



# Optimisation des conditions opératoires du séchage de la citrouille par sécheur à air chaud en utilisant la Méthode des Surfaces de Réponse (MSR)

A. BENSEDDIK <sup>\*1, ,</sup> A.K. ALLAF<sup>2</sup> A. AZZI<sup>3</sup> et M.N. ZIDOUNE<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables, URAER,

Centre de Développement des Energies Renouvelables, CDER, 47133, Ghardaïa, Algérie

<sup>2</sup> Unité de Recherche des Matériaux et Energie Renouvelables, (URMER), Tlemcen, Algérie

<sup>3</sup> Laboratoire des Sciences de l'Ingénieur pour l'Environnement, Pôle Sciences et Technologie  
Avenue Michel Crépeau 17042 La Rochelle Cedex 1, France.

<sup>4</sup> Laboratoire de nutrition et technologies alimentaires (L.N.T.A), équipe Transformation et Elaboration  
des Produits Agro-alimentaires (T.E.P.A.), INATAA Université Constantine 1, Constantine, Algeria

\* (auteur correspondant: [a\\_benseddik2008@yahoo.fr](mailto:a_benseddik2008@yahoo.fr) / [a\\_benseddik@uraer.fr](mailto:a_benseddik@uraer.fr))

**Résumé** - *l'agriculture, l'agroalimentaire, la pharmaceutique ainsi que l'industrie de l'alimentation ont tous intérêt croissant pour les fruits de citrouille et de produits dérivés de citrouille au cours des dernières années. Les citrouilles ont un fort potentiel pour une exploitation industrielle dans l'industrie alimentaire, et le séchage est le principal processus de traitement de cette dernière. Dans cette étude, la Méthode des Surfaces de Réponse (MSR) a été utilisée pour optimiser les conditions opératoires du séchage de la citrouille par sécheur à air chaud. L'épaisseur de l'échantillon, la température et la vitesse d'air asséchant ont été sélectionnées comme variables indépendantes pour les expériences, tandis que le rapport de déshydratation a été choisi comme réponse affectée par les variables indépendantes. Les surfaces de réponse et cartes de contours qui montrent l'interaction des variables opératoire ont été construites. Cette optimisation va conduire à l'obtention des meilleures conditions de séchage de la citrouille. Les conditions optimales pour le séchage de la citrouille sont les suivantes : Température de l'air est de 70.2 °C, vitesse de l'air est de 15 m/s, épaisseur des échantillons est de 1.03 cm. Dans ces conditions optimales, le rapport de déshydratation peut atteindre la valeur maximale 73,11%. Les résultats de cette étude expérimentale seraient contribuer au développement des capacités techniques pour la conception des procédés de séchage à air chaud.*

**Mots-clefs** - séchage à air chaud - citrouille - rapport de déshydratation - surfaces de réponse.

## I. INTRODUCTION

La citrouille est plus couramment consommée au Maghreb et en Amérique du Nord. Les citrouilles contiennent une quantité particulièrement intéressante de caroténoïdes, des composés antioxydants. Elles sont de bonnes sources de caroténoïdes, et certaines variétés sont riches en provitamines A, principalement de bêta-carotène et d'alpha-carotène [1-4]. La consommation d'aliments riches en caroténoïdes a été associée à la prévention du cancer, la dégénérescence maculaire et d'autres maladies dégénératives, principalement liée à leurs propriétés antioxydantes et des propriétés de piégeage de radicaux libres [5]. Les pertes de fruits et légumes dans les pays en développement sont estimés à 30-40% de la production [6]. La plupart de ces produits contiennent plus de 80% d'eau et ils sont hautement périssables. La nécessité de réduire les pertes après récolte est d'une importance capitale pour ces pays. Les pertes post-récolte des produits agricoles dans les zones rurales des pays en développement peuvent être réduits de façon rigoureuse en utilisant des systèmes de séchage solaire bien conçues, décentralisés et adaptables à des productions locales près de la zone de récolte. Néanmoins ce mode de séchage présente des inconvénients du fait que le produit obtenu est de qualité médiocre. Pour remédier à cette problématique, on propose d'insérer un traitement de Détente Instantanée Contrôlée (DIC) des produits dans un centre permettant le traitement de la



Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables  
The 4<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 24 et 25 Octobre 2016



production d'une large région, après un pré- séchage solaire des produits au niveau de la zone de récolte afin de mieux préserver le contenu nutritionnel, sauvegarder la qualité organoleptique, aboutir à une parfaite décontamination du produit et longue durée de conservation de produit séché.

La méthodologie de surface de réponse (RSM) a été prouvée pour être un outil puissant pour déterminer les effets de chaque facteur et les interactions entre eux, ce qui permet l'optimisation des processus à mener efficacement [7]. Les procédures de surface de réponse impliquent la stratégie expérimentale, les méthodes mathématiques, et l'inférence statistique, qui, lorsqu'ils sont combinés, permettent aux utilisateurs de faire une exploration empirique efficace du système dans lequel ils sont intéressés [8]. La stratégie expérimentale permet à l'analyste d'explorer la surface de réponse avec la même précision, dans n'importe quelle direction. La conception expérimentale limite initialement la région sous enquête. Suite à l'enquête initiale, la conception expérimentale permet à l'analyste d'explorer la surface de réponse d'une manière systématique dans la direction qui offre la plus prometteuse pour l'amélioration [9].

RSM peut être appliquée à tout système qui comporte les éléments clés suivants: (i) un critère d'efficacité, qui est mesurable sur une échelle continue, et (ii) variables indépendantes quantifiables qui affectent la performance du système (le procédé de séchage). Compte tenu de ces conditions, RSM propose des techniques pour trouver la réponse optimale du système d'une manière efficace. Le principal avantage de la RSM est que la quantité de données nécessaires à l'évaluation, l'analyse et l'optimisation réduit de manière significative le nombre d'expériences requises. RSM est une méthode plus rapide et plus économique pour la collecte des résultats de recherche que celui variable classique à un moment ou à pleine facteur expérimentation. Le logiciel STATGRAPHICS Centurion (VERSION 16) a été utilisé à cette fin. RSM a généré la table expérimentale de conception. Cette stratégie expérimentale a été largement utilisée dans le développement produit/process.

La présente étude a porté sur la modélisation de l'effet de la température de l'air, la vitesse d'air et l'épaisseur de l'échantillon (comme variables indépendantes) sur le rapport de déshydratation (comme variables dépendantes) dans un processus de séchage à air pour des échantillons de la citrouille. La modélisation a été basée sur la Méthodologie des

Surfaces de Réponses. Les expériences ont été conçues selon le plan composite centré avec trois facteurs, chacun a cinq niveaux différents.

## II. MATERIEL ET METHODE

### A. Préparation des échantillons

L'approvisionnement de produit à séché (citrouille) s'est effectué du marché locale de la Rochelle. Au laboratoire les citrouilles sont conservées dans un réfrigérateur à 4°C avant de lancer les expériences. Avant toute expérience, les morceaux des citrouilles découpées en cube selon le plan d'expériences en utilisant un appareil d'aide culinaire. La durée de préparation des échantillons ne dépasse pas 15 min. Le taux d'humidité initiale (base humide) des produits est en moyenne de (87%), ce taux d'humidité des échantillons de la citrouille est mesuré à chaque essai grâce à un dessiccateur halogène MB45, pour avoir une idée de la matière sèche (par apport à l'essai en cours), puis à l'étuve à 105°C pendant 24 heures (AOAC, 1990) [10].

### B. Dispositif expérimental de séchage à l'air chaud

Les essais de séchage sont réalisés à l'aide d'un séchoir pilote expérimental de séchage par entraînement (Figure 1). Le séchoir pilote permet d'assurer un séchage de longue durée dont les conditions sont bien déterminées et parfaitement maîtrisées en température ( $20 < T < 80^{\circ}\text{C}$ ) et vitesse ( $0 < V < 20$  m/s) de l'air. Le séchoir fonctionne en boucle ouverte et il est commandé par un automate programmable. La température et la vitesse de l'air sont des paramètres réglables. L'air traverse perpendiculairement, de haut en bas, les morceaux de la citrouille déposés sur une coupelle (diamètre = 10 cm). Pour maîtriser la variation des propriétés de l'air au contact du produit, toutes les expériences de séchage ont été effectuées sur une monocouche de morceaux de la citrouille.

### C. Analyse de rapport de déshydratation

Le rapport de déshydratation des échantillons de la citrouille a été calculé en utilisant l'Eq. (1) [11].

$$\text{Rapport de déshydratation} = \frac{M_0 - M_i}{M_0}, \quad (1)$$



**Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 4<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 24 et 25 Octobre 2016

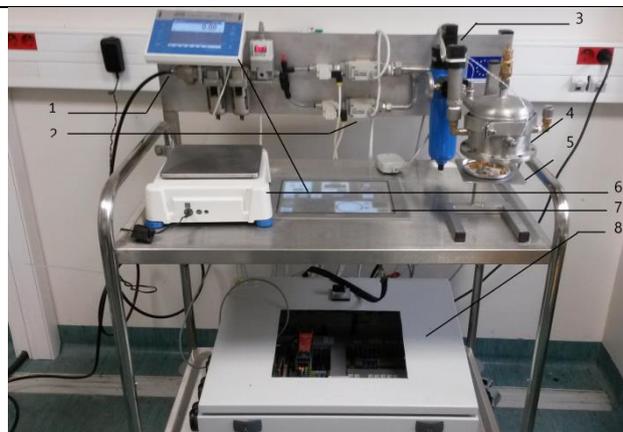


Fig. 1 : Pilot de séchage (1. Entrée d'air, 2. Vanne de débit, 3. Chauffage, 4. Distributeur d'air, 5. Plateau de séchage, 6. Balance, 7. Interface homme-machine et 8. Boîtier d'automate programmable)

où  $M_0$  est la teneur en eau initiale et  $M_i$  est la teneur en eau à des instants  $t$  au cours de la cinétique de séchage.

#### D. Conception expérimentale et analyse statistique

Pour étudier l'effet des paramètres opératoires de séchage convectif, nous avons retenu et privilégié trois paramètres opératoires : (i) la température de séchage (entre 40 et 80 °C), la vitesse d'air asséchant (entre 2 et 15 m/s) et l'épaisseur des échantillons (entre 0.25 et 1.4 cm). Après avoir choisi les paramètres opératoires qui sont les plus influents et en raison d'un grand domaine de variation possible de chaque paramètre, il a été nécessaire de procéder à une méthode d'étude statistique capable de cerner, au moindre coût d'expérimentation, le domaine d'exploitation des paramètres. Ainsi, au cours de la présente étude, nous avons adopté la méthode de plan composite centré à cinq niveaux ; il s'agit d'un plan composite centré avec trois facteurs, chacun a cinq niveaux différents. Le plan d'expérience réalisé est présenté dans le tableau (1).

Il s'agit d'aboutir à des échantillons adaptés selon le plan d'expériences de 18 points donné dans le Tableau (2). La relation entre les variables indépendantes, la température de l'air ( $X_1$ ), vitesse de

été exprimés mathématiquement sous la forme d'un modèle polynomial, ce qui a donné le rapport de déshydratation ( $Y$ ) en fonction de ces variables. Une équation polynomiale de second ordre est présentée sous la forme suivante:

$$Y = a_0 + \sum_{i=1}^3 a_i x_i + \sum_{i=1}^3 \sum_{j=1}^3 a_{ij} x_i x_j \quad (2)$$

### III. 3. RESULTATS ET DISCUSSION

#### A. Analyse de la réponse et interprétation

La réponse de rapport de déshydratation est énumérée dans le tableau 2. Les données expérimentales ont été utilisées pour calculer les coefficients de l'équation quadratique, et les tableaux 3 et 4 résument les résultats pour l'analyse de la variance et les coefficients de modèle, respectivement. Les valeurs de "Prob> F" inférieure à 0,05 indiquant que les termes du modèle sont significatifs. Dans ce cas,  $x_3$  et  $x_3^2$  sont significatifs sur le rapport de déshydratation. Les valeurs de "Prob> F" supérieure à 0,1000 indiquent que les termes du modèle ne sont pas significatifs. Les valeurs de "Prob> F" de  $x_1, x_2, x_1x_2, x_1x_3, x_2x_3, x_1^2$  et  $x_2^2$  sont 0.9156, 0.9701, 0.8257, 0.9924, 0.6961, 0.7012 et 0.4046 respectivement.

Sur la base de ces résultats, une relation empirique entre les réponses et les variables indépendantes ont été atteint pour le des échantillons de citrouille et exprimée par les équations polynomiales de second ordre suivantes:

$$Y = 63,689 - 0,175232T + 0,0618386V + 11,8295L + 0,515562T.V - 0,0222866T.L + 0,919588V.L + 0,592851T^2 + 1,32739V^2 - 9,79505T^2 \quad (3)$$

Le coefficient de détermination  $R^2$  représente la proportion de variation de la réponse attribué au modèle plutôt que de l'erreur aléatoire. Il a été suggéré qu'un bon ajustement du modèle devrait avoir  $R^2$  pas moins de 80%. Lorsque  $R^2$  est proche

TAB. 1 : Valeurs de points expérimentaux du plan composite centré

Variables	Etiquette	niveaux codés				
		-1.682	-1	0	1	1.682
$x_1$	Température d'air [°C]	40	48.11	60	71.89	80
$x_2$	Vitesse d'air [m/s]	2	4.64	8.50	12.36	15
$x_3$	Epaisseur des échantillons [cm]	0.2	0.443	0.8	1.157	1.4

l'air ( $X_2$ ) et de l'épaisseur des échantillons ( $X_1$ ) ont



**Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 4<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 24 et 25 Octobre 2016



de l'unité, le modèle empirique est adapté pour ajuster les données réelles. Une valeur inférieure de  $R^2$  indique que le modèle n'est pas approprié pour expliquer la relation entre les variables [12-13]. La valeur  $R^2$  pour Eq. (2) a été jugée 0,962, indiquant qu'il y avait un bon accord entre les données expérimentales et le rapport de déshydratation prédite à partir de modèle. Chacune des valeurs expérimentales ont été comparée aux valeurs prédites calculées à partir du modèle (Figure 2). Les résultats indiquent que le modèle utilisés dans cette étude était capable d'identifier l'état de fonctionnement optimal de séchage par air chaud de la citrouille. La figure 2 montre la corrélation entre la valeur de la réponse observée et celle de la réponse prédite par le modèle mathématique. Cette dernière figure, montre une excellente corrélation existe entre le rapport de déshydratation obtenu expérimentalement et celle qui pourraient être prédites par la relation mathématique proposé à partir d'équation (3) citées précédemment. Par ailleurs, à partir de cette même équation, on peut obtenir les surfaces de réponses en 3D et les courbes isoplèthes illustrées sur les figures 3 (a-c) et 3 (d-f). Ces figures montrant l'effet de la température de l'air ( $X_1$ ), la vitesse d'air ( $X_2$ ) et l'épaisseur de l'échantillon ( $X_3$ ) sur le rapport de déshydratation ( $Y_1$ ). On constate sur la figure 3 (A et D) que le rapport de déshydratation diminue lorsque la

température et la vitesse d'air sont aux tours de niveaux moyens ( $X_1 = 0$  et  $X_2 = 0$ ), ce qui a révélé qu'une température et vitesse d'air plus bas ou plus élevé sont favorables pour l'obtention d'un rapport de déshydratation plus élevé. Comme on peut voir sur la figure 3 (B et E) que à une température d'air ( $X_1$ ) plus bas ou plus élevée, le rapport de déshydratation augmente lorsque l'épaisseur de l'échantillon augmente jusqu'à son niveau moyen ( $X_3 = 0$ ). Sur la figure 3 (C et D), on a remarqué un profil presque similaire à la figure 3 (B et E), lorsque température d'air ( $X_1$ ) plus bas ou plus élevée, le rapport de déshydratation augmente lorsque l'épaisseur de l'échantillon ( $X_3$ ) augmente jusqu'à un niveau moyen ( $0 < X_3 < 1,25$ ). Toutefois, Il était clair que les résultats expérimentaux de rapport de déshydratation et les valeurs prédites obtenus en utilisant l'équation (3) ne sont pas significativement différentes (Figure 2).

**B. Optimisation des paramètres**

Selon l'analyse ci-dessus, l'épaisseur des échantillons est la variable la plus importante, de sorte que l'intervalle d'optimisation de l'épaisseur des échantillons est étroit. Dans les conditions de déshydratation, l'optimisation de chacune des variables et des résultats optimisés sont donnés dans

TAB. 2 : Conditions et les résultats de la conception expérimentale, pour le séchage de la citrouille basée sur le plan d'expériences composite centré à cinq niveaux

Exps	Facteurs						Réponse
	Variables codées			Variables normale			Rapport de déshydratation à 30 % d.b [%]
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$T[°C]$	$V[ms^{-1}]$	$L[cm]$	
1	0	0	0	60	9	0.8	60.6775
2	-1	-1	-1	48,1	5	0.44	48.5624
3	+1	-1	-1	71,9	5	0.44	47.7290
4	-1	+1	-1	48,1	12	0.44	45.7251
5	+1	+1	-1	71,9	12	0.44	47.2719
6	-1	-1	+1	48,1	5	1.16	...
7	+1	-1	+1	71,9	5	1.16	68.3585
8	-1	+1	+1	48,1	12	1.16	70.1221
9	+1	+1	+1	71,9	12	1.16	71.2618
10	0	0	0	60	9	0.8	61.0973
11	0	0	0	60	9	0.8	64.3485
12	-1.682	0	0	40	9	0.8	63.3096
13	+1.682	0	0	80	9	0.8	61.1444
14	0	-1.682	0	60	2	0.8	64.2823
15	0	+1.682	0	60	15	0.8	64.3279
16	0	0	-1.682	60	9	0.2	11.3896
17	0	0	+1.682	60	9	1.4	...
18	0	0	0	60	9	0.8	69.1628



**Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables**  
**The 4<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies**

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 24 et 25 Octobre 2016



le tableau 6. Comme on le voit d'après le tableau 6, les variables indépendantes optimales sont les suivantes: Température de l'air est de 70.2 °C, vitesse de l'air est de 15 m/s, l'épaisseur des échantillons est de 1.03 cm. En vertu d'une condition appropriée, le rapport de déshydratation peut atteindre la valeur maximale 73,11%.

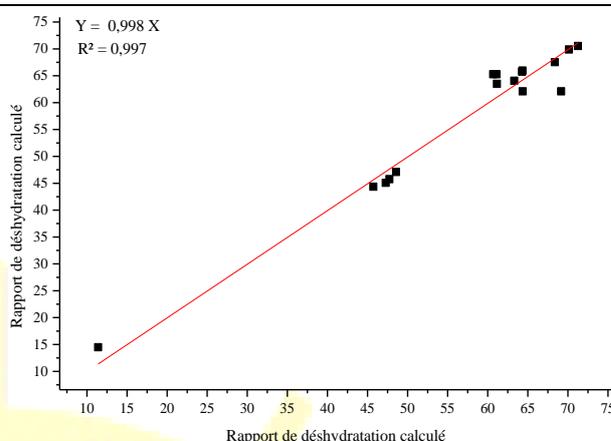


Fig. 2 : Corrélation linéaire entre le rapport de déshydratation calculé et observé

TAB. 3 : Analyse de variance (ANOVA), termes linéaires, d'interaction et quadratiques pour chaque variable de réponse et les coefficients de modèle de prévision.

Source	Coefs	Somme des carrés	DDL	Moyenne des carrés	F valeur	Prob > F
Constante	63,689	34,902	1	34,9021	1,36	0,296
$x_1$	-0,1752	0,3182	1	0,31822	0,01	0,916
$x_2$	0,0618	0,0396	1	0,03963	0,00	0,970
$x_3$	11,829	729,20	1	729,202	28,48	<b>0,003</b>
$x_1^2$	0,5928	4,2293	1	4,2293	0,17	0,701
$x_1x_2$	0,5155	1,3783	1	1,37832	0,05	0,826
$x_1x_3$	-0,0222	0,0025	1	0,00257	0,00	0,992
$x_2^2$	1,3273	21,201	1	21,2018	0,83	0,405
$x_2x_3$	0,9195	4,3850	1	4,38508	0,17	0,696
$x_3^2$	-9,7955	538,16	1	538,164	21,02	<b>0,006</b>
Résiduelle		128,02	5	25,6047	-	-
Lack-of-fit		116,34	3	38,7822	6,64	0,134
Pure error		11,676	2	5,83843		
R-carré %	0,962					
R-carré (ajusté pour les ddl) %	0,886					
Estimation de l'écart-type du résidu	5,06011					
Erreur absolue moyenne	2,2609					
Test de Durbin-Watson	1,7478					

TAB. 4 : Les niveaux des variables utilisées dans cette étude pour la construction du plan composite centré

Niveaux	Valeurs optimales des variables indépendants						Réponse
	Variables codées			Variables réelles			Rapport de déshydratation
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$T$ [°C]	$V$ [ $ms^{-1}$ ]	$E$ [Cm]	$Y$
Bas	-1,682	-1,682	-1,682	40	2	0.2	48.56
Haut	1,682	1,682	1,682	80	15	1.4	71.26
Optimum	0,858	1,682	0,638	70.20	15	1.03	73,11

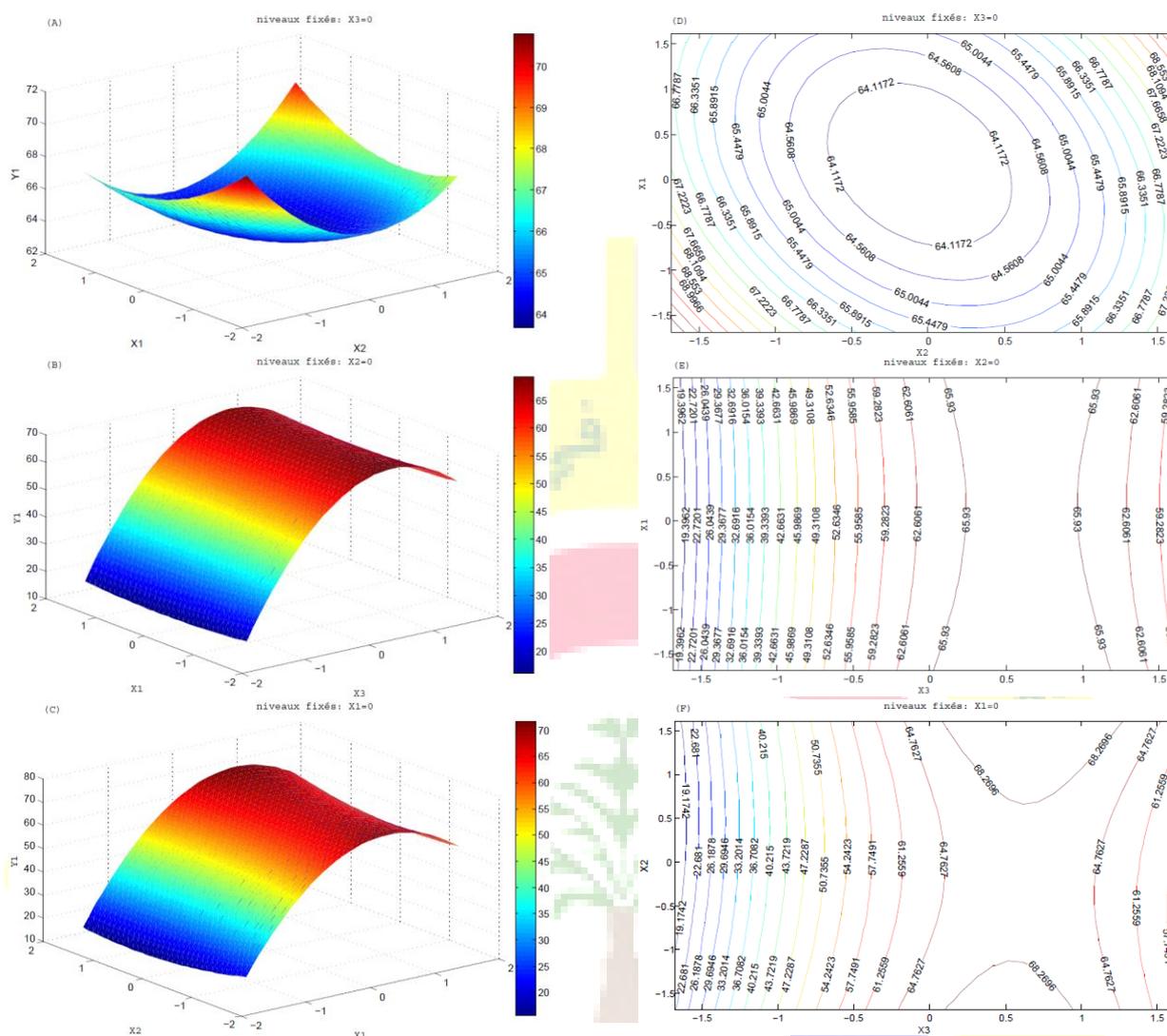


Fig. 3 : surfaces de réponses (a-c) et courbes isoplèthes (d-f) montrant l'effet de la température de l'air (X1), la vitesse d'air (X2) et épaisseur de l'échantillon (X3) sur le rapport de déshydratation (Y)

#### IV. CONCLUSION

Avec l'avènement des techniques statistiques telles que RSM et la disponibilité de logiciels pour la résolution de problèmes, il prend moins jamais le temps d'optimiser les processus, les produits et la conception non seulement raison de la vitesse de l'ordinateur, mais aussi parce que les techniques permettent de réduire la quantité données expérimentales nécessaires pour l'analyse d'optimisation. Cela a conduit à une meilleure compréhension du processus par les résultats représentés sous la forme de graphiques telles que des

surfaces et des contours 3D. Un dispositif expérimental a été construit selon les conditions de conception optimale de RSM afin d'étudier l'influence des paramètres ci-dessus sur la teneur en humidité, l'activité. A partir du modèle quadratique de la surface de réponse, nous avons constaté que le rapport de déshydratation a été affectés de façon significative par l'épaisseur des échantillons. Les paramètres optimisés de sécheur à air chaud sont présentés dans ce qui suit: Température de l'air est de 70.2 °C, vitesse de l'air est de 15 m/s, épaisseur des échantillons est de 1.03 cm. À ces conditions le rapport de déshydratation est de 73,1138.



Le 4<sup>ème</sup> Séminaire International sur les Energies Nouvelles et  
Renouvelables  
The 4<sup>nd</sup> International Seminar on New and Renewable  
Energies

Unité de Recherche Appliquée en Energies Renouvelables,  
Ghardaïa – Algérie 24 et 25 Octobre 2016



REFERENCES

- [1] H. K. Arima and D. B. Rodriguez-Amaya, Carotenoid composition and vitamin A value of commercial Brazilian squashes and pumpkins, *Journal of Micronutrient Analysis.*, 4 (1988), 177–191.
- [2] A. Dutta, U. Raychaudhuri and R. Chakraborty, Rheological characteristics and thermal degradation kinetics of beta-carotene in pumpkin puree, *Journal of Food Engineering.*, 76 (2006), 538–546.
- [3] M. Murkovic, U. Mulleder and H. Neunteufl, Carotenoid content in different varieties of pumpkins, *Journal of Food Composition and Analysis.*, 15 (2002), 633–638.
- [4] C. C. Garcia, M. A. Mauro, M. Kimura, Kinetics of osmotic dehydration and air-drying of pumpkins (*Cucurbita moschata*), *Journal of Food Engineering.*, 82 (2007), 284–291.
- [5] N. Krinsky, Actions de caroténoïdes dans les systèmes biologiques, *Revue annuelle de la nutrition.*, 13 (1993), 561-587.
- [6] M. A. Karim, M.N.A. Hawlader, Performance evaluation of a v-groove solar air collector for drying applications. *Applied Thermal Engineering.*, 26 (2006), 121–130.
- [7] D. Bas, I.H. Boyaci, Modelling and optimization. I. Usability of response surface methodology, *Journal of Food Engineering.*, 78 (2007), 836–845.
- [8] R.H. Myers, Response Surface Methodology, Boston: Allyn and Bacon. Reprint 1976, Ann Arbor, MI: Edwards Bros (1971).
- [9] D. Krishnaiah, A. Bono, R. Sarbatly, R. Nithyanandam, S.M. Anisuzzaman, Optimisation of spray drying operating conditions of *Morinda citrifolia* L. fruit extract using response surface methodology, *Journal of King Saud University – Engineering Sciences.*, 27 (2015), 26–36.
- [10] A.O.A.C. Official methods of analysis. Edition: Association of Official Analytical Chemist (AOAC), Washington, DC, 16<sup>ème</sup> édition (1990).
- [11] H. Niu, Y. Li, Y. Lei, L. Zhang, J. Peng, S. Guo. Microwave Drying of Anthracite: A Parameter Optimized by Response Surface Methodology, *Journal Arabe pour la Science & Engineering.*, 37 (2012), 65–73.
- [12] T.M. Little, F.J. Hills, Agricultural Experimentation Design and Analysis. *John Wiley, New York.* 1978.
- [13] W. Mendenhall, Introduction to Probability and Statistics, *fourth ed. Duxbury Press, North Settuete, MA.* 1975.