



Les germes pathogènes dans l'industrie agroalimentaire

VÉRONIQUE ZULIANI ET PASCAL GARRY

CTSCCV, 7 avenue du Général de Gaulle, 94704 Maisons-Alfort Cedex

Avec l'aimable autorisation de la revue "Salles propres" qui a publié cet article dans son numéro 31 d'avril 2004, pages 12-16.

RÉSUMÉ

Bactéries, champignons, parasites, virus : quels sont les micro-organismes pathogènes auxquels doit faire face l'industrie agroalimentaire ? Les auteurs de cet article dressent la liste des germes impliqués dans les toxi-infections ou les intoxications alimentaires.

Nos aliments sont rarement stériles. Ils contiennent habituellement des micro-organismes qui pour la plupart sont inoffensifs, certains d'entre eux sont mêmes essentiels au développement de la saveur. C'est le cas pour de nombreux produits de charcuterie / salaison (saucisson, saucisses...), laitiers (fromages, yaourt) ou végétaux (pain, choucroute, bière, vins) pour lesquels la flore microbienne est dite positive.

En revanche, d'autres micro-organismes peuvent avoir un effet négatif sur un aliment. On distingue les micro-organismes d'altération qui peuvent être à l'origine de dégradations organoleptiques ou nutritionnelles (fermentations ou développement d'arômes indésirables) et entraînent une diminution de la durée de vie des aliments, des microorganismes pathogènes qui prolifèrent ou libèrent des toxines en causant ainsi des infections ou des intoxications après ingestion par le consommateur. Parmi les microorganismes pathogènes, on compte des bactéries, des champignons, des parasites et des virus.

En 2001, en France, 6 800 cas de toxi-infections alimentaires collectives ont été dénombrés (Haeghebaert *et al.*, 2002). Véritable problème de santé publique, ces infections sont également responsables de lourdes pertes économiques (retrait ou destruction de produits). Pour les professionnels, il est donc essentiel de connaître

les sources de contamination possibles et les germes dont le développement est potentiellement adapté au produit et à son procédé.

Source de contamination par des pathogènes et développement des micro-organismes dans les aliments.

Les germes pathogènes ubiquitaires, c'est-à-dire présents et véhiculés par l'eau ou le sol, sont à l'origine de contamination primaire des matières premières alimentaires. *Salmonella*, *Shigella*, *Yersinia* ou *Listeria* sont les germes pathogènes les plus fréquemment isolés d'échantillons d'eau ou de sol. Par la suite, lorsque les matières premières sont transformées, elles sont susceptibles d'être contaminées par d'autres micro-organismes présents, même à faible concentration, dans l'usine. Cette niche écologique évolue en fonction de l'environnement de l'usine (air, surface, matériels, personnels...) et des processus technologiques conduisant au produit fini (Bourgeois *et al.*, 1996).

Dans l'usine, les risques de contamination peuvent être réduits en optimisant sa conception et en appliquant des règles d'hygiène appropriées (nettoyage, désinfection...).

Les processus technologiques sont à l'origine de la sélection de la flore psychrotrophe (*Listeria*, *Escherichia*, *Yersinia*, *Aeromonas*) pour les aliments

Les germes pathogènes dans l'industrie agroalimentaire

réfrigérés, ou de germes sporulés (*Clostridium perfringens*, *Bacillus cereus*) pour les aliments ayant subi un traitement par la chaleur. Les micro-organismes sont également sensibles à nombre de modifications physico-chimiques appliquées à la matière première. Outre la température, le pH, l'activité de l'eau (a_w) ou le potentiel d'oxydoréduction peuvent évoluer et favoriser la colonisation préférentielle par un micro-organisme pathogène particulièrement adapté à ce nouvel environnement (Tableau 1).

Dans le cas particulier des abattoirs, la contamination des carcasses est souvent causée par des germes présents sur la peau, les plumes (*Staphylococcus*, *Listeria*) ou dans le tube diges-

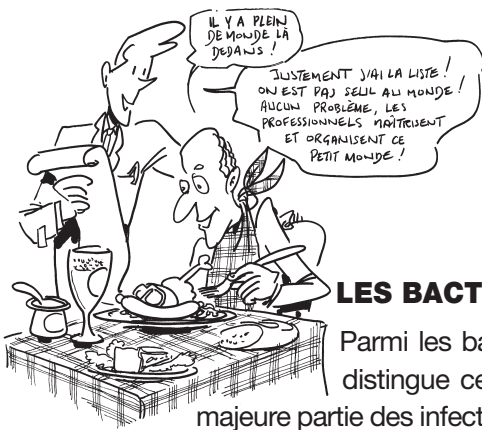
tif et les muqueuses (*Campylobacter*, *Yersinia*, *Shigella*, *Salmonella*, *Escherichia*) des animaux (James *et al.*, 1999).

Les principaux germes impliqués dans les toxi-infections ou les intoxications alimentaires et les aliments associés.

Les toxi-infections alimentaires sont des maladies contractées en consommant des aliments dans lesquels les germes pathogènes présents se sont par la suite multipliés dans le contenu intestinal. Les intoxications sont provoquées par l'ingestion d'aliments contenant une ou des toxines, produites par des micro-organismes pathogènes.

Organismes	T (°C)	pH	a_w
<i>Aspergillus flavus</i>	6 - 45	1,5/3,5 - 8/11	> 0,78
<i>Bacillus cereus</i>	10 - 49	4,9 9,3	> 0,93
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	12,8 - 40	5 - 9,6	> 0,94
<i>Escherichia coli</i>	2,5 - 45	4,6 - 9,5	> 0,94
<i>Campylobacter jejuni</i>	25 - 42	5,5 - 8	NR
<i>Yersinia enterocolitica</i>	1 - 44	4,4 - 9	NR
<i>Listeria monocytogenes</i>	2 - 45	4,8 - 9,6	> 0,95
<i>Aeromonas hydrophila</i>	0 - 45	4,5 - ?	> 0,96
<i>Salmonella spp.</i>	6,5 - 47	4,5 - ?	> 0,95
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	12,8 - 40	5 - 9,6	> 0,94
<i>Shigella spp.</i>	> 8 - < 45	? - 9 - 11	NR
<i>Staphylococcus aureus</i>	7 - 45	2,6 - 10	> 0,86
<i>Clostridium perfringens</i>	6 - 52	5,5 - 8	> 0,93
<i>Clostridium botulinum</i>			
A & B	10 - 50	4,7 - 9	> 0,93
Non protéolytique	5 - ?	4,7 - 9	NR
E	3,3 - 15-30	4,7 - 9	> 0,95
F	4 - ?	4,7 - 9	> 0,97

TABLEAU I. Valeurs minimales et maximales de température, pH et a_w de germes pathogènes (Haeghebaert *et al.*, 2002 ; ICMSF, 1996 ; Organisation mondiale de la santé, 1997).



LES BACTÉRIES

Parmi les bactéries pathogènes, on distingue celles responsables de la majeure partie des infections alimentaires de celles responsables de cas sporadiques (Organisation mondiale de la santé, 1997) (Tableau 2).

Cependant du point de vue de la gravité de la pathologie, la hiérarchie est totalement différente. En effet, en 2001, *Listeria monocytogenes* a été responsable en France de 187 cas signalés d'infection alimentaire (Haeghebaert *et al.*, 2002), ce qui représente moins de 4 % des infections alimentaires totales ; cependant, du fait de son fort

taux de mortalité (décès de 20 à 30 % des personnes contaminées, principalement immunodéprimées - Larpent, 2000a), la listériose est une maladie à déclaration obligatoire depuis 1998 (Goulet *et al.*, 2004). *A contrario*, 1726 personnes ont contracté une salmonellose en France en 2001 (Haeghebaert *et al.*, 2002) ; cependant, une mortalité inférieure à 1 % a été observée. Les bactéries à l'origine des infections ou intoxications sont souvent associées à des aliments particuliers du fait de leurs caractéristiques physico-chimiques, de leurs conditionnements ou des températures de conservation... (Tableau 3).

Bactéries impliquées majoritairement dans les toxi-infections ou les intoxications alimentaires	Bactéries responsables de cas sporadiques dans les toxi-infections ou les intoxications alimentaires
<i>Salmonella spp.</i>	<i>Clostridium botulinum</i>
<i>Staphylococcus aureus</i>	<i>Escherichia coli</i>
<i>Clostridium perfringens</i>	<i>Campylobacter jejuni</i>
<i>Bacillus cereus</i>	<i>Listeria monocytogenes</i>
	<i>Yersinia enterocolitica</i>
	<i>Aeromonas hydrophila</i>
	<i>Shigella</i>
	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>

TABLEAU II. Principales bactéries pathogènes responsables d'infections ou d'intoxications alimentaires (Bourgeois *et al.*, 1996 ; Haeghebaert *et al.*, 2002 ; Larpent, 2000b).

Bactéries impliquées majoritairement dans les toxi-infections ou les intoxications alimentaires	Principaux aliments associés
<i>Salmonella spp.</i>	Œufs, produits à base d'œufs, viande crue
<i>Staphylococcus aureus</i>	Lait, produits laitiers, viande, œufs, produits à base d'œufs, charcuterie, volaille, poisson, fruits de mer
<i>Clostridium perfringens</i>	Viande, volaille, poisson, fruits de mer
<i>Bacillus cereus</i>	Lait cru, viande, végétaux
<i>Clostridium botulinum</i>	Aliments en conserve, jambon cru, miel
<i>Escherichia coli</i>	Viandes, lait cru, steaks hachés
<i>Campylobacter jejuni</i>	Lait cru, viande, volailles
<i>Listeria monocytogenes</i>	Lait cru, fromages à pâte molle, glace, poissons fumés, légumes crus, charcuterie
<i>Yersinia enterocolitica</i>	Lait cru, glace, végétaux, porc cru
<i>Aeromonas hydrophila</i>	Fruits de mer, viande rouge, volaille, lait cru
<i>Shigella</i>	Légumes crus, fruits crus, lait, (steaks hachés ?)
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	Fruits de mer, poissons, viande

TABLEAU III. Bactéries identifiées et aliments associés (Bourgeois *et al.*, 1996 ; Haeghebaert *et al.*, 2002).

Les germes pathogènes dans l'industrie agroalimentaire

LES SALMONELLES

Les salmonelles sont des bactéries Gram -, anaérobies facultatives. La salmonellose est la toxoinfection alimentaire collective (TIAC) la plus fréquente en France en 2001 (64 % des TIAC) (Haeghebaert et al, 2002). Les principaux sérotypes impliqués dans les TIAC sont *Enteritidis* et *Typhimurium* (ICMSF, 1996).

Il existe des porteurs sains de salmonelles qui hébergent dans leur tractus digestif ces bactéries de manière transitoire ou permanente. Ils sont susceptibles d'être à l'origine de contamination des aliments au cours de la transformation des produits.

CLOSTRIDIUM PERFRINGENS

Clostridium perfringens est un germe sporulé à Gram +, anaérobie. Il a été identifié comme agent responsable de 2,9 % des TIAC en 2001, en France (Haeghebaert et al., 2002). Très résistante à la chaleur sous la forme de spores, la bactérie peut se développer rapidement lorsque les aliments sont maintenus trop longtemps à température ambiante.

BACILLUS CEREUS



Bacillus cereus, sporulé à Gram +, est normalement aérobie mais aussi anaérobie facultatif. Il a été responsable de 2,9 % des TIAC en 2001 en France (Haeghebaert et al., 2002). Les toxines (émétique ou diarrhéique) peuvent être produites dans les aliments ou lors de la multiplication

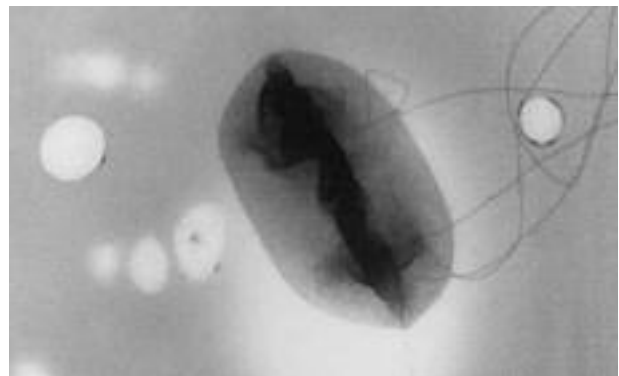
cellulaire de la bactérie dans le tube digestif. L'entérotoxine diarrhéique est thermolabile (5 min à 56°C). En revanche la toxine émétique peut résister 90 min à 120°C (Larparent, 2000b).

CLOSTRIDIUM BOTULINUM

Cette bactérie, sporulée à Gram +, anaérobie, provoque une intoxication, le botulisme. Cette intoxication a une dose infective faible, de l'ordre de 0,2 µg (Larparent, 2000b). Très résistantes à la chaleur sous la forme de spores, les bactéries peuvent se développer lorsque les conditions sont plus favorables.

La toxine peut être facilement détruite par la chaleur.

ESCHERICHIA COLI



C'est une bactérie Gram -, anaérobie facultative. Les pathologies les plus graves sont rencontrées avec les *Escherichia coli* entérohémorragiques dont le chef de file est *Escherichia coli* O157:H7 (Centre d'information des viandes, 2002). Elles produisent de puissantes toxines appelées "vérotoxines" responsables des pathologies. En France, l'origine alimentaire de ces maladies n'est pas vérifiée. *Escherichia coli* O157:H7 a été cependant mise en cause dans des épidémies d'origine alimentaire aux États-Unis, au Canada ainsi qu'en Écosse et au Japon (ICMSF, 1996).

STAPHYLOCOCCUS AUREUS

Cette bactérie, Gram +, est une anaérobie facultative responsable d'intoxication par ingestion d'une entérotoxine (Sandel et McKillip, 2004).

Cette toxine est détruite par la chaleur (supérieure à 60°C) ou le froid (inférieur à 7°C), sa dose infectieuse est très faible, de l'ordre de 1 ng (Larpen, 2000b). En 2001, *Staphylococcus aureus* a été à l'origine, en France, de 15,8 % des TIAC (Haeghebaert *et al.*, 2002).



Il existe des porteurs sains de *Staphylococcus aureus*. Le portage dans la gorge et les fosses nasales de cette bactérie concerne 30 à 40 % de la population (Centre d'information des viandes, 2002).

LISTERIA MONOCYTOGENES



Listeria monocytogenes est une bactérie aérobie/microaérophile à Gram +. Son incidence en France est faible (environ 4,4 cas par million d'habitants) ; néanmoins sa dose infectieuse est basse chez les personnes immunodéprimées (personnes ayant une maladie ou un traitement entraînant une diminution de l'immunité) et les femmes enceintes. C'est une bactérie psychro-

trophe qui peut se multiplier dans les aliments, en particulier à basse température lorsque les systèmes de réfrigération sont mal contrôlés (Larpen, 2000a).

YERSINIA ENTEROCOLITICA

C'est une bactérie anaérobie facultative à Gram -. Le pouvoir pathogène de certaines de ses souches est dû à la production d'une entérotoxine thermostable et/ou au caractère invasif pour les cellules intestinales (ICMSF, 1996). Son émergence récente est liée à l'utilisation large de la réfrigération domestique, la consommation de légumes crus et le développement de l'alimentation collective (Bourgeois *et al.*, 1996). Cependant, en France, l'infection humaine reste sporadique.

CAMPYLOBACTER JEJUNI

Campylobacter jejuni est une bactérie Gram -, microaérophile, qui produit deux types de toxine (entéro- ou cytotoxine).

La bactérie survit mais se développe mal dans les aliments (ICMSF, 1996). Elle est peu abondante en France, mais dans certains pays comme l'Angleterre, la fréquence de la campylobactériose dépasse largement celle de la salmonellose (38 991 cas contre 13 775 en 2003) (Health Protection Agency, 2003).

AEROMONAS HYDROPHILA

C'est une bactérie anaérobie facultative à Gram - (Larpen, 2000b). Elle se développe aux températures de réfrigération et produit deux toxines. Les malades sont souvent des patients immunodéprimés.

SHIGELLA

C'est une bactérie Gram -, anaérobie facultative. Dotée de propriétés invasives en particulier pour les cellules épithéliales de l'intestin (Tetteh *et al.*, 2004), son pouvoir pathogène est également lié à la production d'une endotoxine, la Shiga toxine.

Les germes pathogènes dans l'industrie agroalimentaire

VIBRIO PARAHAEMOLYTICUS

Vibrio parahaemolyticus est une bactérie anaérobie facultative Gram -. Le mécanisme de toxicité de la bactérie n'est pas clairement identifié. Cependant, l'implication d'une entérotoxine est acceptée de même que le rôle de deux hémolysines thermostables (Larpent, 2000b).

AUTRES BACTÉRIES

Cette liste de bactéries associées à des infections ou intoxications n'est bien entendu pas exhaustive. Très exceptionnellement en France, mais parfois plus couramment dans des pays présentant d'autres coutumes alimentaires, des bactéries du genre *Brucella*, *Pseudomonas cocovenenans*, *Pleisiomonas...* peuvent être à l'origine de maladies dues à la consommation d'aliments.

LES CHAMPIGNONS

Les champignons filamenteux peuvent être des organismes toxigènes, psychrotrophes, supportant des a_w faibles et des pressions osmotiques élevées. Cependant, la diversification de notre alimentation empêche l'absorption régulière de doses suffisantes de toxines pour être réellement dangereuses (Bourgeois *et al.*, 1996). L'un des risques les plus connus émane de la présence éventuelle de la toxine "patuline" sécrétée par *Aspergillus clavatus* ou *Penicillium expansum* dans les pommes altérées ou les jus de fruits.

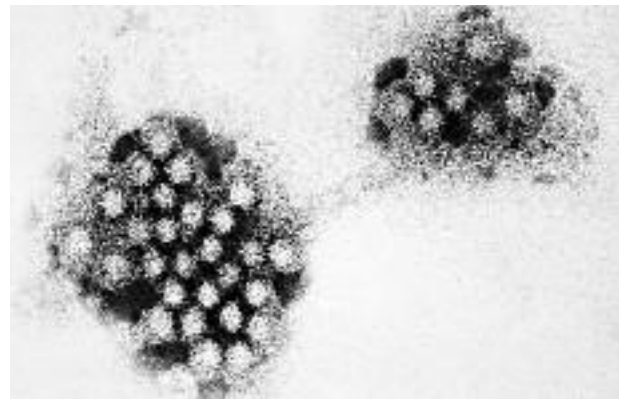
La présence d'aflatoxines sécrétées surtout par *Aspergillus flavus* peut être mise en évidence sur les graines d'oléagineux ou dans les tourteaux.

Citons enfin les ochratoxines sécrétées par *Aspergillus ochraceus* et *Penicillium viridicatum*, espèces communes sur le maïs, la citrine produite par *Penicillium citrinum* fréquent sur l'orge et le riz moisis et la citréoviridine élaborée par *Penicillium citréo-viride*, moisissure du riz (Japon) (ICMSF, 1996).

LES PARASITES

Les infections parasitaires les plus fréquentes en France sont celles causées par l'ingestion de viande de bœuf infestée par *Taenia saginata* (Centre d'information des viandes, 2002). Cette maladie reste cependant majoritairement bénigne. Citons également *Taenia solium*, véhiculé par la viande de porc ou *Toxoplasma gondii* (Weiss et Kim, 2004) pouvant souiller la viande et les végétaux. Des épidémies causées par la consommation de viande (porc, cheval, bœuf...) infestée par *Trichinella spiralis* ont été recensées en Indonésie et en Thaïlande.

LES VIRUS



Les virus figurent parmi les principaux agents de maladies d'origine alimentaire (Organisation mondiale de la santé, 1997). Les virus se transmettent à l'homme par l'intermédiaire des aliments à la suite d'une contamination directe ou indirecte (défaut d'hygiène) de ceux-ci par des matières fécales humaines. Les aliments incriminés sont souvent des mollusques provenant d'eaux contaminées mais aussi de nombreux autres aliments contaminés par des personnes infectées. Le virus de l'hépatite A et les virus des gastro-entérites de type *novovirus*, anciennement Norwalk, sont ceux les plus fréquemment impliqués dans les infections alimentaires (Le Guyader et Pommepuy, 2002).

Ils peuvent être inactivés par un chauffage suffisant.

CONCLUSION

Le respect des règles d'hygiène et la mise en place de méthodes HACCP (*Hazard Analysis Critical Control Point*) est indispensable pour lutter efficacement contre les germes pathogènes dans l'industrie agroalimentaire. Ces méthodes préventives requièrent la formation des personnels et la mise en place d'importants moyens économiques. L'identification des germes pathogènes les plus susceptibles de se développer dans un produit est indispensable dans le but de déterminer les moyens d'action envisageables pour limiter les risques de contamination : emploi de désinfectant spécifique, mise en place de chaîne de production anoxique, réfrigération, chauffage... Cependant, toutes ces opérations ont un impact sur la flore positive et la flaveur du produit. La réalisation systématique de tests de vieillissement pour déterminer l'impact sur la flore microbiologique d'une modification du procédé ou de la formulation est riche en informations ; néanmoins, elle reste longue et onéreuse. Depuis quelques années, la microbiologie prévisionnelle peut aider les professionnels : en utilisant des modèles mathématiques, elle peut prédire le devenir d'une population microbienne en fonction du procédé (conditions d'étuvage, de stockage...) et de la formulation (pH, aw, concentrations en inhibiteurs...), identifier des points critiques ou participer à la détermination de la date limite de consommation d'un produit (Bourgeois *et al.*, 1996). L'ensemble des processus de fabrication peut être pris en compte, de la production à l'emballage et au stockage, sans oublier le rôle du consommateur. En effet, par un mauvais stockage ou une cuisson inadéquate, il peut également être le principal responsable de l'infection alimentaire qu'il contracte.

BIBLIOGRAPHIE

- BOURGEOIS, C. M., MESCLE, J.F. et ZUCCA, J. (1996). Microbiologie alimentaire, *Lavoisier Tec & Doc*, Paris
- Centre d'Information des viandes (2002). Micro-organismes et parasites des viandes. Les connaître pour les maîtriser. *Cahier Sécurité des Aliments*.
- GOULET, V., JACQUET, C., MARTIN, P., VAILLANT, V., LAURENT, E. et DE VALK, H. (2004). Surveillance de la listériose humaine en France, 2001. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* 9.
- HAEGHEBAERT, S., LE QUERREC, F., BOUVET, P., GALLAY, A., ESPIÉ, E. et VAILLANT, V. (2002). Les toxoinfections alimentaires collectives en France en 2001. *Bulletin épidémiologique hebdomadaire* 50.
- Health Protection Agency. General outbreaks of food-borne illness, England and Wales laboratory Reports, 2003. *CDR Weekly* 13.
- ICMSF (International Commission on Microbiological Specifications for Foods) (1996). Micro-organisms in foods : Microbiological specifications of food pathogens. Blackie academic & professional, London.
- JAMES, C., NICOLAON, M., et JAMES, S. J. (1999). Review of microbial and control measures in abattoirs. *FRPERC (Food Refrigeration and Process Engineering Reserach Centre)*, University of Bristol, Langford.
- LARPENT, J. P. (2000a). *Listeria*, 2e édition, *Tec & Doc*, Paris.
- LARPENT, J. P. (2000b). Microbiologie et aliments : microbiologie négative. *Industries alimentaires et agricoles*, mai, 21-34.
- LE GUYADER, S. et POMMEPUY, M. (2002). Contamination virale des aliments : création d'un réseau européen de surveillance et de recherche. *Revue Française des Laboratoires*, 348:53-59.
- Organisation mondiale de la santé (1997). Rapport trimestriel de statistiques sanitaires mondiales. *Organisation mondiale de la santé*, Genève.
- SANDEL, M. K. et MCKILLIP, J.L. (2004). Virulence and recovery of *Staplylococcus aureus* relevant to the food industry using improvements on traditional approaches. *Food Control*, 15, 5-10.
- TETTEH, G. L., SEFA-DEDEH S. K., PHILLIPS, R. D. et BEUCHAT, L. R. (2004). Survival and growth of acid-adapted and unadapted *Shigella flexneri* in a traditional fermented Ghanaian weaning food as affected by fortification with cowpea. *International journal of food microbiology*, 90, 189-95.
- WEISS, L.M. et KIM, K. (2004). The International congress on toxoplasmosis. Preface. *International Journal for Parasitology*, 34, 249-252.