



## Application note | CoaguSens<sup>MC</sup> Connect

### Parcours d'optimisation du rendement - Phase 2 : stabilisation du rendement du fromage grâce à la surveillance en ligne de la coagulation



**COAGUSENS<sup>MC</sup> CONNECT**

#### CONTEXTE

Le fromage est obtenu par coagulation du lait et séparation ultérieure du gel de lait en phases liquide (lactosérum) et solide (caillé). Une étape essentielle du processus de fabrication du fromage consiste à trancher le gel de lait formé en petits cubes pour permettre la séparation du lactosérum en augmentant le rapport surface/volume du caillé. Le choix du moment de la coupe influence grandement le rendement, l'humidité et la qualité du fromage. Couper le gel trop tôt, lorsque le caillé n'est pas assez ferme, entraîne une baisse du rendement du fromage en raison de l'augmentation des fines de caillé et des pertes de matière grasse, tandis que couper tardivement augmente la teneur en humidité du fromage ce qui peut altérer le processus de maturation et la qualité du produit final. Dans ce contexte, optimiser le rendement et réduire la variabilité de la qualité présentent un grand intérêt économique. Étant donné que la production de lait est responsable de plus de 90 % de l'empreinte carbone de l'industrie fromagère, maximiser le rendement aiderait également à réduire l'impact environnemental des processus de fabrication industrielle.

Les gels de lait sont généralement coupés à un moment prédéterminé ou selon l'évaluation subjective de la texture et de l'apparence du gel par le fromager. Cela peut entraîner une variation considérable du rendement, car de nombreux facteurs affectant la force du gel sont, par nature, variables. Il existe un besoin pressant de détermination objective et quantitative en temps réel de la gélification du lait et du moment de la coupe pour affiner le processus de fabrication du fromage, améliorer l'automatisation du processus, réduire les variations et augmenter le rendement.

À cette fin, Rheolution Inc. a développé CoaguSens<sup>MC</sup> Connect, le premier instrument de test permettant :

- La mesure quantitative de la fermeté du gel de lait pendant la coagulation.
- Le contrôle en temps réel et en ligne de la formation du gel de lait.
- Le contrôle précis du moment de tranchage du caillé.
- La mesure de la vitesse maximale de coagulation  $V_{max}$ .

Cette note d'application présente les résultats d'une étude réalisée dans une fromagerie pour évaluer l'impact du contrôle de la fermeté du gel de lait lors de l'étape de coupe à l'aide de CoaguSens<sup>MC</sup> Connect sur la variabilité du rendement fromager. Cette étude a été menée dans une fromagerie canadienne de taille moyenne produisant du cheddar.



Cette note d'application décrit en détail la deuxième phase du parcours d'optimisation du rendement : Stabilisation du rendement fromager par la mesure en ligne de la coagulation.

## COAGUSESNS<sup>MC</sup> CONNECT

CoaguSens<sup>MC</sup> Connect caractérise en temps réel l'évolution de la fermeté du gel de lait pendant la coagulation sous l'action d'enzymes (coagulation) ou de fermentations (fermentation). Le principe technologique breveté derrière cet instrument est purement mécanique : la réponse dynamique de l'échantillon de lait à de faibles vibrations est d'abord mesurée à l'aide d'une sonde laser sans contact, puis traitée pour obtenir une valeur quantitative de la fermeté du gel (élasticité ou module de cisaillement G'). CoaguSens<sup>MC</sup> Connect a les spécifications principales suivantes :

- Mesure en temps réel de la fermeté du gel de lait;
- Contrôle thermique entre 20°C (68°F) et 50°C (122°F);
- Conception étanche certifiée (IP65);
- Protocole de communication avec les PLC : Modbus TCP/IP.

CoaguSens<sup>MC</sup> Connect est équipé d'une interface utilisateur modulaire et conviviale basée sur un écran tactile, appelée CoaguTouch<sup>MC</sup>, conçue pour configurer l'instrument, définir et exécuter un test et analyser les données. Elle a été conçue pour une intégration simple avec les systèmes de contrôle PLC existants en usine pour un contrôle automatisé des processus. CoaguTouch<sup>MC</sup> fournit des outils et des fonctions orientés utilisateur pour gérer, analyser, afficher, stocker et transférer les données.

## ÉTUDE DE CAS EN USINE

Les objectifs de l'étude étaient :

1. Utiliser CoaguSens<sup>MC</sup> Connect pour mesurer la fermeté du caillé pendant la coagulation et, plus précisément, au moment du tranchage.
2. Stabiliser la variabilité du rendement du cheddar en stabilisant la fermeté au moment de la coupe du caillé.

L'étude a été structurée en deux phases :

### PHASE I – PHASE D'APPRENTISSAGE

Les objectifs de cette phase étaient les suivants :

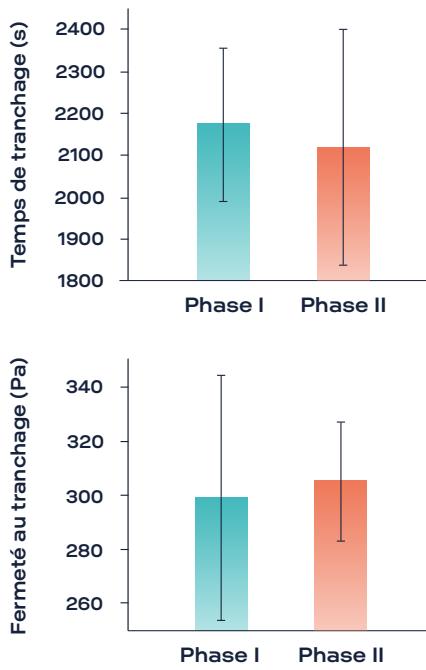
- Mesurer la fermeté des gels de lait durant la coagulation sur différentes cuves
- Déterminer la valeur moyenne de fermeté au moment de la coupe telle que contrôlée par les fromagers.

Durant cette phase, le moment de tranchage était déterminé selon l'évaluation manuelle de la texture et de l'apparence du gel de lait par les fromagers. Parallèlement, la fermeté des gels de lait pendant la coagulation était mesurée à l'aide du CoaguSens<sup>MC</sup> Connect. Les cinétiques de coagulation ont été enregistrées sur différentes cuves pendant 4 semaines. Les valeurs moyennes et les écarts-types de la fermeté du gel de lait au moment de la coupe et des temps de coupe ont été analysés.

### PHASE II – INITIATION DU TRANCHAGE BASÉE SUR LA FERMETÉ DU CAILLÉ

Les objectifs de cette phase étaient les suivants :

- Trancher le caillé lorsque la fermeté atteignait la valeur moyenne déterminée durant la Phase I.



**Fig. 1** Valeurs moyennes et variabilité du temps de tranchage (figure du haut) et de la fermeté au tranchage (figure du bas) en Phase I (bleu) et Phase II (rouge), respectivement sans et avec contrôle du tranchage à l'aide du CoaguSens<sup>MC</sup> Connect.

- Collecter des données sur le rendement et mesurer l'impact d'un meilleur contrôle de la fermeté de coupe sur la variabilité du rendement fromager.

Durant cette phase, la formation du gel de lait a été mesurée à l'aide de CoaguSens<sup>MC</sup> Connect comme en Phase I, mais cette fois, le gel était coupé lorsqu'il atteignait la fermeté moyenne obtenue en Phase I.

	Phase I	Phase II
Solides totaux (%)	$12.54 \pm 0.15$	$12.42 \pm 0.14$
Protéines (%)	$3.23 \pm 0.05$	$3.17 \pm 0.05$
Matière grasse (%)	$3.96 \pm 0.06$	$3.90 \pm 0.07$

#### Variation saisonnière de la composition du lait entre les phases I (Février) et II (Mars-Avril).

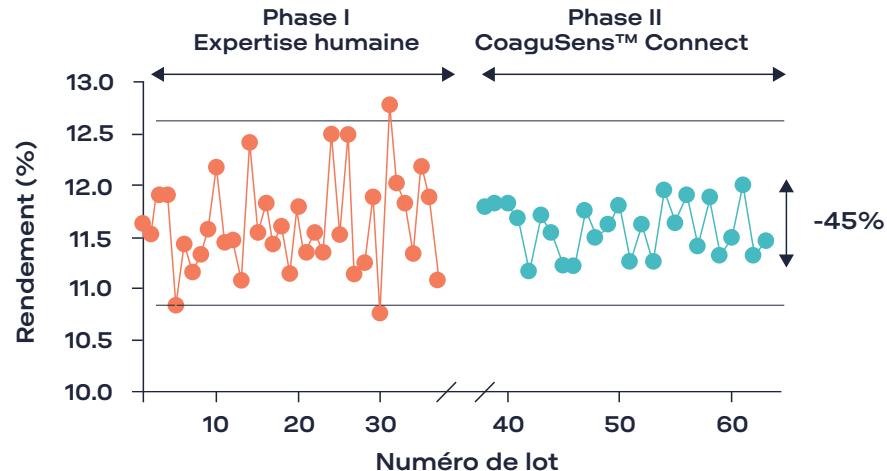
La composition du lait (teneur en matières grasses, en protéines et en solides totaux) a été déterminée à l'aide de l'analyseur de lait infrarouge MilkoScan FT2 (FOSS, Danemark). Une variation saisonnière de la composition du lait a été observée entre les phases I (février) et II (mars-avril) comme indiqué dans le Tableau 1. Étant donné que le lait en phase II était moins riche qu'en phase I, on s'attendait à ce que le rendement diminue en phase II.

## RÉSULTATS

En Phase II, la coupe du caillé a été initiée lorsque la fermeté atteignait la valeur moyenne mesurée en Phase I. Cela a entraîné une plus grande variabilité (+51 %) des temps de coupe en raison de la variation de la cinétique de coagulation d'une cuve à l'autre, mais a réduit la variabilité de la fermeté au tranchage de -51 % (Fig. 1).

Il est important de noter que l'effet de la réduction de la variabilité de la fermeté du gel de lait au moment de la coupe s'est traduit sur le rendement du fromage : la variabilité du rendement réel a diminué de  $\pm 0,47\%$  à  $\pm 0,25\%$ , soit de 45 % (Fig. 2). Le rendement moyen en Phase II est resté stable par rapport à la Phase I car la fermeté moyenne au tranchage était identique dans les deux phases. De plus, l'utilisation du CoaguSens<sup>MC</sup> Connect pour contrôler le moment de tranchage a permis d'éviter la diminution attendue du rendement en raison du changement de composition du lait entre les phases I et II.

L'utilisation du CoaguSens<sup>MC</sup> Connect a également eu un impact positif sur la variabilité de l'humidité du fromage. La variabilité de l'humidité du cheddar blanc a diminué de 28 %.



**Fig. 2** Rendement du fromage (rendement réel) et sa variabilité dans les phases I (sans contrôle du tranchage à l'aide de CoaguSens<sup>MC</sup> Connect) et II (avec contrôle du tranchage à l'aide de CoaguSens<sup>MC</sup> Connect)

## CONCLUSION

CoaguSens<sup>MC</sup> Connect est un nouvel instrument d'automatisation pour le contrôle en ligne des processus de coagulation et la détermination du moment de tranchage en fonction de la fermeté du caillé. Les résultats de cette étude réalisée dans une fromagerie de taille moyenne ont montré une réduction de la variabilité du rendement après stabilisation de la fermeté à laquelle le caillé est tranché. Cette approche moderne conduit à des économies considérables grâce à une qualité améliorée et une efficacité accrue du procédé de fabrication fromagère. La mesure rapide, simple et quantitative de la fermeté du caillé à l'aide de CoaguSens<sup>MC</sup> Connect facilite la maîtrise de l'étape de tranchage.



**Contactez nous pour commencer votre processus d'optimisation de la coagulation du lait**

**Rheolution Inc.**

7182 Saint-Urbain St  
Montreal, QC, H2S 3H5,  
Canada

**Rheolution Europe**

36bis rue Montcalm  
17 000 La Rochelle  
France

+1 514 270-2090

+1 800 507-2811

[www.rheolution.com](http://www.rheolution.com)

[info@rheolution.com](mailto:info@rheolution.com)