

Homogénéisation des aliments composés : Définitions

Cette opération, comparée à une opération similaire dans d'autres secteurs, présente des particularités en alimentation animale :

- elle porte sur un mélange de poudres et d'un faible pourcentage de liquide
- les poudres sont d'origines organiques ou « chimiques » et ont donc des caractéristiques physiques très différentes.
- il s'agit de mélanger des poudres dont certaines sont présentes en très faibles quantités, mais qui peuvent être dotées d'une activité « biologique » très élevée.

La maîtrise de cette opération n'est donc pas aisée. Elle nécessite en premier lieu de disposer d'un vocabulaire commun.

1. Concepts

1.1. Homogénéité et hétérogénéité

Les termes d'homogénéité et d'hétérogénéité qualifient l'état du mélange, ils sont définis par Gy (1988) :

- **Homogénéité** : état d'un lot de matière dont tous les éléments sont (ou plutôt seraient) rigoureusement identiques entre eux.
- **Hétérogénéité** : état d'un lot de matière dont tous les éléments ne sont pas rigoureusement identiques entre eux.

Ces deux notions très générales s'appliquent à des « éléments d'un lot de matière ». Pour être applicable au domaine de l'alimentation animale, il est nécessaire de préciser la nature de ces éléments. La réponse est apportée par Danckwerts (1953), qui précise que le concept de qualité de mélange doit être défini en terme de « niveau de scrutation ». En alimentation animale ce niveau correspond à la ration journalière de l'animal considéré. Ainsi, l'homogénéité d'un aliment pour animal, peut être définie de la manière suivante :

« L'état d'un lot d'aliment composé, dont toutes les rations journalières de l'animal auquel est destiné le lot, sont identiques entre elles »

Le caractère « identique » de ces rations journalières peut être soumis à des tolérances.

1.2. Homogénéité et conformité

La « **conformité** » est selon "Le petit Robert" le caractère de ce qui est de forme semblable à celle d'un modèle.

Dans notre cas, le modèle est la formule conçue par le nutritionniste et le caractère semblable se juge sur l'ensemble d'un lot. Mais la définition de la conformité dépend un peu du choix de l'observateur. Elle peut prendre en compte l'opération de pesée (Dosage), mais également l'entrée de produit non prévu dans la formule par l'intermédiaire de contaminations croisées.

Il existe fréquemment une confusion entre homogénéité et conformité. La Figure 1 aide à clarifier l'importante différence qui existe entre ces deux notions.

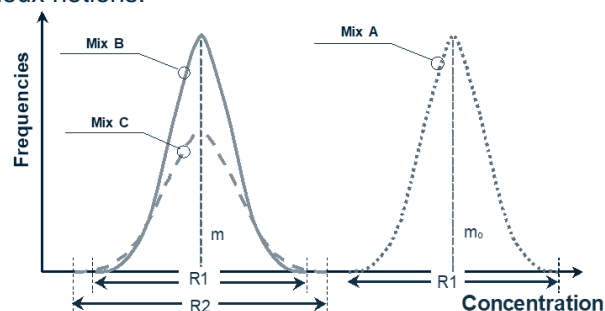


Figure 1 : Comparaison Homogénéité/Conformité

Si l'aliment voulu doit avoir pour un produit donné, une moyenne m_0 et avec une tolérance d'une répartition $R1$, alors le mélange A peut être déclaré conforme et homogène. Le mélange B a la même répartition ($R1$), mais la moyenne est m au lieu de m_0 . Il est donc homogène mais non conforme. Pour le mélange C, la répartition est plus grande et la moyenne est m au lieu de m_0 . Ce mélange est hétérogène et non conforme.

1.3. Mélange et dissémination

Les additifs sont susceptibles de développer une toxicité soit de par leur simple présence, soit à une dose proche de celle à laquelle ils sont utilisés. Ceci oblige le fabricant d'aliments du bétail à respecter au maximum deux impératifs :

- les additifs doivent être répartis de façon homogène dans l'ensemble de l'aliment

- les additifs ne doivent être présents que dans les aliments des animaux auxquels ils sont destinés.

Or, l'alimentation animale traite des mélanges de poudres qui ont une tendance presque naturelle à se séparer. Il s'agit alors de démixage.

La deuxième notion fait référence à la production par « charges successives » qui suivent presque toutes le même circuit. Les produits d'une charge peuvent se disséminer dans l'installation et être collectés par une ou plusieurs autres charges. Il s'agit alors d'une source de **contaminations croisées** entre charge. Certains auteurs considèrent, comme Beumer (1986), que ce sont les mêmes phénomènes qui conduisent au démixage et à la dissémination.

Ces deux problèmes interviennent aussi bien dans le cas des macro-ingrédients que dans celui des additifs, mais c'est pour ces derniers qu'ils sont les plus aigus.

1.4. Mélange et homogénéisation

Selon David (1985), le **mélange** est l'opération ayant pour résultat de mêler de façon homogène et suffisante les éléments de la formule préalablement dosés. Le terme de mélange peut aussi s'appliquer au produit, résultat de l'opération et que cette homonymie peut conduire quelquefois à des confusions fâcheuses. C'est pourquoi, au terme de mélange, certains préfèrent celui d'**homogénéisation** : *opération ayant pour objet, sinon pour effet, de rendre un lot de matière homogène ou moins hétérogène* (Gy, 1988).

Ainsi dans la définition même du mélange, interviennent des notions de qualité : « ... de façon homogène et suffisante ... ». Ces notions ont été encore plus précisées par Jansen (1992), puisque pour cet auteur, *le but de l'opération de mélange est d'homogénéiser des substances différentes de façon à ce que même les plus petites parties du produit fini contiennent des quantités de produits correspondant à la composition du mélange.*

1.5. Démélange

Après ou pendant l'homogénéisation, le mélange peut subir l'influence de différents facteurs qui peuvent augmenter l'hétérogénéité. On parle alors de **démélange**, mais certains auteurs utilisent le terme de **ségrégation** que Fischer (1960) définit par la *séparation de constituants mélangés, pendant le transfert, le transport, le mélange ou le procédé.* Le démixage est intrinsèquement lié au mélange et les facteurs qui concourent à l'un défavorisent l'autre, et inversement.

Six phénomènes conduisant au démixage ont été identifiés. Trois ont été décrits par Bruxelmann (1978). La « **percolation** » correspond à la descente des particules les plus fines à travers le "tamis" constitué par les particules les plus grosses (Figure 2). La « **vibration** » se rapporte à la remontée des

grosses particules sous l'effet de tremblements subis par le lit de poudre.

Ces deux phénomènes concernent des lits de poudres constituées (stockage, farine en cours de transport dans un camion, ...). Leur principale différence est constituée par stade initial du mélange : plus de grosses particules que de fines pour la percolation et l'inverse, pour la vibration, mais les deux conduisent à la présence des grosses particules au dessus du tas.

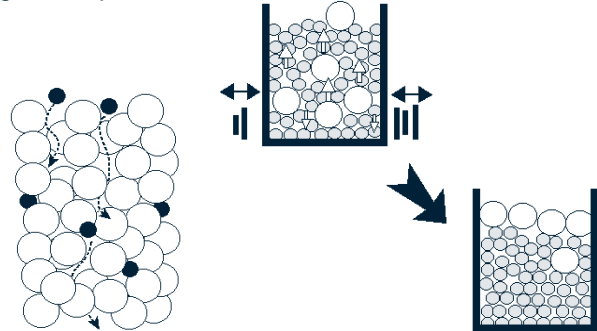


Figure 2 : Démélange par percolation et par vibration

Le phénomène **d'angle de repos** se produit lors d'une chute de la poudre pour constituer un tas (Figure 3).



Figure 3 : Démélange par angle de repos

Lorsque se constitue un tas de poudre, il faut considérer que sa surface devient rapidement une sorte de tamis au travers duquel les petites particules ont plus de facilité à passer que les grosses. Ainsi, les grosses particules vont avoir plus de difficultés à traverser un logement pour passer ou pour se stabiliser, c'est pourquoi, nombre d'entre elles se retrouveront au pied du tas. Ce phénomène se produit lors du chargement des produits dans une trémie ou dans un camion (Kolher, 1987).

Trois autres phénomènes existent qui, comme l'angle de repos, sont générés par les mouvements du mélange.

L'effet de trajectoire a lieu quand une particule est projetée dans un fluide avec une certaine vitesse horizontale initiale, les particules les plus grosses et les plus denses volent plus loin horizontalement (Williams, 1976). Ce phénomène est illustré par Axe et Behnke (1995) lorsqu'il se passe en bout de transporteur (Figure 4), mais il peut également intervenir dans les mélangeurs ayant des vitesses linéaires des mobiles trop rapides. Ainsi, toute accélération horizontale dans l'air et l'amplitude des différences de pénétration dans l'air des particules augmenteront l'occurrence de ce phénomène.

« **L'élutriation** » correspond au phénomène de trajectoire mais à la verticale. Elle intervient donc lors de la chute d'un mélange. Les particules vont alors avoir des vitesses différentes qui varieront

selon leur masse volumique, leur résistance à l'air, etc., ... (Figure 5). Leur arrivée à des temps différents crée le démélange. Elle se produit largement lors des chutes dans les élévateurs, les tuyauteries, les silos, ...

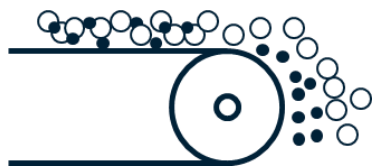


Figure 4 : Démélange par effet de trajectoire

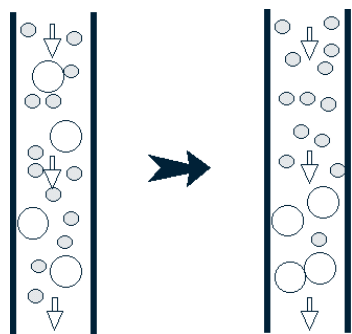


Figure 5 : Démélange par élutriation

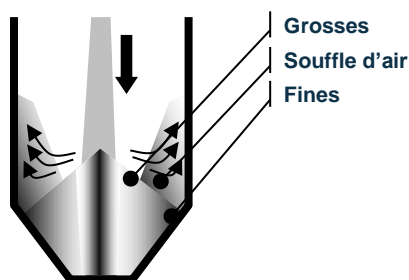


Figure 6 : Démélange par chasse d'air

Le phénomène de chasse d'air est plus complexe et arrive lors du remplissage de silos (Figure 6) : Le flux tombant de particules induit un flux d'air descendant qui tourne à l'extérieur du flux principal, le long des parois, quand il approche la surface du produit introduit dans le silo. La vitesse de ce flux d'air décroît, à partir du centre, et des fractions de poussières, constituées de particules de moins de 100 μm , emmenées par l'air le long des parois, tombent alors en raison de la perte de vitesse. Selon ce mécanisme, les fines se retrouvent le long, ou près, des murs du silo et les grosses particules se retrouvent près du centre. (Enstad et al, 1993).

2. Produits

2.1. Additifs et micro-ingrédients

McElhiney (1994) définit l'**additif** comme étant un ingrédient ou une combinaison d'ingrédients ajoutés au mélange d'un aliment de base ou une fraction de celui-ci, dans le but de répondre à un besoin spécifique. Il est classiquement utilisé en

micro-quantités et nécessite un transfert et un mélange soigneux. Les **micro-ingrédients** correspondent, pour ce même auteur, aux vitamines, minéraux, antibiotiques, médicaments, et d'autres produits normalement incorporés et pesés en petites quantités.

Ainsi, la définition de l'additif repose sur une notion de fonction alors que celle du micro-ingrédient sur une notion de quantité (jusqu'à 1 % au maximum). Selon la directive 96/51/CE, les Additifs sont les substances ou les préparations qui sont utilisées dans l'alimentation animale afin :

- d'influencer favorablement les caractéristiques des matières premières pour aliments des animaux ou des aliments composés pour animaux ou des produits animaux ; ou
- de satisfaire des besoins nutritionnels des animaux ou d'améliorer la production animale notamment en influençant la flore gastro-intestinale ou la digestibilité des aliments pour animaux ; ou
- d'apporter dans l'alimentation des éléments favorables pour atteindre des objectifs nutritionnels particuliers, ou pour répondre aux besoins nutritionnels spécifiques momentanés des animaux ; ou
- de prévenir ou de réduire les nuisances provoquées par les déjections animales ou d'améliorer l'environnement des animaux.

2.2. Prémélanges et prémix

Le terme de **Prémélange** est défini légalement (Décret du 31/08/89) comme étant : *les mélanges d'additifs entre eux ou les mélanges d'un ou plusieurs additifs avec des substances constituant des supports qui sont destinés à la fabrication d'aliments pour animaux.*

Ces prémélanges doivent être légalement incorporés à un taux supérieur ou égal à 0.2 %. Ce pourcentage peut être diminué jusqu'à 0.05 % selon certaines modalités.

En réalité, il est possible de considérer que les additifs utilisés par les fabricants de prémélanges sont déjà des prémélanges où concentrats selon Melcion et Janet (1992), d'une ou quelques substances actives, avec un **support**, ou **excipient**, et éventuellement un ou des agents liants. Dans ce cas, il sera possible de parler de **préparation** ou de concentrat, même si l'utilisation de ces termes n'a rien d'officielle.

Pour éliminer la confusion entre substances ou une préparation contenant des substances, Rosen (1996) recommande que le terme de substance soit *limité aux ingrédients actifs* et que le terme préparation le soit *au produit mis sur le marché dans une forme diluée pour faciliter le mélange uniforme.*

Le terme de **Prémix** est aussi utilisé. Dérivation du mot anglais Premixes, ce terme n'a aucune signification légale. Fischer (1960) le définit comme

un mélange d'un ingrédient clé (celui dont la bonne dispersion est essentielle pour la réussite du mélange) avec une fraction d'un autre produit, préparé par anticipation de stades de mélange ultérieurs, avec une quantité supérieure de cet autre produit. Cette définition est alors plus proche de celle d'une préparation. McElhiney (1994) considère comme prémix un mélange uniforme d'un ou plusieurs micro-ingrédients avec un diluant et/ou un support. Les prémix sont utilisés pour faciliter la dispersion homogène des micro-ingrédients dans un mélange plus grand.

Par rapport aux opérations, le terme de Prémélange a été utilisé pour qualifier l'opération de fabrication du prémélange défini par David (1985) comme étant, non pas le produit, mais l'étape permettant d'introduire des oligo-éléments et micro-ingrédients sur un support, lequel sera ajouté au mélange final en respectant les règles du mélange.

2.3. Autres produits

Pour évaluer l'homogénéité d'un mélange, il est fait appel à un composant du mélange appelé **traceur**, pour lequel la concentration dans des rations animales est déterminée (McCoy, 1994). Il en existe deux types :

- **traceurs internes** : un constituant de la formule
- **traceurs externes** : un agent extérieur ajouté en sus de la formule

Ces traceurs sont la base de l'évaluation de l'homogénéité d'un mélange. Ils sont introduits seuls ou en prémélange.

Une préparation ou un prémélange utilise un produit « neutre » dans lequel la substance active est diluée. Si aucun lien n'est créé entre les deux, ce produit n'est qu'un **excipient** ou un **diluant**. Par contre, si la substance active est fixée sur ce produit, le terme **support** ou en anglais, « **carrier** » est préféré (Larrabee, 1976).

Cette différence aura des conséquences quant au comportement au mélange, car quand l'agent actif est répandu en solution sur un support, le support peut être considéré comme l'agent actif. Mais, si l'agent actif est mélangé à sec avec un excipient, il doit être considéré différemment et ne doit pas être identifié au diluant (Bloom et Livesey, 1953).

Pour différencier la substance active (fixée ou non sur un support) de tout ce qui l'entoure, il est possible d'utiliser les notions d'**environnement** ou de **matrice** qui correspondent à tout ce qui n'est pas la substance active (qui sert ou non de traceur) dans le reste de la formule. Comme Lucke et al (1994), il est possible d'évaluer la répartition d'un produit ciblé dans un ensemble de produits qui est alors considéré comme étant un produit unique.

3. Conclusion

La notion de mélange et les définitions qui y sont

rattachées doivent être bien connues, afin de limiter les confusions et les erreurs :

- le mélange et le prémélange peuvent être des produits ou des opérations (homogénéisation)
- l'homogénéité n'est pas la conformité à une concentration attendue, même si l'absence de conformité a une conséquence sur la mesure de l'homogénéité.
- un traceur est uniquement une substance « active » : le cuivre dans le sulfate de cuivre, par exemple.

4. Références bibliographiques

- Axe D.E., Behnke K.C., 1995.** Feed management, 46, 7, 27-33.
- Beumer H., 1986.** Die Muhle + Mischfuttertechnik, 123, 49, 674-678.
- Bloom C., Livesey E.F., 1953.** Manufacturing Chemist., 371-375.
- Bruxelmane M., 1978.** International symposium on mixing. Faculté polytechnique de Mons. 21-24 Février.
- Danckwerts P.V., 1953.** Research, London, 6, 355-361.
- David L., 1985.** Louis David ed., 111 p.
- Dumonteil C., Soulier J., 1989.** R.A.A., 433, 36-38.
- Enstad .G., Shinohara K., Johansen S.T., 1993.** Int. Symposium Reliable Flow of Particulate Solids II, Oslo, Norway, 23 rd, 25th August 1993, 942-965.
- Fischer J.J., 1960.** Chemical engineering, 107-128.
- Gy P., 1988.** Masson ed., Paris.
- Hamilton, J.C., 1960.** Dans "Proceedings, Eleventh Annual Feed Production School, Inc., Kansas City, Missouri, 127-132.
- Harnby N., 1990.** The Holmen symposium. 6 p.
- Jansen, H.D., 1992.** Die mulhe und mischfuttertechnik, 129, 20, 265-270.
- Kolher., 1987.** R.A.A., 407, 45-50.
- Larrabee W.L., 1976.** Ed. Merck Sharp and Dohme International, USA, 68 p
- Lucke T., Adam R., Tittel R., 1994.** Aufbereitungs-Technik, 35, 3, 138-146.
- McCoy R.A., 1994.** Feed Man. Technol., Vers. IV, Appendice D, 548-550.
- McElhiney R.A., 1994.** Feed Manufacturing Technology, Chap. 9, section III, 102-104.
- Melcion J.P., Janet C., 1992.** Chap. 34 dans Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agro-alimentaires, Coll. Sciences et techniques agro-alimentaires, Lavoisier, Apria, 735-766.
- Pierce, J.G., 1960.** Dans "Proceedings, Eleventh Annual Feed Production School, Inc., Kansas City, Missouri, 85-90.
- Rosen G.D., 1996.** World's Poultry Sci. J., 52, Mars, 53-57
- Williams J.C., 1976.** Powder Technol., 15, 245-251