

Etude pilote sur les transferts inter-lots des micro- ingrédients au niveau d'un élévateur à godets : Méthode

1. Objectif

Il s'agit d'exposer le matériel et les méthodes mis au point lors du projet de recherche POUSSALIM (i'Doc_T16) relatifs à l'évaluation des transferts inter-lots des micro-ingrédients au niveau de l'élévateur à godets. Cet i'Tec est notamment associée à l'i'Tec_T13.

2. Matériels

2.1. La station pilote

La station d'essais (Figure 1) est constituée d'un élévateur à godets alimenté en farine par une vis d'Archimède. L'introduction du produit se fait par la trémie d'alimentation. Il est ensuite évacué par la vis. Enfin, il est transporté, jusqu'à sa vidange, en tête d'élévateur puis il est dirigé vers un by-pass à commande manuelle. Ce système permet d'orienter le produit soit vers une trémie de sortie, reliée à la trémie d'alimentation par une trappe mécanique (fonctionnement en boucle fermée ou rétention du produit dans la trémie de sortie), soit vers le tuyau d'évacuation où il est récupéré dans une benne (fonctionnement en circuit ouvert).

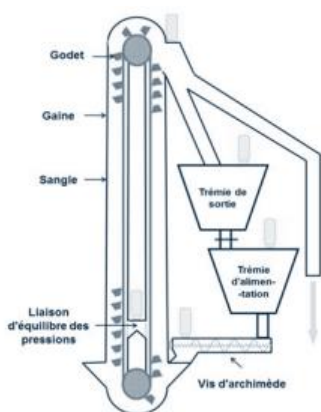


Figure 1 : Schéma de la station d'essais pilote

Les gaines, le pied et la tête de l'élévateur sont majoritairement construits en plexiglas antistatique, offrant ainsi un maximum de visibilité du produit en mouvement à l'intérieur du système en fonctionnement. De plus, la plupart des pièces de la station d'essais sont démontables, afin de prélever

les dépôts dans toutes les zones de l'élévateur. Cette adaptabilité du pilote lui confère une capacité de nettoyage maximale. Ainsi, cette configuration permet d'assurer une maîtrise optimale de l'état initial de propreté du pilote pour chaque essai. De plus, les godets et la sangle ont été choisis dans le but de conserver l'aérodynamisme du système et d'avoir un comportement similaire du produit à ce qu'il serait dans un élévateur industriel. L'espace disponible entre les godets et la gaine (en position moyenne) a été maintenu, par la conservation du rapport

Espace godet_gaine

Largeur godet

De plus, pour s'assurer d'un écoulement de produit identique, les angles des différentes parties inclinées (angles d'alimentation, liaison entre les brins et l'évacuation du produit en tête de l'élévateur) et la forme elliptique de la tête ont été conservés. Enfin, la gamme des vitesses accessibles, de la sangle et de la vis, ont été définies afin de pouvoir avoir 3 types de vidanges possibles en tête d'élévateur : gravitaire, mixte et centrifuge.

2.2. Le produit de référence

2.2.1. Préparation

Les formules des aliments évoluent au cours de l'année et d'une usine à une autre. Afin de conserver un produit ayant des caractéristiques physico-chimiques constantes tout au long de l'étude, un produit de référence a été créé à partir d'un mélange de rafles de maïs de différentes distributions granulométriques.

	Aliment			
	Standard	Porc	Lapin	Volaille
D_{50} (µm)	531.2	592.6	716.6	510.8
Rapport Hausner	1.1	1.1	1.1	1.2
Angle de repos (°)	53.9	54.3	62.8	62.4

Tableau 1 : Caractéristiques physiques principales du produit de référence comparées à celles de trois aliments composés

Ses principales caractéristiques physiques (Tableau 1) correspondent à une moyenne des caractéristiques d'un aliment (basée sur la base de données Tecaliman) en termes de distribution de tailles (Gaussienne autour de 500µm), de rapport d'Hausner

et d'angles de repos. Les premiers essais ont montré que le produit de référence, constitué uniquement de rafles de maïs, ne se comportent pas comme l'aliment, en termes de masses de dépôts et de particules fines en suspension dans l'élévateur après le passage du lot (Figure 2). C'est pourquoi de l'huile de tournesol a été incorporée à 1,5% dans le produit de référence. Le mélange des différentes rafles est opéré avec une mélangeuse à pâles pilote (Figure 3). L'huile est incorporée simultanément par une colonne de pulvérisation (Figure 4), de façon à obtenir une répartition homogène de la matière grasse dans le lot ainsi créé.

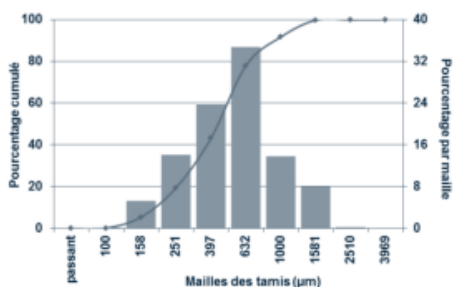


Figure 2 : Distribution granulométrique en masse, du produit de référence – base de données Tecaliman



Figure 3 : Mélangeuse à pâles pilote

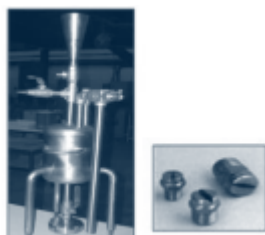


Figure 4 : Colonne et buses de pulvérisation

2.2.2. Évaluation de l'homogénéité de la répartition de l'huile

Un test d'homogénéité de la répartition de l'huile dans le mélange a été réalisé. Après mélange, le produit est récupéré dans un bac. Sa surface est ensuite arasée, de façon à être relativement plane et un quartage en 10 zones est opéré afin de prélever 10 échantillons sur la partie supérieure du bac. Puis, la fraction supérieure de l'aliment est évacuée et la même opération est répétée sur sa partie inférieure. Seuls 10 des 20 échantillons prélevés sont analysés (5 par couche) (Figure 5).

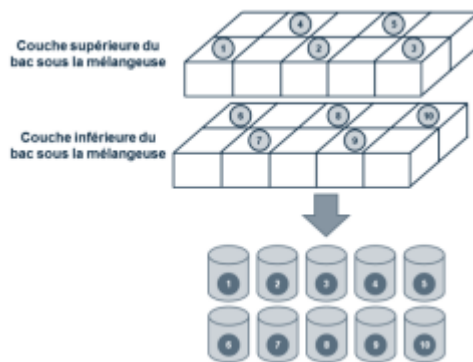


Figure 5 : Schéma de la méthode de quartage pour vérifier l'homogénéité de l'huile dans le produit de référence

La Figure 6 expose le taux d'huile dans chacun des échantillons analysés. Elle montre que le taux d'huile dans chaque échantillon est très proche de la valeur souhaitée (1,5%) avec un CV de 4.6 %.

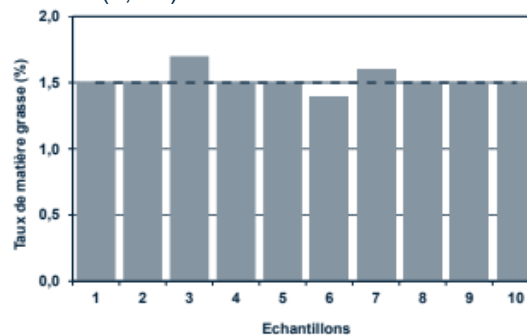


Figure 6 : Homogénéité de la répartition de l'huile dans le produit de référence

2.3. Traceur utilisé

Le microtraceur RF Blue Lake est notamment utilisé, comme traceur externe (non utilisé dans les formules de fabrication d'aliments pour animaux), pour évaluer le niveau des transferts inter-lots. Il est constitué de particules de fer sur lesquelles est fixé un colorant alimentaire bleu (Bleu brillant) à l'aide de gomme arabique. Le Tableau 2 décrit ses caractéristiques physiques.

Caractéristiques physiques	
$\rho_{apparente}$	2754,2 g.L ⁻¹
$\rho_{passée}$	3131,9 g.L ⁻¹
Indice d'Hausner	1,1
ATE* 20 mm (angle de talus par éboulement)	38,1°
D ₅₀ (granulométrie laser)	92 µm

Tableau 2 : Caractéristiques physiques du microtraceur RF Blue Lake

Son diamètre médian, de l'ordre de 100 µm, le situe dans la partie fine du produit de référence (Figure 2). Malgré une masse volumique très supérieure à celles des additifs rencontrés en nutrition animale, il reste un traceur très satisfaisant pour la qualification des procédés de manutention car cette caractéristique n'a que peu, voire pas, d'influence sur les mécanismes de

mouvements des aérosols. Enfin, il offre une grande facilité de traitement et d'analyse des nombreux échantillons à un coût réduit.

3. Méthodes expérimentales

La méthode classique pour l'évaluation des transferts inter-lots de micro-ingrédients sur site industriel nécessite l'ouverture du système en fonctionnement pour prélever les échantillons. Par conséquent, les flux d'air (et donc d'aérosols) sont modifiés. Afin d'éviter ceci, le protocole sur pilote est non intrusif. C'est-à-dire qu'il ne perturbe pas le système pendant son fonctionnement. Le phénomène de transfert inter-lots peut se décomposer en deux étapes :

- Le dépôt de produit pendant le passage du lot n,
- La collecte, par le lot n+1, d'une partie du produit déposé par le lot n.

Afin de déterminer les caractéristiques liées à ces deux phases, un essai est alors décomposé de 2 sous-essais : « Traceur (Tr) » et « Traceur + Collecteur (Tr+C) ».

3.1. Sous-essai " Traceur "

Ce sous-essai a pour finalité d'évaluer la tendance du produit à déposer des reliquats au cours de son transfert dans l'élévateur à godets. Un lot de 50 kg de produit de référence, contenant 250 ppm de microtraceur RF Blue Lake, est introduit dans la trémie d'alimentation. Pour maîtriser les conditions initiales d'un essai, la station pilote est systématiquement nettoyée avant de le commencer. De plus, afin de recréer au plus proche les conditions usine, le lot traceur effectue trois passages dans l'installation avant d'être évacué dans une benne, par le tuyau d'évacuation.

3.2. Sous-essai " Traceur + Collecteur "

Ce sous-essai permet de mettre en évidence la capacité du produit à collecter les dépôts déjà présents sur les parois et dans les zones mortes de l'élévateur à godets. Deux lots de 50 kg de produits de référence sont fabriqués. Le lot Traceur contient 250 ppm de microtraceur. Il est ensuite introduit dans la trémie d'alimentation et il effectue trois passages dans le système avant d'être évacué (identique au sous-essai " Traceur "). Le lot Collecteur (sans microtraceur) effectue un seul passage dans l'élévateur puis il est récupéré. La Figure 7 représente le déroulement des étapes principales du protocole expérimental.

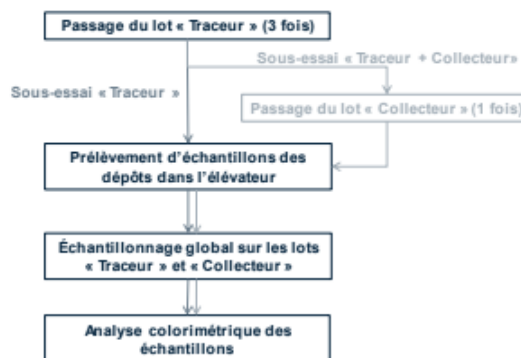


Figure 7 : Schéma du protocole expérimental

3.3. Données de sortie

Pour chaque essai, après le passage de tous les lots, plusieurs prélèvements sont effectués. Ces données de sortie sont :

- Soit des quantités globales qui concernent les lots après essai,
- Soit des quantités locales, issues de certaines zones de l'élévateur.

3.3.1. Données " locales "

Plusieurs zones de dépôts ont été identifiées (Tableau 3 et Figure 8). Les prélèvements se font directement avec un pinceau ou avec un aspirateur à sac. Ces sacs peuvent laisser passer les particules de diamètres inférieurs à 30 µm. Cependant, le produit de référence n'en contient pas. En effet, les particules, composant le microtraceur, sont à 98 % au-dessus de cette valeur. Les 2% de particules, de diamètres inférieurs à 30 µm, peuvent s'agglomérer à d'autres grâce à l'incorporation d'huile pendant le mélange. De fait, la perte de produit, est fortement réduite¹.

Zones		Moyen de prélèvement
P1	Pied	Direct
LI	Liaison entre les deux brins	Aspiration
P2	Reste du pied (angles d'alimentation)	
GM	Gaine & godets montants	
GD	Gaine & godets descendants	
T	Tête	
R	Reste de l'élévateur	
Tr+V	Trémie + vis	

Tableau 3 : Moyen de prélèvement en fonction de la zone¹

¹ Remarque : des tests de quantification de ces pertes de produits et de microtraceur dues à l'aspiration et à la manipulation des sacs ont été réalisés. Ils ont révélé des écarts non significatifs de produits et de microtraceur.

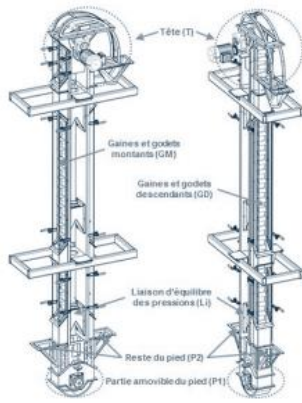


Figure 8 : Zones de prélèvements des dépôts

3.3.2. Données "globales"

Ces données de sortie concernent les lots dans leur globalité. À l'issue de chaque essai, les lots restants sont pesés puis divisés en deux. Cette opération est répétée plusieurs fois à l'aide d'un diviseur quarter jusqu'à l'obtention d'un échantillon de 700g environ (Figure 9).



Figure 9 : Diviseur

Les échantillons obtenus sont appelés échantillons globaux :

- Pour le lot traceur : Global T,
- Pour le lot collecteur : Global C.

3.4. Traitement et analyse des échantillons

Les dépôts récoltés par aspiration sont récupérés par une découpe du sac en lamelles (aux ciseaux) puis, par évacuation du produit contenu à l'aide d'un pinceau. Ils sont ensuite pesés avant d'être divisés avec un diviseur à rifles (Figure 10).

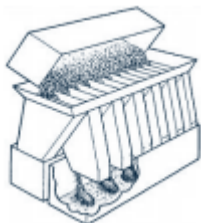


Figure 10 : Diviseur à rifles

3.5. Analyse microtraceur

La méthode d'analyse de la concentration en microtraceur d'un échantillon se décompose en trois étapes. Tout d'abord, le microtraceur est extrait magnétiquement en milieu humide. Il est ensuite récupéré sur un filtre en nitrate de cellulose 0,8 µm. Ce dernier est mis en solution (45% d'eau distillée, 50 % d'éthanol pur (96%) dénaturé et 5% soude) et agité manuellement pendant 30 secondes afin de dissoudre la gomme arabique enrobant les particules de fer. Pour finir, la densité optique de la solution colorée est mesurée avec un spectrophotomètre UVvisible (Shimadzu) étalonné à 629 nm. La concentration en microtraceur de l'échantillon est déterminée en fonction d'une courbe d'étalonnage. Celle-ci est obtenue à partir de cinq échantillons de produit standard vierges dans lesquelles sont introduites des masses de microtraceur connues. La méthode d'analyse du microtraceur est décrite complètement dans l'i'Tec_H17.

Conclusion

La station expérimentale permet un large éventail d'études de transferts inter-lots étant donné la possibilité de démontage de sa structure et de sa configuration. Un produit de référence (protocole d'élaboration), une méthode expérimentale pour les essais « Traceur » et « Traceur + Collecteur » et des protocoles de prélèvements, de traitements et d'analyses d'échantillons spécifiques à cet élévateur à godets ont été développés afin d'évaluer les capacités des micro-ingrédients à engendrer des transferts inter-lots.

4. Bibliographie

- i'Doc_T16, 2013 - Programme POUSSALIM Étude expérimentale du comportement des aérosols et de leurs dépôts dans un élévateur à godets : Impact sur les transferts inter-lots en alimentation animale
i'Tec_H17, 2014 - Méthode d'analyse du microtraceur Rf Bleu Lake après extraction en milieu aqueux