

Optimisation des effets de la température et de la pression sur l'extraction de l'huile des graines du *Pistacia atlantica* par pressage en utilisant la Méthode des Surfaces de Réponse

Hakima Acheheb¹, Feriel Sabrine Ait Chaouche², Djamila Belhachat², Ali Ferradji²

1 : Université Saad Dahlab Blida, 2 : Ecole Nationale Supérieure Agronomique Alger, Département de Technologie Alimentaire.

acheheb.hakima@hotmail.fr, aitchaoucheferiel@yahoo.fr, djamilaina@hotmail.com, a_ferradji@yahoo.fr

Résumé

L'objectif de cette étude est de déterminer l'effet de l'humidité, de la température et de la pression sur le rendement d'huile extraite des graines de *Pistacia atlantica* Desf. par presse hydraulique. Les résultats obtenus montrent que l'humidité a une influence significative sur le taux d'extraction de l'huile. La méthode des surfaces de réponse a aussi révélé l'effet combiné significatif de la température et de la pression sur le rendement d'huile.

Mots clés : extraction huile, *Pistacia atlantica*, humidité, pression, température, méthode surface de réponse

1. Introduction

Le genre, *Pistacia* appartenant à l'ordre des saphindales et à la famille des anacardiaceae, est d'origine asiatique ou méditerranéenne. *Pistacia* est représenté par quatre espèces sur 13 ou plus dont : *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebenthus*, *Pistacia atlantica* et *Pistacia vera* [1]. Le Pistachier de l'atlas (*Pistacia atlantica*) est une espèce qui s'étend du sud-ouest de l'Asie au nord-ouest de l'Afrique [2]. En Algérie le Pistachier de l'Atlas pousse à l'état sauvage aussi bien dans les zones subhumides qu'aux régions sahariennes [3] et sa limite extrême se trouve au Hoggar [4]. Les fruits des Pistachiers, appelés drupes sont charnus et à noyaux. En Algérie, le fruit du Pistachier de l'atlas appelé « El-Khoudiri », de couleur vert foncé à maturité, constitue une source importante en protéines, lipides et phytostérols [5]. L'huile extraite des noyaux est utilisée aussi bien à des fins alimentaires que cosmétiques [6]. Plusieurs travaux de recherche ont porté sur l'étude de la composition biochimique des drupes du *Pistacia* et de son huile ([7], [8]). L'objectif de ce travail est d'étudier l'effet de la pression, de la température et de la teneur en eau sur le rendement en huile extraite par presse hydraulique en utilisant la méthode des surfaces de réponses.

2. Matériel végétal

Les graines du Pistachier de l'atlas (*Pistacia Atlantica* Desf.) ont été récoltées de la région de Laghouat (Figure 1)

Figure 1: Graines du pistachier de l'Atlas provenant de la région de Laghouat.

3. Extraction de l'huile par presse hydraulique

La presse hydraulique est composée d'une centrale hydro-électrique raccordée à un vérin qui comprime l'échantillon à l'intérieur d'un cylindre métallique entouré par une résistance contrôlée par un thermostat (**Figure 2**). Un thermocouple est installé dans cette presse pour l'enregistrement de la valeur de la température à l'intérieur des graines broyées. L'extraction d'huile est réalisée à partir de 600 g de graines broyées placées dans des scourtins. Des disques en acier sont placés entre deux scourtins. L'échantillon est ainsi comprimé à différentes pressions (50 - 90 et 120 bars) et à des différentes températures (25 - 40 et 60 ° C). L'huile résiduelle est extraite à partir des tourteaux récupérés après le pressage, dans un Soxhlet en utilisant de l'hexane.

Le rendement en huile est le rapport entre la masse de l'huile extraite et la masse de l'échantillon. L'efficacité de la presse hydraulique est le rapport entre la masse de l'huile extraite et la masse initiale de l'huile de graines. L'effet de l'épaisseur du gâteau ($2,2 \pm 0,1$; $3,2 \pm 0,3$; $3,4 \pm 0,1$; $4,4 \pm 0,2$ cm) a été déterminé à 120 bars, pendant 120 min, à 25 ° C et pour une teneur en eau de 7,2%. L'effet de la durée de pressage (15 - 30 - 45 - 60 - 90 et 120

min) a été déterminé à 120 bars, et à 25 ° C avec une épaisseur de 3.2cm du gâteau .L'effet de la teneur en eau ($7,83 \pm 0,03$; $3,97 \pm 0,23$ et $2,36 \pm 0,04\%$) a été déterminé à 120 bars, 40 ° C, avec une épaisseur du gâteau de 3,2 cm et pendant 60 min. L'analyse statistique de l'effet de ces paramètres sur le rendement en huile a été réalisée par le test de Student selon Fisher [9].

Figure 2 : Presse hydraulique : (A) Centrale hydro-électrique (B) Thermostat (C) Cylindre métallique (D) Enceinte d'échantillon et (E) Vérin

4. Méthodes analytiques

Pour chaque échantillon les analyses ont été effectuées en trois répétitions avec une détermination de l'écart type. La méthode de surface de réponse (RSM) a été utilisée pour estimer les principaux effets de la pression et de la température sur l'extraction de l'huile des graines du Pistachier de l'atlas Desf. Les niveaux des variables indépendantes utilisées sont de (25 - 40 - 60°C) pour les températures et de (50 - 90 -120 bars) pour la pression (**Tableau 1**). Pour les 13 combinaisons générées par les expériences, la méthode RSM a été appliquée aux données expérimentales en utilisant le logiciel 8.0.4.1 expert.

Tableau 1 : Les niveaux des variables pour l'extraction de l'huile des graines de *Pistacia atlantica* Desf.

Variables indépendantes	Niveau et rang		
	-1	0	+1
Température (A, °C)	25	40	50
Pression (B, bars)	50	90	120

5. Résultats et discussions

5.1. Effets de quelques paramètres d'extraction sur le rendement en huile

5.1.1. Effet de la teneur en eau.

Les résultats de l'effet de ce paramètre sur le rendement en huile sont présentés dans le **Tableau 2**. L'effet de l'humidité sur le rendement en huile a été étudié en fixant la température, la pression et le temps de pressage, respectivement à 40°C, 120 bars et 60 min. Une augmentation du rendement d'huile de 40, 88% à 44, 17% a été obtenue lorsque la teneur en eau diminue de 7,83% à 3,97%. Il a été observé que la réduction de la teneur en eau de 3,97% à 2,36% diminue le rendement en huile de 44,17% à 39,08%. Ce résultat montre que la valeur de 3,97% peut être considérée comme la teneur en eau optimale pour obtenir un rendement maximal en huile des graines de *Pistacia atlantica*. Ce résultat est en accord avec celui rapporté par Singh et al. [10]. Lanoisellé [11] a signalé que la température et l'humidité ont un effet significatif sur l'extraction de l'huile des graines de tournesol, car l'augmentation du rendement pour les faibles teneurs en humidité serait due à la fragilisation des globules lipidiques.

Tableau 2: Effet de la teneur en eau sur le rendement en huile et sur la teneur en huile résiduelle

Graines	Fraîches	Séchées à 40°C	Séchées à 70°C	Torréfiées
Humidité (%)	$7,83 \pm 0,03$	$3,97 \pm 0,23$	$2,36 \pm 0,04$	$2,7 \pm 0,44$
Taux d'extraction (%)	$52,08 \pm 0,07$	$52,32 \pm 0,08$	$39 \pm 0,11$	$42,12 \pm 0,07$

Le séchage des graines broyées à 40°C pendant 24 heures permet d'avoir le meilleur rendement par rapport à la graine fraîche, torréfiée et séchée à 70°C pendant 24h. Il apparaît clairement qu'il existe une teneur en eau optimale ($3,97\% \pm 0,23$) pour laquelle le taux d'extraction est maximal ($52,32\% \pm 0,08$). L'eau contenu dans la matière première a une influence aussi bien sur le rendement ou le taux d'extraction que sur la qualité de l'huile extraite .

5.1.2. Effet de la pression et la température

Les valeurs de la teneur en huile extraite des graines de *Pistacia atlantica*, en utilisant une presse hydraulique, sous différentes pressions sont présentées dans le **Tableau 3**. Pour 50 bars, le rendement en huile obtenue est de 14,89%. Avec l'augmentation de la pression de 90 bars à 120 bars le rendement en huile augmente respectivement de 28, 51 et 33,4%. Le taux de l'huile tend à une valeur asymptotique comprise entre 90 et 120 bars. Ces résultats ont révélé clairement que l'augmentation de la pression améliore l'extraction de l'huile. Ces résultats sont similaires à ceux rapportés par Smith et *al.*, [12] qui ont annoncé l'existence d'une pression mécanique optimale pour le soja. Concernant l'effet de la température, il a été observé que le rendement en huile, qui est de $14,89 \pm 0,63\%$ à 25°C augmente à $30,43 \pm 0,91\%$ à 40°C . Cependant l'augmentation de la température de 40°C à 60°C diminue le rendement en huile de $40,87\% \pm 0,56$ à $36,19 \pm 1,20\%$ avec une augmentation de la teneur en huile résiduelle de $5,45 \pm 0,53\%$ à $9,75\% \pm 1,09$. Ainsi, l'efficacité de la presse hydraulique décroît de 78,59% à 69% . Ces résultats sont conformes à ceux rapportés par Kartika, [13] et [14]. Wiesenborn et *al.*, [15] ont expliqué que la réduction du rendement en huile serait due à une réduction de la plasticité du gâteau causée par la perte d'eau à haute température. Une augmentation de température réduit la viscosité de l'huile avec une mobilité accrue des biopolymères dans les parois cellulaires ce qui bouchent les pores, et provoquent par conséquent une décélération de l'écoulement d'huile au cours du pressage [11].

Tableau 3: Effets de la température sur le rendement en huile et sur la teneur en huile résiduelle

pression (bars)	Température (°C)	Rendement en huile (%)	Huile résiduelle (%)	Efficacité de la presse hydraulique (%)
50	25	$14,89 \pm 0,63$	$32,09 \pm 1,54$	$28,63 \pm 05$
50	40	$30,43 \pm 0,91$	$17,17 \pm 0,83$	$54,82 \pm 0,11$
50	60	$25,32 \pm 1,17$	$20,97 \pm 1,66$	$64,23 \pm 0,23$
90	25	$28,51 \pm 0,93$	$20,6 \pm 1,09$	$58,51 \pm 0,09$
90	40	$37,02 \pm 0,92$	$7,6 \pm 1,1$	$71,19 \pm 0,18$
90	60	$32,27 \pm 0,89$	$20,97 \pm 1,09$	$62,05 \pm 0,21$
120	25	$33,4 \pm 0,64$	$14,09 \pm 1,09$	$48,69 \pm 0,13$
120	40	$40,87 \pm 0,56$	$5,45 \pm 0,53$	$78,59 \pm 0,09$
120	60	$36,19 \pm 1,2$	$9,75 \pm 1,09$	$69,59 \pm 0,10$

4.5. Les effets combinés de la pression et la température sur le rendement en huile en utilisant la méthodologie de surface de réponse.

Les expériences ont été réalisées selon le protocole expérimental CCD donné dans le **Tableau 4** en vue de rechercher la combinaison optimale de la pression et de température pour le taux d'extraction d'huile. Le modèle F-valeur de 83,86 implique que ce modèle est significatif. Les valeurs de "Prob> F" inférieure à 0,050 indiquant les termes du modèle sont significatifs. Dans ce cas, A, B, AB, A2, B2 sont significatifs sur le rendement en huile.

Tableau 4: Conditions expérimentales et valeurs de réponses observées du CCD

rang	Température	Pression	Rendement en huile %
1	0	1	40.87
2	0	-1	30.14
3	-1	-1	14.89
4	-1	1	33.34
5	0	0	37.02
6	0	0	37.02
7	1	1	36.19
8	0	0	37.02
9	0	0	37.02
10	-1	0	28.51
11	1	-1	25.32
12	1	0	32.27
13	0	0	37.02

Tableau 5: Analyse de variance (ANOVA) pour le modèle quadrique de surface de réponse sur l'effet de la température, la pression sur l'extraction de l'huile par presse hydraulique

Source	Coefficients	Somme des carrés	DDL	Moyenne des carrés	F valeur	Prob > F
Constantes	37.22	552.16	5	111.83	83.86	< 0.0001
A:temperature	2.83	48.05	1	48.05	36.05	<0.0005
B:pression	6.88	268.14	1	268.14	201.06	<0.0001
AB	-1.91	14.59	1	14.59	10.94	<0.0130
A ²	-7.32	147.91	1	14.91	110.91	<0.0001
B ²	-2.28	13.40	1	13.40	10.05	<0.0157
Résiduelle		9.34	7			
Manque ajustement		9.34	3			
R ²		0.9836				
R ² Ajusté		0.9718				
R ² Prédit		0.8411				
Adeq Precision		32.411				
Déviatoin standard		1.15				
C.V. %		3.52				
PRESS		90.33				

Les résultats de la réponse sont présentés dans le **Tableau 5**. L'expression mathématique de la relation à la réponse avec les variables A (température) et B (la pression) :

$$\% \text{ taux de l'huile} = +37,222 + 2,83 \times A + 6,88 \times B - 1,91 \times AB - 7,32 \times A^2 - 2,20 \times B^2$$

L'importance relative des valeurs des coefficients indique le maximum d'effet positif de la pression (6,88), suivie par la température (2,83) et de la température quadratique (-7,32) (**Tableau 5**). Ces résultats sont en accord avec les conclusions de l'effet de la pression sur les caractéristiques de l'extraction de l'huile à partir de graines de tournesol rapportés par Singh et *al.*, [16]. Ces résultats indiquent un rendement en huile qui augmente avec l'augmentation de la pression et la température. Pour le second degré, l'interaction température-pression a des effets négligeables sur le rendement en huile, par rapport aux termes linéaires. Les **Figures 3** et **4**, qui représentent le tracé à trois dimensions et de contours correspondant, montrent les effets de la température et la

pression sur le rendement en huile. La forme elliptique de la courbe indique que les interactions relatives entre la température et la pression sont significatives. La Figure 2 montre que le rendement en huile augmente avec l'augmentation de la température, à des températures supérieures à 40°C le rendement en huile diminue, cela indique l'existence d'une température optimale.

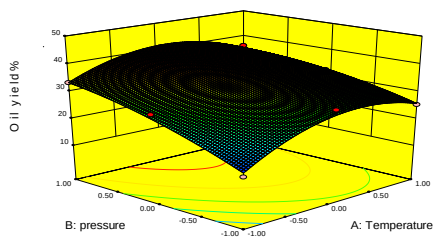


Figure 3 : Diagramme de surface de réponse des effets combinés de la pression et de la température sur le rendement en huile

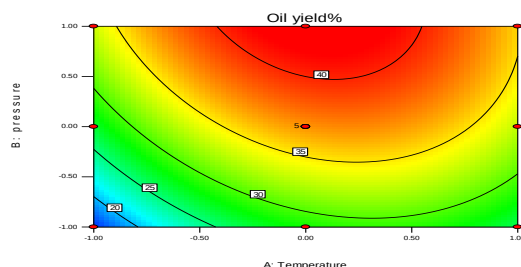


Figure 4: contour de diagramme des effets combinés de la pression et de la température sur le rendement en huile

Conclusion

Les résultats de cette étude montrent que les drupes du Pistachier de l'atlas constituent une source importante de lipides. Le rendement d'huile par presse est influencé par l'épaisseur de l'échantillon, la pression, la température, la durée du pressage et la teneur en eau. Un rendement d'huile de 36,5% est obtenu à froid (25°C) dans les conditions de pressage suivantes : 120 bars, épaisseur de l'échantillon de 3,2 cm, une durée de pressage de 60 min et une teneur en eau de 3,97 %. A 40°C, ce rendement augmente à 44,17% à 120 bars, pour une teneur en eau de 3,97%, une durée de pressage de 60 min et une épaisseur de 3,2 cm. Les résultats de l'optimisation de l'extraction d'huile des graines du Pistachier de l'atlas montrent que pour les températures supérieures à 40°C, on observe une réduction du taux d'extraction d'huile due à une diminution de la plasticité causée par la perte en eau aux températures élevées. Le résultat de l'optimisation de l'extraction d'huile par la méthodologie des surfaces de réponses, montre l'influence de la pression ($P < 0,001$) est plus importante que celle de la température ($P < 0,05$).

Références bibliographiques

- [1] Karimi, S., M. Rahemi, M. Maftoun, Eshghi and V. Tavallali, 2009. Effect of long-term salinity on growth and performance of two pistachio (*Pistacia vera* L.) rootstocks. *Australian journal of Sci*, 3(3): 1630-1639.
- [2] Zohary, M., 1952. A monographical study of the genus pistacia. *Palestine Journal Bot. J.*, Series 5, pp.187-28.
- [3] Kadi-Bennane, S., Ait-Said, S., Smail-Sadoun, N., 2005 . Étude adaptative de trois populations de *Pistacia atlantica* Desf. (Ain Oussera, Messaad, Taissa) par le biais du complexe stomatique. *Option méditerranéenne*. Série A. n.63, PP. 365-368.
- [4] Monjaube, A., 1980 . Connaissance du Bétoum : *Pistacia atlantica* Desf. Biologie et forêt. *Revue Forestière Française*, 4, pp.357-363.
- [5] Ghalem, B.R. et Benhassaini, H., 2007 . Etude des phytostérols et des acides gras de *Pistacia atlantica*. *Afrique Sciences*, 3 (03), pp 405-412.
- [6] Chief, R., 1982 . Les plantes médicinales .Ed. Solor, 235p
- [7] Ghalem, B.R. et Benali, M., 2009. Bactericidal Activity of *Pistacia atlantica* Desf. Mastic gum against certain pathogens. *African Journal of Plant Science*, 3 (1), pp :13-15.
- [8] Saber-Tehrani, M., Givianrad, M.H., Aberoomand-Azar, P., Waqif-Husain, S., et Jafari-Mohammadi, S.A., 2012. Chemical composition of Iran's *Pistacia atlantica* Cold pressed oil
- [9] Fischer, H., 1970. Reports from international symposium on vasoactive pharmacotherapy in vascular diseases . Hautarzt . Volume : 21 . Issue : 2 . page : 97.

- [10] Singh, K.K., Wiesenborn, D.P., Tostenson, K., Kangas, N., 2002. Influence of moisture content and cooking on screw pressing of crambe seed, *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 79: 165-170.
- [11] Lanoisellé, J.L., Bouvier, H.R., 1994. Le pressage hydraulique des oléagineux : mise au point. *Revue française des corps gras*, vol. 41, n. 3/4, pp. 61-72.
- [12] Smith, R.L. et Kraybill, H.R., 1993. *Ind. Ing. Chem.* 25. Pp. 334-336. In Lanoisellé J.L., Bouvier, H.R., 1994. Le pressage hydraulique des oléagineux : mise au point. *Revue française des corps gras*, vol. 41, n. 3/4, pp. 61-72.
- [13] Tchiégang, C., Dandjouma, A.A.K., Kapseu, C., Parmentier, M., 2005. Optimisation de l'extraction de l'huile par pressage des amandes de *Ricinodendron heudelotii* Pierre ex Pax. *Journal of Food Engineering*. 68, pp. 79-87.
- [14] Kartika, I.A., 2005. Nouveau procédé de fractionnement des grains de tournesol: expression et extraction en extracteur bi-vis. Purification par ultra filtration de l'huile de tournesol. Thèse de Doctorat. *Institut National, Polytechnique de Toulouse*, pp: 333.
- [15] Wiesenborn, D., Doddapaneni, R., Tostenson, K., Kangas, N., 2001. Cooking indices to predict screw-press performance for crambe seed. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 78: 467-471.
- [16] Singh, M.S., Frasaie, A., Stewart, L.E., et Douglass, L.W., 1984. Transaction of the ASEA, pp. 1190-1194. In Lanoisellé J.L., Bouvier H.R., 1994. Le pressage hydraulique des oléagineux : mise au point. *Revue française des corps gras*, vol. 41, n. 3/4, pp. 61-72.