

Conséquences de l'usage d'un prémélangeur ou de prémélanges sur l'homogénéité dans les aliments

1. Contexte

Les utilisations de prémélangeurs de micro-ingrédients et de prémélanges sont des techniques largement employées. Les intérêts de ces techniques sont décrits par de nombreux auteurs. Coelho (1994) considère que *la première raison de l'utilisation des prémélanges est l'optimisation de la dispersion*. Pour Raghavan (1997) également, cet argument fait également partie des 4 principaux intérêts de l'utilisation d'un prémélange :

- dilution des produits actifs
- aide à la répartition dans le mélange
- moins de risque de contamination
- meilleure stabilité au stockage.

La revue PBE Int. (1998) qui définit le terme « Premixing » comme étant un mélange d'une formule d'ingrédients mineurs ou micro dans un prémix (aussi appelé « master batch ») qui est additionné plus tard à une charge finale plus grande, indique que ce procédé aide à l'uniformité des ingrédients dans la charge finale.

Les faibles taux d'incorporation des additifs ou de substances médicamenteuses conduisent selon de nombreux auteurs à un passage obligatoire par une ou plusieurs phases de prémélanges (Bloom et Livesey, 1953 - Konen, 1958 - Hotchkiss, 1960 - Hamilton, 1960 - Pierce, 1960 - Benson, 1966 - Gondard, 1978 - Laffolay, 1980 - Keller, 1987 - Melcion et Janet, 1992). Jansen (1992) considère également que la dispersion est facilitée par l'utilisation d'additifs déjà dilués et souligne que cela améliore la précision du dosage, car les quantités pesées sont alors plus grandes. Axe (1995) ajoute, comme avantage, la réduction des différences de comportement entre les ingrédients ayant des caractéristiques extrêmement différentes.

Le passage par un prémélange est également recommandé par Wilcox (1985), pour réduire le coefficient de variation de la répartition d'un produit. Toutefois, il ajoute que *la dilution d'un prémélange ne peut compenser des erreurs de conception d'un mélangeur, l'usure, les lacunes de construction ou de pratiques, mais peut réduire les variations entre les aliments fabriqués*.

Cependant, McElhiney et Tangprasertchai (1983) ont réalisé des tests de fabrication de prémélanges dans un mélangeur de 110 kg et introduit une fraction de ces prémélanges dans des mélanges finaux fabriqués dans un mélangeur de 454 kg. Il s'agit, dans les deux cas, de mélangeurs horizontaux à double ruban. Après 3 minutes de mélange final, 20 échantillons de 900 g sont prélevés, puis divisés en 4 sur un diviseur à rifle pour réaliser chacune des analyses.

Trois traceurs sont utilisés : un médicament, le chlorure de sodium, et des particules de fer colorées (microtraceur F). Les dilutions des prémélanges testés sont l'introduction directe des produits tracés, 1/1, 1/5, 1/10, 1/25, 1/50. Leurs résultats (Tableau 1) montrent que le passage par une phase de prémélange n'apporte pas systématiquement une meilleure dispersion dans l'aliment final et souvent des répartitions comparables.

Dilutions	Cv _{médicament} (%)	Cv _{chlorures} (%)	Cv _{microtraceur F} (%)
Direct	6.59	9.67	18.82
1/1	4.34	6.98	23.34
1/5	6.56	26.42	22.87
1/10	6.64	9.04	30.09
1/25	7.17	9.36	21.11
1/50	4.97	8.74	25.38

Tableau 1 : Extrait des tableaux de résultats (D'après McElhiney et Tangprasertchai, 1983)

Heidenreich et Strauch (2000) affirment également, à l'issue d'essais réalisés avec un mélangeur de marque Forberg et un mélangeur à double auge/double ruban, qu'ils ne sont pas parvenus à mettre en évidence un effet significatif du passage par un stade de prémélange du traceur sur l'homogénéité finale obtenue. Sur l'ensemble de ces publications, seuls McElhiney et Tangprasertchai donnent des résultats d'essais, les autres donnent des opinions ou évoquent des constatations sans diffuser les résultats de leurs essais.

Toutefois, il est effectivement possible que le prémélange apporte une aide à la dispersion. Il est

possible que le prémélange n'ait pas d'intérêt significatif dans le cas de poudre à écoulement libre et en ait un dans le cas des poudres cohésives qui se trouvent alors pré-dispersées.

La meilleure hypothèse semble être que le passage par une phase de prémélange permette de réduire le temps de mélange pour un mélangeur donné. En effet, Pfof (1967) indique qu'un prémélange plus dilué, incorporé à 30 % serait homogénéisé plus vite qu'un prémélange introduit à 11 %.

Friedrich et Jansen (1974) ont effectué des essais d'incorporation en direct ou par un passage par 1 ou 2 stades de prémélange. Leurs résultats montreraient que pour un temps de mélange court, une répartition du traceur plus rapide est obtenue qu'en passant par un prémélange. Les écarts visibles pour les temps courts (60 secondes) disparaissent à 240 et 300 secondes.

Il est donc possible que les résultats obtenus par McElhiney et Tangprasertchai (1983) soient expliqués par la réalisation d'essais dans un petit mélangeur sur un temps suffisamment long (3 minutes) pour que tout intérêt du passage par le prémélange disparaisse dans ce cas.

Depuis près de 20 ans, Tecaliman a réalisé plusieurs essais qui apportent des réponses à ces sujets.

2. Essais prémélangeur

Les premiers essais qui ont été effectués par Tecaliman l'ont été en 1989. Tecaliman a alors étudié, sur site industriel, l'effet du passage par une phase de prémélange dans un prémélangeur pour une incorporation à 0.5 % de prémélanges médicamenteux. Le traceur utilisé était du cuivre introduit à environ 130 ppm par l'intermédiaire de sulfate de cuivre (500 ppm). Le temps de prémélange était de 3 minutes (12.5 kg de prémélanges médicamenteux dans 37.5 kg de tourteau de soja). Deux essais ont été effectués : l'un avec utilisation du prémélangeur, l'autre avec introduction directe du cuivre dans le mélange. La durée de mélange est toujours de 4 minutes pour des lots de 2.5 t. Quinze prélèvements de 1.2 kg sont réalisés en bout d'élévateur après mélangeur. Les calculs de l'époque conduisent à des variances comparables. La conclusion de cette étude était donc qu'il n'y avait pas nécessité d'utiliser un prémélangeur pour réaliser ce type d'incorporation dans l'usine étudiée. Un retraitement ultérieur des données par analyse de la variance, selon le modèle aléatoire, a permis d'obtenir un $CV_{\text{homogénéité}}$ de 0.0 %, sans le passage par le prémélangeur et de 2.9 % avec passage par le prémélangeur, ce qui confirme les conclusions.

3. Essais prémélanges

En 2003, Tecaliman a réalisé des essais similaires à ceux de McElhiney et Tangprasertchai, mais en stimulant le facteur « durée de mélange ».

3.1. Matériel

3.1.1. Mélangeurs

Les mélanges ont été fabriqués dans un mélangeur à pâle de 100 l. Les pales tournent à 45 tr/mn. Les prémélanges sont fabriqués dans un mélangeur de laboratoire de marque Kenwood.

3.1.2. Aliments

Deux aliments sont utilisés : vaches laitières et poulets de chair (Tableau 2).

	Vache laitière	Poulet
Diamètre médian (μm)	427.5	621.1
Masse vol. apparente (g/l)	656.7	593.2
Angle de talus ($^\circ$)	23.1	41.4

Tableau 2 : Caractéristiques des aliments utilisés

3.1.3. Traceur

Il s'agit du Microtraceur RF bleu lake. L'excipient des prémélanges est du Rofelys.

3.2. Méthode

3.2.1. Préparation des prémélanges

Le Tableau 3 indique les proportions des 3 prémélanges fabriqués.

	Prémélanges		
	50 %	12.5 %	5 %
Microtraceur	250 g	62.5 g	30 g
Rofelys	250 g	437.5 g	570 g
Masse totale	500 g	500 g	600 g

Tableau 3 : Préparation des prémélanges de microtraceur

3.2.2. Incorporation des prémélanges

Chaque incorporation de prémélange ou de microtraceur pur est réalisée de la même façon : à l'arrêt, au milieu du mélangeur et à plat au dessus de l'aliment. Les taux d'incorporation sont adaptés de manière à obtenir une concentration finale de 250 ppm de microtraceur.

3.2.3. Plan d'essai

La première série d'essais a porté sur 8 mélanges de 40 kg d'aliment vache laitière : 2 durées de mélange (2 min. et 30 s.) x 4 modes d'incorporation (pur, prémélanges 50 %, 12.5% et 5 %). Dans chaque cas, 20 prélèvements de 250 g étaient effectués par quartage en sortie de mélangeur (10 au dessus et 10 en dessous) et chacun était analysé 2 fois.

La seconde a été effectuée sur des mélanges de 50 kg d'aliment poulet dans l'esprit d'un mélange non optimal avec une durée de mélange trop courte (15 s.) en se basant sur l'hypothèse que si le niveau de dilution du prémélange devait avoir un effet, il se

verrait mieux dans le cas d'un mélange non optimal. Pour le reste les conditions d'essais sont similaires.

3.2.4. Traitement des résultats

La réalisation de double d'analyses sur les 20 échantillons collectés pour chaque mélange permet d'effectuer une analyse de variance selon le modèle aléatoire (Voir i'Tec_H3).

3.3. Résultats

3.3.1. Première série

La première série d'essais portait sur des mélanges avec 2 minutes (Tableau 4) ou 30 secondes de mélange (Tableau 5) avec de l'aliment vache laitière.

	Pur	Prémix 50%	Prémix 12.5%	Prémix 5%
Tx de récup. (%)	82.0	104.2	100.4	92.4
F calculé	6.1	2.5	4.2	1.4
Signification	s	s	s	ns
CV total	11.6	5.2	5.7	5.8
CV résiduel	6.2	3.9	3.5	5.3
CV homogénéité	9.2	3.4	4.5	2.8

Tableau 4 : Résultats des essais à 2 minutes sur aliment vache laitière

Durant la réalisation des essais avec 2 minutes de mélange, la technique de nettoyage de la mélangeuse est apparue inappropriée, car toutes les poussières étaient récupérées dans le bac sous mélangeur et ont perturbé les prises d'échantillon effectuées dans la partie supérieure (Concentrations supérieures). Il est possible que les résultats en aient été faussés. Les taux de récupérations sont variables mais acceptables.

Des erreurs d'analyses sont survenues qui se révèlent par les forts CV résiduels (erreur de récupération du microtraceur, erreur sur la prise de solvant, ...). Toutes ces mauvaises manipulations ont été corrigées pour les autres essais.

Malgré ces erreurs, les résultats obtenus donnent une première appréciation, mais les résultats doivent être pris en compte avec réserve. Les résultats obtenus avec les prémix à 50 et 12.5 % sont acceptables (CV résiduel faible). Or, ces résultats sont comparables sur la base des CV homogénéité.

	Pur	Prémix 50%	Prémix 12.5%	Prémix 5%
Tx de récup. (%)	96.2	93.1	104.1	95.7
F calculé	1.18	1.15	1.41	4.72
Signification	ns	ns	ns	s
CV total	6.7	4.3	3.5	5.0
CV résiduel	6.2	4.2	3.2	3.0
CV homogénéité	2.4	1.1	1.4	4.0

Tableau 5 : Résultats des essais à 30 secondes sur aliment vache laitière

Les résultats des essais à 30 secondes conduisent à des taux de récupération très acceptables. La différence entre les échantillons n'est pas

significative pour trois des 4 essais, ce qui confirme que les CV homogénéité assez bons (de 1.1 à 4.0) sont comparables dans l'ensemble.

Il est étonnant de constater que les CV résiduels paraissent décroître avec l'augmentation du taux de dilution du prémélange.

Ainsi, ces deux essais, malgré l'impact d'erreur analytique, ont eu tendance à conduire à la conclusion de l'absence d'effet du taux de dilution du prémélange sur l'homogénéité finale. Pour assurer cette conclusion, la seconde série d'essai a été effectuée avec une durée de mélange inférieure.

3.3.2. Seconde série

Ces essais ont été effectués sur aliment poulet de chair sur un temps plus court. Cet aliment est plus cohésif, car plus gras, ce qui doit limiter la capacité de distribution des additifs.

Les résultats de ces essais à 15 secondes sont homogènes entre eux (Tableau 6). Les taux de récupération sont excellents et proches de 100 %. Tous les écarts entre échantillons sont significatifs, car les CV résiduels sont faibles (entre 2 et 3 %).

	Pur	Prémix 50%	Prémix 12.5%	Prémix 5%
Tx de récup. (%)	102.8	101.5	105.0	100.0
F calculé	38.1	18.3	29.4	30.4
Signification	s	s	s	s
CV total	10.3	8.5	9.4	8.6
CV résiduel	2.3	2.7	2.4	2.2
CV homogénéité	10.0	8.1	9.1	8.3

Tableau 6 : Résultats des essais à 15 secondes sur aliment poulet de chair

Les CV homogénéité sont du même ordre entre 8.1 et 10.0 %, ce qui démontre que le niveau de dilution du traceur a peu d'impact sur la distribution finale de celui-ci. Seuls les résultats obtenus pour les incorporations pures (à 15 s. et 2 minutes) peuvent éventuellement faire penser que ce mode d'incorporation est légèrement défavorable, mais les résultats à 30 secondes ne sont pas en accord avec cette conclusion.

4. Conclusion

Les résultats de ces essais sont donc en accord avec les résultats de McElhiney et Tangprasertchai (1983) et le constat de Heidenreich et Strauch (2000). Ils contredisent toutes les affirmations des autres auteurs.

Sur cette base, il semble bien que le passage par une phase de prémélange, qu'elle soit interne (prémélangeur) ou externe (utilisation de prémélanges) à l'usine d'aliment, ne conduise pas à une meilleure dispersion des additifs, même dans le cas d'un mélange non optimum.

Cependant, ce constat ne contredit pas l'emploi des prémélanges qui ont beaucoup d'autres intérêts parmi lesquels il est possible de citer :

- La diminution des stocks de produits et leur gestion : l'usine d'aliment n'a pas à gérer les stocks des multiples produits présents dans un prémélange et leurs dates limites d'utilisation
- Le prix des achats : Le prémélangeur peut négocier des prix plus attractifs que le fabricant d'aliments, car il achète en plus grosse quantité des produits incorporés, in fine, en petite quantité.
- la précision de dosage : l'usine d'aliment ne dispose pas toujours des installations de dosages multi microcomposants avec précision, qui seraient nécessaires sans le recours à un prémélange
- le gain de temps dans l'usine d'aliment : le multi dosage de nombreux microcomposants serait chronophage dans le diagramme des temps appliqué à l'usine.
- la diminution des contaminations croisées : un reliquat de produit actif dilué sera toujours moins contaminant que la même quantité de reliquat de produit concentré.

Par ailleurs, le retrait d'un prémélangeur sur le site de l'usine d'aliment conduit très fréquemment à la diminution des contaminations croisées, car si un reliquat de prémélange reste dans ce lieu, la contamination du lot suivant peut être significative.

5. Bibliographie

Axe D.E., 1995. Factors affecting uniformity of a mix. *Animal Feed Science and Technol.*, 53, 211-220

Benson W.L., 1966. Importance des prémélanges dans la préparation des aliments destinés aux animaux domestiques. *Les industries de l'alimentation animale*, 170, 53-8.

Coelho M.B., 1994. Microingredient premixing. *Feed Manufacturing Technology*, Chap. 53, section XII, 470-478.

Friedrich W., Jansen H.D., 1974. Mischgute und Mischstabilität als Qualitätsmerkmale von Mischfuttern. *Übersichten zur Tierernährung*, 2, 239-257.

Gondard P., 1978. Quelques réflexions sur la précision des mélanges. *Les industries de l'alimentation animale*, 308, 19-25.

Hamilton J.C., 1960. Batch mixing with premixes. Dans "Proceedings, Eleventh Annual Feed Production School, Inc., Kansas City, Missouri, 127-132.

Heidenreich E., Strauch W., 2000. Massgebende Einflussgrößen für Feststoffmischprozesse bei der Mischfutterherstellung (Teil II). *Kraftfutter*, 6, 286-292.

Hotchkiss C.N., 1960. The static problem in blending operations. *Feed production school transcript*, 91-93.

Jansen H.D., 1992. Mischtechnik im futtermittelbetrieb. Anforderungen an mischanlage, arbeits und mischgenauigkeit. *Die Muhle + Mischfuttertechnik*, 129, 20, 265-270.

Keller V., 1987. Premix production. *Milling, Fev.*, 17-19.

Konen H.J., 1958. Purchased premixes vs. in-plant mixing. *Feed scool product transcription*, 148-154.

Laffolay B., 1980. III. Communications : Fabrication des aliments médicamenteux - Caractéristiques des prémélanges médicamenteux. *Bull. Soc. Vet. Prat. de France*, T. 64, 2, 105-115.

McElhiney R.R., Tangprasertchai P., 1983. The effect of dilution levels in premixes on micro-ingredient dispersion in animal feeds. *An. Feed. Sci. Technol.*, 8, 139-146.

Melcion J.P., Janet C., 1992. Additifs et suppléments en alimentation animale. Chap. 34 dans *Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agro-alimentaires*, Coll. Sciences et techniques agro-alimentaires, Lavoisier, Apria, 735-766.

PBE International, 1998. Glossary of mixing and blending terms. *PBE International*, 1, 3, 9-10.

Pfost, B., 1967. Les critères d'évaluation du fonctionnement des mélangeuses. *C.S.A.A.*, 14 p.

Pierce J.G., 1960. Principles of premix blenders. Dans "Proceedings, Eleventh Annual Feed Production School, Inc., Kansas City, Missouri, 85-90.

Raghavan V., 1997. Pre-mixing the right way. *Feed mix*, 5, 5, 18-22.

Wilcox R.A., 1985. Mixer performance can limit premix selection at mills. *Feedstuffs*, 57, 39, E1-E3.