

## Effet de l'homogénéité sur les performances des animaux - Références bibliographiques

D'après la définition de l'hétérogénéité (i'Tec\_H9), il est aisé de dire que si un produit est hétérogène, c'est que les échantillons ne sont pas identiques. Si les échantillons correspondent à la ration journalière des animaux cibles, cela signifie que, sur un jour, chacun d'eux ne recevront pas des rations identiques.

Ceci peut être chiffré statistiquement de façon simple à partir du coefficient de variation (CV) sur la base de l'hypothèse d'une répartition gaussienne autour de la moyenne déterminée pour un composant choisi de l'aliment :

- 68 % des animaux recevront leur ration de ce composant avec un écart de  $\pm$  un CV
- 95 % des animaux recevront leur ration de ce composant avec un écart de  $\pm$  deux CV
- 98 % des animaux recevront leur ration de ce composant avec un écart de  $\pm$  trois CV

De façon générale, compte tenu de la présence des additifs, on peut admettre comme Dowler (1988) que *"si un aliment n'est pas correctement mélangé, il sera extrêmement variable, avec des fractions riches et d'autres pauvres en produits, avec, comme résultat, un effet négatif sur les animaux."*

Eléments	Limite de carence (ppm)	Apport recommandé (ppm)	Seuil de toxicité (ppm)
<b>Cuivre</b>	7	10	15-30
<b>Cobalt</b>	0.07	0.1	10
<b>Iode</b>	0.15	0.2	8
<b>Manganèse</b>	45	50	1000
<b>Zinc</b>	45	50	250
<b>Sélénium</b>	0.1	0.1	0.5

**Tableau 1 : Limite de carence, apport recommandé et seuil de toxicité pour 6 oligo-éléments (Meschy, 1993)**

Déjà, Bruggeman et Niesar en 1966 indiquaient que *"la dose efficace est souvent très faible, elle est parfois voisine de la dose capable de provoquer des accidents de déséquilibre, voire de toxicité."* Pour illustrer ceci, Meschy (1993) apporte des données significatives à propos d'oligo-éléments (Tableau 1) et il est possible d'observer que les apports recommandés sont très proches des limites de carence, peut être pour ne pas approcher de trop près les seuils de toxicité.

Enfin, pour Jansen (1992), les performances animales comme la prise de poids, la minéralisation et d'autres peuvent être influencées négativement par l'hétérogénéité. Il est donc utile d'étudier les résultats des quelques études menées sur ce sujet selon les espèces étudiées.

### 1. Poulets

La société Novus par l'intermédiaire de Wade Robey (1991) présente des résultats de Duncan datant de 1989 (Tableau 2) mettant en évidence une dégradation de l'homogénéité d'aliments farines du mélangeur vers la mangeoire et des conséquences sur la croissance de poulets de chair.

	Témoin	Essai 1	Essai 2
<b>CV Mélangeur</b>	-	3.8	8.4
<b>CV Chargement</b>	-	4.6	17.8
<b>CV Livraison</b>	-	6.1	19.7
<b>CV Mangeoire</b>	-	11.9	27.8
<b>GMQ (kg/jour)</b>	773 a	716 b	703 c
<b>I.C. (kg/kg)</b>	1.74 a	1.82 b	1.86 c

**Tableau 2 : Extrait des résultats de Duncan-1989 (cité par Wade Robey, 1991)**

Malheureusement, le traceur d'homogénéité choisi n'est pas précisé dans cet article, de même que l'âge des poulets alors que l'effet de l'homogénéité semble clair avec une diminution significative du GMQ et une augmentation également significative de l'indice de consommation.

Par contre, McCoy *et al.* (1994) ont utilisé plusieurs traceurs pour caractériser l'homogénéité de mélanges destinés à des essais similaires. Ils utilisent comme traceur selon les essais : les ions chlorures (NaCl analysés avec une méthode rapide Quantab), les ions sodium (Na Cl - dosage par électrode spécifique), les ions chrome, et des microtraceurs F rouge ou bleu. Des mélanges de différentes homogénéités sont obtenus par un nombre de tour croissant du mobile du mélangeur. Les traceurs sont en accord sur l'ordre de l'homogénéité des mélanges : 1, 3, 2 (Tableau 3) qui n'est pas coordonné avec le nombre de tours. Les résultats de ce premier essai de croissance sur 150 poulets de 0 à 24 j ne montrent malheureusement pas de différences notables de performances selon les aliments consommés.

Mélanges	1	2	3
Nombre de tours	20	40	80
CV chlorures (%)	43.0 a	10.8 b	13.1 b
CV chrome (%)	49.7 a	15.3 b	16.7 b
CV microtraceur rouge (%)	50.0 a	14.8 b	17.1 b
CV microtraceur bleu (%)	47.6 a	12.0 b	14.6 b
GMQ (g/j)	31.5	33.4	33.1
Consommation (g/j)	47.5	49.0	48.3
I.C. (g/g)	0.663	0.682	0.685

Tableau 3 : Extrait des résultats du premier essai de McCoy *et al.* (1994)

A l'issue de ce premier essai peu concluant, un second essai est conduit de 0 à 28 j sur 150 poulets. Celui-ci est conçu pour mettre en exergue un éventuel effet de l'hétérogénéité. Les différences obtenues (Tableau 4) ne sont alors pas significatives entre deux mélanges intermédiaires (2 et 3). Seul le mélange très hétérogène (1) se traduit par des résultats mauvais avec une faible consommation et une forte mortalité.

Mélanges	1	2	3
Nombre de tours	5	20	80
CV chlorures (%)	40.5 a	12.1 b	9.7 b
CV sodium (%)	44.5 a	23.2 b	22.8 b
CV traceur rouge (%)	53.4 a	16.6 b	11.3 b
CV traceur bleu (%)	53.9 a	17.0 b	10.6 b
GMQ (g/j)	23.6 a	30.0 b	30.3 b
Consom. (g/j)	43.1	51.5	52.7
I.C. (g/g)	0.548 a	0.583 b	0.575 b
Mortalité (%)	12	0	0

Tableau 4 : Extrait des résultats du second essai de McCoy *et al.* (1994)

Les derniers essais connus sont ceux publiés par Ciftci & Ercan (2003) réalisé sur 6 semaines sur 240 poulets en 3 lots et en utilisant le Chlorure de sodium comme traceur d'homogénéité. Ils utilisent également la durée de mélange comme stimulateur d'hétérogénéité (Tableau 5). Les CV des chlorures avec une analyse par titrimétrie vont de 38.4 % à 7.3 %.

Leurs résultats ne montrent pas d'effet significatif sur les poids moyen finaux des animaux, les gains moyens quotidiens, les prises alimentaires, les indices de consommation (Plutôt élevés), les mortalités, les rendements de carcasse, les épaisseurs de gras abdominaux. Le seul effet détecté est sur l'hétérogénéité des poids finaux qui s'affaiblit avec l'augmentation de l'homogénéité des mélanges.

Mélanges	Durée de mélange (mn)		
	0.2	0.59	3.75
CV Titrimétrie démarrage	38.4	11.9	7.3
CV Titrimétrie croissance	30.4	11.3	9.8
CV Titrimétrie finition	21.5	14.6	8.9
I.C. (Kg/kg)	1.906	1.923	1.869
Mortalité (%)	5.00	6.25	3.75
CV poids Males	9.5	8.1	7.4
CV poids Femelles	10.3	9.6	7.5

Tableau 5 : Extrait des résultats de Ciftci & Ercan (2003)

Ainsi, ces 4 essais ne sont pas en concordance les uns avec les autres :

- L'essai de Duncan met en évidence un effet, mais les moyens d'obtention de ces résultats sont méconnus.
- Les essais de McCoy *et al.* n'ont mis en évidence aucun effet ou alors ont mis en évidence un effet avec des CV voisins de 40 à 50 %.
- L'essai de Ciftci & Ercan ne perçoit un effet que sur l'homogénéité des poids finaux des animaux.

## 2. Porcs

En 1982, Goransson *et al.* ont publié les résultats d'essais comparant différents mélanges d'hétérogénéités croissantes obtenus lors de modes de transfert différents :

- mélange 1 : pas de transfert
- mélange 2 : transfert par vis et verse dans silo doté de déflecteurs
- mélange 3 : transfert pneumatique et verse dans silo vide

L'homogénéité est estimée au moyen de coefficients de variation calculés, entre autres, sur le taux de protéines totales et le taux de cendres. Les performances de croissance sont déterminées sur 3 groupes de 6 porcs en début de croissance de 20 kg à 100 kg (Tableau 6).

Mélanges	1	2	3
CV Protéines (%)	0.7	1.6	2.0
CV Cendres (%)	3.0	3.8	9.8
GMQ (g/j) *	577 (a)	562 (ab)	551 (b)
I.C. (g/g) *	3.31 (a)	3.44 (ab)	3.55 (b)

Tableau 6 : Extrait des résultats du premier essai de Goransson *et al.* (1982)

Ces résultats montrent effectivement une dégradation significative des performances des animaux (augmentation de l'indice de consommation, baisse du gain moyen quotidien) quand les coefficients de variation augmentent.

Les essais de Traylor *et al.* (1994) apportent plus de précisions, car ils portent sur les porcs et les porcelets. Leurs performances de croissances sont évaluées lors de la consommation d'aliments de différentes homogénéités obtenues par des durées de mélanges différentes. Les mélanges sont fabriqués dans un mélangeur horizontal à double ruban d'une capacité de 454 kg (Vitesse du mobile : 37 tr/mn) pendant 0, 0.5, 2 ou 4 minutes. Les deux traceurs utilisés (chrome et chlorure de sodium) montrent qu'un mélange de 4 minutes ne conduit pas à un coefficient inférieur à 5 % avec ce mélangeur.

Les résultats démontrent un effet positif de l'amélioration de l'homogénéité sur la croissance et les indices de consommation dans le cas des porcelets (Tableau 7), mais pas dans celui des porcs en finition (Tableau 8).

Durée de mélange (mn)	0	0.5	2	4
CV%(Cr)	106.5	28.4	16.1	12.3
GMQ (g)	s 267.6	376.5	381.0	399.2
Conso. (g)	s 598.7	712.1	703.1	721.2
IC (g/g)	s 2.24	1.89	1.85	1.81

**Tableau 7 : Extrait des résultats de l'essai sur Porcelets de Traylor *et al.* (1994)**

s : différence significative entre aliments  
ns : pas de différence significative

Durée de mélange (mn)	0	0.5	2	4
CV%(Cl)	53.8	14.8	12.5	9.6
Gain (g)	ns 775.6	807.4	793.8	784.7
Conso. (g)	ns 2943.8	2903.0	2884.8	2880.3
IC (g/g)	ns 3.80	3.60	3.63	3.67

**Tableau 8 : Extrait des résultats de l'essai sur Porcs de Traylor *et al.* (1994)**

s : différence significative entre aliments  
ns : pas de différence significative

Ces essais de Traylor *et al.* mettent ainsi en évidence que l'effet de l'homogénéité apparaît plus nettement dans le cas des jeunes porcs avec des différences significatives à tous les niveaux. Il convient de remarquer que chez les porcs les performances de consommation semblent légèrement dégradées (de manière non significative) avec un CV de 53.8 %, mais qu'un CV de 14.8 % ne conduit à aucune différence en comparaison avec un aliment ayant un CV de 9.6 %.

Ceci paraît confirmé par les travaux de Johnston *et al.* (1995) réalisés sur de jeunes truies. Ils ont pour

objectif de comparer leur alimentation à partir d'aliments homogénéisés en mélangeur ou directement dans l'auge selon quatre plans nutritionnels sur 15 semaines. Les aliments sont donnés en farine ad libitum. Dans ces essais, l'homogénéité n'est pas évaluée, mais les quatre plans d'alimentation mettent en évidence systématiquement l'intérêt de l'homogénéisation en mélangeur : mêmes GMQ, meilleurs IC, et moindres coûts finaux (Tableau 9).

Plans	Mélangeur				Auge			
	2	3	4	5	2	3	4	5
GMQ lb (ns)	1.88	1.89	1.92	1.84	1.85	1.90	1.93	1.90
CMQ lb (s)	6.29	5.97	6.18	6.09	6.40	6.26	6.56	6.51
IC lb/lb (s)	3.35	3.16	3.22	3.31	3.46	3.30	3.40	3.43
Coût aliment \$/lb	0.21	0.21	0.22	0.22	0.22	0.21	0.22	0.22
Coût animal \$/porcs	42.6	41.4	43.1	43.2	43.9	41.7	44.5	44.7

**Tableau 9 : Extrait des résultats des essais de Johnston *et al.* (1995) sur truies**

s : différence significative mélangeur/auge  
ns : pas de différence significative

Enfin, en 2014, Groesbeck *et al.* ont réalisé des essais sur des porcelets en 1<sup>er</sup> âge (0-14j) et deuxième âge (14-28 j). Ils signalent que les formules contiennent 2 fois plus de composants que celles de Traylor *et al.* (1994). Il y a 5 homogénéités toujours obtenues par des durées de mélange croissances : 0, 30, 60, 120, or 330 s. Pour chaque homogénéité, les croissances sont suivies sur 6 parquets de 6 porcelets. L'homogénéité est testée par les chlorures (400 µm) et les protéines.

	Durée de mélange (s)	Durée de mélange (s)				
		0	30	60	120	330
0-14j	CV Chlorures sacs (%)	26	20	16	11	7
	CV Protéines sacs (%)	29	14.3	6.1	4.0	2.0
	Gain (g)	190	249	245	256	280
	Conso. (g)	253	298	275	292	314
	IC (g/g)	1.33	1.20	1.12	1.14	1.12
14-28j	CV% Chlorures sacs (%)	56	45	40	33	12
	CV% Protéines sacs (%)	15.2	14.1	16.1	12.7	3.3
	Gain (g)	473	562	569	595	646
	Conso. (g)	687	822	793	841	889
	IC (g/g)	1.45	1.46	1.39	1.41	1.38
	Poids finaux (kg)	15.6	17.6	17.7	18.3	19.3

**Tableau 10 : Extrait des résultats des essais de Groesbeck *et al.* (2014) sur porcelet**

Ils concluent de leurs résultats (Tableau 10) que le CV optimal de cette étude est inférieur à celui de

Traylor et al. (1994), car le nombre d'ingrédients à faible taux d'incorporation dans les formules a augmenté : 7 % en période 1 – 12 % en période 2. Pour eux, « *Un mélange inapproprié à des effets négatifs sur la performance de croissance des porcelets* »

### 3. Conclusions

Ainsi, les résultats les plus récents montrent que l'effet de l'homogénéité n'est pas net. Il est peut être très difficile de mettre en évidence un effet simple d'un seul facteur quand les paramètres intervenant sur la croissance sont complexes.

Toutefois, il semble que l'effet de l'homogénéité soit plus clair sur les jeunes animaux (Poussin ou porcelet). Dans leur cas, un défaut d'homogénéité pourrait créer des déficiences qui se répercutent tout au long de leur croissance. D'autres essais seraient à concevoir pour tester l'effet de la variation de la dose prophylactique en face de la variation de consommation des animaux ou l'établissement de tolérances d'hétérogénéité validées par des impacts zootechniques.

### 4. Bibliographie

**Bruggemann J., Niesar K., 1965-1966.** Etude sur la fabrication industrielle des aliments composés. Influence sur le degré d'homogénéité d'un mélange, des propriétés morphologiques de ses composants. Ind. Alim. Animale n° 162, 39-61; 164, 61-73; 168, 41-63.

**Ciftci I., Ercan A., 2003.** Effects of diets of different mixing homogeneity on performance and carcass traits of broilers. J. An. And feed Sci., 12, 163-171.

**Dowler T.B., 1988.** The role of the mixer in the feed mill. Milling, Mai, 26-35.

**Goransson, L., Olsson, O., Larsson, K., 1982.** Effects of different handling systems on pig feed quality. An. feed sci. and Techn., 7, 11-26.

**Groesbeck C.N., Goodband R.D., J.M., Tokach M.D., Dritz S.S., Nelssen J.L., DeRouchey M.D., 2014.** Diet mixing time affects nursery pig performance. J. Anim. Sci., 85, 1793-1798.

**Jansen, H.D., 1992.** Misctechnik im futtermittelbetrieb. Anforderungen an mischanlage, arbeits und mischgenauigkeit. Die mulhe und mischfuttertechnik, 129, 20, 265-270.

**Johnston, S.L., Hines, R.H., Hancock, J.D., Behnke, K.C., Traylor, S.L., 1995.** Can augers be used to blend diets on the farm ? Kansas State University Swine Day Report.

**McCoy, R.A., Behnke, K.C., Hancock, J.D., McElhiney, R.R., 1994.** Effect of mixing uniformity on broiler chick performance. Poultry Science, 1994, 72, p. 443-451.

**Meschy (1993).** Bien nourrir les animaux en minéraux pour leur santé et leurs performances. Symposium VITOLMIN, Angers, 10 juin, 1-8

**Traylor, S.L., Hancock, J.D., Behnke, K.C., Stark, C.R., Hines, R.H., 1994.** Mix time affects diet

uniformity and growth performance of nursery and finishing pigs. Kansas State University Swine Day Report.

**Wade Robey, W., 1991.** Factors affecting the quality of finished feeds - Novus international, Proc. techn. Symp., p. 1-10.