

Éric Dromigny

LES CRITÈRES MICROBIOLOGIQUES DES DENRÉES ALIMENTAIRES

*Réglementation – Agents microbiens –
Mise en œuvre – Vulgarisation*

2^e édition



Lavoisier
TEC & DOC

Les critères microbiologiques des denrées alimentaires

*Réglementation – Agents microbiens –
Mise en œuvre – Vulgarisation*

Chez le même éditeur

L'autocontrôle microbiologique en restauration collective

É. Dromigny, 2019

Risques microbiologiques alimentaires

M. Naïtali, L. Guillier, F. Dubois-Brissonnet, 2017

Conception hygiénique de matériel et nettoyage-désinfection pour une meilleure sécurité en industrie agroalimentaire

M.-N. Bellon-Fontaine, T. Bénézech, K. Boutroux, C. Hermon, 2016

Microbiologie, hygiène et droit alimentaire – Le manuel

Coll. Réussir son BTS Diététique

C. Carip, M.-H. Salavert, A. Tandeau, 2015

Pratique en microbiologie de laboratoire – Recherche de bactéries et de levures-moisissures

C. Delarras, 2014

Traité pratique de droit alimentaire

Coll. Sciences et techniques agroalimentaires

J.-L. Multon, H. Temple, J.-L. Viruéga, 2013

Surveillance sanitaire et microbiologique des eaux : réglementation, microorganismes, prélèvements, analyses

C. Delarras, 2^e édition, 2010

Staphylococcus aureus

Y. Le Loir, M. Gautier, 2010

Bacillus anthracis

É. Dromigny, 2009

Bacillus cereus

É. Dromigny, 2008

Campylobacter

É. Dromigny, 2007

Pour plus d'informations sur nos publications :



newsletters.lavoisier.fr/9782743025458

Les critères microbiologiques des denrées alimentaires

*Réglementation – Agents microbiens –
Mise en œuvre – Vulgarisation*

2^e édition

Éric Dromigny

Maître de conférences à Oniris Nantes
École Nationale Vétérinaire, Agro-alimentaire
et de l'Alimentation Nantes Atlantique

Direction éditoriale : Jean-Marc Bocabeille

Édition : Brigitte Peyrot

Composition et couverture : Patrick Leleux PAO

© 2021, Lavoisier, Paris

ISBN : 978-2-7430-2545-8

Avant-propos à la 2^e édition

Sur le plan du fond réglementaire, huit ans après la première édition des *Critères microbiologiques*, une forte activité réglementaire a frappé le règlement 2073/2005.

On dénombre désormais neuf règlements modificatifs majeurs du règlement 2073/2005 d'origine, dont sept nouveaux textes depuis la première édition de cet ouvrage, ainsi que sept textes rectificatifs mineurs, dont trois nouveaux textes depuis 2012.

Certaines modifications sont importantes, comme l'introduction d'un nouveau critère d'hygiène des procédés visant *Campylobacter* pour les carcasses de poulet de chair.

D'autres portent sur le statut de certains micro-organismes, à mettre en conformité avec l'évolution des connaissances scientifiques, comme pour *Listeria monocytogenes* dans les graines germées, suite à un avis de l'Autorité européenne de sécurité des aliments.

De plus, il s'agit parfois d'une précision de taxonomie, avec, par exemple, *Salmonella enteritidis* qui s'écrira maintenant *Salmonella Enteritidis*, pour complaire à une certaine fraction des microbiologistes internationaux.

Enfin, les modes opératoires des essais au laboratoire doivent être mis à jour, à la suite d'une rafale d'au moins quinze procédures de validation des normes ISO datant de 2017, pour la mise en analyse, le dénombrement ou la recherche d'agents microbiens majeurs, comme les staphylocoques à coagulase positive, les salmonelles et leur sérotypage, ou encore la méthode de détection de l'histamine.

D'autre part, sur le plan de sa forme, le règlement 2073/2005 apparaît aujourd'hui comme un texte volumineux et protéiforme, dont les nombreuses ramifications, marquées par de maints renvois, tableaux et autres considérants, sont autant d'obstacles à une transmission sereine du message de ce règlement aux nombreux utilisateurs de ce texte, comme dans le cadre de la formation d'étudiants dans le domaine vétérinaire, agricole ou agroalimentaire, mais aussi dans le cadre de la formation du personnel des entreprises du secteur alimentaire.

À ce double titre et huit ans après la première édition de cet ouvrage, une deuxième édition est devenue nécessaire, avec une forme remaniée et un fond augmenté.

Dans la première partie de cet ouvrage, les deux premiers chapitres d'ordre réglementaire contiendront le démarquage des règlements modificatifs et des textes rectificatifs publiés depuis 2012.

Dans la deuxième partie, il s'agira de mettre à jour le contenu des chapitres portant sur les micro-organismes et autres agents microbiens, comme les salmonelles, le staphylocoque à coagulase positive ou l'histamine.

Un nouveau chapitre sera créé et sera consacré à *Campylobacter*, en tant que critère d'hygiène des procédés nouvellement créé.

Dans la troisième partie seront détaillées les nouveautés de la mise en œuvre des critères microbiologiques, avec les points modifiés en termes d'agents microbiens, de denrées alimentaires, de valeurs chiffrées des critères, de méthodes de laboratoire et de décisions à prendre.

Enfin, une quatrième partie sera créée, consacrée à la question de la formation aux critères microbiologiques qui concerne le personnel des entreprises du secteur alimentaire, les chercheurs, les enseignants en microbiologie alimentaire jusqu'aux services officiels de contrôle, services vétérinaires et services de répression des fraudes.

Il y sera répondu à la délicate question de la présentation des critères de façon simplifiée, voire vulgarisée, à un public qui l'aborde sur le plan théorique ou pratique, souvent pour la première fois, et qui se doit de comprendre la portée du règlement n° 2073/2005, sans pour autant nécessairement entrer dans un laboratoire et procéder à des « manip ».

Quels seraient donc les objectifs d'une formation portant sur les critères microbiologiques modernes ? Quels en seraient les outils ? Est-il possible de vulgariser les critères microbiologiques ?

Ainsi amendé, cet ouvrage permettra au lecteur d'appréhender la vision moderne du législateur européen à propos des critères microbiologiques, de leur réglementation jusqu'à leur mise en œuvre, et leur enseignement.

Février 2021

Avant-propos à la 1^{re} édition

Selon le règlement n° 2073/2005 modifié, on entend par critère microbiologique : « un critère définissant l'acceptabilité d'un produit, d'un lot de denrées alimentaires ou d'un procédé, sur la base de l'absence, de la présence ou du nombre de micro-organismes, et/ou de la quantité de leurs toxines ou de leurs métabolites, par unité de masse, volume, surface ou lot ».

Ainsi définis, les critères microbiologiques des denrées alimentaires constituent un sujet qui suscite à l'heure actuelle un très grand nombre de questions.

Il s'agit bien souvent et avant tout de questions relatives à la réglementation ; celle-ci est en effet très changeante, avec en particulier, sur le plan européen, le règlement n° 2073 de l'année 2005.

Cette réglementation est aussi d'approche difficile, pour les néophytes comme pour les habitués de l'hygiène.

La lecture de la réglementation est en effet compliquée par l'existence de nouveaux règlements, venus modifier le règlement n° 2073/2005 (version d'origine).

Ainsi, le règlement n° 1441/2007 vient modifier le règlement n° 2073/2005. Comme il est dit dans le considérant n° 9 du règlement n° 1441/2007 : « dans un souci de clarté de la législation communautaire, il y a lieu de remplacer l'annexe I du règlement 2073/2005 par le texte de l'annexe du présent règlement ».

Malgré les efforts du « législateur », le contenu de cette annexe, le cœur même du dispositif, n'en est pas plus clair pour autant : des renvois en cascade, des cas particuliers, des ruptures de vocabulaire émaillent ce texte et en compliquent la lecture, en particulier pour ceux qui doivent le mettre en œuvre.

Par ailleurs, un second règlement (le règlement n° 365/2010) est venu à son tour modifier le règlement n° 2073/2005, sans parler de plusieurs rectificatifs pour chacun des deux premiers règlements, jusqu'à donner l'impression d'un « patchwork ».

À cette complexité de la réglementation européenne, s'ajoutent les questions relatives à la réglementation française portant sur les critères microbiologiques : faut-il l'abroger, est-elle véritablement caduque, faut-il la conserver, ou, à tout le moins, une partie ?

Tout ceci ne serait rien si la situation n'était encore compliquée par le recours à un grand nombre d'agents microbiens, dont certains étaient encore jusqu'alors peu usités, ou totalement inconnus, comme *Listeria monocytogenes*, *Enterobacter sakazakii*, l'histamine, et d'autres encore.

De plus, on parle désormais de critères de sécurité des denrées alimentaires, d'une part, et d'autre part, de critères d'hygiène des procédés, ce qui introduit une distinction nouvelle par rapport à la situation antérieure au règlement n° 2073/2005.

À l'opposé, certains agents microbiens sont en quelque sorte « passés à la trappe » puisqu'ils n'ont pas été repris dans le règlement n° 2073/2005.

Doit-on ainsi dire adieu aux coliformes, qu'ils soient « fécaux » ou « totaux », aux anaérobies sulfito-réducteurs ?

Toutefois, à côté des agents microbiens imposés par le règlement n° 2073/2005 modifié, il semble permis de faire appel à des « lignes directrices », comprenant des critères d'hygiène des procédés, utilisables en sus des critères microbiologiques réglementaires.

Ces critères d'hygiène des procédés facultatifs représentent un exemple de plus de la flexibilité voulue par les pouvoirs publics, qui, d'une certaine manière, tendent à se désengager de la définition au mot à mot des conditions de mise en œuvre des critères microbiologiques.

Ce désengagement des pouvoirs publics, quoique limité, met toutefois la balle dans le camp des entreprises du secteur alimentaire, ce qui fait alors surgir toute une série de questions sur le choix de ces critères d'hygiène des procédés facultatifs et sur les conditions de leur mise en œuvre, ainsi que sur les autres référentiels disponibles : la norme ISO 2859, l'ajustement des plans d'échantillonnage à un objectif de sécurité alimentaire (FSO ou *food safety objective*), des plans d'échantillonnage modélisés ou les 15 « cas » de l'ICMSF (*International Commission on Microbiological Specifications for Foods*).

Les questions qui se posent portent aussi, bien souvent, sur les obligations des entreprises du secteur alimentaire, et sur leurs responsabilités.

Bien souvent, en ce qui concerne l'hygiène en général, et les critères microbiologiques en particulier, les obligations des entreprises du secteur alimentaire sont présentées au travers d'une opposition entre l'obligation de moyens et l'obligation de résultat.

Ainsi, on entend souvent affirmer que seule est « imposée » l'obligation de résultat, les moyens étant laissés libres pour obtenir ce résultat.

Même s'il y a du vrai dans cette affirmation, on peut se demander légitimement si une telle opposition « obligation de moyens - obligation de résultat » est véritablement pertinente.

En effet, force est de constater que les entreprises du secteur alimentaire sont soumises à des moyens obligatoires, de la même façon que des résultats impératifs sont requis.

La question est donc de savoir si ce débat est vain, ou s'il a quelque intérêt.

Il s'agit alors, pour les entreprises du secteur alimentaire, de savoir quelles obligations satisfaire, et, surtout, pourquoi et comment leur responsabilité se trouve engagée, dès lors qu'elles doivent mettre en œuvre les critères microbiologiques.

Les questions relatives aux critères microbiologiques se trouvent dotées d'une dimension supplémentaire, de par la grande hétérogénéité des aliments concernés, et à cause des conditions de la mise en œuvre des critères microbiologiques par les entreprises du secteur alimentaire, ainsi qu'au laboratoire.

En effet, les denrées alimentaires visées par les critères microbiologiques sont des denrées alimentaires d'origine animale, des viandes, du lait et des produits laitiers, des ovoproduits, des produits de la pêche, ainsi que quelques denrées alimentaires d'origine végétale.

On n'est pas en reste non plus du côté du type de denrées alimentaires : des denrées crues côtoient ainsi des denrées alimentaires prêtes à être consommées, des laits en poudre, des carcasses d'animaux de boucherie, des viandes séparées mécaniquement (dites VSM), ou des aliments destinés à des fins médicales spéciales.

Les consommateurs n'ont pas été oubliés : les nourrissons apparaissent dans ce règlement n° 2073/2005 modifié.

Enfin, se trouve visées les denrées alimentaires « permettant le développement de *L. monocytogenes* ».

Dans chaque entreprise du secteur alimentaire, dans chaque atelier, pour chaque ligne de conditionnement, on doit se demander si la denrée alimentaire préparée est concernée par ce texte, et si oui, que doit-on faire ?

Lors de cette mise en œuvre, la question de l'interprétation des résultats revient souvent, et notamment en ce qui concerne les plans d'interprétation et leur efficacité.

Enfin, l'efficacité et les limites des critères microbiologiques soulèvent de nombreuses questions : quelle est leur efficacité sur le plan de la lutte contre les maladies microbiennes alimentaires ? Peut-on les utiliser comme outils d'inspection ? Quels sont les facteurs de leur efficacité ? Quel est le risque lié au

prélèvement de quelques unités d'échantillon pour apprécier la qualité microbiologique d'un lot de plusieurs dizaines de milliers d'unités ?

Pour tenter de répondre à ces nombreuses questions, ce livre a été élaboré à partir des cours et des travaux pratiques que j'ai dispensés depuis le début des années 1980, dans de nombreux cursus (DEA, DESS, puis masters, formation de base, formation continue, et d'autres encore) à des publics variés et dans de nombreux établissements.

Les premiers de ces établissements correspondent à l'École nationale vétérinaire de Nantes et à l'Enitiaa, devenus maintenant le grand établissement Oniris, respectivement site de la Chantrerie et site de la Géraudière (École nationale vétérinaire, agro-alimentaire et de l'alimentation Nantes Atlantique).

Bien entendu, à partir de ce point de départ, les données relatives aux critères microbiologiques ont été actualisées, tant du point de vue réglementaire que du point de vue microbiologique ou statistique.

Ce livre est ainsi doté d'un plan qui balaie la totalité du sujet, en commençant par un point détaillé sur la réglementation des critères microbiologiques. Viennent ensuite les agents microbiens, puis la mise en œuvre des critères microbiologiques, avec les obligations des entreprises du secteur alimentaire, les plans et leur interprétation, et l'efficacité et les limites de ces plans.

Doté d'un index très complet, cet ouvrage permettra au lecteur de trouver une réponse aux nombreuses questions qu'il peut se poser encore, qu'il soit étudiant, enseignant, hygiéniste, exploitant du secteur alimentaire, responsable qualité, technicien ou responsable de laboratoire, ou encore agent des services officiels.

Nantes, le 19 mars 2011

Table des matières

Avant-propos à la 2 ^e édition	V
Avant-propos à la 1 ^{re} édition	VII

Partie 1

Bases réglementaires des critères microbiologiques

Chapitre 1

Dispositif réglementaire des critères microbiologiques

1. Architecture réglementaire européenne (textes cadres)	3
2. Actes du cadre général européen (règlement n° 178/2002 et « paquet hygiène »)	5
2.1. Règlement n° 178/2002	5
2.2. Règlements du « paquet hygiène » et assimilés	6
2.2.1. Règlements d'hygiène en alimentation humaine	6
2.2.2. Règlement n° 183/2005 (hygiène des aliments pour animaux) ...	6
2.3. Règlement n° 1774/2002 (sous-produits animaux)	7
2.4. Règlement n° 767/2009 (aliments pour animaux)	7
3. Règlement n° 2073/2005 modifié, ou « règlement critères microbiologiques »	8
3.1. Règlement n° 2073/2005, généralités	8
3.2. Organisation du règlement n° 2073/2005 (version initiale)	8
3.3. Rectificatifs du règlement n° 2073/2005	9
3.3.1. Rectificatif du Journal officiel de l'Union européenne L 278.	9
3.3.2. Rectificatif du Journal officiel de l'Union européenne L 288 ...	10
4. Règlement modificatif n° 1441/2007.	11
4.1. Règlement n° 1441/2007, généralités	11
4.2. Règlement n° 1441/2007, organisation.	12
4.3. Rectificatifs du règlement n° 1441/2007.	12
5. Règlement modificatif n° 365/2010.	13
6. Les autres règlements modificatifs de 2011 à 2020	14
6.1. Règlement 1086/2011 et son rectificatif	14
6.2. Règlement 209/2013	14
6.3. Règlement 1019/2013.	14

6.4. Règlement 217/2014.	14
6.5. Règlement 2015/2285.	15
6.6. Règlement 2017/1495.	15
6.7. Règlement 2019/229.	15
6.8. Règlement 2020/205	16
7. Directives européennes visant les critères microbiologiques	16
7.1. Directives abrogées.	16
7.1.1. Directive générale abrogée	16
7.1.2. Directives sectorielles abrogées	16
7.2. Directives spécifiques abrogées.	17
7.3. Directives valides	17
8. Architecture réglementaire nationale visant les critères microbiologiques	18
9. Dispositif reposant sur le Code rural	19
9.1. Partie législative du Code rural	20
9.1.1. Articles L. 201-1 à L. 201-3 du Code rural	20
9.1.2. Articles L. 231-1 et L. 231-2 du Code rural	20
9.2. Partie réglementaire du Code rural	20
9.2.1. Article R. 200-1 du Code rural.	20
9.2.2. Article R. 201-1 et suivants du Code rural	20
9.2.3. Autres articles du Code rural	20
9.3. Arrêtés ministériels en cours de validité fondés sur le Code rural	21
9.4. Arrêtés ministériels abrogés fondés sur le Code rural.	21
9.4.1. Abrogations par l'arrêté ministériel du 3 avril 2006	21
9.4.2. Abrogations par l'arrêté ministériel du 21 décembre 2009	23
9.5. Pertinence de l'abrogation des arrêtés ministériels	23
9.5.1. Arguments favorables au maintien des arrêtés ministériels	23
9.5.2. Arguments défavorables au maintien des arrêtés ministériels	25
9.6. Notes de service et DGAL/SDSSA	26
10. Dispositif du Code de la consommation	27
10.1. Articles L. 214-1 et suivants du Code de la consommation	27
10.2. Décret du 16 septembre 2009	27
10.3. Arrêté ministériel du 28 mai 1997	29
10.4. Dispositif secondaire relatif au Code de la consommation.	30
11. Dispositif du Code de la santé publique	30
11.1. Partie législative du Code de la santé publique	30
11.2. Partie réglementaire du Code de la santé publique	31
12. Dispositif du Code civil	31

Chapitre 2

Dispositions réglementaires relatives aux critères microbiologiques

1. Principes réglementaires généraux	33
1.1. Principes réglementaires généraux du règlement n° 178/2002.	33
1.2. Principes réglementaires généraux du règlement n° 852/2004	34
1.3. Organisation générale du règlement n° 853/2004	35
2. Considérants du règlement n° 2073/2005 modifié.	36

2.1. Considérants relatifs à la fixation et à la révision des critères	36
2.1.1. Révision des critères microbiologiques anciens	36
2.1.2. Intégration des critères microbiologiques anciens	36
2.1.3. Stratégie de fixation et de révision des critères	37
2.1.4. « Directive » du Codex alimentarius sur l'établissement des critères	37
2.1.5. Révision périodique des critères microbiologiques	37
2.2. Considérants relatifs à la sécurité microbiologique des denrées alimentaires	38
2.3. Considérants relatifs à la nécessité des critères microbiologiques	38
2.4. Considérants relatifs aux experts consultés	39
2.4.1. Avis du Comité scientifique des mesures vétérinaires en rapport avec la santé publique (ou CSMVSP)	40
2.4.2. Avis de l'Autorité européenne de sécurité des aliments	42
2.5. Considérants relatifs aux caractéristiques nécessaires des critères microbiologiques	45
2.5.1. Une démarche préventive liée à l'HACCP	45
2.5.2. Une démarche intégrée	45
2.5.3. Une démarche communautaire harmonisée mais souple	46
2.6. Considérants relatifs à certains agents microbiens	47
2.6.1. Considérants relatifs aux entérobactéries pathogènes	47
2.6.2. Considérants relatifs aux virus pathogènes et à <i>Vibrio</i> <i>parahaemolyticus</i>	47
2.6.3. Considérants relatifs aux règles d'échantillonnage applicables aux carcasses	48
2.6.4. Considérants relatifs à <i>Listeria monocytogenes</i> et aux denrées alimentaires prêtes à être consommées, dont les graines germées	48
2.6.5. Considérants relatifs aux <i>Enterobacteriaceae</i> dans le lait pasteurisé et autres produits laitiers liquides pasteurisés	48
2.6.6. Considérants relatifs à <i>Cronobacter</i> spp. (<i>Enterobacter sakazakii</i>)	49
2.6.7. Considérants relatifs aux souches monophasiques de <i>Salmonella typhimurium</i>	49
2.6.8. Considérants relatifs aux salmonelles comme critère d'hygiène des procédés dans les carcasses de poulets et de dindons	49
2.6.9. Considérants relatifs aux salmonelles comme critère d'hygiène des procédés dans les carcasses de porcs	50
2.6.10. Considérants relatifs à <i>E. coli</i> comme critère d'hygiène des procédés dans les carcasses de poulets et de dindons	50
2.6.11. Considérants relatifs à <i>E. coli</i> STEC (<i>Shiga toxin-producing E. coli</i>)	51
2.6.12. Considérants relatifs à l'histamine dans les produits de la pêche	51
2.6.13. Considérants relatifs à <i>Campylobacter</i> dans les carcasses de poulets de chair	52
2.6.14. Considérants relatifs aux salmonelles dans les viandes de reptiles	54
2.7. Considérants relatifs à l'étiquetage	54

2.8. Considérants relatifs aux résultats	55
2.9. Considérants relatifs au contrôle	55
3. Objet et champ d'application du règlement n° 2073/2005 modifié	55
4. Définitions du règlement n° 2073/2005 modifié	57
4.1. Définitions concernant les critères microbiologiques	57
4.2. Définitions concernant les denrées alimentaires et les analyses	58
5. Exigences générales du règlement n° 2073/2005 modifié.	59
5.1. Mise en conformité des denrées alimentaires avec les critères microbiologiques pertinents	59
5.2. Études sur le respect des critères pendant toute la durée de conservation	60
6. Denrées alimentaires visées par le règlement n° 2073/2005.	61
6.1. Certaines catégories de denrées alimentaires prêtes à être consommées.	61
6.1.1. Denrées alimentaires prêtes à être consommées concernées.	61
6.1.2. Denrées alimentaires prêtes à être consommées ne permettant pas le développement de <i>L. monocytogenes</i>	64
6.1.3. Denrées alimentaires prêtes à être consommées non visées « en temps normal »	64
6.2. Viandes et produits carnés	65
6.3. Lait et produits laitiers.	66
6.4. Catégories de produits de la pêche	67
6.5. Autres catégories de denrées alimentaires	69
6.6. Germes (de graines germées)	69
6.7. Jus de fruits et de légumes non pasteurisés.	69
7. Caractéristiques des critères microbiologiques.	70
7.1. Composantes des critères microbiologiques.	70
7.2. Les différents types de critères microbiologiques	72
7.3. Notion de critère de sécurité des denrées alimentaires	72
7.4. Notion de critère d'hygiène des procédés	73
7.5. Limites microbiologiques « m » et « M »	74
8. Valeurs fixées pour les critères	74
8.1. Valeur fixée « non détecté dans X grammes » et valeurs équivalentes	75
8.2. Critères microbiologiques « quantité d'agent par gramme ».	75
9. Interprétation des résultats des analyses	76
9.1. Cas général des plans à deux classes (critères de sécurité)	77
9.2. Cas général des plans à trois classes	78
10. Dispositions de l'annexe II du règlement n° 2073/2005.	78
11. Dispositions complémentaires	80
11.1. Prescriptions d'étiquetage	80
11.2. Dérogations et dispositions transitoires	81
11.3. Révision nécessaire	81
11.4. Entrée en vigueur et applicabilité	81

Partie 2

Agents microbiens visés par les critères microbiologiques

Chapitre 3

Listeria monocytogenes

1. Valeurs fixées pour <i>Listeria monocytogenes</i>	85
1.1. Critère de sécurité des denrées alimentaires « <i>Listeria monocytogenes</i> » (critère réglementaire européen harmonisé)	85
1.1.1. Cas général	85
1.1.2. Cas particulier des graines germées	88
1.2. Critère recommandé indicateur d'hygiène des procédés « <i>Listeria monocytogenes</i> »	88
1.2.1. <i>Listeria monocytogenes</i> , critère recommandé par l'Afssa (abattoirs de volailles)	88
1.2.2. <i>Listeria monocytogenes</i> , critère recommandé par l'interprofession	88
2. Le danger <i>Listeria monocytogenes</i>	90
3. Pouvoir pathogène de <i>Listeria monocytogenes</i>	91
3.1. Syndrome invasif	91
3.2. Gastroentérite fébrile non invasive	92
4. Risque de listériose alimentaire	92
4.1. Formes épidémiologiques de la listériose alimentaire	92
4.2. Foyers de listériose alimentaire	93
4.2.1. Accidents de listériose alimentaire de 1949 à 1989	93
4.2.2. Accidents de listériose alimentaire de 1990 à 2010	94
4.2.3. Foyers alimentaires de listériose en France depuis 2003	95
4.2.4. Un accident de listériose en Suisse en 2005	95
4.2.5. Accidents prolongés et multinationaux modernes de listériose alimentaire	96
4.2.6. Un accident de listériose alimentaire en Italie en 2016	97
4.2.7. Accidents de listériose en Espagne de 1997 à 2015	98
4.3. Aliments responsables de listériose alimentaire	99
4.3.1. Aliments classiquement responsables de listérioses alimentaires	99
4.3.2. Aliments nouvellement responsables de listérioses alimentaires	99
4.3.3. Aliments nouvellement impliqués dans des rappels, mais non responsables de listérioses alimentaires	100
4.4. Doses infectieuses des foyers de listériose alimentaire	100
4.5. Fréquence des listérioses alimentaires	101
4.5.1. Fréquence dans le monde	101
4.5.2. Fréquence en Europe	102
4.5.3. Fréquence en France	102
4.6. Probabilité de contracter la listériose	103
5. Détermination des valeurs fixées pour <i>Listeria monocytogenes</i>	104
5.1. Modèles « dose-réponse » pour <i>Listeria monocytogenes</i>	104
5.2. Évaluation des risques de listériose alimentaire	106

5.3. Choix entre « non détecté dans 25 g » et « 100/g »	107
5.4. <i>Listeria monocytogenes</i> , denrées alimentaires prêtes à être consommées et cuisson	108

Chapitre 4

***Salmonella* spp.**

1. Valeurs fixées pour <i>Salmonella</i>	109
1.1. <i>Salmonella</i> non détecté dans 25 grammes (critère de sécurité du règlement n° 2073/2005)	109
1.1.1. Denrées alimentaires prêtes à être consommées et viandes et produits carnés.	109
1.1.2. Critère de sécurité des denrées alimentaires pour les carcasses de volailles	111
1.1.3. Lait et produits laitiers et autres denrées alimentaires	111
1.1.4. <i>Salmonella</i> non détecté dans 10 grammes (critère de sécurité du règlement n° 2073/2005).	113
1.1.5. <i>Salmonella</i> non détecté dans 25 grammes (règlement n° 2160/2003)	114
1.1.6. Critères d'hygiène des procédés « <i>Salmonella</i> » pour les animaux de boucherie	114
1.1.7. Critère de sécurité <i>Salmonella</i> pour les graines germées	115
1.1.8. Critère de sécurité <i>Salmonella</i> pour les viandes de reptiles	115
1.2. Critères d'hygiène des procédés pour les volailles.	115
1.2.1. Critères d'hygiène des procédés « <i>Salmonella</i> » pour les poulets et les dindes	115
1.2.2. Critères d'hygiène des procédés « <i>Salmonella</i> » pour les volailles autres que poulets et dindes.	116
1.2.3. Signification du critère d'hygiène des procédés « <i>Salmonella</i> » à l'abattoir de volailles	117
2. Le danger <i>Salmonella</i>	118
2.1. Évolution de la nomenclature de <i>Salmonella</i>	118
2.2. État actuel simplifié de la nomenclature de <i>Salmonella</i>	120
2.3. Définition normalisée de <i>Salmonella</i> (règlement n° 2073/2005 modifié)	122
2.4. Quels sérovars de salmonelles ?	123
2.5. Pouvoir pathogène de <i>Salmonella</i>	125
2.6. Dose infectieuse de <i>Salmonella</i>	125
2.6.1. Gamme de doses infectieuses de <i>Salmonella</i>	125
2.6.2. Exemples de doses infectieuses faibles chez <i>Salmonella</i>	126
3. Risque de salmonelloses.	127
3.1. Fréquence des accidents alimentaires salmonelliques.	127
3.1.1. Fréquence des salmonelloses jusqu'en 2010	127
3.1.2. Fréquence des salmonelloses depuis 2010.	128
3.2. Formes épidémiologiques des salmonelloses.	128
3.3. Aliments responsables des accidents alimentaires salmonelliques	129
3.4. Sérotypes modernes de <i>Salmonella</i>	129

3.5. Œufs et salmonelloses	130
3.5.1. Œufs et salmonelloses en France	130
3.5.2. Œufs et salmonelloses aux États-Unis	131
3.5.3. Œufs et salmonelloses multi-états en Europe (2017-2020).	133
3.6. Viande hachée et salmonelloses	134
3.6.1. Salmonelles et viande hachée en France	134
3.6.2. Salmonelles et viande hachée aux États-Unis	136
3.6.3. Salmonelles et viande hachée en Allemagne	136
3.7. Viandes de porc et salmonelloses	137
3.7.1. Jambon et foyer à <i>Salmonella goldcoast</i>	137
3.7.2. Viande de porc et foyer à <i>Salmonella brandenburg</i>	137
3.7.3. Viandes de porc et foyer à <i>Salmonella manhattan</i>	137
3.7.4. Saucisson sec et foyer à <i>Salmonella enterica</i> sérotype 4,12:i:-.	137
3.7.5. Jambons à la broche et foyer à <i>Salmonella typhimurium</i>	138
3.8. Lait, produits laitiers et salmonelloses	138
3.9. <i>Salmonella agona</i> et les denrées alimentaires prêtes à être consommées entre 2014 et 2017 en Europe	140
3.10. Lait, produits laitiers et salmonelloses	140

Chapitre 5

Staphylocoques et entérotoxines staphylococciques

1. Valeurs fixées pour les staphylocoques et leurs entérotoxines.	141
1.1. Staphylocoques et leurs entérotoxines dans le lait et les produits laitiers	141
1.2. Staphylocoques dans les produits décortiqués et décoquillés de crustacés et de mollusques cuits	141
2. Le danger staphylococcique et les entérotoxines staphylococciques.	142
2.1. Staphylocoques à coagulase positive	142
2.2. Entérotoxine staphylococcique	143
2.2.1. Nature de l'entérotoxine staphylococcique.	143
2.2.2. Résistance de l'entérotoxine staphylococcique	144
3. Risque dû à <i>S. aureus</i> et ses entérotoxines.	145
3.1. Symptômes des accidents alimentaires dus à <i>Staphylococcus aureus</i>	145
3.2. Dose toxique des accidents alimentaires dus à <i>Staphylococcus aureus</i>	145
3.3. Production de l'entérotoxine staphylococcique	146
3.4. Fréquence des TIAC dues à <i>S. aureus</i>	148
3.4.1. Accidents alimentaires staphylococciques en France	148
3.4.2. Accidents alimentaires staphylococciques aux États-Unis	148
3.5. Aliments responsables des toxi-infections alimentaires collectives dus à <i>S. aureus</i>	148
3.5.1. Aliments et <i>S. aureus</i> en France	148
3.5.2. Un accident alimentaire staphylococcique en France (2009) (fromage).	149
3.5.3. Aliments et <i>S. aureus</i> aux États-Unis	150
3.6. Entérotoxines staphylococciques et conserves appertisées	151
3.7. Entérotoxines staphylococciques et restauration collective	152

4. Staphylocoques et viandes à l'abattoir (critère d'hygiène des procédés) . . .	153
4.1. Staphylocoques et abattoirs de volailles (critère d'hygiène des procédés)	153
4.2. Staphylocoques, biofilm et abattoirs de porc (critère d'hygiène des procédés)	154

Chapitre 6

***Cronobacter* spp. (*Enterobacter sakazakii*)**

1. Valeurs fixées pour « <i>Cronobacter</i> spp. (<i>Enterobacter sakazakii</i>) » et les entérobactériacés	155
2. Le danger <i>Cronobacter</i> spp. (<i>Enterobacter sakazakii</i>)	156
2.1. Nature de <i>Cronobacter</i> spp. (<i>Enterobacter sakazakii</i>)	156
2.2. Pouvoir pathogène de <i>Cronobacter</i> spp. (<i>Enterobacter sakazakii</i>) . .	157
3. Risque de maladie liée à <i>Cronobacter</i> spp. (<i>Enterobacter sakazakii</i>)	158
3.1. Atteintes humaines dues à <i>Cronobacter</i> spp. (<i>Enterobacter sakazakii</i>) (cas général)	158
3.2. Aliments responsables des atteintes humaines dues à <i>Cronobacter</i> spp. (<i>Enterobacter sakazakii</i>)	160
3.3. Foyers français dus à <i>Cronobacter</i> spp. (<i>Enterobacter sakazakii</i>) . . .	160
3.3.1. Foyer français de 1994 (<i>Enterobacter sakazakii</i>)	160
3.3.2. Foyer français de 2004 (<i>Enterobacter sakazakii</i>)	161
4. <i>Cronobacter</i> et chaleur	161
4.1. Thermorésistance de <i>Cronobacter</i>	162
4.2. Thermorésistance comparée de <i>Cronobacter</i> et des <i>Enterobacteriaceae</i>	163
5. Résistance à la dessiccation d' <i>Enterobacter sakazakii</i>	164

Chapitre 7

Escherichia coli

1. Valeurs fixées pour <i>E. coli</i>	165
1.1. <i>E. coli</i> STEC, critère de sécurité des germes	165
1.2. <i>E. coli</i> , critère de sécurité des mollusques bivalves, des échinodermes, des tuniciers et des gastéropodes marins vivants . . .	166
1.3. <i>E. coli</i> témoin de contamination fécale (valeurs fixées)	166
1.4. <i>E. coli</i> , critère microbiologique national d'utilisation des denrées alimentaires d'origine végétale	166
1.4.1. Validité de l'arrêté ministériel du 28 mai 1997	166
1.4.2. Critères microbiologiques nationaux (<i>E. coli</i>)	168
1.5. <i>E. coli</i> VTEC (pas de valeurs fixées jusqu'en 2013)	168
1.5.1. Pas de critère imposé pour <i>Escherichia coli</i> VTEC	168
1.5.2. Des lignes directrices pour <i>Escherichia coli</i> VTEC	169
2. <i>E. coli</i> témoin de contamination fécale	171
2.1. <i>E. coli</i> indicateur de contamination fécale (critère de sécurité)	171
2.2. <i>E. coli</i> indicateur de contamination fécale (critère d'hygiène des procédés)	171

2.3. <i>E. coli</i> indicateur du niveau d'hygiène (critère d'hygiène des procédés) ..	172
2.4. <i>E. coli</i> indicateur implicite	173
2.5. <i>E. coli</i> indicateur de contamination d'origine digestive	173
2.6. <i>E. coli</i> et « flore totale »	174
2.7. <i>E. coli</i> à l'abattoir de volailles	174
3. <i>E. coli</i> , indicateur de la présence de micro-organismes pathogènes	175
4. <i>E. coli</i> , <i>Enterobacteriaceae</i> et coliformes	175
4.1. Définition et délimitation des groupes de bactéries	175
4.2. Signification hygiénique d' <i>E. coli</i> , des <i>Enterobacteriaceae</i> et des coliformes	177
5. Le danger <i>Escherichia coli</i>	178
5.1. Principaux pathovars d' <i>E. coli</i>	179
5.2. Facteurs de virulence d' <i>E. coli</i>	179
5.2.1. Shigatoxines d' <i>E. coli</i>	179
5.2.2. Facteur d'attachement et d'effacement	179
5.3. Facteurs de virulence potentiels d' <i>E. coli</i>	180
5.4. Souches pathogènes d' <i>E. coli</i> (AEEC et STEC ou VTEC)	180
5.4.1. Groupe des AEEC (<i>attaching and effacing E. coli</i>)	180
5.4.2. Groupe des STEC (<i>Shiga toxin-producing E. coli</i>)	181
5.5. Sérotypes d' <i>E. coli</i> rencontrés	181
5.6. Tableaux cliniques dus à <i>Escherichia coli</i>	182
5.6.1. Formes symptomatiques dues à <i>Escherichia coli</i>	182
5.6.2. Syndrome hémolytique et urémique (SHU)	183
6. Sources d' <i>E. coli</i> pour l'homme	183
6.1. Différentes sources d' <i>E. coli</i>	183
6.2. Réservoirs d' <i>E. coli</i>	184
7. Aliments vecteurs d' <i>Escherichia coli</i>	186
7.1. Panorama des aliments vecteurs d' <i>Escherichia coli</i>	186
7.2. Viande hachée et <i>E. coli</i>	186
7.3. Viandes (autres que viande hachée) et <i>E. coli</i>	190
7.4. Denrées alimentaires d'origine végétale et foyers à <i>Escherichia coli</i>	192
7.4.1. Foyer à <i>Escherichia coli</i> aux États-Unis (cidre)	192
7.4.2. Foyer à <i>Escherichia coli</i> dans une usine au Japon (pousses de radis)	192
7.4.3. Foyer à <i>Escherichia coli</i> au Japon (salade ou porteur, abats)	193
7.4.4. Foyer probablement dû à de la salade verte (Pays-Bas, Islande)	193
7.5. Accidents alimentaires dus à <i>Escherichia coli</i> (sandwichs)	194
7.5.1. Foyer à <i>Escherichia coli</i> en Angleterre (sandwichs)	194
7.5.2. Foyer à <i>Escherichia coli</i> en Écosse (sandwichs)	194
7.6. Lait, produits laitiers et <i>Escherichia coli</i>	194
8. Accidents alimentaires aux États-Unis dus à <i>Escherichia coli</i>	196
8.1. Accidents alimentaires historiques dus à <i>Escherichia coli</i> aux États-Unis ..	196
8.2. Accidents alimentaires de 1982 à 2002 dus à <i>Escherichia coli</i> aux États-Unis	197
8.3. Accidents alimentaires de 1998 à 2007 dus à <i>Escherichia coli</i> aux États-Unis	199

9. Accidents alimentaires massifs dus à <i>Escherichia coli</i>	200
9.1. Accidents massifs dus à <i>Escherichia coli</i> (États-Unis)	200
9.2. Accidents massifs dus à <i>Escherichia coli</i> (Japon)	200
9.3. Accidents massifs dus à <i>Escherichia coli</i> (Écosse)	201
9.4. Accidents massifs dus à <i>Escherichia coli</i> (Pays de Galles)	202
9.5. Accident massif dû à <i>Escherichia coli</i> (Allemagne – treize pays européens)	202
10. Accidents alimentaires dus à <i>E. coli</i> en France	203
10.1. Foyer français à <i>E. coli</i> (ragoût de bœuf) en 2000	204
10.2. Foyer français à <i>E. coli</i> (repas de mariage et méchoui) en 2002	204
10.3. Foyer français à <i>E. coli</i> (steaks hachés) en 2005	204
10.4. Foyers français à <i>E. coli</i> (divers fromages) en 2004-2005	205
10.5. Foyer français à <i>E. coli</i> (steaks hachés surgelés) en 2009	206
10.6. Foyer français à <i>E. coli</i> STEC (fromages à pâte molle) en 2019	206
11. Dose-réponse lors des accidents alimentaires dus à <i>Escherichia coli</i>	206
11.1. Dose-réponse lors d'accidents à <i>E. coli</i>	206
11.2. Dose-réponse et viande hachée	207
11.2.1. Contamination des steaks hachés industriels de bœuf par <i>Escherichia coli</i> O157:H7	207
11.2.2. Concentrations d' <i>Escherichia coli</i>	209
11.2.3. Quantité consommée	210
12. Accidents dus à <i>E. coli</i> dans l'Union européenne	210

Chapitre 8

Histamine

1. Valeurs fixées pour l'histamine	211
2. Le danger « histamine »	212
2.1. Nature de l'histamine	213
2.2. Pathogénie et dose toxique des accidents histaminiques	214
2.2.1. Potentialisation probable par les autres amines	214
2.2.2. Inhibition de la détoxification de l'histamine	217
2.2.3. Le possible rôle aggravant de l'acide urocanique	218
2.2.4. Destruction probable de l'histamine par des bactéries	218
2.3. Panorama des aliments à haut risque histaminique	218
3. Fréquence des accidents histaminiques	220
3.1. Fréquence des accidents histaminiques dans le monde	220
3.2. Fréquence des accidents histaminiques en Europe	221
3.3. Fréquence des accidents histaminiques en France	221
3.4. Exemples d'accidents histaminiques français	222
3.5. Fréquence des accidents histaminiques en Europe à partir de 2010	223
3.6. Fréquence des accidents histaminiques dans certains pays européens	224
3.7. Fréquence des accidents histaminiques en Asie	224
3.8. Fréquence des accidents histaminiques en Australie et Nouvelle-Zélande	225
3.9. Fréquence des accidents histaminiques aux États-Unis	225
3.10. Fréquence des accidents histaminiques au Canada	226

4. Mécanismes de formation de l'histamine	226
5. Microflore histaminogène	227
5.1. Microflore histaminogène, cas général.	228
5.2. Des bactéries à capacité variable de production de l'histamine	229
5.3. <i>Enterobacteriaceae</i> et risque histaminique	231
5.4. Microflore histaminogène, le cas de <i>Morganella</i>	231
5.4.1. Nomenclature de <i>Morganella</i>	231
5.4.2. <i>Morganella morganii</i> et histamine	232
5.4.3. <i>Morganella psychrotolerans</i> et histamine.	232
5.5. Microflore histaminogène, le cas de <i>Raoultella</i> et <i>Klebsiella</i>	233
5.6. Microflore histaminogène, le cas de <i>Photobacterium</i>	233
5.6.1. Nomenclature de <i>Photobacterium</i>	233
5.6.2. Accidents histaminiques dus à <i>Photobacterium</i>	233
5.6.3. <i>Photobacterium</i> et production d'histamine	234
5.7. Bactéries productrices d'autres amines.	234
6. Facteurs de la formation de l'histamine	234
6.1. Teneur en histidine libre de la chair des poissons	234
6.2. Espèces de poissons à haut risque histaminique	235
6.3. Cas des poissons dits scombroïdes	236
6.4. Température et formation de l'histamine	237
6.4.1. Zones de température et formation de l'histamine	237
6.4.2. Température optimale de formation de l'histamine	238
6.4.3. Température minimale de formation de l'histamine	238
6.4.4. Formation de l'histamine à température négative.	239
6.5. Temps d'exposition à température favorable	240
6.6. Interactions microbiennes	240

Chapitre 9

Les colonies aérobies

1. Les diverses dénominations des colonies aérobies.	241
2. Valeurs fixées pour les colonies aérobies	242
3. Signification hygiénique des colonies aérobies	243
3.1. Microflore représentatives des colonies aérobies.	243
3.2. Fautes d'hygiène significatives des colonies aérobies.	243
3.3. Colonies aérobies et hygiène à l'abattoir.	244
3.4. Aliments visés par les colonies aérobies (sous vide)	245

Chapitre 10

Enterobacteriaceae

1. <i>Enterobacteriaceae</i> et « entérobactériacés »	247
2. Définition normalisée des <i>Enterobacteriaceae</i>	248
3. Valeurs fixées pour les <i>Enterobacteriaceae</i>	248
4. Nature des <i>Enterobacteriaceae</i>	250
4.1. Microflore représentatives des <i>Enterobacteriaceae</i>	250
4.2. <i>Enterobacteriaceae</i> , coliformes et <i>E. coli</i>	251

5. Signification hygiénique des <i>Enterobacteriaceae</i>	252
5.1. Les <i>Enterobacteriaceae</i> , témoins de contamination fécale	252
5.2. Signification des <i>Enterobacteriaceae</i> , au regard de <i>Salmonella</i> et <i>Cronobacter</i> (préparations en poudre pour nourrissons)	253
5.3. Signification des <i>Enterobacteriaceae</i> dans les abattoirs	254
5.4. Signification des <i>Enterobacteriaceae</i> au regard du risque histaminique	254
5.5. Les <i>Enterobacteriaceae</i> , témoins de recontamination	255

Chapitre 11

Bacillus cereus

1. Contenu du critère microbiologique « <i>Bacillus cereus</i> »	258
1.1. Critère européen « <i>Bacillus cereus</i> »	258
1.2. Critère national « <i>Bacillus cereus</i> »	259
1.3. Spécifications microbiologiques concernant <i>Bacillus cereus</i>	260
1.3.1. <i>Bacillus cereus</i> et recommandation européenne (épices)	260
1.3.2. <i>Bacillus cereus</i> et spécifications de l'AIIBP	261
1.3.3. <i>Bacillus cereus</i> en Grande-Bretagne	263
1.3.4. <i>Bacillus cereus</i> en Irlande	263
1.3.5. Notion de « valeur-seuil » pour <i>Bacillus cereus</i>	264
1.4. Cas de <i>Bacillus thuringiensis</i>	264
2. Le danger <i>Bacillus cereus</i>	265
2.1. « Groupe <i>Bacillus cereus</i> »	265
2.2. <i>Bacillus cereus</i> présomptifs selon la norme ISO 7932	265
2.3. Toxine émétique de <i>Bacillus cereus</i> ou céréulide	266
3. Risque lié à <i>Bacillus cereus</i>	267
3.1. Syndromes dus à <i>Bacillus cereus</i>	267
3.1.1. Syndrome diarrhéique	267
3.1.2. Syndrome émétique	268
3.2. Fréquence des accidents alimentaires dus à <i>Bacillus cereus</i>	268
3.2.1. Panorama mondial des accidents alimentaires dus à <i>Bacillus cereus</i>	268
3.2.2. Situation des foyers déclarés dus à <i>B. cereus</i> en France	270
3.2.3. Situation des foyers déclarés dus à <i>B. cereus</i> aux États-Unis	271
3.2.4. Situation des foyers déclarés dus à <i>B. cereus</i> en Europe	271
3.3. Aliments responsables des toxi-infections alimentaires collectives dues à <i>Bacillus cereus</i>	271
3.3.1. Aliments liés au syndrome diarrhéique dû à <i>B. cereus</i>	272
3.3.2. Aliments liés au syndrome émétique dû à <i>B. cereus</i>	273
4. Justification du critère microbiologique « <i>Bacillus cereus</i> »	277
4.1. Justification épidémiologique	277
4.2. Justification sanitaire	278
4.3. Justification hygiénique	279
4.4. Justification technologique	279
4.5. Justification microbiologique	280

Chapitre 12

Campylobacter

1. Historique de <i>Campylobacter</i> en tant que critère microbiologique	281
1.1. Réflexion antérieure au critère réglementaire « <i>Campylobacter</i> » . . .	281
1.2. <i>Campylobacter</i> , indicateur d'hygiène des procédés en abattoir	284
1.3. Étiquetage relatif à <i>Campylobacter</i>	285
1.4. <i>Campylobacter</i> , un critère de sécurité des denrées alimentaires	286
2. <i>Campylobacter</i> , un critère d'hygiène des procédés moderne (carcasses de volailles)	287
2.1. Création d'un critère d'hygiène des procédés pour <i>Campylobacter</i> en 2017.	287
2.2. <i>Campylobacter</i> , indicateur d'hygiène de produits finis.	288
3. <i>Campylobacter</i> , un danger moderne	288
3.1. Présentation générale de l'agent pathogène.	288
3.2. Données épidémiologiques.	288
4. <i>Campylobacter</i> au laboratoire.	289

Chapitre 13

Autres agents microbiens (hors règlement n° 2073/2005 modifié)

1. ABVT	291
1.1. Généralités sur l'ABVT	291
1.2. Valeurs fixées pour l'ABVT (règlement n° 2074/2005).	292
2. Bactéries sulfito-réductrices.	293
3. <i>Brochothrix thermosphacta</i>	293
3.1. <i>Microbacterium thermosphactum</i>	293
3.2. <i>Brochothrix thermosphacta</i> , l'agent microbien	294
3.3. <i>Brochothrix thermosphacta</i> , un critère d'hygiène des procédés	294
4. <i>Clostridium perfringens</i>	295
4.1. Le danger <i>Clostridium perfringens</i>	295
4.2. Toxi-infections alimentaires dues à <i>Clostridium perfringens</i>	296
4.3. Risques alimentaires liés à <i>Clostridium perfringens</i>	298
4.4. L'indicateur d'hygiène des procédés <i>Clostridium perfringens</i>	299
4.5. <i>Clostridium perfringens</i> et viandes de volailles.	300
4.6. <i>Clostridium perfringens</i> et viandes de lagomorphes	300
4.7. Critère national <i>Clostridium perfringens</i>	301
4.8. Critères microbiologiques des protéines transformées.	301
5. Coliformes	302
5.1. Définition des coliformes	302
5.2. Coliformes, <i>Enterobacteriaceae</i> et <i>Escherichia coli</i>	302
5.3. Signification hygiénique des coliformes.	302
5.4. Coliformes et produits de la pêche.	303
6. <i>Enterococcus</i>	303
6.1. <i>Enterococcus</i> , cas général.	303
6.2. <i>Enterococcus</i> à l'abattoir de volailles	304

7. Bactéries lactiques mésophiles.	305
7.1. Définition de la microflore lactique mésophile	305
7.2. Valeurs indicatives fixées pour la microflore lactique	305
7.3. Signification hygiénique des bactéries lactiques mésophiles	306
8. Levures et moisissures	306
9. La microflore histaminogène, un critère improbable	307
10. <i>Pseudomonas</i>	308
10.1. Signification hygiénique de <i>Pseudomonas</i>	308
10.2. <i>Pseudomonas</i> à l'abattoir de volailles.	309
10.3. <i>Pseudomonas</i> et amines.	309
11. Phosphatase alcaline.	309
12. Notion de « stabilité biologique ».	310
13. <i>Shigella</i>	310
14. Streptocoques β -hémolytiques	311
15. Teneur en germes	311
16. <i>Vibrio</i> pathogènes	311

Partie 3

Mise en œuvre des critères microbiologiques

Chapitre 14

Obligations et responsabilités des entreprises du secteur alimentaire

Introduction	317
1. Mesures obligatoires en matière de critères microbiologiques	318
1.1. Mesures d'hygiène spécifiques visées à l'article 4 du règlement 852/2004	318
1.2. Exigences générales du règlement n° 2073/2005 modifié	319
1.3. Obligation générale d'essais portant sur les denrées alimentaires	320
1.3.1. Obligation d'essais selon le règlement n° 852/2004	320
1.3.2. Obligation d'essais selon le règlement n° 2073/2005 modifié.	321
1.4. Choix de critères microbiologiques pertinents	321
1.5. Vérification des critères pendant la durée de conservation des produits	321
1.6. Obligation de recherche et de dénombrements sur les sites de production et de transformation.	322
1.7. Satisfaction des autorités compétentes	322
1.7.1. Intégration dans les systèmes opérationnels et d'organisation	322
1.7.2. Démonstrations à la satisfaction des autorités compétentes.	322
2. Résultats impératifs en matière de critères microbiologiques	323
2.1. Denrée alimentaire sûre.	323
2.2. Des quantités qui représentent un risque acceptable pour la santé humaine	324
2.3. Absence de mise de denrées alimentaires dangereuses sur le marché	324

2.4. Des valeurs fixées pour les critères microbiologiques ou des limites, des résultats impératifs	325
2.5. Obligation d'obtention de résultats satisfaisants ou acceptables lors d'essais	325
2.6. Analyse obligatoire de l'évolution des résultats	326
2.7. Une denrée alimentaire loyale par l'étiquetage	326
2.8. Obligations en cas de résultats insatisfaisants ou insuffisants.	327
3. Responsabilité découlant des obligations des entreprises du secteur alimentaire	328
3.1. Définitions des responsabilités pénales et civiles des exploitants du secteur alimentaire	329
3.1.1. Définition de la responsabilité pénale des exploitants du secteur alimentaire	329
3.1.2. Définition de la responsabilité civile (dont la responsabilité du fait des produits défectueux)	330
3.2. Engagement et exonération de la responsabilité pénale relative à la sécurité des denrées alimentaires (responsabilité juridique primaire)	331
3.2.1. Engagement de la responsabilité pénale relative à la sécurité des denrées alimentaires (responsabilité juridique primaire)	331
3.2.2. Circonstances de la responsabilité pénale relative à la sécurité des denrées alimentaires (responsabilité juridique primaire)	332
3.2.3. Causes d'exonération de la responsabilité pénale des entreprises du secteur alimentaire	333
3.3. Engagement et exonération de la responsabilité civile relative à la sécurité des denrées alimentaires (notamment du fait des produits défectueux)	335
3.3.1. Engagement et exonération de la responsabilité extracontractuelle fondée sur la faute	335
3.3.2. Engagement et exonération de la responsabilité contractuelle.	335
3.3.3. Engagement et exonération de la responsabilité du fait des produits défectueux.	336
4. Obligation de moyens et obligation de résultat	337
4.1. Mythe de l'obligation de résultat	337
4.2. Obligation de résultat et responsabilité pénale	338
4.3. Obligation de résultat et responsabilité civile	339

Chapitre 15

Mise en œuvre des critères microbiologiques harmonisés du règlement n° 2073/2005 (annexes I et II)

1. Valeurs fixées pour les critères microbiologiques selon l'annexe I du règlement n° 2073/2005	341
1.1. Options de choix pour les critères microbiologiques	341
1.2. Critères microbiologiques réglementaires européens par types de denrées alimentaires	342
1.2.1. Critères de sécurité des denrées alimentaires (annexe I consolidée)	342
1.2.2. Critères d'hygiène des procédés	345

1.3. Critères microbiologiques impératifs à choix ouvert.	348
1.3.1. Cas du choix des VTEC.	348
1.3.2. Ajustement du nombre d'unités d'échantillon.	349
1.3.3. Autres choix de critères microbiologiques harmonisés	350
1.3.4. Critères microbiologiques en temps « anormal »	350
1.3.5. Critères microbiologiques réglementaires nationaux.	351
2. Échantillonnage (annexes I et II du règlement n° 2073-2005).	353
2.1. Dispositions concernant les essais et l'échantillonnage.	353
2.2. Identifier les aliments à risque	354
2.3. Caractériser les aliments	355
2.4. Fréquence d'échantillonnage	356
2.4.1. Cas général de fréquence d'échantillonnage	356
2.4.2. Cas particulier des prélèvements en surface des carcasses	356
2.5. Transport et stockage	357
2.6. Réception des échantillons	359
3. Vérifications pendant toute la durée de conservation selon l'annexe II du règlement n° 2073/2005	359
3.1. Vérifications nécessaires.	359
3.2. Exigences de l'annexe II du règlement n° 2073/2005	360
4. Détermination de la durée de vie microbiologique selon l'annexe II du règlement n° 2073/2005	362
4.1. Définition de la durée de vie	362
4.2. Définition de la durée de vie microbiologique	363
4.3. Micro-organismes et échantillonnage (détermination de la durée de vie microbiologique).	364
4.4. Étapes de la détermination de la durée de vie	366
4.5. Spécification des caractéristiques intrinsèques des aliments	366
4.5.1. Choix des caractéristiques intrinsèques significatives de la durée de vie des aliments	367
4.5.2. Spécification des denrées alimentaires au regard du risque de développement de <i>Listeria monocytogenes</i>	368
4.6. Modélisation de la durée de vie	369
4.6.1. Principe	369
4.6.2. Types de modèles utilisés dans les études de durée de vie de préparations culinaires	370
4.7. Protocole du test de vieillissement microbiologique.	373
4.8. Historique et durée de vie.	374
4.9. Mesures correctives (suivi de la durée de vie)	374
4.10. <i>Challenge test</i> (ou test de croissance).	375
4.11. Cas particulier de <i>Listeria monocytogenes</i>	376
4.12. Modélisation de la prévision de la durée de vie.	376
5. Vérifications dans les sites de production.	378
5.1. Zones des sites de production	379
5.2. Mise en place de plans pour les sites de production.	380
5.2.1. Définition des lieux de prélèvements pour les sites de production	380
5.2.2. Stratégies pour la conception et l'exécution d'un programme de prélèvements pour les sites de production	380

5.3. Sites de production, cas des abattoirs et ateliers de découpe	381
5.4. Milieu de production et <i>Enterobacteriaceae</i>	383
5.5. Milieu de production et <i>Listeria monocytogenes</i>	383
6. Interprétation des résultats des analyses	384
6.1. Cas général des plans à deux classes (critères de sécurité)	385
6.2. Plans à deux classes pour certaines denrées alimentaires prêtes à être consommées (critère de sécurité)	386
6.3. Plan à deux classes pour <i>E. coli</i> dans certains produits de la pêche (critère de sécurité)	387
6.4. Plan à deux classes pour l'histamine dans certains produits de la pêche (critère de sécurité)	388
6.5. Plans à deux classes pour les carcasses (critère d'hygiène des procédés)	389
6.6. Plans à deux classes pour certains produits laitiers (critères d'hygiène des procédés)	390
6.7. Plans à trois classes	391
6.8. Prise en compte de l'incertitude de mesure dans l'interprétation des résultats	393
6.9. Analyse de l'évolution des résultats	393
6.10. Interprétation des résultats sur sites de production	396
6.11. Prise en compte du jour des prélèvements	396
6.12. Mesures correctives générales imposées	397
7. Non-mise ou non-maintien sur le marché.	400
7.1. Situations de non-mise ou de non-maintien sur le marché.	400
7.2. Seuil de déclenchement du retrait ou du rappel des denrées alimentaires.	400
7.2.1. Un seuil d'alerte : les résultats insatisfaisants ou insuffisants . . .	400
7.2.2. Absence de critères ou de seuils réglementaires	400
7.3. Mise en œuvre de la notification	401
7.4. Communication en cas de rappel	403
7.5. Traitement supplémentaire possible des denrées alimentaires	403
7.6. Alertes à <i>Listeria monocytogenes</i>	403
7.7. Rappels pour cause d' <i>Enterobacter sakazakii</i> (foyer français de 2004) . .	405
7.8. Rappels pour cause d' <i>Escherichia coli</i>	405
8. Recherche des causes et mise en place de mesures correctives	407
8.1. Indicateurs d'hygiène des procédés pour la recherche des causes . . .	407
8.2. Mesures correctives par détermination de critères non microbiologiques (équation conceptuelle de l'ICMSF)	409
8.2.1. Ensemble des critères non microbiologiques	409
8.2.2. Mesures correctives particulières par détermination d'un critère de performance	410
8.3. Autres mesures correctives	414
8.4. Exemples significatifs de fautes d'hygiène.	415
8.4.1. Contaminations par l'équipement	415
8.4.2. Contaminations par le personnel.	416
8.5. Intérêt de nouvelles analyses	416
8.6. Panorama des différents référentiels pour l'ajustement des plans	417

Chapitre 16

Critères non réglementaires et leur personnalisation

1. Critères indicateurs d'hygiène des procédés nationaux recommandés par les fédérations et ajustement des agents microbiens.	419
1.1. Définition des indicateurs et des index.	420
1.2. Valeurs fixées pour les critères indicateurs d'hygiène des procédés . . .	420
1.3. Spécifications	431
2. Plans par référence à la norme ISO 2859 et ajustement de la pression de contrôle (inspection renforcée ou spécifications)	432
2.1. Application de la norme ISO 2859-1 (NQA)	432
2.1.1. Définitions	432
2.1.2. Choix du type de plans de contrôle	433
2.1.3. Pratique du choix des paramètres des plans	434
2.1.4. Ajustement de la pression de contrôle	436
2.2. Niveau de qualité limite (ou NQL).	437
2.3. Non-conformités	437
3. Critères microbiologiques personnalisés par ajustement à l'objectif de sécurité alimentaire (FSO)	438
3.1. Méthodologie générale de détermination de critères par ajustement au FSO	438
3.1.1. Définition des critères microbiologiques	438
3.1.2. Détermination des critères microbiologiques par ajustement au FSO	438
3.2. Étapes de la détermination de critères par ajustement au FSO	440
3.2.1. Étape 1 : déterminer l'écart type des échantillons provenant des lots	440
3.2.2. Étape 2 : définir le lot « juste inacceptable »	441
3.2.3. Étape 3 : définir la sensibilité nécessaire des analyses (Dm)	442
3.2.4. Étape 4 : définir le nombre d'échantillons	443
3.3. Exemples de détermination de critères par ajustement au FSO.	444
3.4. Exemples de détermination de critères par ajustement au PO	446
3.5. Passage au plan à trois classes.	446
3.6. Ajustement au FSO avec recours à un critère d'hygiène des procédés	447
3.7. Détermination du FSO à partir du plan d'échantillonnage (démarche à rebours).	447
4. Optimisation des critères microbiologiques d'entreprise par modélisation	449
4.1. Optimisation de la stratégie d'échantillonnage par modélisation des contaminations et simulation des plans (préparations lactées en poudre).	449
4.1.1. Modélisation de la fabrication et des contaminations	449
4.1.2. Prélèvements	449
4.1.3. Simulation des plans	451
4.2. Modélisation de la stratégie d'échantillonnage pour le saumon fumé.	453
4.3. Modélisation du choix des plans pour les graines germées	454
4.4. Logiciels d'établissement de plans	455

5. Plans d'échantillonnage par ajustement au risque sanitaire (ICMSF)	455
5.1. Évaluation de la pertinence de la mise en œuvre d'un plan d'échantillonnage	456
5.2. Détermination de la sévérité du risque	458
5.3. Choix entre un plan à deux classes ou à trois classes.	459
5.4. Détermination de « m » et « M »	459
5.5. Détermination de « n » et de « c »	460
5.6. Utilisation des « cas » pour déterminer un FSO	462
5.7. Plans d'échantillonnage par ajustement à la contamination des lots (par variables)	463

Chapitre 17

Efficacité des critères microbiologiques

1. Participation à l'obtention d'un niveau élevé de protection de la santé humaine	467
2. Imbrication des mesures.	468
2.1. Imbrication descendante	468
2.2. Imbrication ascendante	468
2.2.1. Validation ou vérification obligatoire du fonctionnement des procédures.	468
2.2.2. Information sur la chaîne alimentaire et les critères microbiologiques.	469
2.3. Intégration dans le plan de maîtrise sanitaire (ou PMS)	469
3. Facteurs d'efficacité des critères microbiologiques	470
3.1. Critères microbiologiques et réduction des risques.	470
3.2. Impact cumulatif des plans	470
3.3. Flexibilité des critères microbiologiques et leur optimisation	474
3.4. Détection des dérives et une certaine marge de sécurité.	475
4. Efficacité sanitaire des critères microbiologiques	477
4.1. Efficacité sanitaire générale des critères microbiologiques	477
4.2. Modélisation de l'efficacité sanitaire des critères microbiologiques par analyse de risque quantitative (<i>quantitative risk assessment</i>).	477
5. Efficacité des critères microbiologiques au travers de l'inspection par les services officiels	478
6. Respect des principes européens.	478

Chapitre 18

Limites des critères microbiologiques

1. Limites techniques : les incertitudes expérimentales.	479
1.1. Incertitude et seuil de détection	479
1.2. Imprécision des dénombrements	480
1.2.1. Nature de l'incertitude des dénombrements	480
1.2.2. Origine de l'incertitude des dénombrements.	481
1.2.3. Estimation de l'incertitude de mesure (IM).	482
1.2.4. Correction de l'incertitude des dénombrements	483
1.2.5. Ajustement des plans au FSO modifié par approche de Poisson log-normale compte tenu de l'incertitude (optimisation de « n »)	484

2. Limites biologiques	487
2.1. Variabilité des prévalences	487
2.2. Variabilité des niveaux moyens de contamination	487
2.3. Dispersion des degrés de contamination	489
2.4. Variabilité localisée des degrés de contamination	491
2.4.1. Quantification de la variabilité localisée des degrés de contamination	491
2.4.2. Prévision des concentrations hétérogènes dues à la variabilité localisée des degrés de contamination	493
3. Limites statistiques	495
3.1. Courbe d'opérabilité	495
3.2. Probabilité d'accepter un lot en fonction de « n »	495
3.3. Incertitude liée à un plan à deux classes et probabilité que toutes les unités d'échantillon soient « négatives »	497
3.4. Risque du producteur et risque du consommateur	500
3.5. Probabilité d'accepter un lot en relation avec la concentration en micro-organismes pathogènes (plan par variables)	500
3.6. Limites des FSO et exemple de <i>Listeria monocytogenes</i>	500
4. Comportement du consommateur et limites des critères microbiologiques . .	504
4.1. Une quantité d'aliment ingérée variable	504
4.2. Cuisson variable de l'aliment	504
4.3. Des failles de communication	505
5. Limites des critères microbiologiques et services officiels	508
5.1. Critères d'hygiène des procédés en remplacement des critères nationaux abrogés	508
5.2. Un outil limité d'inspection des denrées alimentaires	508
5.3. Une validation ambiguë des choix de l'exploitant du secteur alimentaire . . .	509
5.4. Un seuil par défaut de non-mise ou de non-maintien sur le marché	510
5.5. Des sanctions mal définies en matière d'hygiène	511
5.6. Une procédure délictuelle en matière de fraudes non explicite	514
6. Une certaine inefficacité constatée des critères microbiologiques à prévenir des accidents alimentaires	515

Partie 4

Vulgarisation des critères microbiologiques

Chapitre 19

Vulgarisation microbiologique, technique et statistique des critères microbiologiques

1. Risques pris en compte par les critères microbiologiques	521
1.1. Mode de multiplication des agents microbiens	521
1.2. Classification simplifiée des principaux agents microbiens alimentaires visés par les critères microbiologiques	521
1.2.1. Agents bactériens	521
1.2.2. Agents fongiques	523

1.2.3. Microalgues	524
1.2.4. Virus	524
1.3. Mécanismes des risques microbiens visés par les critères microbiologiques	524
1.4. Facteurs des risques visés par les critères microbiologiques	527
1.4.1. Facteur temps	527
1.4.2. Facteur température	530
1.4.3. Facteurs alimentaires des risques microbiens alimentaires	534
1.4.4. Facteurs humains des risques microbiens alimentaires	536
2. Abrégé des essais au laboratoire d'analyse microbiologique des aliments	537
2.1. Principes généraux des essais au laboratoire d'analyse microbiologique des aliments	537
2.2. Matériel général des essais au laboratoire d'analyse microbiologique des aliments	538
2.3. Protocoles classiques de la recherche et de l'identification des agents microbiens majeurs en vue des critères microbiologiques	543
2.3.1. Méthode classique pour <i>Listeria monocytogenes</i>	543
2.3.2. Méthode d'analyse classique pour <i>Salmonella</i>	545
2.3.3. Méthode d'analyse classique pour les staphylocoques à coagulase positive	545
2.3.4. Méthode d'analyse classique pour <i>Campylobacter</i>	547
2.3.5. Méthode d'analyse classique pour <i>B. cereus</i>	550
2.3.6. Méthode pour <i>E. coli</i> STEC (<i>Shiga toxin-producing E. coli</i>)	550
2.4. « Autres méthodes » du règlement n° 2073/2005 ou méthodes d'analyse alternatives.	551
2.4.1. Expressions « autres méthodes », « méthodes alternatives » et « méthodes rapides »	551
2.4.2. Définitions à propos des méthodes dites alternatives (« autre méthode »)	552
2.4.3. Principes des méthodes rapides, classiques et modernes	555
3. Principe d'incertitude généralisée en matière de vérification des critères microbiologiques	557
3.1. Des distributions très variables pour les populations microbiennes dans les unités d'échantillon	559
3.1.1. Distribution aléatoire et loi de Poisson	560
3.1.2. Distribution régulière (distribution binomiale).	563
3.1.3. Distribution contagieuse (agrégée ou groupée, ou sur-dispersion) (distribution binomiale négative)	564
3.2. Le prélèvement d'échantillons, une épreuve de tirage partiellement aléatoire	565
3.2.1. Indépendance générale de la taille de l'échantillon et du lot contrôlé	566
3.2.2. Le rare lien entre la taille de l'échantillon et la taille du lot contrôlé	566
3.2.3. Sévérité excessive des plans par attributs	566
3.2.4. Distribution multinomiale	568
3.2.5. Théorie des risques du producteur – consommateur	568

3.3. Incertitudes des essais microbiologiques au laboratoire de microbiologie alimentaire	569
3.3.1. Aléas récurrents de la mise sur le marché des aliments	569
3.3.2. Incertitudes de la vitalité microbienne au laboratoire.	572
3.3.3. Incertitudes des obstacles écologiques à la vitalité microbienne dans les aliments	573
Conclusion	577
Annexe	579
Bibliographie	583
Index	617

Selon le règlement européen n° 2073/2005, un critère microbiologique est « un critère définissant l'acceptabilité d'un produit, d'un lot de denrées alimentaires ou d'un procédé, sur la base de l'absence, de la présence ou du nombre de micro-organismes et/ou de la quantité de leurs toxines ou de leurs métabolites, par unité de masse, volume, surface ou lot ». Il vise donc la lutte contre les maladies microbiennes alimentaires afin d'assurer la protection de la santé des consommateurs.

Malgré cette définition claire, les critères microbiologiques des denrées alimentaires restent difficiles à établir du fait d'une réglementation complexe et protéiforme : en effet le règlement n° 2073/2005 a fait l'objet de nombreuses modifications telles que l'introduction d'un nouveau critère d'hygiène des procédés visant *Campylobacter*, la mise en conformité avec l'évolution des connaissances scientifiques, des précisions sur la taxonomie, une mise à jour des modes opératoires des essais au laboratoire en accord avec les procédures de validation des normes ISO, et bien d'autres.

Cette 2^e édition des *Critères microbiologiques des denrées alimentaires* était donc devenue nécessaire. L'ouvrage couvre la totalité du sujet en 19 chapitres structurés en 4 grandes parties :

- Bases réglementaires des critères microbiologiques
- Agents microbiens visés par les critères microbiologiques
- Mise en œuvre des critères microbiologiques
- Vulgarisation des critères microbiologiques

Il s'adresse aux exploitants ou industriels du secteur alimentaire, aux responsables qualité, aux hygiénistes, aux techniciens ou responsables de laboratoire, aux agents des services officiels ainsi qu'aux étudiants et enseignants.

Éric Dromigny est Maître de conférences à Oniris Nantes, École Nationale Vétérinaire, Agro-alimentaire et de l'Alimentation Nantes Atlantique. Il enseigne en particulier l'hygiène et l'industrie des denrées alimentaires d'origine animale, le droit alimentaire français et européen et les toxi-infections alimentaires.

