

## Effet du taux de remplissage de mélangeurs à rubans sur l'homogénéité des aliments – Travaux de Tecaliman

L'utilisation croissante d'additifs, actifs à faible concentration et incorporés à faible taux, rend la maîtrise de l'opération d'homogénéisation de plus en plus d'actualité.

Dans ce contexte et sous la pression des contraintes commerciales (fabrication de petits lots) ou économiques (augmentation du débit horaire de l'usine), une meilleure connaissance de l'influence du taux de remplissage de la mélangeuse sur la qualité de l'homogénéisation s'impose.

### 1. Généralités

Il est important de souligner que la notion de taux de remplissage est sujet à des variations de détermination en fonction des constructeurs.

Il existe très peu de publications indiquant l'influence réelle de ce facteur sur l'homogénéité des aliments mélangés. L'industrie de la Nutrition Animale admet donc de façon tacite les consignes données par les équipementiers résumées par Drevet (1970) : *remplir au dessus de la spire intérieure et au dessous de la spire extérieure, mais cela ne correspond à aucune donnée scientifique.*

### 2. Mélangeur en auge à rubans

#### 2.1. Essais pilotes

Les conditions de réalisation de ces essais sont données dans le Tableau 1. Avec les particules de fer colorées (microtraceurs F rouge), les résultats des deux premiers essais pilotes (Essai n° 1 : Figure 1 et Essai n° 2 : Figure 2), ne conduisent pas à des résultats totalement identiques (les points vides correspondent aux analyses de variances significatives). Pour l'Essai n° 1, le CV<sub>total</sub> du premier point est expliqué par une forte variance résiduelle. L'augmentation de l'hétérogénéité n'est qu'apparente, et l'utilisation des CV<sub>homogénéité</sub> permet de conclure à l'absence de variation de l'homogénéité en fonction du taux de remplissage. Pour l'Essai n° 2, le même traceur indique une augmentation de la performance quand le taux de remplissage augmente de 29 à 73 %. Cette différence est peut être expliquée par des conditions

expérimentales différentes, puisque l'Essai n° 1 est réalisé avec une farine de blé, alors que l'Essai n° 2 est effectué sur un aliment porcelet.

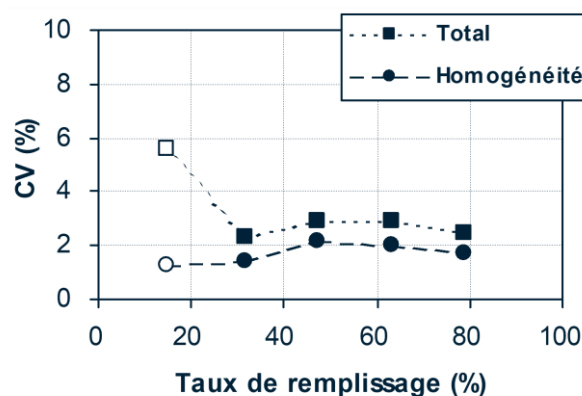


Figure 1 : Résultats de l'Essai n° 1

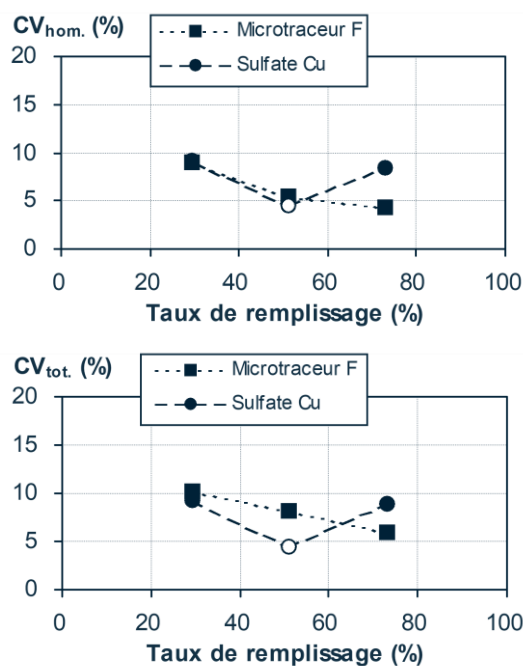


Figure 2 : Résultats de l'Essai n° 2

	Essai n° 1	Essai n° 2	Essai n° 3
<b>Mélangeur</b>	A rubans Gondard de 224 litres	A rubans Gondard de 224 litres	A rubans Gondard de 224 litres
<b>Matrices</b>	Farine de blé (634 g/l - 530 µm)	Aliment porcelet (630 g/l - 600 µm)	Farine de blé (652 g/l - 338 µm)
<b>Type de traceur</b>	Microtraceur F rouge (300 µm- 2000 ppm)	Sulfate de cuivre (330 µm - 240 ppm Cu)	Microtraceur RF bleu (90 µm - 250 ppm)
<b>Granulométrie et taux d'incorporation</b>		Microtraceur F rouge (300 µm- 1000 ppm)	

Tableau 1 : Conditions de réalisation des essais pilotes en mélangeur pilote horizontal en auge

De plus, les résultats de l'Essai n° 2 montrent que lorsque le taux de remplissage est de 73%, le comportement du sulfate de cuivre s'écarte de celui des microtraceurs (Figure 2). Le cuivre semble mettre en évidence l'existence d'un point central pour lequel les performances seraient meilleures. L'Essai n° 3 explique cette fluctuation apparente (Figure 3) par une problématique de répétabilité des essais. Dans cet essai, l'homogénéité a été déterminée 7 fois pour chacun des trois taux de remplissage et des variations existent entre les résultats (Les barres verticales correspondent à +/- deux écart-types soit 95 % de la population). Mais globalement, la moyenne et la position du groupe de points des CV décroissent quand le taux de remplissage augmente. Cette variation s'effectue dans une plage relativement étroite de 1 % sur les moyennes. Seule l'exploitation des CV<sub>homogénéité</sub> (Figure 3 en haut) permet de percevoir franchement cette variation qui est masquée par l'utilisation des CV<sub>total</sub> (Figure 3 en bas). L'absence de répétition des essais ne permettrait pas d'identifier clairement le sens de cette variation.

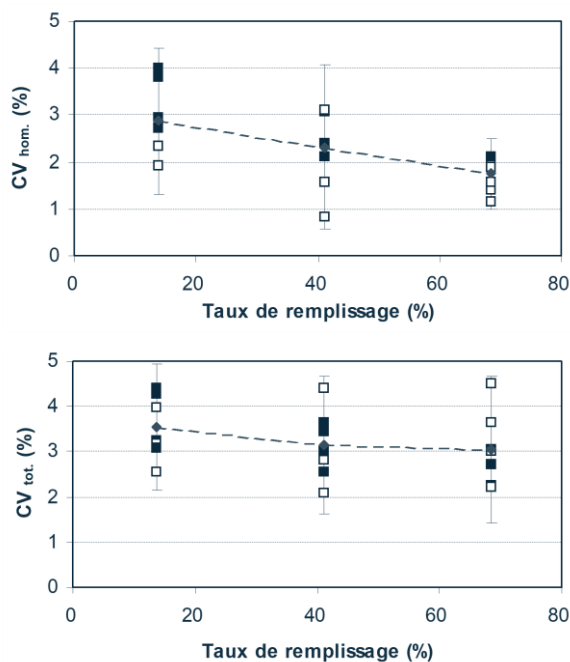


Figure 3 : Résultats de l'Essai n° 3

## 2.2. Essais industriels

Les résultats des 2 essais industriels, dont les conditions de réalisation sont données dans le Tableau 3, n'expriment pas exactement les mêmes évolutions (Tableau 2 et Figure 4). Selon les traceurs, les évolutions sont variables, ce qui plaide plutôt pour une stabilité des performances dans les domaines de variation étudiés.

Traceurs	Taux de remplissage				
	33 %		83 %		
	CV <sub>total</sub>	CV <sub>hom.</sub>	CV <sub>total</sub>	CV <sub>hom.</sub>	
<b>Dmz</b>	2.3	1.5	S	2.7	1.4
<b>Chlorures</b>	5.8	0	NS	5.9	0
<b>Zinc</b>	4.1	1.0	NS	4.5	0
<b>Manganèse</b>	2.1	0	NS	2.6	0.9

s : différence significative au risque de 5 % - ns : pas de différence significative au risque de 5 %

Tableau 2 : Coefficients de variation de l'Essai n° 4 - Mélangeur en auge industriel

Ainsi, pour l'Essai n° 4, si les CV<sub>total</sub> paraissent tous augmenter légèrement, les CV<sub>homogénéité</sub> sont en fait pratiquement du même ordre entre 0 et 1.5 %. Ces résultats traduisent la bonne performance du mélangeur testé. L'absence de différences significatives dans 7 cas sur 8 traduit également que le mélangeur possède des performances qui sont à la limite des possibilités d'analyses avec les traceurs choisis.

Dans l'Essai n° 5 également (Figure 4), les résultats paraissent très variables, surtout avec les CV<sub>total</sub>. Ces résultats montrent qu'il est présomptueux de définir des performances de mélangeur sur la base d'un seul traceur et de 10 analyses pratiquées en simple (sans étudier la variance résiduelle). Le diméridazole semble indiquer une dégradation des performances du mélangeur de près de 4 %, quand le taux de remplissage augmente. Le cuivre et le microtraceur F indiquent plutôt une stabilité des CV<sub>homogénéité</sub>. Seule une légère augmentation de CV de 2 % est signalée par le microtraceur F, mais l'Essai n° 3 en pilote a montré que ce type de variation pouvait être initié par un problème de variabilité de l'évaluation.

	Essai n° 4	Essai n° 5
Mélangeur	Auge à rubans de 10000 litres	Auge à rubans de 12000 litres
Vitesse de rotation	22 tr/mn	17 tr/mn
Produit mélangé	Aliment canard (600 g/l - 525 µm)	Aliment porcelet (600 g/l - 500 µm)
Type de traceur	Diméridazole (37 µm - 300 ppm)	Diméridazole (360 µm - 1000 ppm)
Granulométrie et taux d'incorporation	Chlorure de sodium (195 µm - 4000 ppm)	Sulfate de cuivre (330 µm - 600 ppm)
	Sulfate de manganèse (120 µm - 200 ppm)	Microtraceur F (300 µm - 500 ppm)
	Sulfate de zinc (390 µm - 1000 ppm)	

Tableau 3 : Conditions de réalisation des essais en mélangeurs industriels horizontaux en auge

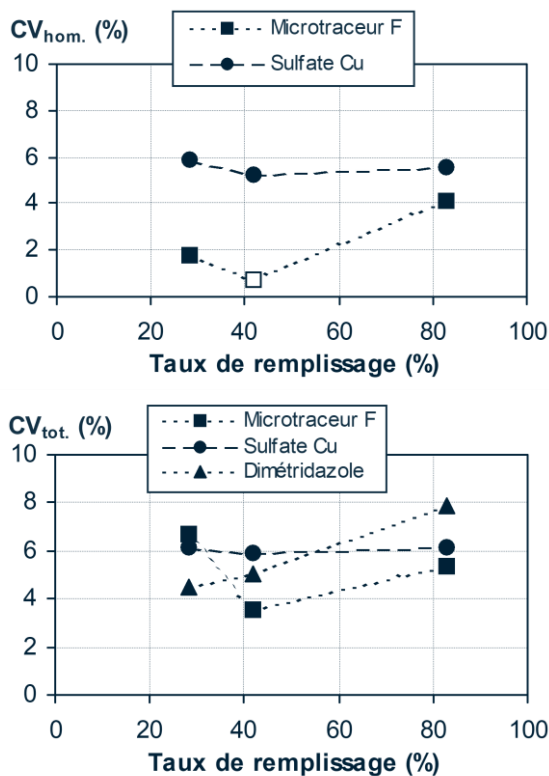


Figure 4 : Résultats de l'Essai n° 5

### 2.3. Conclusions

Les résultats en pilotes paraissent indiquer que la performance du mélangeur testé s'améliore également jusqu'à 70 % du taux de remplissage tout en restant acceptable sur l'ensemble du domaine étudié. L'ensemble des résultats semble concorder pour une stabilité des performances dans un domaine 25 – 80 % en volume.

Toutefois, il reste possible que les performances puissent se dégrader en dehors de ce domaine.

### 3. Mélangeur cylindrique à rubans

Tous les essais sur mélangeurs cylindriques ont été réalisés en milieu industriel (Tableau 4). L'influence des taux de remplissage compris entre 68 et 92 % est étudiée au cours de l'Essai n° 6. Les résultats (Figure 5) montrent que l'homogénéité des chlorures subit peu de variations dans le domaine étudié. Cependant, le traceur choisi est en partie apporté par les matières premières, ce qui ne permet pas de tester correctement les performances de ce mélangeur.

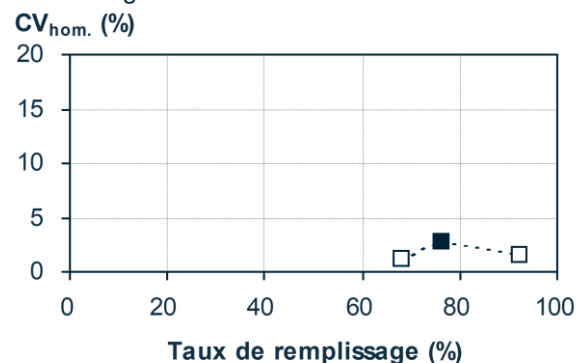


Figure 5 : Résultats de l'Essai n° 6

L'Essai n° 7, réalisé avec un temps de mélange de 120 secondes (Figure 6) ou différentes durées de mélange (Figure 7), explore un domaine de variation plus large (de 20 à 140 % du volume maximum conseillé par le constructeur soit 8500 litres pour 100 %) sur un mélangeur de conception identique mais de moindre capacité.

	Essai n° 6	Essai n° 7
Type de mélangeur	Cylindrique à rubans de 18000 litres	Cylindrique à rubans de 12000 litres
Vitesse de rotation	15 tr/mn	15 tr/mn
Matrices	Aliment porcelet (610 g/l - 560 µm)	Tx soja - Tx colza (590 g/l - 660 µm)
Type de traceur	Chlorure de sodium (466 µm - 4000 ppm)	Microtraceur RF (90 µm - 125 ppm)
Granulométrie et taux d'incorporation		Sulfate de manganèse (120 µm - 1000 ppm)

Tableau 4 : Conditions des essais sur mélangeurs à rubans cylindriques industriels

La Figure 7 montre que, dans les limites des taux de remplissage compris entre 20 et 100%, ce facteur n'a pas d'influence sur l'homogénéité, mais qu'il existe un risque d'hétérogénéité à un taux de 140 % et que ce risque est important pour le manganèse. Si le microtraceur confirme cette tendance, elle semble toutefois moins marquée. Une légère influence est surtout observée au faible temps d'homogénéisation (78 s.) (Figure 7). L'augmentation de la durée du mélange conduit alors à une réduction importante de l'influence du taux de remplissage sur la qualité du mélange.

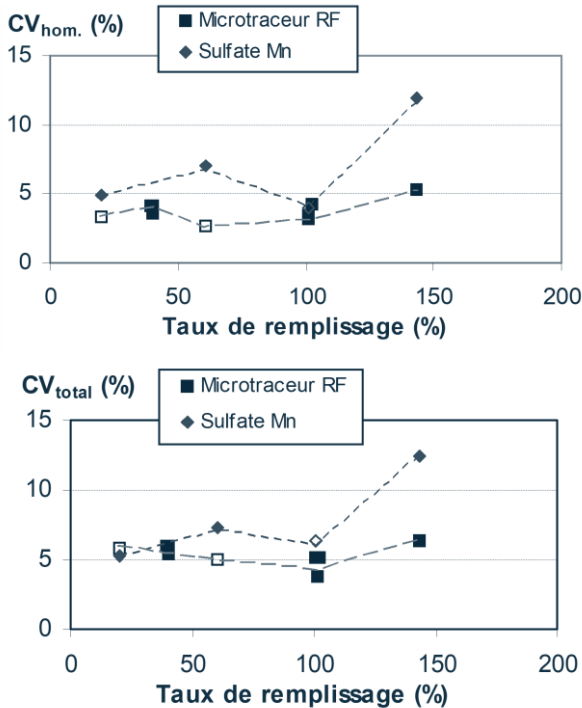


Figure 6 : Résultats de l'Essai n° 7 avec 2 traceurs - Mélangeur cylindrique industriel

Ainsi à 162 secondes, les coefficients de variation observés sont pratiquement identiques, quel que soit le taux de remplissage. Finalement, dans les limites des taux de remplissage fixés par les constructeurs, des mélangeurs cylindriques ont un comportement proche des mélangeurs en auge. Elles semblent, cependant, présenter une meilleure aptitude à la réalisation de mélanges homogènes dans le cas de faibles taux de remplissage.

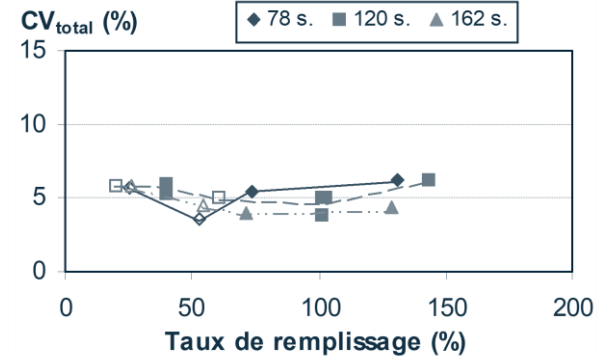
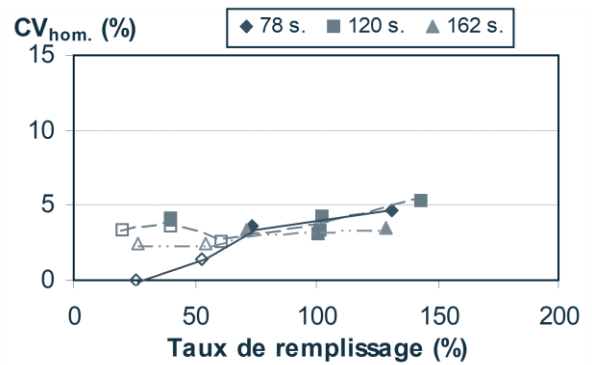


Figure 7 : Résultats de l'Essai n° 7 effectué avec le microtraceur RF en fonction du taux de remplissage et de la durée du mélange - Mélangeur cylindrique industriel

#### 4. Conclusion générale

Ces résultats sur l'effet des taux de remplissage des mélangeurs montrent donc que ce paramètre a peu d'effet sur l'homogénéité dans la plage d'utilisation usuelle (20 à 80 %) pour les deux types de mélangeur étudiés.

Ainsi, la totalité des études conduisent à penser que le taux de remplissage des mélangeurs à rubans inversés paraît supporter de grandes variations sans réelle dégradation de la capacité des mélanges. Dans le cas des mélangeurs en auge, la situation à risque apparaît plus liée au sur-remplissage qu'au sous-remplissage. En effet, seul ce premier cas ne paraît pouvoir être compensé par une augmentation du temps de mélange.

Enfin, la répétition des essais en pilote a montré que la variation du résultat de la mesure de l'homogénéité dépendait plus des conditions de mesures que de la variation du taux de remplissage.

#### 5. Bibliographie

Drevet S., 1970. Le mélange. Séminaire UCAAB. 8 p.