

Coulosité des fromages de France

Maroi, Cant, Emmet & al (Institut Camembert)

Abstract

In this article we shall see that the coulosity is a very important factor to determine the power of cheeses, enabling us to regroupate them into different categories. We will also give some key features to ameliorate the coulosity of a cheese.

1 Définition de la coulosité

Le coefficient de coulosité Ω est un paramètre phénoménologique remplaçant le coefficient de viscosité cinématique dans l'équation de Navier-Stokes appliquée à un fromage. Il est défini comme suit :

$$\Omega = \frac{1}{\nu} + \alpha \frac{T}{L^2}$$

$$\rho \frac{D\vec{v}}{Dt} = -\nabla P + \rho g + \frac{1}{\Omega} \Delta \vec{v} \quad (1)$$

où ν est le coefficient de viscosité cinématique du fromage, α une constante sans dimension et T est le temps nécessaire au fromage pour convertir tout aliment dans un réfrigérateur de taille L en quelque chose de semblable à lui-même en goût et en odeur. Une correction relativiste pour des fromages comme l'Alain Comté ou le Bleu est actuellement à l'étude. Nous pensons également réécrire l'équation de Schrödinger afin de mieux décrire certains fromages au comportement quantique comme la tomme.

Il est possible de définir à partir du coefficient de coulosité un nombre adimensionné nommé *nombre de camembert* :

$$Ca = \Omega VL$$

où V et L sont respectivement la vitesse moyenne de fuite des voisins de TGV lors de l'ouverture du fromage et la distance parcourue par le fromage dans un sac à dos en plein soleil dans les calanques de Marseille. Ce nombre sépare deux régimes : $Ca \gg 1$ veut dire que le fromage est prêt pour une consommation immédiate, tandis que $Ca \ll 1$ signifie qu'il faut retourner faire un voyage à Marseille. La transition entre les deux régimes est une transition de phase d'ordre infini (pour une démonstration de ce résultat, voir Emmet & al, *Fromages et vins de France* 231, 56-59).

2 Montage expérimental

L'instrument de mesure le plus performant dont nous disposons à ce jour est le *Conchon-Kerjan*. A partir d'un fromage déposé sur une table de travail, il produit un signal dont l'unité de mesure est le CK, analogue au décibel dans le système international. La plus grande limitation de cet instrument de mesure est qu'il fonctionne dans une gamme de paramètres assez réduite : la réponse est nulle en-dessous d'une valeur critique Ω_c (trouvée expérimentalement proche de fromages comme le *Brie* ou le *Saint-Nectaire*), puis l'instrument arrive très rapidement à saturation et devient inutilisable pour une durée variable, ceci intervenant pour une valeur de coulosité Ω_s proche de celle du *camembert au lait cru*. La courbe de réponse est illustrée figure 1.

Pour contourner cette difficulté expérimentale, nous avons eu l'idée de ramener tous les fromages à une valeur de coulosité comprise entre Ω_c et Ω_s . Ceci a été fait en mélangeant ce fromage avec de la *vache qui rit* pour des valeurs de Ω trop élevées, ou avec du *soumaintrain* pour les valeurs de Ω trop faibles. Il est alors évident que l'échelle de Ω ainsi mesurée est comprise entre ces deux valeurs de coulosité que sont celles de la *vache qui rit* et celle du *soumaintrain*. Par commodité, nous avons choisi d'imposer une échelle relative allant de $\Omega = 0$ pour la *vache qui rit* à $\Omega = 100$ pour le *soumaintrain*. Un récapitulatif des valeurs de coulosité mesurées est donné tableau 1.

L'incertitude grandissante sur les mesures est surtout due à un temps de mesure de plus en plus restreint, source de grandes fluctuations.

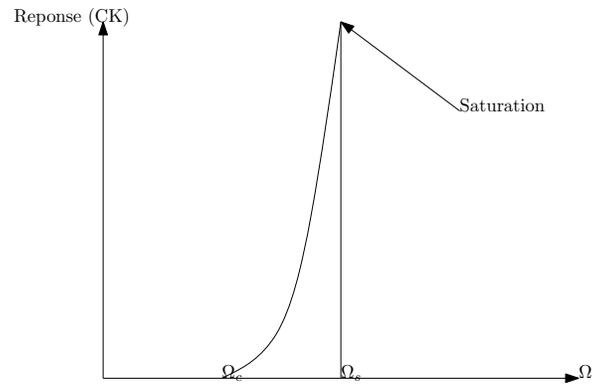


Figure 1: Courbe de réponse du Conchon-Kerjean en fonction de la coulosité

Fromage	Coulosité relative	Incertitude (%)
Vache qui rit	0	0
Babybel	0,1	1
Comté jeune	3	1.3
Brie	5	1.7
Crottin de Chavignol	7	1.3
Comté vieux	12	1.1
Camembert au lait cru	23	2.4
Roquefort	29	3
Mont d'Or coulant	37	2.8
Livarot	52	5
Munster fermier	64	18
Epoisses	87	45
Soumaintrain	100	0

Table 1: Valeurs de coulosité pour différents fromages de France



Figure 2: Croûte limite pour le soumaintrain

3 Une application

La coulosité nous a permis de résoudre un des grands paradoxes qui a lieu dans le monde des fromages, à savoir le *paradoxe de Camembert* : plus il y a de fromage, plus il y a de trous ; plus il y a de trous, moins il y a de fromage ; donc plus il y a de fromage, moins il y a de fromage. Nous allons expliquer comment dans les lignes qui suivent.

Une conséquence directe de la coulosité est l'existence de ce que l'on appelle la *croûte limite* : sur une épaisseur très faible en bord de fromage, il y a formation d'un fluide hypercritique reliant le coeur solide du fromage à sa croûte. Un parfait exemple de croûte limite est le cas du *soumaintrain*, donné figure 2. Or nous avons pu montrer que lors de la formation de trous dans un fromage, un phénomène nommé *décollement de la croûte limite* se produit, faisant passer brutalement le fromage d'un état de forte coulosité à un état de faible coulosité. Un développement perturbatif de l'équation 1 montre que l'énergie dissipée lors de cette transition correspond exactement à l'énergie de masse du volume de fromage encadré par les trous. Le paradoxe de Camembert est ainsi résolu.

Conclusion

Grâce à l'introduction de ce nouveau paramètre phénoménologique qu'est la coulosité, nous sommes parvenus à obtenir une échelle quantitative de classification des fromages ainsi qu'à résoudre un paradoxe important dans le monde de la fromagerie. Nous espérons que notre démarche ouvrira la voie à de nombreuses publications ultérieures et donnera une nouvelle vie à l'étude des fromages.