la vitesse de séchage, surtout quand nous passons de 30 à 40 °C, alors qu'entre 40 et 50 °C cette variation est de moindre importance. Le séchage à 40 °C nous semble optimal dans notre cas.

L'épaisseur de la peau a une influence sur la cinétique, mais ne présente pas un impact conséquent sur le procédé de tannage même lorsque l'épaisseur passe de 0,6 à 1,2 mm. A T = 50 °C, les courbes obtenues font état d'une perte rapide et totale de l'eau contenue dans le cuir.

L'allure des courbes met en évidence une limitation thermique du processus, aussi elle montre les faibles interactions entre l'eau et la texture du cuir.

REFERENCES

- [1] Association des Recherches des Industries de Cuir et Annexes, '*Manuel des Bonnes Pratiques dans le Secteur du Tannage de la Région du Maghreb*', Edition Maroc, Janvier 2006.
- [2] J. Churchill, '*The Complet Book of Tanning Skin and Furs*', Stacpol Books, 1983.
- [3] Biyu Peng, Bi Shi, Danhong Sun, Yaowen Chen and Dennis C. Shelly, '*Ultrasonic Effects on Titanium Tanning of Leather*', Ultrasonics Sonochemistry, Vol. 14, N°3, pp. 305 - 313, 2007.
- [4] Luiz C.A. Oliveira, Maraisa Goncalves, Diana Q.L. Oliveira, Mario C. Guerreiro, Luiz R.G. Guilherme and Rogerio M. Dallago, '*Solid Waste from Leather Industry as Adsorbent of Organic Dyes in Aqueous-Medium*', Journal of Hazardous Materials, Vol. 141, N°1, pp. 344 - 347, 2007.
- [5] A. Sander, '*Thin-Layer Drying of Porous Materials: Selection of the Appropriate Mathematical Model and Relationships Between Thin-Layer Models Parameters*', Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, Vol. 46, N°12, pp. 1324 - 1331, 2007.
- [6] J.L. Pedreno-Molina, J. Monzo-Cabrera, A. Toledo-Moreo and D. Sanchez-Hernandez, '*Estimation of Microwave-Assisted Drying Parameters Using Adaptive Optimization Inverse Techniques*', International Communications in Heat and Mass Transfer, Vol. 32, N°3-4, pp. 323 - 331, 2005.

- [7] R. Barni, S. Zanini, M. Piselli and C. Riccardi, '*Experimental Study of the Behaviour of Leather Under Vacuum Conditions*', Vacuum, Vol. 81, N°3, pp. 265 – 271, 2006.
- [8] G. Arthanareeswaran, N. Jaya, D. Mohan and M. Raajenthiren, '*Removal of Chromium from Aqueous Solution by Using Cellulose Acetate and Sulfonated Poly(Ether Ether Ketone) Blend Ultrafiltration Membranes*', Journal of Hazardous Materials, Vol. B139, pp. 44 – 49, 2007.
- [9] S. Tunç and O. Duman, '*Thermodynamic Properties and Moisture Adsorption Isotherms of Cottonseed Protein Isolate and Different Forms of Cottonseed Samples*', Journal of Food Engineering, Vol. 81, N°1, pp. 133 – 143, 2007.
- [10] M. Erbas, M.F. Ertugay and M. Certel, '*Moisture Adsorption Behaviour of Semonila and Farina*', Journal of Food Engineering, Vol. 69, N°2, pp. 191 - 198, 2005.
- [11] N. Arsalan and H. Torgul, '*The Fitting of Various Models to Water Sorption Isotherms of Tea Stored in a Chamber Under Controlled Temperature and Humidity*', Journal of Stored Products Research, Vol. 42, pp. 112 - 135, 2006.