

Etude de la persistance des transferts inter-lots en usine

En 2009, une directive européenne (directive 2009/8/CE) a imposé des seuils limites concernant le taux de coccidiostatiques présents dans les aliments pour animaux qui correspondent à des niveaux de transfert de 1 ou 3 % des doses maximales autorisées. Les usines ne pratiquent qu'un seul test de transfert avec au moins 2 lots collecteurs en France et il n'est pas certain que ce type de test informe clairement du nombre de lots nécessaires pour franchir, un à un, les niveaux « libérateurs » des interdictions de produire tel ou tel aliment.

Cette étude originale a donc pour objectif d'étudier l'évolution du niveau de transfert au-delà des 2 lots collecteurs traditionnels et de voir s'il était possible d'en déduire une « loi » d'évolution. Pour ce faire, sur 3 usines différentes, 2 lots d'aliment contenant un traceur sont fabriqués successivement. Ensuite, 5 lots ne contenant initialement pas le traceur sont fabriqués par le même circuit et sont échantillonnés à la sortie du mélangeur et en entrée de boisseaux de presse, afin d'évaluer le niveau de transferts inter-lots à ces deux postes de prélèvement et d'en étudier l'évolution de lots en lots.

1. Matériel

1.1. Prémélange

Les prémélanges sont fabriqués sur base de maïzarine pour l'incorporation à 5 kg/t. La concentration en **microtraceur RF blue lake** utilisée est de **500 ppm**, afin d'accroître la sensibilité des analyses à faibles concentrations (Une étude précédente a montré que l'accroissement de la concentration en traceur ne modifiait pas les niveaux de transferts : i'Tec T11). Des masses équivalentes de support de prémélanges (sans traceur) sont introduites au même poste (verse-sac) dans chacun des 5 lots collecteurs.

1.2. Matrices

Usine	1	2	3
Aliment	Dinde repro	Canard finition	Mélange céréales
Taille des lots (t)	5	2.5	2.5
Diamètre médian (µm)	555	438	502
Ecart type géométrique	2.23	2.15	1.93
Masse volumique apparente (g/l)	591	627	552
Angle de talus (°)	68.8	59.6	69.0

L'aliment de l'usine 1 est gras d'un écoulement

médiocre, mais d'une granulométrie centrée autour d'une valeur relativement standard. Celui de l'usine 2 est un peu moins gras et plus fin, mais avec un meilleur écoulement. Enfin, le mélange de céréales employé dans l'usine 3 est plus centré en granulométrie autour d'une valeur standard de 500 µm. Par contre, son écoulement est médiocre.

1.3. Usines

Ces **3 usines** ont été choisies, car leurs **niveaux de transferts inter-lots** annoncés étaient **significatifs**. Elles ne sont donc pas à l'image du parc d'usines France du point de vue des niveaux, mais elles le sont du point de vue des procédés traditionnels employés. De plus, les circuits sont très différents (Tableau ci-dessous).

Usine 1	Usine 2	Usine 3
Incorporation du prémélange en verse-sacs		
Prémélangeur (+ minéraux)	Vis	Transporteur à chaînes
Transporteur à chaînes	Prémélangeur	Transporteur à chaînes
Elévateur	Trémie sous prémélangeur	Elévateur
Trémie sur mélangeur	Transporteur à chaînes	Trémie sur mélangeur
Mélangeur	Elévateur	Mélangeur
Trémie sous mélangeur	Transporteur à chaînes	Trémie sous mélangeur
Transporteur à chaînes	Trémie sur mélangeur	Transporteur à chaînes
Boîte 2 D	Mélangeur	
	Trémie sous mélangeur	
	Transporteur à chaînes	
	Boîte 3 D	
Prélèvement en sortie de mélangeur (SM)		
Elévateur	Elévateur	Boîte 2D
	Distributeur - Révolver	Distributeur - Révolver
	Boîte 2D	Elévateur
		Distributeur - Révolver
Prélèvement en entrée Boisseau de presse (EB)		

Les 3 circuits testés ont des **sections avant mélangeur relativement longues** avec un convoyage des prémélanges par le circuit de macroingrédients. **Deux d'entre eux ont des prémélangeurs** (usine 1 et 2). Les circuits aval sont, par contre, souvent assez courts.

2. Méthode

La **méthodologie est conforme aux règles techniques applicables en France** (i'Tec T 2). Les différences portent :

- sur les **prélèvements** qui sont effectués en 2 points : en **sortie de mélangeur (SM)** et en **entrée de boisseau de presse (EB)**.
- la concentration des 2 lots traceurs (T1 et T2) ciblée à **500 ppm**
- la réalisation de toutes les **analyses en double** sur chaque échantillon et l'utilisation de la moyenne des 2 analyses.

3. Résultats

3.1. Conformité

Usine	1		2		3	
	SM	EB	SM	EB	SM	EB
T1 (ppm)	477.9	464.5	460.9	425.1	419.4	393.4
T2 (ppm)	469.1	478.6	437.5	438.4	437.5	425.3
T1 (% *)	96.1	93.4	91.9	84.7	84.0	78.8
T2 (% *)	94.6	96.5	87.2	87.3	87.7	85.4

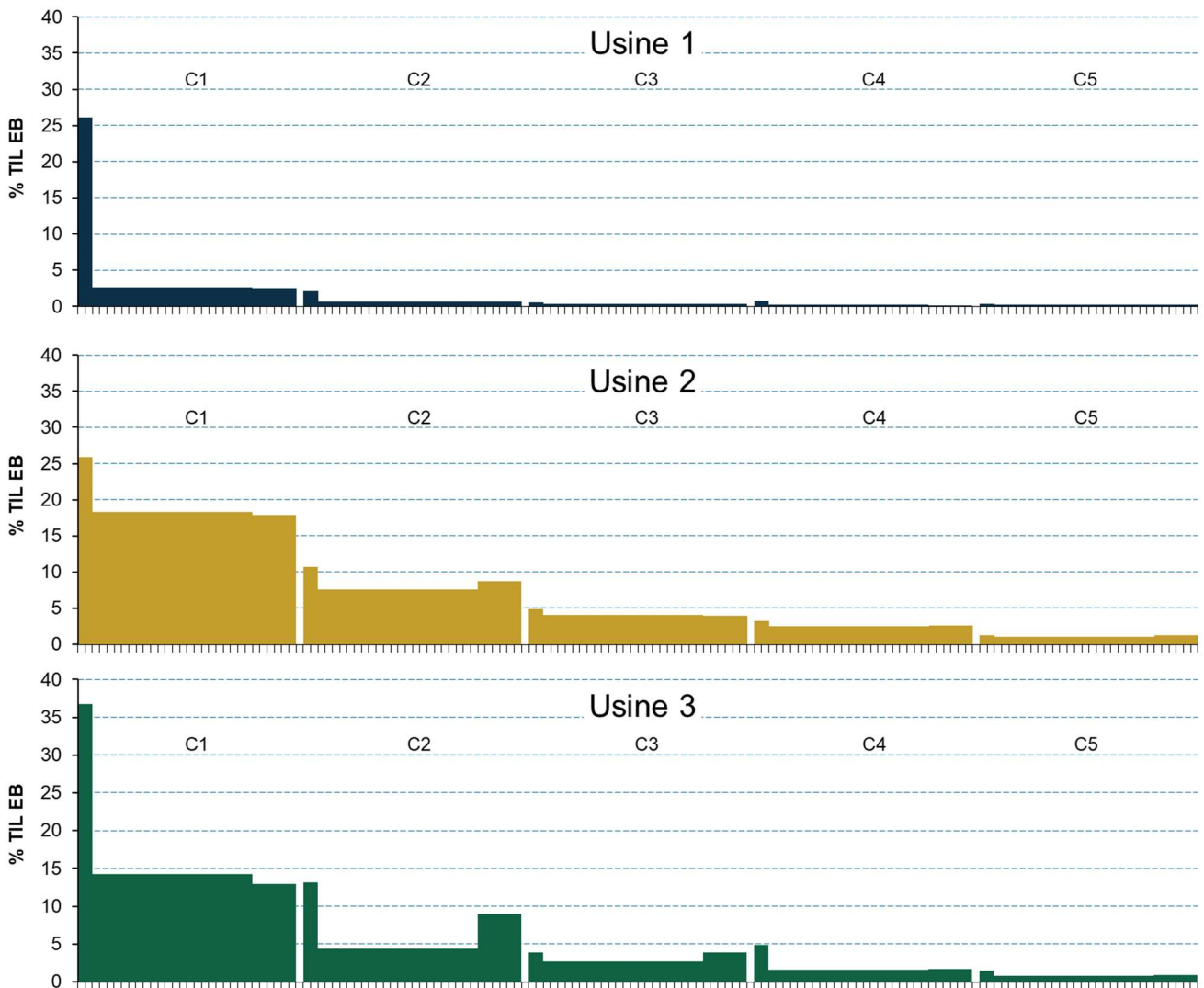
* Taux de récupération / attendu

Les niveaux de taux de récupération obtenus dans les 3 usines sont tous acceptables. La croissance des concentrations entre les deux lots traceurs et entre postes n'est pas systématiquement constatée. Avec logique, les usines 2 et 3 sont celles qui ont des taux de récupération inférieurs et qui ont également les taux de transferts les plus importants.

3.2. Transferts inter-lots

Une **augmentation des niveaux de TIL entre les 2 postes** est constatée (Tableau suivant) dans presque tous les cas à l'exception du lot C5 de l'usine 1, mais ces valeurs sont proches de la limite de détection (Le second chiffre après la virgule est donné ici à titre indicatif).

Usine	1		2		3	
	SM	EB	SM	EB	SM	EB
%TIL C1	2.41	4.10	16.55	18.68	18.31	15.46
%TIL C2	0.65	0.75	7.46	7.96	4.77	5.85
%TIL C3	0.23	0.40	3.91	4.12	2.91	2.94
%TIL C4	0.18	0.23	2.42	2.56	1.27	1.71
%TIL C5	0.16	0.15	1.10	1.18	0.75	0.83

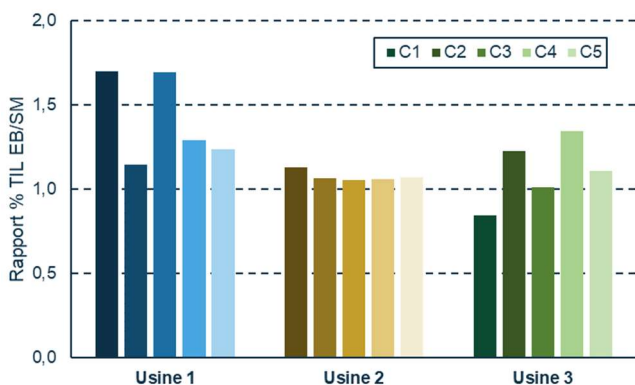


Les 3 usines testées présentent des **profils** et des **niveaux de transfert très différents** en entrée de boisseau de presse (Voir figure ci avant), ce qui indique que les sources sont variées. Dans l'usine 1, le profil de transfert est caractérisé par un fort pic au début de lot, puis un niveau global assez faible. Ce profil se retrouve sur tous les lots collecteurs. Le prémélangeur semble rapidement rincé par la fraction de minéraux qui est introduite avec le prémélange. Seul l'élévateur présent en aval du mélangeur, est à l'origine du pic noté en début de profil de transfert (Différence avec la colonne SM).

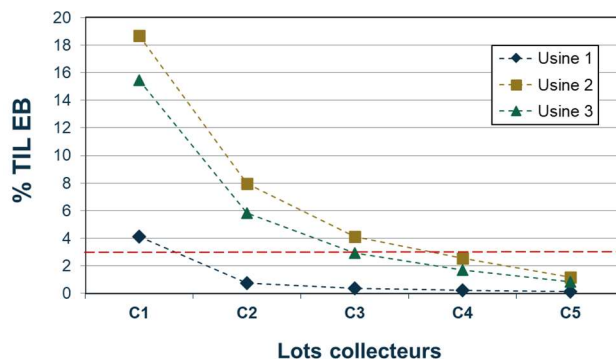
A l'inverse, dans l'usine 2, le pic de départ est faible en rapport avec le niveau global. Par contre, le niveau est ensuite très élevé et celui-ci est déjà obtenu en sortie du mélangeur à chaque lot collecteur. La combinaison d'une vis et d'un prémélangeur dans le circuit de transfert des prémélanges en amont du mélangeur principal paraît être la meilleure explication des niveaux de transfert élevés mis en évidence (proximité avec les valeurs de la colonne SM).

Enfin, l'usine 3 semble une combinaison des deux usines précédentes, puisqu'un fort pic est présent en début de profil, puis un niveau global élevé est adopté. Pour certains lots collecteurs, des croissances du profil sont notées de manière erratique en fin de passage des lots. La longueur des circuits en amont et en aval du mélangeur semble devoir être l'hypothèse à retenir pour expliquer les forts niveaux de transfert observés. La variété de ses sources pourrait être une explication de la variation des profils observée dans cette usine de lot en lot.

Les rapports entre les niveaux de transfert entre les deux postes (EB/SM – Voir figure ci-dessous) permet de juger de l'augmentation des TIL entre les deux postes. Ces rapports calculés à chaque lot collecteur pour les 3 usines, sont relativement constants. Une régularité de rapport est remarquable dans le cas des usines 2 et 3. Seule l'usine 1 varie du simple au double. Il semble ainsi que tous les lots collecteurs successifs répondent aux mêmes sollicitations dans les circuits aval du mélangeur des 3 usines. Toutefois, les rapports proches de 1 semblent montrer que **la majorité des transferts ont lieu avant mélangeur (SM)** dans ces 3 usines, malgré la diversité apparente des circuits.

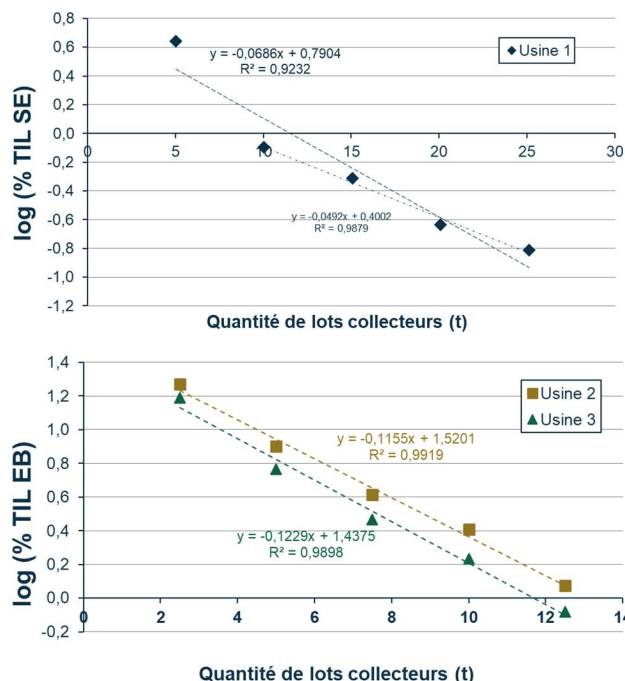


Dans les 3 usines, les niveaux de transfert sont donc décroissants de lot en lot en entrée de boisseau de presse. Les trois usines peuvent être classées dans l'ordre décroissant des niveaux de transferts inter-lots en entrée de boisseau : Usine 2 > Usine 3 >> Usine 1. Ainsi, si un niveau inférieur à 3 % devait être recherché (Limite rouge), dans l'usine 1, il serait obtenu dès le deuxième lot collecteur, mais dans l'usine 3, il faut attendre le troisième et dans l'usine 2, le quatrième.



Ainsi, dans les trois usines, **la décroissance des niveaux de transfert n'est pas linéaire, mais asymptotique** en se rapprochant progressivement de zéro.

Il serait donc intéressant de savoir à quelle loi répond cette baisse asymptotique. La transformation des données de transferts en logarithme décimal en fonction du nombre de tonnes fabriquées semble apporter une réponse comme le montrent les figures suivantes.



Si la régression linéaire n'est pas totalement optimale dans le cas de l'usine 1, bien que dotée d'un coefficient de détermination supérieur à 0.92, les régressions des deux autres usines ont des coefficients de détermination supérieurs à 0.98. Dans l'usine 1, le premier point semble tirer la régression

vers lui. En son absence, la régression serait de meilleure qualité (0.99).

L'hypothèse d'une diminution logarithmique peut donc être globalement retenue. Des comportements similaires de décroissance, alors que les circuits de transferts sont différents dans les 3 usines testées, étayent l'hypothèse d'un comportement assez général attribuable à des usines ayant des sources de transferts majoritairement avant mélangeur.

Ce modèle de régression logarithmique n'est pas sans rappeler celui observé entre la capacité d'émission de poussière d'additifs et les niveaux de transfert constaté dans une usine de prémélange (i'Tec T3).

4. Conclusion

Ces trois essais ont été effectués dans des conditions très différentes d'aliments et de circuits. Ils montrent tous les 3 que les **reliquats** de premiers lots traceurs **se transmettent bien de lots collecteurs en lots collecteurs et persistent dans le circuit sur au moins 5 lots collecteurs**. Même si elles n'ont pas été répétées dans les usines, pourtant, un **modèle**

général de décroissance logarithmique des niveaux de transfert semble se dégager sur les sites. Il paraît **indépendant des circuits** et est peut-être en relation avec **l'émission de poussières du traceur** identique employé ici. Compte tenu de la variabilité notée dans l'usine 1, il paraît délicat d'imaginer moins de 3 lots collecteurs pour obtenir une bonne estimation de la pente de décroissance en entrée de boisseau de presse, même si une première estimation pourrait être tentée avec 2 lots sur chaque site.

Cette **pente est différente** pour chaque usine et traduit peut-être une relation différente de chaque procédé avec l'émission de poussières du traceur. L'obtention de cette pente permettrait, outre de déterminer le nombre de lot collecteurs nécessaires pour franchir un niveau donné, mais aussi de **comparer les usines entre-elles sur la base de leur vitesse de « nettoyage » des circuits**.

Ce type de pente donnerait une autre vision des résultats de transfert inter-lots, donc de leurs sources et de la persistance des reliquats au sein des circuits industriels.