

Salmonelles et alimentation animale

H. Beroff*, F. Humbert* and F. Putier**

* CNEVA

** TECALIMAN

Cet i'Tec résume une synthèse bibliographique (i'Doc_S10) qui 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.

1. 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 al.* 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 %).

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 König (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 HACCP qui permet d'abord la mise en évidence des **zones les plus à risque** ; les travaux de Davies & 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 & Wray, 1997 – 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 al.* (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.

2. 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 al.*, 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 al.*, 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).

Les moyens de lutte contre les Salmonelles sont déclinés dans les chapitres suivants.

2.1. 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 (i'Doc_S6, 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 & 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.

	Barème			Auteurs
	Temps	Température	Humidité	
Pour une diminution des Salmonelles	quelques sec.	≥ 80 °C		Voeten & Van De Leest (1989)
		≥ 82 °C	18 %	Cover, cité par Himathongkham <i>et al.</i> (1996)
	90 sec.	93 °C	15 %	Himathongkham <i>et al.</i> (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 & Ward (1967) cités par Crane <i>et al.</i> (1972)

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

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 al.*, 1989).

2.2. 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 al.*, 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).

2.3. 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), Cherrington *et al.* (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 al.*, 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 cathions (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 al.* (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 al.* (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 10^5 Salmonelles/g.

3. 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).

3.1. 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 Salmonelles (Jones et RICHARDSON, 1996). Enfin, le contrôle visuel des ingrédients avant déchargement est indispensable (Jones & Richardson, 1996).

3.2. 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.

3.3. Maintenir ses équipements chauds et secs :

les points de condensation doivent être connus pour être maîtrisés. Selon Israelsen *et al.* (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.

3.4. Eviter 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).

3.5. 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 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).

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'élevateur	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)

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

3.6. Nettoyer et désinfecter les équipements :

Le Tableau 2 récapitule les fréquences de nettoyage en fonction des zones de l'usine, telles qu'elles sont préconisées par différents auteurs.

3.7. 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),
- prévoir des bacs de désinfection 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).

4. Références bibliographiques

Elles sont disponibles dans l'i'Doc_S10.