



Salmonelles et alimentation animale

H. BEROFF (1), F. HUMBERT (1) et F. PUTIER (2)

(1) CNEVA - Ploufragan (Centre National d'Etudes Vétérinaires et Alimentaires). Zoopole de Beaucemaine, BP 53. 22 440 Ploufragan.
Tél. : 02 96 01 62 22 - Fax : 02 96 01 62 23

Email : f.humbert@cneva.ploufragan.fr

(2) TECALIMAN (Centre Technique des Aliments pour Animaux).
Rue de la Géraudière, BP 527. 44 026 Nantes cedex 03.

Tél. : 02 40 67 51 21 - Fax : 02 40 67 51 27

Email : Tecaliman@hol.fr

Cette synthèse bibliographique a été réalisée dans le cadre d'un programme financé par les fonds SYPRAM, intitulé "Maîtrise de la contamination par les Salmonelles, en aval du traitement thermique, dans les usines d'aliment du bétail".

Cette synthèse permet de :

- souligner l'existence des points à risque dans le process de fabrication des aliments,
- présenter l'intérêt, afin de mieux l'exploiter, du barème de traitement thermique (presse ou autre) en vue d'une destruction des Salmonelles,
- proposer des mesures préventives à mettre en place tout au long du process.

Pour plus de précisions ou de détails, on pourra se reporter à la version complète de cette synthèse bibliographique qui sera prochainement diffusée sous la forme d'un bulletin spécial par TECALIMAN.

I - Les données du problème

La fréquence de mise en évidence des Salmonelles dans les aliments pour animaux varie d'un pays à l'autre entre 1.6 % (selon une étude de ZINDEL et BENNETT aux Etats-Unis, Etat du Michigan en 1968) et 44 % (selon une étude de SMELTZER et coll. au

Royaume-Uni en 1980). Il faut préciser que le type de traitement subi par l'aliment conditionne son niveau de contamination final. Ainsi, les aliments "farines" sont souvent contaminés (2.8 à 58 %, selon les auteurs et les pays), tandis que les granulés sont plus rarement contaminés (0 à 1.4 %). Les miettes semblent un peu plus souvent contaminées que les granulés (3 %).

(1) Le SYPRAM a été créé en 1990 en vue de faciliter toute action d'intérêt collectif au profit des entreprises du secteur de l'alimentation animale avec des fonds apportés par les adhérents des trois associations suivantes :

- AMEB, Association pour le Maintien de l'Elevage en Bretagne,
- SNIA, Syndicat National des Industriels de la Nutrition Animale,
- SYNCOPAC, Fédération Nationale des Coopératives de Production et d'Alimentation Animales.

Pour l'industriel, la définition d'un indicateur de la présence de Salmonelles serait très intéressante en terme de gain de temps, de coût d'analyse et de fiabilité. C'est pourquoi des recherches ont été menées parmi les flores proches des Salmonelles d'un point de vue taxonomique. Le meilleur candidat comme indicateur du risque de la présence de Salmonelles est représenté par le groupe des Entérobactéries. Ce résultat est évoqué dans les travaux de KONIG (1995). Il est confirmé au terme d'un suivi de dix usines réalisé par le CNEVA et TECALIMAN, dans le cadre de ce même contrat, et dont les résultats ne sont pas encore publiés.

Maîtriser le risque de contamination en Salmonelles dans l'aliment peut passer par la mise en place, dans l'usine, d'une démarche H.A.C.C.P (Hazard Analysis Critical Control Point : analyse des dangers et des points critiques pour leur maîtrise) qui permet d'abord la mise en évidence des zones les plus à risque ; les travaux de DAVIES et WRAY (1997) et ceux du CNEVA et de TECALIMAN (résultats non encore publiés) s'accordent pour désigner les fosses de réception et le refroidisseur comme les zones où les Salmonelles sont le plus souvent mises en évidence.

La zone qui semble être la moins contaminée est la presse (DAVIES et WRAY (1997) et DIPL (1991)). Cependant, quand l'usine est arrêtée le week-end, les portes de presse et les conduits en sortie de presse deviennent aussi une zone à risque (humide et chaude), comme le soulignent BOLOH (1995), KÖNIG (1995) et ISRAELSEN et coll. (1996b).

Enfin, une des sources de recontamination du produit fini est le camion de transport (DIPL (1991), RIEMANN (1995)), ce qui se confirme dans la partie de l'étude en cours menée par TECALIMAN et le CNEVA, et concernant les camions de livraison.

II - Les facteurs de résistance des Salmonelles

La lutte contre les Salmonelles nécessite la connaissance de leurs capacités de résistance et des facteurs qui limitent leur croissance (= multiplication).

L'optimum de croissance des Salmonelles dans l'aliment se situe entre 35°C et 37°C (BEUMER, 1992), mais ces bactéries sont capables de se multiplier entre 7°C et 46°C. KÖNIG (1995) montre que la flore "artificielle" résiste moins bien à la chaleur que la flore "naturelle". Cela signifie qu'une contamination secondaire, apportée par les rongeurs, peut être éliminée plus facilement qu'une contamination intrinsèque apportée par une ou des matières premières.

L' a_w (activity of water : activité de l'eau) est un facteur important pour la multiplication des bactéries. Cette valeur comprise entre 0 et 1 traduit la quantité d'eau (eau libre + eau liée) contenue dans un produit. Plus l' a_w est proche de 1, et plus les Salmonelles se multiplient (et ce, à partir de 0.92). S'il y a moins d'eau dans le produit, les Salmonelles survivent, mais ne se multiplient pas. En revanche, ce stress dû à la déshydratation, augmente leur résistance thermique (propos rapportés par RIEMANN (1968), CORRY (1974), DURAND et coll. (1990)).

Dans un aliment sec, c'est-à-dire contenant moins de 14 % d'humidité, les Salmonelles ne se multiplient pas ; elles sont à l'état de vie ralentie, mais sont revivifiables si le taux d'humidité dépasse 25 à 30 % ((BEUMER (1992), ISRAELSEN et coll. (1994), VAHL (1995)).

La résistance des bactéries à ces différents facteurs (température, humidité, a_w) peut être modifiée par le type de "matrice" (c'est-à-dire la structure qui entoure les bactéries). Ainsi, la présence de

solutés, tels que les sucres, "protège" les Salmonelles car leur résistance thermique est augmentée (CORRY (1974)).

III - Les moyens de lutte contre les Salmonelles

1. La presse à granuler

Lors du process industriel, la granulation, qui associe un traitement hydrothermique et thermomécanique, diminue la contamination en Salmonelles. Les essais réalisés en atelier pilote par TECALIMAN et le CNEVA (repris dans le bulletin spécial TECALIMAN N°22, février 1996) sur des produits naturellement ou artificiellement contaminés prouvent que le barème minimum de 85°C pendant 90 secondes permet de réduire la proportion d'échantillons positifs en Salmonelles de 100 % à 0 % en sortie de presse (l'échantillon au départ étant contaminé par 1000 Salmonelles/g). Selon HANSEN et ISRAELSEN (1997), une granulation menée à 81°C et à 10 % d'humidité permet une réduction de 99 % des Salmonelles, ce qui est insuffisant pour assurer une décontamination totale compte tenu du taux et de la fréquence de contamination de certaines matières premières. Ainsi, certains barèmes de traitement thermique correspondant soit à une diminution soit à une destruction des Salmonelles, et préconisés par certains auteurs, sont répertoriés dans le tableau 1.

En ce qui concerne le traitement de granulation avec le système APC (Anaerobic Pasteurizing Conditioning System), il semble que le barème optimal pour détruire les Salmonelles soit de : 82.9 °C +/- 2.1 appliqué pendant 4.3 min. +/- 0.4, avec un taux d'humidité de 16.3 % +/- 0.3 (Mc CAPES et coll. (1989).

Tableau 1 - Barèmes de traitement thermique obtenus avec une presse, et préconisés par différents auteurs

	Barème			Auteurs
	Temps	Température	Humidité	
Pour une diminution des Salmonelles :	qques sec.	≥ 80 °C		VOETEN et VAN DE LEEST (1989)
		≥ 82 °C	18 %	COVER, cité par HIMATHONGKHAM et coll. (1996)
	90 sec.	93 °C	15 %	HIMATHONGKHAM et coll. (1996)
Pour une destruction des Salmonelles :	4.1 min	85.7 °C	14.5 %	Mc CAPES, cité par CANTOR (1990)
	4.41 min	89 °C	12 %	
	4.41 min	83 °C	13 %	
	2 min	80 °C		VAHL (1995)
		88 °C	15 %	JOHN (1990)
	2.5 à 3 min	87.8 °C		CAROLL et WARD (1967) cités par CRANE et coll. (1972)

■ 2. Les traitements d'extrusion et d'expansion

Qualifiés aussi de traitements HTST (High Temperature Short Time), ils permettent une meilleure efficacité dans la destruction des Salmonelles grâce aux niveaux élevés des températures atteintes (de l'ordre de 120 à 135 °C) et de la pression (de l'ordre de 50 bars) (ISRAELSEN et coll. (1996a), NAGARAJA (1989)). Selon ces mêmes auteurs, un traitement à 90 °C permet une diminution des Salmonelles de 5 log (3100 à 0.02 bactéries/g).

■ 3. Le traitement chimique

Les procédés chimiques tels que l'acidification peuvent compléter de manière efficace l'effet décontaminant des traitements thermiques. Les acides organiques les plus efficaces sont dans l'ordre l'acide formique, puis les acides acétique, propionique et lactique (ADAMS (1991), LANGLOIS (1993)). L'acide formique agit sur la stabilité des protéines (selon FRANCO (1994)). L'action des acides sur les cellules bactériennes se traduit donc par un

blocage du métabolisme, ce qui aboutit d'abord à l'arrêt de la multiplication des cellules, puis, à plus long terme, à leur destruction.

L'efficacité des acides dépend de leur concentration : à faible dose (0.7 % en masse/masse), CHERINGTON et coll. (1991) montrent que l'efficacité des acides est pratiquement nulle. Il faudrait atteindre des doses de 20 à 30 kg/t selon ADAMS (1991) pour détruire les Salmonelles ; mais d'autres problèmes apparaissent alors : inappétence de l'aliment, corrosion des circuits.

Outre la concentration, l'efficacité décontaminante d'un acide dépend aussi :

- de la température : l'efficacité est meilleure à 37 °C qu'à température ambiante (CHERRINGTON et coll. (1991)),
- du pH : les acides sont efficaces, lorsqu'ils peuvent diffuser sous forme non dissociée à l'intérieur des bactéries et y libérer protons et cations (HINTON, 1996). Mais le pH de dissociation est caractéristique de chaque acide et pour

un pH donné, un acide peut déjà être majoritairement sous sa forme dissociée, donc moins actif.

- du temps d'action : l'efficacité est optimale au bout de 24 h selon BEUMER (1992) et GARLAND (1995). HINTON (1996) suggère alors de traiter pendant le stockage.
- de l' a_w : les acides seraient actifs à partir d'une a_w de 0.93 selon CHERRINGTON et coll. (1991).

RENGGLI (1996) propose d'incorporer 6 % d'acide propionique aux matières premières pour la décontamination et 1 % aux produits finis pour la prévention de la recontamination.

Cependant, les travaux de COTTIN et coll. (1995), sur les tests d'efficacité de 12 acidifiants montrent d'une part qu'aucun d'entre eux n'acidifie le produit aux doses préconisées par les fabricants, et d'autre part, qu'aucun n'élimine totalement des Salmonelles artificiellement introduites dans l'aliment à la dose de 105 Salmonelles/g.

IV - Conclusion et recommandations

Les recommandations pratiques qui doivent être proposées aux industriels ont deux objectifs majeurs : la décontamination de l'aliment et la prévention de sa recontamination (RENGGLI (1996)). La maîtrise de la contamination salmonellique dépend d'un ensemble de mesures qu'il faut prendre, depuis la réception des matières premières jusqu'au chargement des produits finis (GARLAND (1995)).

■ Sélectionner ses matières premières :

Il s'agit d'éviter les matières premières très contaminées telles que les farines animales et les tourteaux (ISRAELSEN (1996b), CANTOR (1990), RENGGLI (1996)), mais surtout de sélectionner ses fournisseurs et l'origine des matières premières en préférant ceux qui intègrent des mesures de contrôle des Salmo-

nelles (JONES et RICHARDSON (1996)). Enfin, le contrôle visuel des ingrédients avant déchargement est indispensable (JONES et RICHARDSON (1996)).

■ Maîtriser le traitement thermique :

Ce point a été largement développé ci-dessus. Un excellent réglage de la presse (temps-température) qui ne doit pas dépendre uniquement des qualités technologiques à atteindre, ainsi qu'un système de mesure fiable permettant d'effectuer une véritable contrôle de ces deux paramètres sont nécessaires.

■ Maintenir ses équipements chauds et secs :

les points de condensation doivent être connus pour être maîtrisés. Selon ISRAELSEN et coll. (1996a) et VAHL (1995), ces points se situent dans la chambre de préchauffage avant la presse et le refroidisseur, et à l'intérieur du refroidisseur, dans la partie haute là où le flux d'air

est lent. Ces mêmes auteurs (ainsi que GARLAND (1995)) préconisent une isolation thermique de ces zones de condensation, une ventilation, voire un préchauffage des installations.

■ Éviter les dépôts :

En évitant les zones mortes et les angles dans les installations (VAHL, 1995). Une inspection régulière par les trappes d'accès en vue d'éliminer les dépôts est nécessaire selon VAHL (1995) et JOHN (1990). La circulation d'un mix de nettoyage constitué de céréales et d'acides organiques est proposée par GARLAND (1995).

■ Maîtriser l'air de refroidissement - séchage :

Il est conseillé de prélever l'air dans un endroit propre et peu agité (GARLAND (1995), VAHL (1995)) voire de le filtrer (GARLAND (1995), BOLOH (1995), JONES (1996)). L'étude en cours menée par TECALIMAN et le CNEVA confirme que prélever

Tableau 2 - Préconisations des modes et des fréquences de nettoyage des installations

Lieu	Procédure	Fréquence	Auteur
Quai de réception	Nettoyer après livraison pour ne pas laisser de nourriture aux rongeurs	après chaque jour de livraison	JONES (1996)
	Couvrir la fosse	après chaque jour de livraison	
	Drainer correctement la fosse		
Camions de livraison	Nettoyer les camions	à l'arrivée	JONES (1996)
	Désinfection par pulvérisation	avant chargement	MONTOYA (1996)
Silos	Désinfection des silos au formol	chaque semaine	BOLOH (1995)
Parois du conditionneur + conduit après le conditionneur	Nettoyer par grattage	tous les jours	MONTOYA (1996)
Cellules de stockage	Vider et nettoyer par grattage	tous les 2 mois	MONTOYA (1996) GARLAND (1995)
Zones de convoyage	Nettoyer	régulièrement en fonction de l'inspection	GARLAND (1995)
Espace mort au bas des pieds d'élévateur	Prévoir un système d'auto-nettoyage et une trappe d'évacuation des résidus		GARLAND 1995
Conditionneur, refroidisseur	Désinfection à l'air chaud par préchauffage à 85°C, 15 min.	chaque semaine	MONTOYA (1996)
Tour de traitement thermique	Désinfection par thermonébulisation	2 fois par mois	MONTOYA (1996)
Machines	Désinfection au formol	hebdomadaire	BOLOH (1995)

l'air dans l'atelier comporte un plus grand risque de recontamination du produit que de le prélever à l'extérieur de l'usine et dans une zone propre (résultats non publiés).

■ **Nettoyer et désinfecter les équipements :**

Le tableau N°2 (page 30) récapitule les fréquences de nettoyage en fonction des zones de l'usine, telles qu'elles sont préconisées par différents auteurs.

■ **Prendre des mesures d'hygiène générale :**

◆ *concernant les produits :*

- séparer le circuit "matières premières" du circuit "produit fini" (JOHN, 1990, VAHL, 1995) ,
- séparer les produits traités des produits non traités (RENGGLI, 1996),

- utiliser des acides organiques contre la recontamination (CANTOR, 1990), mais il est possible que les doses efficaces rendent les aliments inappétants.

- ne pas réintroduire les résidus de balayage dans les silos de produits finis (VAHL, 1995),

- tout aliment "suspect" doit être reconduit avant la zone décontaminante (avant la granulation ou avant la stérilisation des farines) (VAHL, 1995).

◆ *concernant le personnel :*

- former le personnel à l'hygiène (RENGGLI, 1996),
- désinfection ou changement des chaussures pour le personnel venant de la zone des matières premières et allant vers celle des produits finis (JOHN, 1990),

- hygiène du personnel au niveau des sanitaires (VAHL, 1995).

◆ *concernant le matériel et les installations :*

- ne pas apporter de matériel humide dans l'usine (JONES, 1996),
- avoir des balais, pelles, outils spécifiques à chaque zone (JOHN, 1990),
- fermer les installations de production (RENGGLI, 1996).

◆ *concernant le transport :*

- transporter l'aliment dans des camions secs, propres et bien fermés (JOHN, 1990),
- spécialiser les camions dans le transport des produits traités thermiquement (TECALIMAN).

Références bibliographiques

ADAMS, C. A. (1991). A review of chemical treatment of raw materials and finished products in reducing pathogens. *Feed Compounder*, 11, 30-33.

BEUMER, I. H. (1992). Möglichkeiten der Salmonellen-Dekontamination von Futtermitteln (Possibilités d'élimination des Salmonelles dans les aliments pour animaux). *Die Mühle + Mischfuttertechnik*, 129, 45, 639-645.

BOLOH, Y. (1995). Chauffer l'aliment contre les Salmonelles. La filière volaille a-t-elle besoin de traitements thermiques ? *Revue de l'Alimentation Animale*, 488, 3132.

CANTOR, A. H. (1990). Elimination Of Salmonella At Source - An Overall Program For Feed Manufacturers And Meat Processors. *Biotechnology in the Feed Industry*. In proceedings of Alltech's Sixth Annual Symposium, 379-390.

CHERRINGTON, C. A., CHOPRA, I. and HINTON, M. (1991). Acid treatment of feed for the control of Salmonella infections in poultry. *Veterinary Annual*, 31, 9095.

COTTIN, S., DONIO, C., COLIN, P. (1995). Décontaminer les aliments

pour volailles. Effet de douze acidifiants sur Salmonella typhimurium. *Revue de l'Alimentation Animale*, 485, 34-38.

CORRY, J. E. L. (1974). The Effect of Sugars and Polyols on the Heat Resistance of Salmonellae. *Journal of Applied Bacteriology*, 37, 31-43.

CRANE, F. M., HANSEN, M., YODER, R., LEPLEY, K. and COX, P. (1972). Effect of Processing Feeds on Molds, Salmonella And Other Harmful Substances in Feeds. *Feedstuffs*, June, 34-35.

DAVIES, R., H. and WRAY, C. (1997). Distribution of Salmonella contamination in Ten Animal Feedmills. *Veterinary Microbiology*, 51, 159 - 169.

DIPL (1991). Dekontamination pathogener Keime in Futtermitteln (Possibilités d'élimination des pathogènes dans les aliments pour animaux). *Die Mühle + Mischfuttertechnik*, 128, 25, 315-319.

DURAND, A. M., GIESECKE, W. H., BARNARD, M-L., VAN DER WALT, M. L. and STEYN, H. C. (1990). Salmonella isolated from feeds and feed ingredients during the period 1982-

1988 : Animal and public health implications. Onderstepoort. *Journal of Veterinary Research*, 57, 175-181.

FRANCO, D. (1994). The North American rendering industry Salmonella control initiative. *Proceedings of the Eastern Nutrition Conference*, College Inn, Guelph, Ontario, Canada, April 19-20, 139-153.

GARLAND, P. (1995). Salmonella control in feed manufacturing. *Feed International*, July, 40-46.

HANSEN, I. D. et ISRAELSEN, M. (1997). L'expérience de l'industrie de l'alimentation animale danoise dans la maîtrise des contaminations par les Salmonelles. In *Nouvelles contraintes réglementaires et contractuelles en matière de sécurité alimentaire*. Conséquence pour les usines, Symposium TECALIMAN, avril 1997, Nantes, Bulletin spécial N°26, 77-95.

HIMATHONGKHAM, S., PEREIRA, M. G., and RIEMANN, H. (1996). Heat Destruction of Salmonella in Poultry Feed : Effect of Time, Temperature and Moisture. *Avian Diseases*, 40, 72-77.

.../...

Références bibliographiques (suite)

- HINTON, M. (1996). Organic acids for control of Salmonella. Supplement of World Poultry - Misset, May, 33.
- ISRAESEN, M., BUSK, J., VIRSOE, M. and HANSEN, I. D. (1996, a). Reduction of Salmonella in compound feed by expanding and pelleting. In Report N° 96-2-1, Biotechnological Institute. Kolding, Denmark, 1-13.
- ISRAESEN, M., HANSEN, I. D. and JACOBSEN, E. (1996, b). Key point for practical control : Don't grow Salmonella in the pellet cooler. Feed International, 34-38.
- ISRAESEN, M., JACOBSEN, E. E. and HANSEN, I. D. (1994). High product temperature key to Salmonella control. Feedstuffs, February 28, 31-37.
- JOHN, R. E. (1990). Controlling salmonella-Focusing on the feedmill. Feed International, December, 26-35.
- JONES, F. and RICHARDSON, K. (1996). Fallacies exist in current understanding of Salmonella. Feedstuffs, 68, 22-25.
- KÖNIG, H. G. (1995). Salmonella - Dekontamination von Futtermitteln mit Hilfe der Expandertechnik. Die Mühle + Mischfüttertechnik, 132 (31), 508-510.
- LANGLOIS, B. E. (1993). Ensuring the Absence of Salmonella by Effective Sanitation Systems : the Possible Role of Novel Disinfectants Such as Chlorine Dioxide. Proceedings of the Alltech Biotechnology Center's, 9th Annual Symposium, Biotechnology in the feed industry, 111-122.
- McCAPES, R. H., EKPERIGIN, H. E., CAMERON, W. L., RITCHIE, W. L., SLAGTER, J., STANGELAND, V. and NAGARAJA, K. V. (1989). Effect of a New Pelleting Process on the Level of Contamination of Poultry Mash by Escherichia coli and Salmonella. Avian Diseases, 33, 103-111.
- MONTOYA, V. (1996). Salmonelles-La guerre est déclarée. Revue de l'Alimentation Animale, 502, 48-50.
- RENGGLI, F. (1996). Preventing an on-farm infection through proper feed treatment. World Poultry-Misset, Supplement, May, 34-35.
- RIEMANN, H. (1968). Effect of Water Activity on the Heat Resistance of Salmonella in "Dry" Materials. Applied Microbiology, 16, 1621-1622.
- RIEMANN, H. (1995). Destruction of Salmonella in feed. In Proceedings of the Annual Meeting of the USAHA, 99, 178-180.
- SMELTZER, T., THOMAS, R., TRAN-TER, G. and KLEMMT, J. (1980). Microbiological quality of queensland stok-feeds with special reference to Salmonella. Australian Veterinary Journal, 56, 335-338.
- VAHL, I. J. (1995). Breaking the Salmonella chain at the feed mill. Feed Mix, 3, 14-17.
- VOETEN, A. C. and VAN DE LEEST, L. (1989). Influence of the pelleting temperature used for feed on Salmonella infection in broilers. Archiv für Geflügelkunde, 53, 225-230.
- ZINDEL, H.C. and BENNETT, M. V. (1968). Salmonellae in Poultry Feeds. Poultry Science, 47, 1925-1928.