

Effet de la concentration de la gomme xanthane sur le comportement rhéologique d'un gel à base d'aloé vera

H. ABCHICHE¹, I. OMARI, R. BOUCHEFRA, M. MELLAL²

Université des sciences et de la technologie Houari-Boumediene (USTHB), Faculté de Génie Mécanique et de Génie des Procédés, Laboratoire des Phénomènes de Transfert, Bab-Ezzouar, 16111 Alger, Algeria

abchichehacina@yahoo.fr

Résumé

L'étude qui a été entreprise dans ce travail se rapporte à la formulation d'un gel naturel à base d'*Aloe Vera*. Notre approche est basée sur une planification expérimentale, afin de réduire à la fois le nombre d'essais et le temps de réalisation, ce qui répond parfaitement au défi qu'impose le contexte économique actuel. Les différents essais de formulation du gel nous ont permis d'étudier l'effet de la gomme xanthane sur le comportement rhéologiques du gel.

En matière de caractérisation des gels formulés ; la rhéologie a été le nerf sensible de notre étude, nous avons réalisé le test d'écoulement sur les 15 échantillons du gel formulé, proposé par la suite deux modèles rhéologiques ; le modèle de Cross et celui de Carreau, les prédictions données par les deux modèles, ont alors été comparés aux résultats réels obtenus expérimentalement. Le coefficient de corrélation R^2 et la viscosité à cisaillement nul " η_0 " nous ont permis de valider le modèle de Carreau qui décrit le mieux nos résultats.

Mots clefs: *comportement rhéologique, gel, Aloé Vera, modèle de Carreau .*

1. Introduction

La formulation d'un produit pharmaceutique nécessite le choix judicieux des matières premières et leurs concentrations dans la formule, ainsi que le procédé de fabrication. Dans ce contexte, nous avons entrepris une étude d'effet de la concentration de la gomme xanthane, sur le comportement rhéologique du produit fini (gel).

2. Matériels et Méthodes

La formule qualitative et quantitative du gel formulé lors de nos essais est présentée dans le tableau suivant.

Tableau.1. Formule qualitative et quantitative du gel.

Matières premières	C (%)	Rôle
Extrait d'Aloe vera	5	PA
Gomme xanthane	0,1 – 0.5	gélifiant
Glycérine végétale	5	humectant
Propylène glycol	15	Conservateur
Hydropropylmethyl cellulose	0.1 – 2	filmogène
Eau purifiée	72.5 - 74	Solvant

2.1 Méthodes utilisées pour la formulation du gel

La démarche adoptée dans ce travail est basée sur la méthode des plans d'expériences qui permettent d'organiser au mieux les essais de formulation, afin de rationaliser au maximum le nombre d'essais expérimentaux (gain du temps ainsi que la matière première) et d'en assurer une meilleure qualité des résultats [1]. Pour ce faire, le logiciel MODDE 6.0 à été utilisé.

La matrice d'expériences qui répond à l'objectif du RSM est un plan de mélange de type D-optimal. Cette matrice générée par un algorithme du logiciel MODDE 6.0, contient 15 essais, dont 3 représentant le centre de gravité du plan, afin de vérifier la reproductibilité. Le D-optimal permet la réalisation d'un nombre minimal d'essais et l'obtention d'un maximum d'information avec un minimum de variabilité [2].

2.2 Caractérisation rhéologique

L'étude du comportement rhéologique des gels formulés est réalisée à l'aide d'un rhéomètre rotatif de type « plan-plan » de 1 mm de diamètre. Le rhéomètre est relié à un thermostat, il est piloté par un microordinateur qui permet la commande, la saisie et l'analyse des résultats d'étude.

3. Résultats

3.1 Caractérisation rhéologique

La figure 1 représente la courbe d'écoulement (viscosité apparente η_{app} en fonction de la vitesse de cisaillement $\dot{\gamma}$) du gel issu de l'essai N° 2 de la matrice d'expérience.

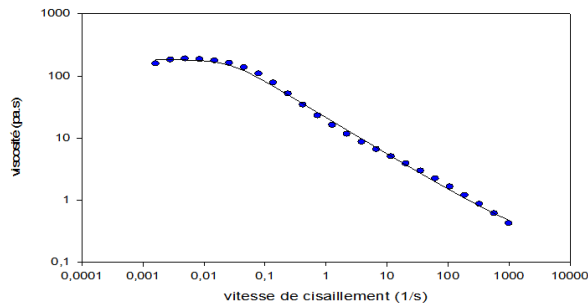


Figure.1 : Courbes d'écoulement du gel (l'essai N° 2), à T=21°C.

À la lumière de la figure précédente, il apparaît clairement la présence de deux zones distinctes : une région au comportement newtonien dans la gamme de vitesse de cisaillement est très faible $<0,01$ s⁻¹, une deuxième région rhéofluidifiante s'étalant jusqu'à une valeur de cisaillement de 1000 s⁻¹.

3.2 Choix du modèle rhéologique

Afin de choisir le modèle rhéologique représentant au mieux notre fluide (gel) dans la gamme des taux de cisaillements étudiés, nous effectuons une étude comparative entre deux lois rhéologiques telles que : Carreau, Casson. Pour choisir le modèle mathématique adéquat, nous nous sommes basés sur le coefficient de corrélation R^2 et la viscosité à cisaillement nul. La **figure 2** regroupe les résultats obtenus pour un échantillon du gel formulé.

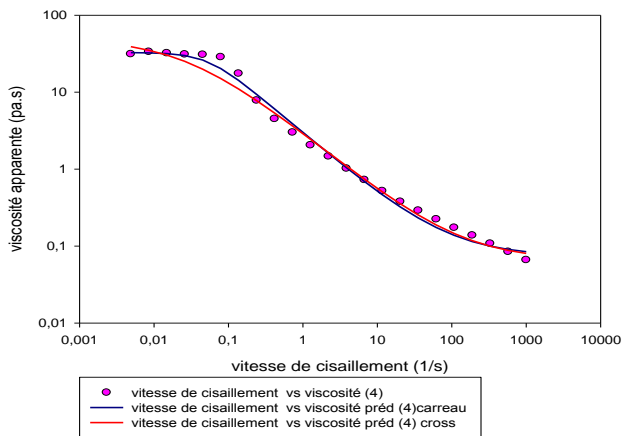


Figure.2 : Comparaison entre les points expérimentaux et ceux donnés par les Modèles de Cross et de Carreau

D'après la figure .2, on remarque que l'allure des deux modèles en question nous donne un bon ajustement des points expérimentaux pour des fortes vitesses de cisaillement. En revanche pour des faibles vitesses de cisaillement l'écart entre la courbe du modèle de Cross et les points expérimentaux est visible.

Les valeurs de la viscosité à cisaillement nul du gel et le coefficient de corrélation R^2 , sont représentées dans le Tableau.2

Tableau 2. Paramètre rhéologique et coefficient de corrélation des modèles étudiés.

modèle	η_0	R^2
Cross	49,273	0,890
Carreau	32,681	0,972

À partir du tableau 2, on constate que le modèle de carreau décrit de manière assez satisfaisante la courbe d'écoulement. En effet, la viscosité du palier newtonien η_0 du modèle de carreau est plus proche à celle obtenue expérimentalement, ainsi que le coefficient de corrélation R^2 qui tend vers 1.

Le modèle de Carreau [3].est donné par l'équation suivante :

$$\eta = \eta_{\infty} + \frac{\eta_0}{(1+(k\dot{\gamma})^2)^{\frac{n}{2}}}$$

3.3 Réponse rhéologique

Les courbes d'écoulement des 15 échantillons du gel sont regroupés sur la figure .3, il est évident, au vu de cette figure, que le modèle rhéologique de Carreau génère de bonnes valeurs de corrélation entre les courbes théoriques et expérimentales. Cette corrélation s'exprime par le coefficient de corrélation R^2 acceptable pour tous les essais (proche de 1).

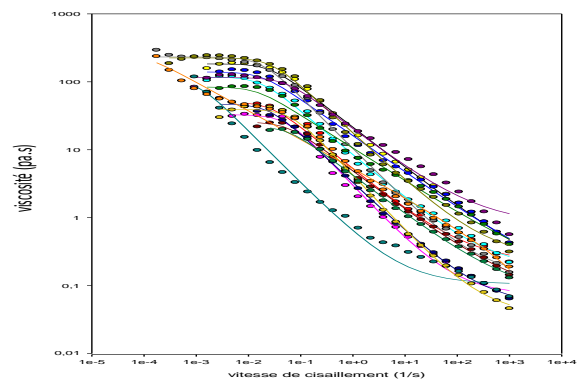


Figure.3 : Comparaison entre les points expérimentaux et ceux donnés par le modèle rhéologique de Carreau des 15 échantillons de gel.

3.4 Matrice des réponses :

Toutes les réponses obtenues à l'issue des différents contrôles effectués sur les 15 échantillons de gel sont rassemblées dans la matrice suivante donnée sur le tableau 3.

Tableau3. Matrice des réponses.

N° d'essai	η_0	$C_{critique} (1/k)$	P
1	39,37449	0,04470	0,408521
2	83,62046	0,014155	0,243972
3	183,3717	0,02620	0,295070
4	110,9439	0,07087	0,385215
5	49,93515	0,03132	0,315487
6	231,7536	0,017378	0,383951
7	224,3764	0,026941	0,353199
8	139,4799	0,017756	0,268422
9	114,4663	0,03174	0,294235
10	46,97711	0,03312	0,361352
11	32,68085	0,052776	0,409500
12	114,247	0,011326	0,209950
13	119,056	0,015823	0,289645
14	117,2162	0,017184	0,325461
15	119,135	0,017159	0,286238

3.5 Effet de la gomme xanthine sur η_0

L'effet de la gomme xanthine sur la viscosité à faible taux de cisaillement est représenté sur la figure.4. Nous constatons que la gomme xanthine a un effet positif sur la viscosité à faible taux de cisaillement, étant donné que la gomme xanthine est utilisée comme agent gélifiant dans la formulation du gel, donc son augmentation engendre une augmentation de la viscosité du gel.

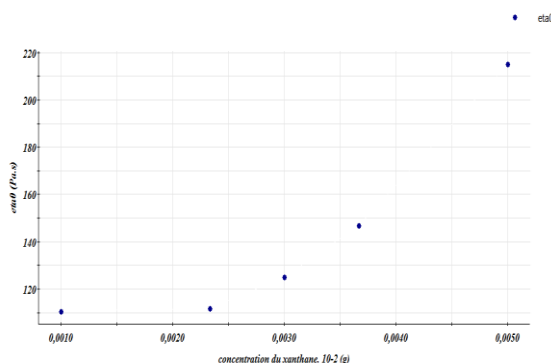


Figure.4 : Courbe d'effet de la gomme xanthine sur η_0

3.6 Effet de la gomme xanthine sur le $D_{critique}$

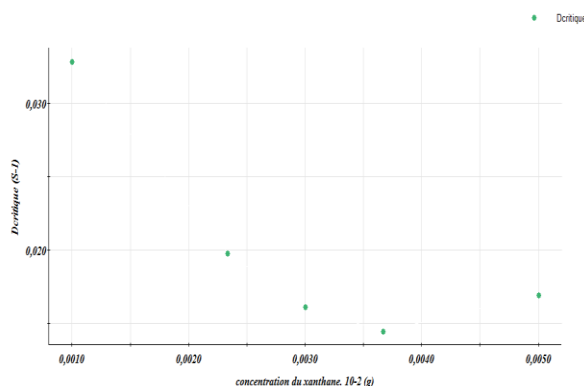


Figure.5 : Effet de la gomme xanthane sur $D_{critique}$

Nous remarquons que la concentration de l'agent gélifiant (gomme xanthane) a un effet négatif sur le $D_{critique}$. Pour des concentrations de l'agent gélifiant allant jusqu'à 0,0037, la vitesse de cisaillement critique ($D_{critique}$) diminue au fur à mesure que la quantité de la gomme xanthane augmente. Mais au-delà de cette valeur, le $D_{critique}$ augmente avec l'augmentation de l'agent gélifiant.

4. Conclusion

En matière de caractérisation des gels formulés ; la rhéologie a été le nerf sensible de notre étude, nous avons réalisé le test d'écoulement sur les 15 échantillons du gel formulé, proposé par la suite deux modèles rhéologiques ; le modèle de Cross et celui de Carreau, les prédictions données par les deux modèles, ont alors été comparés aux résultats réels obtenus expérimentalement. Le coefficient de corrélation R^2 et la viscosité à cisaillement nul " η_0 " nous ont permis de valider le modèle de Carreau qui décrit le mieux nos résultats.

Une modélisation en surface de réponses a permis de déterminer l'effet de la concentration de la gomme xanthane sur les réponses sélectionnées.

Plus nous augmentons la concentration de la gomme xanthane, plus la viscosité du gel augmente, et plus ce dernier nécessite pas de force répulsive de cisaillement important (une déstructuration rapide des macromolécules)

Références

- [1] S. KARAM, Application de la méthodologie des plans d'expériences et de l'analyse de données à l'optimisation, Thèse de doctorat de l'université de limoges, 2004.
- [2] J.GOUPY, Les plans d'expériences, Tutoriel, Revue MODULAD, 2006, p 75.
- [3] N.Midoux, Mécanique et rhéologie des fluides, Edition TEC et DOC/LAVOISIER, juin 2008. .