

Essais industriels d'évaluation de l'homogénéité d'aliments Mash avec un traceur granulé

1. Objectif

Dans le cadre de l'élaboration d'une technique d'évaluation de l'homogénéité des aliments Mash¹, 2 essais ont été menés en usines (au total 8 tests). Les objectifs étaient d'étudier plusieurs taux d'incorporation du traceur et plusieurs points de prélèvements des échantillons.

L'étude de ces différentes conditions permet de déterminer les modalités optimales d'évaluation de l'homogénéité des aliments Mash.

2. Matériel et méthodes

La méthode générale utilisée pour ces essais se base sur les règles techniques décrites dans la fiche technique i'Tec H1.

Pour ces essais, 4 lots d'aliments Mash sont fabriqués successivement sur 2 sites industriels.

2.1. Traceur

Le traceur utilisé pour ces essais a été conçu par Tecaliman, afin de répondre aux spécificités des aliments Mash.

Il est composé de blé, d'un co-produit de betterave et d'un colorant. Il se présente sous la forme de granulés de longueur 10 mm et de diamètre 4 mm. Son nombre de particules est de 7.8/g.

2.2. Aliments Mash

Les aliments Mash fabriqués lors des essais sont composés de matières premières couramment employées dans les 2 usines. La formule de l'usine 1 comporte 13 matières premières et celle de l'usine 2, 7. Les présentations des matières premières sont très différentes.

Afin de caractériser les deux formules d'aliment, le taux de fines a été mesuré avec un tamis de diamètre 3.2 mm.

La durabilité est mesurée sur l'aliment sans les fines avec le durabilimètre Eurotest (20 s., tamis 3.2 m).

La masse volumique apparente est mesurée à l'aide d'un Niléalitre (Tableau 1).

La pertinence de ces techniques d'analyses, habituellement utilisées pour caractériser des aliments et notamment des granulés, n'a pas encore été démontrée sur les aliments Mash.

Néanmoins, cela permet d'initier une voie d'investigation de caractérisation physique de ce type d'aliments

	M. Vol. apparente (g/l)	Taux de fines (%)	Durabilité (%)
Mash usine 1	667.1	19.3	67.7
Mash usine 2	766.2	51.5	86.7

Tableau 1 : Caractéristiques physiques des aliments testés

La masse volumique apparente, le taux de fines et la durabilité de l'aliment de l'usine 2 sont supérieurs.

2.3. Procédés

Ces 2 usines ont été choisies, car leur circuit emprunté pour la fabrication des aliments Mash est différent.

Les principaux éléments du diagramme de production sont donnés dans le Tableau 2 ci-dessous.

¹ Aliment Mash : Aliment composé non granulé, constitué d'un mélange de matières premières visuellement différenciables, de taille, de forme, de densité et de présentations différentes (particules, morceaux grossiers, laminés, floconnés, extrudés, granulés,...), et qui peut contenir des aliments composés complémentaires, définition rédigée par l'organisation française en charge de la qualification de la qualité des aliments du bétail français, Oqualim.

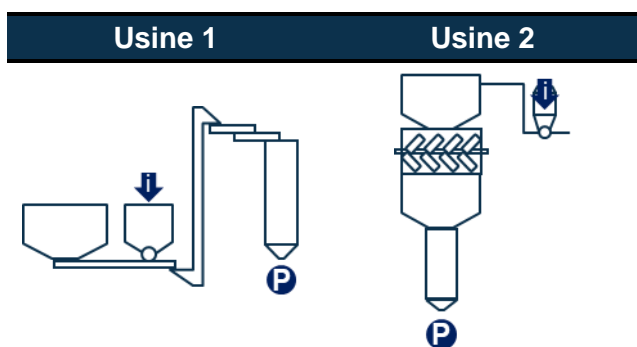


Tableau 2 : Principaux éléments du diagramme de production des 2 usines (i : Incorporation traceur – P : prélèvements)

Le circuit de l'usine 1 ne comporte pas de mélangeur. La benne peseuse principale se remplit en « camembert » grâce à l'automatisme qui gère les matières premières de la formule en fonction de leur densité et de la quantité à incorporer.

Les deux bennes peseuses se vident sur un transporteur en même temps. Le produit est ensuite stocké en silo avant le remplissage du camion.

Le circuit de l'usine 2 est relativement court et comporte un mélangeur à pâles. Les conditions de fabrications employées lors des essais sont représentatives des pratiques de chaque usine.

2.4. Taille des lots

Les tailles des lots testés sont représentatives des tailles habituellement employées dans les usines. L'ensemble des lots testés dans chaque usine sont de taille identique : 5 tonnes dans l'usine 1 et 2 tonnes dans l'usine 2.

2.5. Taux et points d'incorporation du traceur

Sur chaque site, 3 taux d'incorporation théoriques en traceur sont testés : 2, 5 et 10 kg/t. Le taux d'incorporation à 5 kg/t a été réalisé en double. Des taux d'incorporation plus élevés n'ont pas été testés, car la présence du traceur en trop grande quantité pourrait empêcher la commercialisation des lots fabriqués.

Dans l'usine 2, les quantités de traceur avaient été préparées pour des lots de 2.5 tonnes. Le jour des essais, la taille des lots a été réduite à 2 tonnes. Les taux d'incorporation des traceurs réels (2.5, 6.2 et 12.5 kg/t) s'écartent donc des taux théoriques. Pour une meilleure lisibilité des résultats, les taux d'incorporation théoriques sont employés pour la présentation des résultats de cette étude.

Dans l'usine 1, le traceur est introduit dans la benne peseuse réservée aux micro-ingrédients. Les taux d'incorporation testés lors de ces essais sont inférieurs aux taux habituellement pratiqués dans cette usine.

Dans l'usine 2, le traceur est introduit en verse sac. Il est ensuite incorporé dans le mélangeur au moyen d'un transfert pneumatique.

2.6. Points de prélèvement

Pour rappel, il est recommandé de privilégier un point de prélèvement dans un flux. Dans un esprit d'obtention d'échantillon représentatif, il est vivement recommandé de :

- Couper le flux dans des sens différents d'un prélèvement à l'autre,
- Disposer d'un lieu de prélèvement à débit modéré.

Chaque lot fabriqué a été prélevé en 2 points dans chaque usine.

Dans l'usine 1, des prélèvements sont réalisés dans le flux au chargement. Le débit est ajusté manuellement par l'ouverture plus ou moins importante de la trappe du boisseau. Cependant, la largeur importante du flux a rendu difficile la prise d'échantillons sur son ensemble.

De plus, le positionnement de la personne chargée des prélèvements sur le dessus du camion peut s'avérer dangereux.

Dans l'usine 2, les prélèvements sont réalisés sur le dessus des cases du camion après son chargement. Dans ce cas de figure, la méthode de prélèvement s'écarte des règles techniques, car le prélèvement n'est pas réalisé dans le flux.

De plus, la personne en charge des prélèvements doit descendre dans la case du camion pour réaliser les prélèvements, ce qui peut également s'avérer risqué.

Sur les deux sites, le deuxième point de prélèvement est réalisé au déchargement du camion. Dans ce cas, il est théoriquement possible de régler le débit de vidange et de maîtriser la fréquence de prélèvement. Cependant, cela nécessite une bonne connaissance du réglage du débit de vidange du camion.

Ce point de prélèvement permet de répondre aux recommandations de la fiche **i'Tec H1** et correspond à ce qui est livré à l'éleveur.

2.7. Nombre et taille des échantillons

Le nombre d'échantillons ciblé par test est de 20. Etant donné les caractéristiques physiques de l'aliment Mash, avec la présence de particules grossières et les rations des animaux cibles, la taille des échantillons est supérieure aux prises d'échantillons habituellement réalisées pour des tests d'homogénéité en aliment composé.

Elle est comprise entre 1 et 2 kg dans le but de s'assurer que la prise d'essai est représentative.

2.7.1. Usine 1

Avant les essais, les fréquences de prélèvement sont calculées en fonction des durées de passage habituelles des lots aux points de prélèvement soit 2 min au chargement et 4 min 30 au déchargement.

Les durées réelles de passage mesurées et le nombre d'échantillons obtenus sont indiqués dans le Tableau 3.

Lots	Chargement	Déchargement
1	2 min 15 (24)	3 min 39 (16)
2	2 min 00 (24)	3 min 21 (21)
3	2 min 33 (24)	3 min 24 (20)
4	2 min 35 (24)	3 min 21 (21)

Tableau 3 : Usine 1 - Temps de passage des lots (nombre d'échantillons)

Une différence entre la durée de passage théorique et les durées de passage réelles des différents lots est constatée au déchargement.

Cette différence a pour conséquence, l'absence de prélèvement durant les 15 dernières secondes de passage du lot. En effet, pour chaque test, 24 pots de prélèvements sont préparés dans l'objectif de recueillir 20 prélèvements.

Au déchargement, la vidange du lot 1 est beaucoup plus rapide que prévu. En conséquence, seulement 16 échantillons sont prélevés. À la suite de cet essai, la fréquence de prélèvement est réduite de manière à obtenir le nombre d'échantillons voulus.

2.7.2. Usine 2

Les prélèvements sont réalisés en surface, directement dans la case du camion. Pour cela, 10 zones identiques d'un test à l'autre sont identifiées pour réaliser 10 prélèvements.

En sortie de camion, la fréquence de prélèvement est calculée en fonction de la durée de passage théorique du lot, soit 2 minutes 30. Les durées réelles de passage mesurées et le nombre d'échantillons obtenus sont indiqués dans le Tableau 4.

Lots	Déchargement
1	3 min 20 (24)
2	2 min 50 (23)
3	1 min 30 (11)
4	2 min 40 (24)

Tableau 4 : Usine 2 - Temps de passage des lots (nombre d'échantillons)

Une différence entre la durée de passage théorique et la durée réelle est constatée.

Pour le premier lot, cette différence a, pour conséquence, l'absence de prélèvement durant les 25 dernières secondes de déchargement.

Pour le 3^{ème} lot, la vidange est plus courte que prévue. À la suite de ce 3^{ème} test, la fréquence de prélèvement a été accélérée pour le lot suivant de manière à obtenir le nombre d'échantillons voulu. Malgré cette adaptation, pour le dernier test, la vidange du lot s'est poursuivie pendant une minute après la fin des prélèvements.

La source des variations de débit observée entre les différents lots n'a pas été clairement identifiée.

2.8. Traitement des échantillons

Pour chaque test, 10 échantillons sont extraits de l'ensemble de ceux collectés de manière à représenter l'ensemble du lot. Une analyse permettant le dosage du traceur est effectuée sur chaque échantillon sélectionné.

3. Résultats

3.1. Taux de récupération en traceur

Dans un premier temps, le calcul de la moyenne (m) sur l'ensemble des analyses et la détermination de la concentration attendue (C) en fonction des pesées effectuées, permettent de déterminer le taux de récupération (TR en %) du traceur :

$$TR = 100 \cdot \frac{m}{C}$$

Il doit se trouver entre les limites d'acceptabilité fixées par le RCNA (de 70 à 110 %).

Sur l'ensemble des 16 tests effectués, 2 sont considérés comme non conformes du point de vue du taux de récupération en traceur (Figure 1, Tableau 5)

Taux d'incorp. traceur (kg/t)	Usine 1		Usine 2	
	Charg.	Décharg.	Case camion	Décharg.
2 kg/t	77.5	81.1	78.7	73.3
5 kg/t	62.9	71.5	64.9	86.0
5 kg/t	84.9	82.7	90.6	74.8
10 kg/t	109.5	89.0	73.0	74.3

Tableau 5 : Taux de récupération (%) en fonction des points de prélèvements (Non conforme - Conforme)

Le premier test non conforme correspond à un essai de l'usine 1 au chargement du camion à un taux d'incorporation de 5 kg/t. Le second correspond à un essai de l'usine 2 dans la case du camion à un taux d'incorporation de 5 kg/t.

Le taux de récupération du test de l'usine 1 au chargement à 10 kg/t est proche de la limite. Les taux de récupération obtenus sur les 8 tests prélevés au déchargement du camion se trouvent tous entre les limites d'acceptabilité.

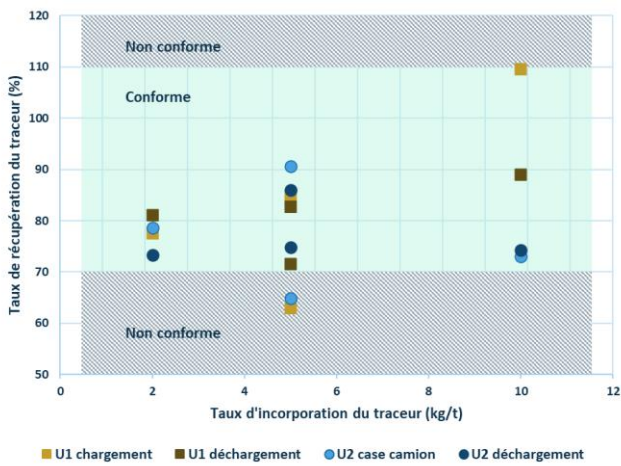


Figure 1 : Taux de récupération (%) en fonction des taux d'incorporation théoriques en traceur

Les méthodes d'échantillonnage appliquées lors de ces essais ont permis d'obtenir globalement des échantillons représentatifs.

3.2. Coefficient de variation

Le coefficient de variation (CV_{total}) est déterminé, sur la base des résultats d'analyses de tous les échantillons par un calcul de la variance totale (V_{tot}) et de la moyenne (m). Ce coefficient de variation est dit « total », car il tient compte de toutes les sources de variation.

$$CV_{tot} = 100 \cdot \frac{\sqrt{V_{tot}}}{m}$$

Dans le cas des aliments Mash, le RCNA considère que le CV_{total} est jugé conforme lorsqu'il est inférieur à 20 %. Il est jugé acceptable entre 20 et 30 %. Lorsqu'il est supérieur à 30 %, il est non conforme.

Du point de vue de la performance d'homogénéisation en référence au RCNA, les CV_{total} déterminés montrent que 8 tests ont une qualité de mélange non conforme.

3 tests sont considérés comme acceptables et 5 tests ont une qualité conforme. (Tableau 6).

Taux d'incorp. traceur (kg/t)	Usine 1		Usine 2	
	Charg.	Décharg.	case camion	Décharg.
2 kg/t	122.9	39.8	20.9	17.1
5 kg/t	40.7	31.8	18.4	15.0
5 kg/t	38.4	32.2	24.8	18.7
10 kg/t	48.8	23.1	33.3	15.8

Tableau 6 : CV_{total} (%) en fonction des points de prélèvements (Non conforme – Acceptable – Conforme)

Du point de vue des points de prélèvement, comme dans le cas des taux de récupération, les résultats sont au profit des prélèvements au déchargement du camion. En effet, les biais d'échantillonnage sont plus limités et les résultats sont de meilleure qualité.

Pour l'usine 1, l'augmentation du taux d'incorporation du traceur est en faveur de l'amélioration de l'homogénéité du lot, notamment au déchargement. Pour rappel, les taux d'incorporation employés lors de ces essais sont en dessous des taux habituellement pratiqués sur ce site.

Ce phénomène n'est pas visible dans l'usine 2. En effet, au déchargement, le CV_{total} est conforme pour l'ensemble des lots testés, quel que soit le taux d'incorporation du traceur (Figure 2).

Les résultats obtenus montrent que le CV_{total} n'est pas ou peu impacté par le taux d'incorporation du traceur. L'optimum d'homogénéisation semble donc atteint quel que soit le nombre de particules incorporées.

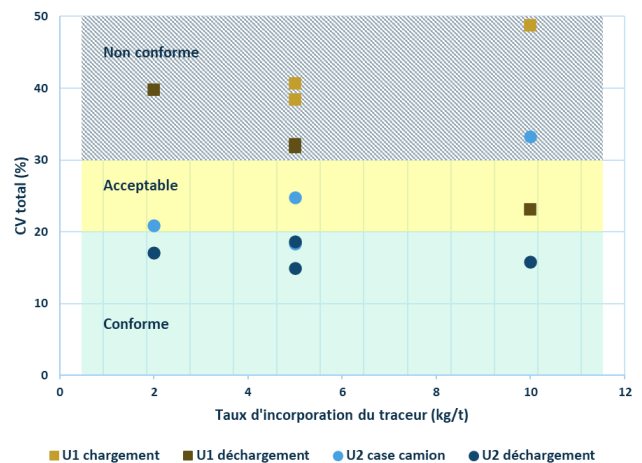


Figure 2 : CV_{total} (%) en fonction des taux d'incorporation théoriques en traceur

La comparaison des 2 circuits industriels met clairement en évidence l'intérêt de passer par une phase de mélange, même si cette dernière est de courte durée.

De plus, l'effet du faible nombre d'échantillons peut également jouer un rôle plus significatif en cas d'hétérogénéité des lots. Si, plus échantillons avaient été analysés, il est probable que le taux de récupération et le CV de l'usine 2 restent similaires aux résultats obtenus.

Etant donné, les performances de l'usine, le nombre d'échantillons analysés est suffisant pour obtenir un résultat fiable.

Dans l'usine 1, une analyse d'un plus grand nombre d'échantillons permettrait une fiabilisation des résultats obtenus.

Pour tous les essais, et encore plus quand l'hétérogénéité probable est grande, le nombre limité d'échantillons (10) et de particules de traceurs dans chaque échantillon ont potentiellement un impact.

4. Conclusions

Le traceur développé par Tecaliman, utilisé lors de ces essais, permet d'obtenir des résultats conformes aux exigences de la Fiche **i'Tec H1** pour des taux d'incorporation compris entre 2 et 10 kg/t.

Le choix du taux d'incorporation doit dépendre des pratiques de l'usine dans la limite technique d'un taux d'incorporation de 10 kg/t. En effet, la présence du traceur en trop grande quantité peut empêcher la commercialisation des lots fabriqués, notamment par un trop grand impact nutritionnel.

La présence d'un mélangeur sur la ligne de fabrication favorise l'obtention de meilleurs résultats.

Les recommandations du lieu et du mode de prélèvement sont conformes aux recommandations de la fiche **i'Tec H1** dont :

- Prélever en toute sécurité,
- Obtenir des échantillons représentatifs du lot,
- Disposer d'un lieu de prélèvement à débit modéré.

Le point de prélèvement à la sortie du camion s'avère être le plus favorable pour les deux usines testées, ce qui a l'avantage de correspondre à l'aliment livré.

Afin de prélever le nombre d'échantillons souhaité, il est nécessaire de maîtriser la durée de vidange des lots en fonction de leur position dans les cases du camion.

La caractérisation physique des aliments Mash est à développer, car elle peut être une aide pour l'interprétation des résultats.

5. Bibliographie

Fiche **i'Tec H1** : Règles techniques pour l'évaluation des performances d'homogénéisation d'un mélangeur par charge

Fiche **i'Tec G7** : Mesures de la durabilité des granulés RCNA : Référentiel de certification Nutrition Animale rédigée par l'organisation française en charge de la qualification de la qualité des aliments du bétail français, Oqualim