

**RiA**  
LE MENSUEL DE L'INNOVATION ALIMENTAIRE

Joseph-Pierre Guiraud

# **M**ICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE

DUNOD



# Table des matières

## Introduction

# A

## Rappels de microbiologie générale

<b>I • Caractéristiques morphologiques des micro-organismes</b>	<b>3</b>
<b>1 Bactéries</b>	<b>3</b>
1.1 Forme, taille, composition chimique	3
1.2 Structure cellulaire	3
1.2.1 Enveloppe cellulaire et paroi, 3	
1.2.2 Capsules, 5	
1.2.3 Membrane cytoplasmique, cytoplasme, inclusions, 5	
1.2.4 Matériel génétique, 5	
1.3 Mobilité cellulaire	6
1.4 Phénomène de sporulation bactérienne	6
<b>2 Champignons : levures et moisissures</b>	<b>7</b>
2.1 Caractères généraux des cellules fongiques	7
2.1.1 Forme, taille, composition chimique, 7	
2.1.2 Structure cellulaire, 7	
2.2 Organisation des moisissures	8
2.2.1 Thalle, 8	
2.2.2 Les « organes » de reproduction et de dissémination, 8	
2.3 Caractéristiques des levures	9
<b>3 Autres organismes</b>	<b>10</b>
3.1 Protozoaires	10
3.2 Algues	10
3.3 Virus	10
3.4 Autres organismes	11
<b>II • Métabolisme microbien</b>	<b>13</b>
<b>1 Conditions du développement microbien</b>	<b>13</b>
1.1 Conditions nutritives	13



<b>1.2 Conditions physico-chimiques</b>	<b>14</b>
1.2.1 pH, 14	
1.2.2 Température, 14	
1.2.3 Activité de l'eau, 15	
1.2.4 rH (ou potentiel d'oxydo-réduction), 15	
1.2.5 Autres paramètres, 15	
1.2.6 Interactions entre paramètres, 16	
<b>2 Échanges avec le milieu</b>	<b>16</b>
2.1 Caractères généraux	16
2.2 Mécanismes de perméation	16
2.2.1 Diffusion simple, 16	
2.2.2 Transport spécifique, 16	
2.3 Mécanisme de sortie	17
<b>3 Métabolisme énergétique et conséquences</b>	<b>17</b>
3.1 Mécanisme de la production d'énergie	17
3.1.1 Phototrophie, 17	
3.1.2 Chimiotrophie, 17	
3.2 Types respiratoires	18
3.2.1 Respiration, 18	
3.2.2 Fermentations, 19	
3.2.3 Fermentations oxydatives, 19	
<b>4 Métabolisme des produits minéraux</b>	<b>19</b>
4.1 Utilisation à des fins énergétiques	19
4.2 Assimilation nutritive	19
4.3 Autres implications	20
<b>5 Principales voies du catabolisme</b>	<b>20</b>
5.1 Glucides	20
5.1.1 Dégradation des macromolécules glucidiques, 20	
5.1.2 Glycolyse, 20	
5.1.3 Alternatives de la glycolyse, 20	
5.1.4 Fermentation hétérolactique bactérienne, 21	
5.1.5 Fermentations « oxydatives » du glucose, 21	
5.1.6 Métabolisme aérobie du pyruvate, 22	
5.1.7 Métabolisme anaérobie du pyruvate, 23	
5.1.8 Particularités en fonction de la nature des sucres, 25	
5.2 Catabolisme des protéines	25
5.2.1 Protéolyse, 25	
5.2.2 Catabolisme des acides aminés, 26	
5.2.3 Fermentations putrides, 26	
5.2.4 Dégradation de l'urée, 26	
5.3 Catabolisme des lipides et composés voisins	26
5.4 Catabolisme des alcools	27
5.4.1 Éthanol, 27	
5.4.2 Autres alcools, 27	
5.5 Catabolisme des acides organiques	28



<b>6 Anabolisme</b>	<b>28</b>
6.1 Réactions anaplerotiques et gluconéogenèse	29
6.2 Synthèse des acides aminés et des protéines	29
6.3 Synthèse des autres composés	29
6.3.1 Lipides, 29	
6.3.2 Nucléotides et porphyrines, 30	
6.3.3 Vitamines, 30	
6.3.4 Polysaccharides, 30	
6.3.5 Antibiotiques et autres métabolites, 31	
<b>7 Régulation du métabolisme</b>	<b>31</b>
7.1 Rappels sur la relation gène-protéine	31
7.2 Mécanismes de régulation du métabolisme	31
7.2.1 Régulation du fonctionnement des enzymes, 31	
7.2.2 Régulation de la synthèse des protéines, 32	
7.2.3 Importance des phénomènes de régulation, 32	
<b>8 Variabilité génétique et conséquences</b>	<b>32</b>
8.1 Mutations	32
8.2 Sexualité, parasexualité, hérédité cytoplasmique	33
8.3 Application à la sélection et à l'amélioration des souches	34
<b>III • Pouvoir pathogène ; notions d'immunologie</b>	<b>37</b>
<b>1 Relations micro-organismes/êtres vivants</b>	<b>37</b>
1.1 Neutralisme ou saprophytisme	37
1.2 Commensalisme	37
1.3 Mutualisme ou symbiose	37
1.4 Parasitisme	37
1.5 Pathogénicité	37
<b>2 Pouvoir infectieux</b>	<b>38</b>
2.1 Étapes de l'infection	38
2.1.1 Contamination, 38	
2.1.2 Pénétration ou entrée du pathogène, 38	
2.1.3 Action, 38	
2.2 Caractères microbiens favorisant la virulence	39
2.2.1 Pouvoir d'adhésion, de pénétration et d'envahissement, 39	
2.2.2 Pouvoir pathogène proprement dit, 39	
2.2.3 Atténuation et exaltation de la virulence, 39	
2.3 Stades cliniques de l'infection	39
2.4 Épidémiologie	40
2.4.1 Facteurs intervenant dans l'évolution des maladies au sein des populations, 40	
2.4.2 Types d'évolution, 40	



<b>3 Pouvoir toxique</b>	41
<b>3.1 Modalités</b>	41
3.1.1 Intoxications, 41	
3.1.2 Intoxinations, 41	
3.1.3 Toxi-infections et toxinogénèse liée à la virulence, 41	
<b>3.2 Types de toxines</b>	41
3.2.1 Toxines d'eucaryotes microbiens, 41	
3.2.2 Toxines bactériennes, 43	
<b>4 Défenses de l'organisme</b>	44
<b>4.1 Défenses non spécifiques de l'organisme</b>	44
4.1.1 Barrière périphérique, 44	
4.1.2 Facteurs cellulaires de défense, 45	
4.1.3 Substances bactéricides non spécifiques, 45	
4.1.4 Autres facteurs, 45	
<b>4.2 Défenses spécifiques</b>	45
4.2.1 Acquisition de l'immunité spécifique, 45	
4.2.2 Mécanisme de l'immunité spécifique, 45	
<b>4.3 Antigènes</b>	46
4.3.1 Propriétés générales, 46	
4.3.2 Antigènes microbiens, 46	
<b>4.4 Cellules de la défense immunitaire</b>	46
4.4.1 Origine, 46	
4.4.2 Principales catégories, 47	
4.4.3 Réponse immunitaire cellulaire, 47	
<b>4.5 Défense humorale : anticorps</b>	47
4.5.1 Nature et structure des anticorps, 47	
4.5.2 Production des anticorps et réponse immunitaire, 48	
4.5.3 Rôle des anticorps, 48	
<b>4.6 Phénomènes d'hypersensibilité</b>	48
<b>5 La réaction antigène-anticorps</b>	49
<b>5.1 Propriétés</b>	49
<b>5.2 Réactions antigène-anticorps <i>in vitro</i> et applications au diagnostic</b>	49
5.2.1 Précipitation en milieu liquide, 49	
5.2.2 Agglutination, 49	
5.2.3 Autres réactions, 50	
5.2.4 Marquage de l'anticorps ou de l'antigène, 50	
5.2.5 Technique ELISA, 50	
<b>6 Mise en évidence du pouvoir pathogène</b>	51
6.1 Complexité et déterminisme génétique du pouvoir pathogène et toxinogène	51
6.2 Étude du pouvoir pathogène	51
<b>IV • Cinétique du développement microbien</b>	53
<b>1 Généralités</b>	53



<b>2 Croissance de la biomasse</b>	53
2.1 Généralités	53
2.2 Méthodes de mesure	54
2.2.1 Mesure de la quantité de biomasse par méthode directe, 54	
2.2.2 Méthodes indirectes d'estimation de la biomasse, 54	
2.2.3 Numération directe des cellules (ou individus), 55	
2.2.4 Numération après culture, 55	
2.2.5 Détermination des paramètres du milieu de culture, 55	
2.3 Phases de la croissance (milieu non renouvelé)	56
2.3.1 Phase de latence, 57	
2.3.2 Phase exponentielle, 57	
2.3.3 Phase stationnaire, 57	
2.3.4 Phase de déclin, 57	
2.4 Facteurs affectant le taux de croissance	58
2.4.1 Action de la température et des autres facteurs environnementaux, 58	
2.4.2 Influence des substrats, 58	
2.4.3 Effets inhibiteurs, 59	
2.4.4 Action de l'oxygène, 59	
2.5 Rendement de croissance et productivité	59
<b>3 Transformations microbiennes : substrats et produits</b>	59
3.1 Généralités	59
3.2 Cinétiques de production de métabolites	60
3.3 Rendements et productivités des réactions	60
3.4 Utilisation du substrat	61
<b>4 Stoechiométrie des réactions</b>	61
4.1 Équation stoechiométrique générale	61
4.2 Bilans d'oxydoréduction	61
<b>5 Modes de conduite des fermentations</b>	62
5.1 Généralités sur les réacteurs biologiques	62
5.2 Caractéristiques des divers types	63
5.2.1 Fermentation discontinue, 63	
5.2.2 Fermentation Fed Batch, 63	
5.2.3 Chémostat (réacteur continu parfaitement mélangé), 63	
5.2.4 Utilisation des fermentations discontinues pour prévoir le fonctionnement d'un chémostat, 64	
5.2.5 Réacteurs « piston », 64	
5.2.6 Productivités comparées en biomasse des différents fermenteurs, 65	
5.2.7 Systèmes multi-étagés, 65	
5.2.8 Systèmes à recyclage ou à rétention de biomasse, 65	
<b>V • Destruction et élimination des micro-organismes : agents antimicrobiens</b>	67
<b>1 Lois générales de destruction et d'élimination</b>	68
1.1 Généralités	68
1.1.1 Notion de mort microbienne, 68	
1.1.2 Notion de stérilité, 68	



<b>1.2 Cinétique</b>	68
1.2.1 Loi générale au niveau d'une population homogène, 68	
1.2.2 Cas particuliers, 69	
<b>1.3 Facteurs influençant la destruction microbienne</b>	69
1.3.1 Nature et état du micro-organisme, 69	
1.3.2 Nature de l'agent antimicrobien, 69	
1.3.3 Rôle de l'environnement, 69	
<b>2 Principaux agents antimicrobiens</b>	70
<b>2.1 Généralités</b>	70
2.1.1 Critères de choix, 70	
2.1.2 Classification, 70	
2.1.3 Mécanisme d'action et conséquences, 70	
<b>2.2 Agents d'élimination</b>	70
<b>2.3 Agents physiques de stabilisation ou de destruction</b>	71
2.3.1 Température : chaleur, 71	
2.3.2 Température : froid, 71	
2.3.3 Radiations électromagnétiques, 71	
2.3.4 Autres agents, 72	
<b>2.4 Agents chimiques de stabilisation et de destruction</b>	72
2.4.1 Mode d'action, 72	
2.4.2 Principaux types d'agents chimiques, 73	
2.4.3 Agents chimiothérapeutiques, 74	
<b>2.5 Agents biologiques</b>	75
<b>3 Détermination de l'activité antimicrobienne</b>	75
3.1 Notion de germe test	75
<b>3.2 Détermination des doses actives d'un agent antimicrobien</b>	75
3.2.1 Mesure du coefficient phénol, 75	
3.2.2 Méthode des portes-germes, 75	
3.2.3 Détermination des doses minimales inhibitrice et bactéricide, 75	
3.2.4 Détermination de la sensibilité <i>in vitro</i> aux antibiotiques, 76	
<b>3.3 Contrôle de la désinfection</b>	76

## B

### Microbiologie alimentaire

<b>I • Micro-organismes intervenant dans l'industrie alimentaire</b>	79
<b>1 Bactéries</b>	79
1.1 Généralités	79
1.2 Clé des principaux groupes bactériens intervenant en industrie alimentaire	80
<b>1.3 Entérobactéries</b>	80
1.3.1 Caractères généraux, 80	
1.3.2 Principaux groupes, 80	
1.3.3 Caractéristiques des principaux genres et espèces, 81	



<b>1.4 Bacilles Gram-saprophytes : <i>Pseudomonas</i> et genres voisins</b>	85
<b>1.5 Bactéries acétiques</b>	86
<b>1.6 Vibrions</b>	86
1.6.1 <i>Vibrio</i> , 86	
1.6.2 <i>Aeromonas Plesiomonas</i> , 87	
1.6.3 <i>Campylobacter</i> , 87	
<b>1.7 <i>Brucella</i> et bactéries voisines</b>	88
<b>1.8 Microcoques et staphylocoques</b>	88
<b>1.9 Streptocoques et autres coques « lactiques »</b>	89
1.9.1 <i>Streptococcus Lactococcus Enterococcus</i> , 90	
1.9.2 <i>Pediococcus</i> , 91	
1.9.3 <i>Leuconostoc</i> , 91	
<b>1.10 Lactobacilles et autres bacilles « lactiques »</b>	91
1.10.1 <i>Lactobacillus</i> , 91	
1.10.2 Autres lactobacilles et bactéries voisines, 92	
<b>1.11 <i>Listeria</i></b>	92
<b>1.12 Actinobactéries</b>	93
1.12.1 Caractères généraux, 93	
1.12.2 Bactéries corynéformes saprophytes, 93	
1.12.3 <i>Propionibacterium</i> , 93	
1.12.4 <i>Streptomyces</i> , 94	
1.12.5 Mycobactéries, 94	
<b>1.13 Bactéries sporulées aérobies</b>	94
<b>1.14 Bactéries sporulées anaérobies</b>	95
<b>2 Levures et moisissures</b>	98
<b>2.1 Les moisissures</b>	98
2.1.1 Caractères généraux, 98	
2.1.2 Classification et principaux genres, 98	
2.1.3 Genres et espèces toxigènes, 99	
<b>2.2 Les levures</b>	101
2.2.1 Caractères généraux, 101	
2.2.2 Classification et principaux genres, 101	
<b>3 Protistes et parasites divers</b>	102
<b>3.1 Protozoaires</b>	102
<b>3.2 Algues</b>	103
3.2.1 Algues procaryotes, 103	
3.2.2 Algues eucaryotes, 103	
<b>3.3 Autres organismes</b>	104
<b>4 Virus</b>	104
<b>4.1 Caractères généraux</b>	104
<b>4.2 Principaux groupes</b>	104
4.2.1 <i>Enterovirus</i> , 104	
4.2.2 <i>Rotavirus</i> et autres virus de gastro-entérites, 105	
4.2.3 Virus de l'hépatite A (virus A), 105	
4.2.4 Autres virus, 105	



4.3 Autres parasites intracellulaires	106
4.3.1 Bactéries parasites, 106	
4.3.2 Prions, 106	
4.4 Bactériophages	106
<b>II • Rôle et action des micro-organismes dans les aliments</b>	107
<b>1 Généralités</b>	107
1.1 Origine et nature de la flore microbienne des aliments	107
1.1.1 Flore issue des animaux et des végétaux, 107	
1.1.2 Contamination par les manipulateurs, 108	
1.1.3 Contaminants par l'environnement, 108	
1.1.4 Contaminants industriels, 108	
1.2 Évolution de la flore	109
1.2.1 Facteurs d'évolution, 109	
1.2.2 Types d'évolution, 109	
1.3 Activité des micro-organismes	110
<b>2 Modifications microbiennes des aliments : incidences sur la qualité</b>	110
2.1 Odeur et saveur	111
2.2 Aspect et couleur	111
2.3 Texture	112
2.4 Valeur nutritionnelle et sanitaire	112
<b>3 Incidences sanitaires de la présence de micro-organismes</b>	112
3.1 Caractères généraux	112
3.2 Principaux cas	113
3.2.1 Accidents liés à la prolifération d'une flore peu ou pas pathogène : « intoxication », 113	
3.2.2 Maladies liées à la présence de germes pathogènes, 114	
3.2.3 Intoxications, 114	
<b>4 Utilisation industrielle des micro-organismes</b>	116
4.1 Fermentations	116
4.1.1 Fermentation alcoolique, 116	
4.1.2 Fermentations lactiques, 116	
4.1.3 Fermentation acétique, 117	
4.1.4 Autres fermentations, 117	
4.2 Autres utilisations microbiennes	117
4.2.1 Production de biomasse, 117	
4.2.2 Production de métabolites, 117	
4.2.3 Bioconversions, 118	
4.2.4 Épuration et biodégradation, 119	
4.2.5 Production de biocarburants, 119	
4.3 Mise en œuvre des fermentations industrielles	119
4.3.1 Déclenchement des fermentations, 119	
4.3.2 Orientation et contrôle des fermentations, 120	



<b>5 Traitements appliqués aux produits alimentaires</b>	<b>120</b>
<b>5.1 Généralités</b>	<b>120</b>
5.1.1 Principes des traitements, 120	
5.1.2 Loi générale de destruction ou d'élimination, 121	
<b>5.2 Principaux traitements</b>	<b>121</b>
5.2.1 Traitements d'élimination, 121	
5.2.2 Méthodes physiques de stabilisation ou de destruction, 121	
5.2.3 Stabilisation ou destruction chimiques, 124	
5.2.4 Protection biologique, 126	
5.2.5 Importance de l'environnement atmosphérique de l'aliment, 126	
5.2.6 Importance de la texture et de la présence de biofilms, 126	
<b>5.3 Mesure de l'activité antimicrobienne</b>	<b>126</b>
<b>6 Hygiène, gestion des risques, démarche et contrôle qualité</b>	<b>127</b>
<b>6.1 Généralités</b>	<b>127</b>
<b>6.2 Les moyens de l'hygiène : la recherche de la qualité</b>	<b>127</b>
6.2.1 Moyens préventifs, 127	
6.2.2 Moyens de limitation et de curation, 128	
6.2.3 Contrôles, 128	
<b>6.3 Normes et certification ISO 9000</b>	<b>128</b>
6.3.1. Généralités, 128	
6.3.2. Norme ISO 9002, 128	
<b>6.4 Procédure HACCP : maîtrise des points critiques</b>	<b>129</b>
6.4.1 Généralités, 129	
6.4.2 AMDE (C), 130	
6.4.3 HACCP, 130	
<b>6.5 La microbiologie prédictive</b>	<b>131</b>
<b>III • Microbiologie des principaux produits alimentaires</b>	<b>133</b>
<b>1 Microbiologie de l'eau</b>	<b>133</b>
<b>1.1 L'eau dans les industries alimentaires</b>	<b>133</b>
<b>1.2 Flore microbienne de l'eau</b>	<b>133</b>
1.2.1 Eau de captage ou de distribution, 133	
1.2.2 Eaux de traitement ou de circuits internes en milieu industriel, 134	
1.2.3 Eaux usées, 135	
<b>1.3 Flore de l'épuration</b>	<b>135</b>
1.3.1 Auto-épuration, 135	
1.3.2 Lagunage, 135	
1.3.3 Boues activées, 135	
1.3.4 Lits bactériens, 136	
1.3.5 Traitements anaérobies, 136	
<b>2 Microbiologie du lait</b>	<b>136</b>
<b>2.1 Flore microbienne du lait</b>	<b>136</b>
2.1.1 Flore originelle, 136	
2.1.2 Flore de contamination, 137	



<b>2.2 Action de la flore du lait</b>	<b>137</b>
2.2.1 Aspect sanitaire, 137	
2.2.2 Aspect qualitatif, 137	
<b>2.3 Les différents types de laits. Traitements industriels et incidences sur la flore</b>	<b>138</b>
2.3.1 Lait cru, 138	
2.3.2 Laits traités par la chaleur, 138	
2.3.3 Lait concentré, 139	
2.3.4 Lait sec, 139	
<b>2.4 Produits lactés frais</b>	<b>139</b>
<b>3 Microbiologie des laits fermentés et des fromages</b>	<b>139</b>
<b>3.1 Généralités</b>	<b>139</b>
3.1.1 Principe de fabrication, 140	
3.1.2 Procédés de fabrication, 140	
3.1.3 Divers types de fromages, 140	
<b>3.2 Microbiologie des fermentations fromagères</b>	<b>141</b>
3.2.1 Fermentation lactique, 141	
3.2.2 Fermentations secondaires, 141	
<b>3.3 Accidents de fabrication ou de conservation d'origine microbienne</b>	<b>142</b>
<b>3.4 Aspect sanitaire</b>	<b>143</b>
<b>4 Microbiologie du beurre et des matières grasses</b>	<b>143</b>
4.1 Crème et beurre	143
4.2 Autres matières grasses et produits riches en graisses	143
<b>5 Microbiologie de la viande et des produits carnés</b>	<b>144</b>
5.1 Généralités	144
5.2 Flore de la viande	144
5.2.1 Flore originelle, 144	
5.2.2 Flores de contamination dues à l'abattage et à la première transformation, 145	
5.2.3 Flores de contamination dues aux manipulations ultérieures, 145	
5.3 Évolution de la flore et dégradation de la viande	145
5.3.1 Dégradations aérobies, 145	
5.3.2 Dégradations anaérobies, 146	
5.4 Les produits dérivés de la viande	146
5.4.1 Microbiologie de la viande séchée, 146	
5.4.2 Microbiologie de la viande salée, 147	
5.4.3 Microbiologie des produits de charcuterie hachés et crus, 147	
5.4.4 Microbiologie des produits de charcuterie cuits, 147	
5.5 Volailles	148
5.6 Œufs	148
5.7 Autres produits protéiques	148
<b>6 Microbiologie des poissons et produits aquatiques</b>	<b>149</b>
6.1 Le milieu aquatique	149



<b>6.2 Poissons et crustacés</b>	149
6.2.1 Flore microbienne, 149	
6.2.2 Altérations microbiennes, 149	
6.2.3 Aspect sanitaire, 150	
<b>6.3 Coquillages</b>	150
<b>6.4 Produits dérivés</b>	150
6.4.1 Surimi, 150	
6.4.2 Poisson salé séché ou fumé, 150	
6.4.3 Produits marinés et saumurés, charcuterie de poisson, 150	
6.4.4 Sauces de poisson fermenté, 151	
<b>7 Microbiologie des boissons</b>	151
<b>7.1 Boissons non alcoolisées</b>	151
<b>7.2 Boissons alcoolisées</b>	152
7.2.1 Le vin, 152	
7.2.2 Le cidre, 153	
7.2.3 La bière, 153	
7.2.4 Autres boissons alcoolisées, 154	
<b>8 Microbiologie des produits végétaux et d'origine végétale</b>	154
<b>8.1 Fruits et légumes</b>	154
8.1.1 Microbiologie des fruits et légumes non transformés, 155	
8.1.2 Produits de la IV <sup>e</sup> gamme, 156	
8.1.3 Graines germées, 156	
8.1.4 Salades ensaucées et autres produits, 156	
<b>8.2 Céréales et produits dérivés</b>	157
8.2.1 Les céréales, 157	
8.2.2 Les farines, 157	
8.2.3 Pain et produits voisins, 157	
8.2.4 Pâtes alimentaires et semoules, 158	
<b>8.3 Sucre et produits dérivés</b>	158
8.3.1 Le sucre, 158	
8.3.2 Microbiologie des produits sucrés, 159	
<b>8.4 Cacao et produits dérivés ; café</b>	159
<b>8.5 Produits végétaux fermentés «exotiques»</b>	159
8.5.1 Dérivés du manioc, 159	
8.5.2 Koji, 159	
8.5.3 Dérivés du soja, 160	
8.5.4 Dérivés de céréales, 160	
8.5.5 Accidents microbiologiques, 160	
<b>8.6 Produits en saumure et fermentés</b>	160
8.6.1 Choucroute, 160	
8.6.2 Cornichons, olives, 161	
<b>8.7 Épices</b>	161
<b>8.8 Produits végétaux destinés à l'alimentation animale</b>	161



<b>9 Microbiologie de produits divers</b>	162
9.1 Microbiologie des glaces, crèmes glacées et sorbets	162
9.2 Microbiologie des autres produits congelés	162
9.3 Microbiologie des produits déshydratés	162
9.4 Microbiologie des plats cuisinés et autres produits «manipulés»	163
9.5 Vinaigre	163
9.6 Levure de boulangerie	163
9.7 Aliments pour animaux	164
<b>10 Microbiologie des conserves</b>	164
10.1 Généralités	164
10.2 Origine de la flore microbienne des conserves	166
10.3 Altérations des conserves	166
10.3.1 Manifestations de l'altération, 166	
10.3.2 Divers types d'altérations, 166	
10.3.3 Relation avec l'acidité des produits, 168	
<b>11 Recherche des causes d'une intoxication alimentaire : analyse d'un produit suspect</b>	168

## C

### Techniques d'analyse microbiologique

<b>I • Techniques générales de manipulation</b>	171
<b>1 Le laboratoire de microbiologie</b>	171
1.1 Aménagement d'un laboratoire de microbiologie	171
1.2 Classement des laboratoires de microbiologie	171
1.2.1 Classement en fonction de la pathogénicité vis-à-vis de l'homme et des animaux, 171	
1.2.2 Cas des laboratoires manipulant des germes phytopathogènes, 172	
1.2.3 Cas des laboratoires manipulant des micro-organismes génétiquement modifiés (OGM), 172	
1.2.4 Laboratoires d'analyse agréés (RNE), 172	
1.3 Règles de sécurité	172
<b>2 Matériel et techniques microbiologiques de base</b>	173
2.1 Matériel	173
2.1.1 Récipients, 173	
2.1.2 Instruments de prélèvement et de transfert, 173	
2.1.3 Instruments d'étalement : pipette à boule et râteau à étaler, 174	
2.1.4 Instruments divers, 174	
2.2 Manipulations de base	175
2.2.1 La zone de protection du bec Bunsen, 175	
2.2.2 Les hottes et postes de sécurité microbiologique (PSM), 175	



2.2.3	Techniques du transfert de culture, 176	
2.2.4	Précautions particulières, 178	
<b>3</b>	<b>Milieux et techniques générales de culture</b>	<b>178</b>
<b>3.1</b>	<b>Préparation des milieux de culture</b>	<b>178</b>
3.1.1	Nature des milieux de culture, 178	
3.1.2	Préparation des milieux liquides, 179	
3.1.3	Préparation des milieux gélosés, 179	
3.1.4	Précautions particulières de préparation, 179	
3.1.5	Milieux et supports particuliers prêts à l'emploi, 180	
<b>3.2</b>	<b>Stérilisation du matériel et des milieux</b>	<b>180</b>
3.2.1	Caractères généraux, 180	
3.2.2	Stérilisation par la chaleur, 180	
3.2.3	Stérilisation par filtration, 181	
3.2.4	Stérilisation par les radiations, 182	
3.2.5	Stérilisation par des agents chimiques, 182	
<b>3.3</b>	<b>Techniques générales de culture</b>	<b>182</b>
3.3.1	Cultures en aérobiose, 182	
3.3.2	Cultures en anaérobiose, 184	
3.3.3	Réduction de la durée des cultures, 185	
<b>3.4</b>	<b>Conservation des micro-organismes</b>	<b>185</b>
3.4.1	Repiquages successifs, 185	
3.4.2	Dessication, 186	
3.4.3	Congélation, 186	
3.4.4	Lyophilisation, 186	
<b>4</b>	<b>Techniques de sélection et d'isolement</b>	<b>186</b>
<b>4.1</b>	<b>Principe et techniques de base</b>	<b>186</b>
<b>4.2</b>	<b>Isolement sélectif par compétition ou inhibition</b>	<b>187</b>
<b>4.3</b>	<b>Utilisation des milieux différentiels</b>	<b>188</b>
<b>4.4</b>	<b>Prélèvement des colonies isolées</b>	<b>188</b>
<b>5</b>	<b>Préparations et examens microscopiques</b>	<b>188</b>
<b>5.1</b>	<b>Le microscope optique (microscope photonique) et son fonctionnement</b>	<b>188</b>
5.1.1	Principe, 188	
5.1.2	Éléments du microscope, 188	
5.1.3	Pouvoir de résolution et grossissement, 189	
5.1.4	Utilisation du microscope, 190	
<b>5.2</b>	<b>Préparations microscopiques</b>	<b>190</b>
5.2.1	État frais, 191	
5.2.2	Frottis, 191	
5.2.3	Colorations, 191	
<b>5.3</b>	<b>Utilisation de microscopes spéciaux</b>	<b>192</b>
5.3.1	Examen sur fond noir, 192	
5.3.2	Microscopie en contraste de phase et microscopie interférentielle, 192	
5.3.3	Microscopie en épifluorescence, 192	
5.3.4	Microscopie électronique, 193	
5.3.5	Traitement des images, 193	



<b>II • Technique d'estimation des populations microbiennes</b>	<b>195</b>
<b>1 Techniques de numération</b>	<b>195</b>
<b>1.1 Techniques de dilution</b>	<b>195</b>
1.1.1 Technique de base, 195	
1.1.2 Techniques particulières, 196	
1.1.3 Choix du diluant, 196	
<b>1.2 Techniques de concentration</b>	<b>196</b>
1.2.1 Filtration, 196	
1.2.2 Autres techniques, 196	
<b>1.3 Numération par microscopie</b>	<b>197</b>
1.3.1 Comptage à l'hématimètre, 197	
1.3.2 Numération sur frottis, 198	
1.3.3 Numération microscopique directe après filtration : DEFT, 198	
1.3.4 Numération microscopique après culture, 199	
1.3.5 Analyse d'image, 199	
<b>1.4 Numération par comptage de particules</b>	<b>200</b>
1.4.1 Variation de résistivité, 200	
1.4.2 Cytométrie de flux ; granulométrie à laser, 200	
<b>1.5 Numération après culture en milieu solide</b>	<b>201</b>
1.5.1 Technique classique en boîte de Pétri, 202	
1.5.2 Numération après filtration sur membrane, 204	
1.5.3 Utilisation de milieux à immerger, 206	
<b>1.6 Numération après culture en milieu liquide</b>	<b>206</b>
1.6.1 Principe, 206	
1.6.2 Application aux fortes concentrations, 206	
1.6.3 Application aux très faibles concentrations, 208	
1.6.4 Cas des numérations réalisées à partir d'une seule dilution, 208	
1.6.5 Utilisation des microplaques, 208	
<b>1.7 Numérations sélectives</b>	<b>209</b>
1.7.1 Utilisation de milieux sélectifs ou différentiels, 209	
1.7.2 Utilisation de marqueurs, 209	
<b>2 Précision des numérations : exploitation statistique</b>	<b>209</b>
2.1 Sources d'erreur	209
2.2 Études statistiques	209
2.2.1 Rappels théoriques, 209	
2.2.2 Analyse d'un échantillon, 210	
2.2.3 Analyse de plusieurs échantillons, 211	
<b>3 Techniques d'estimation de la quantité de biomasse</b>	<b>211</b>
<b>3.1 Dosage de constituants cellulaires</b>	<b>211</b>
3.1.1 Biomasse totale, 211	
3.1.2 Protéines, 212	
3.1.3 Autres constituants, 212	
<b>3.2 Détermination turbidimétrique et néphélométrique</b>	<b>214</b>
3.2.1 Méthode comparative, 214	
3.2.2 Turbidimétrie, 214	



3.2.3 Néphélométrie, 214	
3.2.4 Utilisation de systèmes laser, 215	
<b>3.3 Mesure de l'activité métabolique</b>	<b>215</b>
3.3.1 Mesure de la luminescence naturelle des bactéries, 215	
3.3.2 Modification des paramètres physicochimiques du milieu, 215	
3.3.3 Impédancemétrie, 215	
3.3.4 Dosage des métabolites et substrats, 216	
3.3.5 Mesure directe des échanges gazeux, 217	
3.3.6 Techniques radiométriques, 218	
3.3.7 Dosage d'une activité enzymatique, 218	
<b>III • Techniques d'étude et d'identification microbiennes</b>	<b>219</b>
<b>1 Étude microscopique</b>	<b>219</b>
1.1 Forme et structure de l'individu, mode de multiplication	219
1.2 Mensurations des micro-organismes	219
<b>2 Étude biochimique et physiologique</b>	<b>220</b>
2.1 Caractères cultureux	220
2.2 Type énergétique et respiratoire	220
2.2.1 Étude du rapport avec l'air ou type respiratoire, 221	
2.2.2 Étude du métabolisme oxydatif ou fermentaire, 221	
2.2.3 Mise en évidence d'une « respiration anaérobie », 222	
2.2.4 Mise en évidence du pouvoir réducteur, 223	
2.2.5 Mise en évidence des enzymes respiratoires, 224	
2.2.6 Étude de l'inhibition des enzymes respiratoires par le cyanure, 225	
2.3 Étude du métabolisme glucidique	225
2.3.1 Méthode auxanographique, 225	
2.3.2 Méthode par culture classique, 226	
2.3.3 Utilisation de milieux complexes, 226	
2.3.4 Utilisation d'hétérosides, 226	
2.3.5 Caractérisation d'enzymes, 226	
2.3.6 Dégradation des macromolécules glucidiques, 227	
2.3.7 Étude d'intermédiaires de métabolisme, 227	
2.3.8 Caractérisation de divers types fermentaires, 227	
2.3.9 Excrétion de polysaccharides, 228	
2.4 Étude du métabolisme azoté et protéique	228
2.4.1 Étude des sources d'azote utilisables, 228	
2.4.2 Dégradation de l'urée, 228	
2.4.3 Hydrolyse des protéines, 228	
2.4.4 Métabolisme des acides aminés, 229	
2.5 Étude du métabolisme lipidique	231
2.6 Étude d'autres propriétés physiologiques générales	231
2.6.1 Mobilité, 231	
2.6.2 Formation de pigments, 232	
2.6.3 Besoins en vitamines ou en facteurs de croissance, 232	
2.6.4 Halophilie et osmophilie, 232	
2.6.5 Température optimale et limite, 232	
2.6.6 Mise en évidence de la sporulation bactérienne, 232	



2.7	Résistance aux antibiotiques ou aux inhibiteurs	232
2.8	Études biochimiques multiples, galeries et tests rapides	232
3	Étude immunologique	233
3.1	Généralités	233
3.2	Principales techniques	234
3.2.1	Précipitation ou agglutination en milieu liquide, 234	
3.2.2	Immunofluorescence, 235	
3.2.3	Séparation des antigènes (ou anticorps), 235	
3.2.4	Immuno-enzymologie, 236	
3.2.5	Réaction en gel, 238	
3.2.6	Réactions diverses, 238	
4	Autres méthodes d'identification	238
4.1	Étude du pouvoir pathogène	238
4.1.1	Recherche d'enzymes participant (ou liées) au pouvoir pathogène, 238	
4.1.2	Recherche de toxines, 239	
4.1.3	Pouvoir pathogène expérimental (méthodes biologiques), 240	
4.1.4	Autres méthodes, 241	
4.2	Lysotypie	241
4.3	Analyse d'enzymes ou de produits du métabolisme	241
4.3.1	Chemotaxinomie, 241	
4.3.2	Microcalorimétrie, 241	
4.3.3	Électrophorèse d'enzymes, 241	
4.3.4	Spectrométrie de masse de pyrolyse, 241	
4.3.5	Identification par spectroscopie Raman, 242	
4.4	Techniques génétiques	242
4.4.1	Détermination de la taille du génome, 242	
4.4.2	Compositions des acides nucléiques, 242	
4.4.3	Détermination du caryotype, 242	
4.4.4	Hybridation de l'ADN, 242	
4.4.5	Autres techniques, 245	
4 •	Application à l'étude des principaux groupes microbiens	247
1	Techniques d'étude des bactéries en général	247
1.1	Clé dichotomique	247
1.2	Culture et isolement	248
1.2.1	Milieus généraux, 248	
1.2.2	Cas particuliers, 249	
1.2.3	Milieus de transport, 249	
1.3	Test de stérilité et désinfection ; sensibilité aux antibiotiques ; dosage de facteurs de croissance	249
2	Entérobactéries	250
2.1	Techniques de numération, d'isolement et de différenciation	250
2.1.1	Entérobactéries totales, 250	
2.1.2	Colimétrie, 251	
2.1.3	Méthodes d'enrichissement pour la recherche de Entérobactéries pathogènes, 253	
2.1.4	Méthodes d'isolement sélectif des Entérobactéries (en particulier Entérobactéries pathogènes), 255	



<b>2.2 Techniques d'identification physiologiques et biochimiques</b>	<b>258</b>
2.2.1 Mobilité, 258	
2.2.2 Fermentation avec ou sans gaz, utilisation du lactose et production d'H <sub>2</sub> S, 258	
2.2.3 Dégradation de l'urée et production d'indole, 258	
2.2.4 Réactions RM-VP (rouge de méthyle et Voges-Proskauer), 259	
2.2.5 Utilisation du citrate, 259	
2.2.6 Autres tests, 259	
2.2.7 Galeries rapides et systèmes spéciaux, 260	
<b>2.3 Clés dichotomiques d'identification biochimique</b>	<b>260</b>
2.3.1 Clé générale, 260	
2.3.2 Clé des <i>Proteus</i> , des <i>Salmonella</i> et des <i>Shigella</i> , 260	
<b>2.4 Identification immunologique</b>	<b>261</b>
2.4.1 Généralités, 261	
2.4.2 <i>E. coli</i> , 262	
2.4.3 <i>Salmonella</i> , 263	
2.4.4 <i>Shigella</i> , 264	
<b>2.5 Lysotypie</b>	<b>264</b>
<b>2.6 Identification par hybridation</b>	<b>264</b>
<b>2.7 Recherche de la pathogénicité et autres tests</b>	<b>264</b>
<b>3 Bacilles Gram – du groupe <i>Pseudomonas</i></b>	<b>264</b>
3.1 Techniques d'isolement	265
3.2 Techniques d'identification	266
3.2.1 Caractères morphologiques, 266	
3.2.2 Type respiratoire et métabolique, 266	
3.2.3 Autres caractères, 266	
3.2.4 Galeries d'identification rapide, 267	
3.2.5 Identification immunologique, 267	
3.3 Clé dichotomique des bactéries Gram-saprophytes	267
3.4 Bactéries acétiques	269
3.4.1 Techniques d'isolement, 269	
3.4.2 Techniques d'identification, 269	
3.4.3 Clé dichotomique, 270	
3.4.4 Étude de la production d'acide acétique, 271	
<b>4 Vibrions</b>	<b>271</b>
4.1 <i>Vibrio</i>	272
4.1.1 Techniques d'isolement, 272	
4.1.2 Techniques d'identification, 272	
4.1.3 Clé dichotomique, 274	
4.2 <i>Aeromonas</i> , <i>Plesiomonas</i>	274
4.2.1 Techniques d'isolement, 274	
4.2.2 Techniques d'identification, 274	
4.3 <i>Campylobacter</i>	274
4.3.1 Techniques d'isolement, 274	
4.3.2 Techniques d'identification, 275	
4.4 <i>Pectinatus</i>	275



<b>5 <i>Brucella</i> et <i>Legionella</i></b>	276
5.1 Techniques d'isolement et d'identification des <i>Brucella</i>	276
5.2 Techniques d'isolement et d'identification des <i>Legionella</i>	276
<b>6 Coques non lactiques : staphylocoques et microcoques</b>	277
6.1 Techniques d'isolement	277
6.1.1 Isolement, 277	
6.1.2 Enrichissement, 278	
6.2 Techniques d'identification	278
6.2.1 Identification des genres, 278	
6.2.2 Identification des espèces, 279	
6.2.3 Identification immunologique, 279	
6.2.4 Autres identifications, 280	
6.3 Clé d'identification simplifiée	280
6.4 Caractérisation du pouvoir pathogène, identification immunologique des toxines	280
6.5 Tests technologiques	282
<b>7 Coques lactiques</b>	282
7.1 Techniques d'isolement	283
7.1.1 Streptocoques en général, 283	
7.1.2 <i>Lactococcus</i> , 283	
7.1.3 <i>Streptococcus</i> , 283	
7.1.4 <i>Enterococcus</i> , 284	
7.1.5 <i>Leuconostoc</i> , 285	
7.1.6 <i>Pediococcus</i> , 285	
7.2 Identification	285
7.2.1 <i>Streptococcus</i> , <i>Lactococcus</i> , <i>Enterococcus</i> , 285	
7.2.2 <i>Leuconostoc</i> , 287	
7.2.3 <i>Pediococcus</i> , 287	
7.3 Typage sérologique	287
7.4 Tests technologiques	289
7.4.1 Caractère homo ou hétérofermentaire, 289	
7.4.2 Comportement par rapport aux conditions du milieu, 290	
7.4.3 Pouvoir acidifiant, 290	
7.4.4 Production de composés aromatiques, 290	
7.4.5 Activité protéolytique, 290	
7.4.6 Sensibilité aux antibiotiques, 290	
7.4.7 Sensibilité aux bactériophages, 290	
<b>8 <i>Lactobacillus</i> et autres bacilles lactiques</b>	291
8.1 Techniques d'isolement des <i>Lactobacillus</i>	291
8.2 Techniques d'identification des <i>Lactobacillus</i>	292
8.3 Clé dichotomique et caractéristiques des <i>Lactobacillus</i>	293
8.4 <i>Carnobacterium</i>	293
8.5 <i>Bifidobacterium</i>	293
8.6 <i>Brochothrix</i>	295



<b>9</b>	<b>Listeria</b>	295
9.1	Techniques d'enrichissement	295
9.2	Techniques d'isolement	296
9.3	Techniques d'identification	296
<b>10</b>	<b>Actinobactéries</b>	297
10.1	Bactéries corynéformes	298
10.2	Bactéries propioniques	299
10.2.1	Techniques d'isolement, 299	
10.2.2	Identification, 299	
10.3	<i>Streptomyces</i>	300
10.4	Mycobactéries	301
<b>11</b>	<b>Bactéries sporulées aérobies (<i>Bacillus</i>)</b>	301
11.1	Techniques d'isolement	302
11.2	Techniques d'identification	302
11.2.1	Caractère sporulé, 302	
11.2.2	Caractères physiologiques, 304	
<b>12</b>	<b>Bactéries sporulées anaérobies</b>	305
12.1	Techniques d'isolement	305
12.1.1	Cas général, 305	
12.1.2	Isolements spécifiques, 306	
12.2	Techniques d'identification	307
12.3	Pathogénicité	310
12.3.1	Mise en évidence des toxines botuliniques, 310	
12.3.2	Mise en évidence de l'entérotoxine de <i>Clostridium perfringens</i> , 310	
<b>13</b>	<b>Levures</b>	310
13.1	Techniques d'isolement et de numération	310
13.1.1	Isolement d'une flore totale de levures, 310	
13.1.2	Isolement différentiel de levures, 311	
13.2	Techniques d'identification	313
13.2.1	Étude des caractères culturels, 313	
13.2.2	Étude des caractères morphologiques cellulaires, 313	
13.2.3	Étude des caractères biochimiques et physiologiques, 314	
13.2.4	Conduite de l'identification et clé dichotomique simplifiée, 317	
13.3	Clé dichotomique des levures rencontrées dans l'industrie alimentaire	317
13.4	Tests technologiques	320
13.4.1	Assimilation de substrats spécifiques, 320	
13.4.2	Conditions générales de culture, 320	
13.4.3	Contrôle de la vitalité après une utilisation industrielle, 320	
13.4.4	Floculence, 320	
13.4.5	Autolyse, 320	
13.4.6	Mesure de l'atténuation, 320	
13.4.7	Paramètres respiratoires et fermentaires, 320	



<b>14 Moisissures</b>	321
<b>14.1 Techniques d'isolement et de numération</b>	321
14.1.1 Milieux de base, 321	
14.1.2 Milieux sélectifs, 321	
14.1.3 Techniques particulières, 322	
<b>14.2 Techniques d'identification</b>	323
14.2.1 Étude des caractères cultureux, 323	
14.2.2 Étude des caractères morphologiques, microscopiques et de la sexualité, 323	
<b>14.3 Clé de détermination des principales moisissures intéressant l'alimentation</b>	325
14.3.1 Clé générale, 328	
14.3.2 Clé des principaux genres de Mucorales, 328	
14.3.3 Clé des principaux genres d'Ascomycètes, 328	
14.3.4 Clé des principaux genres de Deutéromycètes, 328	
14.3.5 Clé des principaux groupes d'espèces d' <i>Aspergillus</i> , 328	
14.3.6 Clé des principales séries d'espèces de <i>Penicillium</i> , 329	
<b>14.4 Tests technologiques</b>	329
14.4.1 Conduite des cultures en milieu liquide : taux et rendements de croissance, 329	
14.4.2 Source d'azote et de carbone utilisable, 330	
14.4.3 Étude physiologique générale : conditions de développement, 330	
14.4.4 Étude des activités enzymatiques, 331	
<b>14.5 Étude du pouvoir toxique : recherche et dosage des mycotoxines</b>	332
14.5.1 Techniques chimiques et physicochimiques, 332	
14.5.2 Techniques immunologiques, 333	
<b>15 Autres micro-organismes</b>	334
<b>15.1 Protozoaires et autres parasites</b>	334
<b>15.2 Algues</b>	334
<b>15.3 Virus</b>	334

## D

### Analyse microbiologique des aliments

<b>I • Les méthodes d'analyse en microbiologie alimentaire</b>	337
<b>1 Généralités</b>	337
1.1 Buts de l'analyse	337
1.2 Principes et stratégie	337
<b>2 Échantillonnage et prélèvements</b>	339
2.1 Définitions	340
2.2 Stratégie et schémas d'échantillonnage	340
2.2.1 Principe de l'échantillonnage, 340	
2.2.2 Principaux schémas utilisés, 340	
2.2.3 Choix des échantillons, 341	
2.2.4 Fréquence des prélèvements et analyses, 342	



<b>2.3 Techniques de prélèvement</b>	<b>342</b>
2.3.1 Conditions générales de prélèvement, 342	
2.3.2 Prélèvements pour le contrôle microbiologique des surfaces, 343	
2.3.3 Prélèvement pour le contrôle de l'air, 344	
2.3.4 Prélèvement des produits alimentaires, 344	
<b>2.4 Traitement de l'échantillon avant l'analyse</b>	<b>345</b>
2.4.1 Conditions de conservation et de transfert des échantillons, 345	
2.4.2 Préparation de l'échantillon : ouverture des récipients et emballages, 345	
2.4.3 Homogénéisation et broyage, 346	
2.4.4 Standardisation de la suspension mère, 347	
<b>3 Analyse microscopique</b>	<b>347</b>
3.1 Étude microscopique générale	347
3.2 Études particulières	347
3.2.1 Recherche du bacille tuberculeux, 347	
3.2.2 Étude des cellules animales, 348	
3.2.3 Recherche des parasites, 348	
<b>4 Analyse quantitative</b>	<b>348</b>
4.1 Problèmes généraux et techniques de revivification	348
4.1.1 Principes, 348	
4.1.2 Principales techniques, 348	
4.2 Principales techniques de dénombrement	349
4.2.1 Dilutions, 349	
4.2.2 Numération en milieu liquide, 349	
4.2.3 Numération par étalement ou inclusion en milieu gélosé, 350	
4.2.4 Numération par filtration sur membrane, 350	
4.2.5 Numérations microscopiques, 351	
4.2.6 Autres techniques, 351	
4.3 Flores étudiées	351
4.3.1 Flore « totale » ou « globale » : flore aérobie mésophile totale (FAMT), 351	
4.3.2 Groupes physiologiques particuliers, flores « indicatrices », 352	
4.3.3 Entérobactéries, coliformes et <i>Escherichia coli</i> , 353	
4.3.4 Entérocoques (streptocoques « fécaux »), 355	
4.3.5 Autres flores « test de contamination fécale », 355	
4.3.6 Staphylocoques, 356	
4.3.7 Levures et moisissures, 356	
<b>5 Analyse qualitative et recherche des germes pathogènes</b>	<b>356</b>
5.1 Identification des flores « non pathogènes »	356
5.2 Mise en évidence et identification des bactéries pathogènes	357
5.2.1 Techniques d'enrichissement et de concentration, 357	
5.2.2 Recherche des germes, 357	
<b>6 Analyses complémentaires</b>	<b>360</b>
<b>7 Interprétation des résultats, réglementation</b>	<b>360</b>
7.1 Exploitation des résultats	360
7.1.1 Interprétation en fonction des objectifs, 360	
7.1.2 Interprétation vis-à-vis des plans à 2 et 3 classes, 361	
7.1.3 Probabilité d'acceptation par rapport à un critère, 363	



<b>7.2 Règlementation, systèmes de normalisation</b>	<b>363</b>
7.2.1 Textes de référence, 363	
7.2.2 Organismes de contrôle, 364	
7.2.3 Procédure, 364	
7.2.4 Méthodes officielles, normes et critères, 364	
7.2.5 Systèmes de normalisation, 365	
 <b>II • Analyse de l'eau</b>	 <b>369</b>
<b>1 Nature des eaux</b>	<b>369</b>
<b>2 Prélèvement des échantillons</b>	<b>369</b>
<b>2.1 Volume et fréquence des prélèvements</b>	<b>369</b>
<b>2.2 Techniques de prélèvement</b>	<b>369</b>
2.2.1 Prélèvement en vue d'un captage destiné à la distribution ou à l'utilisation industrielle, 370	
2.2.2 Prélèvement sur un réseau de distribution et au niveau de l'utilisateur, 371	
2.2.3 Prélèvement d'eaux de traitement ou de circuits industriels, 371	
<b>2.3 Précautions concernant l'échantillon</b>	<b>371</b>
<b>2.4 Cas particuliers : analyse biologique et virologique</b>	<b>372</b>
<b>3 Méthodes d'analyse quantitative</b>	<b>372</b>
<b>3.1 Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (germes « totaux »)</b>	<b>372</b>
3.1.1 Dénombrement classique, 373	
3.1.2 Dénombrement par filtration, 373	
<b>3.2 Dénombrement des germes de contamination fécale</b>	<b>373</b>
3.2.1 Dénombrement des coliformes, coliformes thermotolérants et <i>E. coli</i> , 374	
3.2.2 Dénombrement des entérocoques, 375	
3.2.3 Dénombrement des spores de bactéries anaérobies et de <i>Clostridium</i> sulfite-réducteurs, 375	
3.2.4 Dénombrements des contaminants fécaux par filtration, 375	
3.2.5 Dénombrement par la technique des micro-algues, 376	
<b>3.3 Dénombrement des germes putrides</b>	<b>376</b>
<b>3.4 Dénombrement d'autres flores</b>	<b>377</b>
<b>3.5 Autres techniques de dénombrement ou d'estimation des populations</b>	<b>377</b>
<b>4 Recherche des germes pathogènes</b>	<b>377</b>
4.1 Entérobactéries pathogènes	377
4.2 <i>Vibrio</i>	377
4.3 <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	378
4.4 <i>Legionella</i>	378
<b>5 Recherches particulières</b>	<b>378</b>
<b>5.1 Recherche et dénombrement de contaminants en milieu industriel</b>	<b>378</b>
<b>5.2 Analyse virologique et biologique</b>	<b>378</b>
5.2.1 Détermination quantitative des virus, 378	
5.2.2 Isolement des virus par concentration, 378	
5.2.3 Recherche et caractérisation des bactériophages « fécaux », 379	
5.2.4 Analyse biologique, 379	



<b>5.3 Mesure des demandes en oxygène</b>	379
5.3.1 Demande biochimique en oxygène (DBO), 379	
5.3.2 Demande chimique en oxygène (DCO), 380	
<b>6 Schémas d'analyse</b>	380
<b>6.1 Analyse de type officiel d'eaux distribuées par un réseau collectif public ou privé</b>	380
6.1.1 Types d'analyse, 380	
6.1.2 Fréquence officielle d'analyses bactériologiques, 381	
6.1.3 Limite de qualité bactériologique des eaux brutes destinées à la consommation humaine, 381	
<b>6.2 Analyse sanitaire complète</b>	381
<b>6.3 Analyse des eaux dans les entreprises alimentaires</b>	382
6.3.1 Analyse officielle pour un approvisionnement «non public», 382	
6.3.2 Analyse de routine d'eaux de traitement en usine, 382	
6.3.3 Analyse pour recherche d'un accident de fabrication en usine, 382	
<b>6.4 Analyses d'eau conditionnée et de glace alimentaire</b>	382
<b>6.5 Analyse d'eau minérale naturelle</b>	382
<b>6.6 Analyse d'une eau usée</b>	383
<b>7 Normes et textes réglementaires</b>	383
<b>7.1 Critères microbiologiques des eaux</b>	383
7.1.1 Limites de qualité des eaux destinées à la consommation humaine, 383	
7.1.2 Cas des eaux conditionnées, 383	
7.1.3 Qualité des eaux destinées à la production d'eau, 383	
<b>7.2 Critères concernant les eaux minérales naturelles</b>	383
<b>7.3 Normes industrielles</b>	384
<b>7.4 Méthodes normalisées d'analyse (AFNOR)</b>	384
<b>7.5 Réglementation</b>	385
<b>III • Analyse du lait</b>	387
<b>1 Prélèvement des échantillons</b>	387
<b>1.1 Échantillonnage</b>	387
1.1.1 Contrôle de qualité du lait à la production, 387	
1.1.2 Contrôle de qualité dans le cadre du plan de surveillance des établissements de transformation, 387	
1.1.3 Échantillonnage pour analyse microbiologique complète, 387	
<b>1.2 Techniques de prélèvement</b>	388
1.2.1 Lait en vrac, 388	
1.2.2 Lait conditionné, 389	
1.2.3 Lait concentré, 389	
1.2.4 Lait en poudre, 389	
1.2.5 Produits congelés, 389	
<b>1.3 Traitement de l'échantillon</b>	389
1.3.1 Conditions de conservation, 389	
1.3.2 Préparation de l'échantillon au laboratoire, 390	



<b>2 Analyses physico-chimiques utilisées pour l'appréciation de la qualité hygiénique et microbiologique du lait</b>	390
2.1 Test de filtration	390
2.2 Mesure de l'acidité	390
2.2.1 pH, 390	
2.2.2 Acidité Dornic, 390	
2.3 Méthodes d'estimation de l'activité microbienne	391
2.3.1 Réduction des colorants, 391	
2.3.2 Autres méthodes, 392	
2.4 Mise en évidence des laits anomaux (test de Whiteside : <i>California mastitis test</i> )	392
2.5 Test de lactofermentation	392
2.6 Recherche des antibiotiques	392
2.6.1 Méthode par culture sur lait au TTC ou au BCP, 393	
2.6.2 Méthode des disques, 393	
2.6.3 Méthode immunologique, 393	
2.7 Autres tests de qualité	393
2.7.1 Épreuve à l'alcool, 393	
2.7.2 Épreuve d'ébullition, 393	
2.7.3 Examen des caractères physiques et organoleptiques, 394	
2.8 Méthodes de contrôle du degré de chauffage du lait	394
2.8.1 Recherche de la phosphatase, 394	
2.8.2 Autres tests de pasteurisation, 395	
2.8.3 Contrôle de la stérilisation : test de turbidité d'Ashaffenburg, 395	
2.8.4 Contrôle de la catégorie de traitement thermique, 395	
<b>3 Analyse microbiologique classique</b>	396
3.1 Étude microscopique	396
3.1.1 Étude générale : coloration de Gram, 396	
3.1.2 Numération des cellules par la technique de Breed, 396	
3.1.3 Formules leucocytaires, 396	
3.1.4 Recherche du bacille tuberculeux, 396	
3.2 Préparation des dilutions	397
3.3 Dénombrement de la flore aérobie mésophile (FAMT, flore «totale» ou «globale»)	397
3.3.1 Méthode classique en milieu gélosé, 397	
3.3.2 Méthodes à l'anse calibrée, 397	
3.3.3 Autres méthodes en milieu gélosé, 398	
3.3.4 Numération par comptage de particules et autres méthodes, 398	
3.3.5 Autres estimations de la biomasse, 398	
3.4 Dénombrement de flores particulières	399
3.4.1 Flore indologène, 399	
3.4.2 Flore putride, 399	
3.4.3 Flore thermorésistante, 399	
3.4.4 Flore thermophile, 399	
3.4.5 Flore psychrophile, 399	
3.4.6 Levures et moisissures, 399	
3.4.7 Flore sporulée aérobie, 400	
3.4.8 Flore anaérobie, 400	



3.4.9 Flore lipolytique, 400	
3.4.10 Flore protéolytique, 400	
3.4.11 Flores diverses, 400	
<b>3.5 Coliformes, Entérobactéries et entérocoques</b>	<b>400</b>
3.5.1 Colimétrie en milieu liquide, 401	
3.5.2 Dénombrement de routine sur milieu solide, 401	
3.5.3 Identification de <i>E. coli</i> et des coliformes, 401	
3.5.4 Numération des entérocoques et des Entérobactéries, 401	
<b>3.6 Recherche des germes pathogènes et des toxines</b>	<b>401</b>
3.6.1 <i>Brucella</i> , 401	
3.6.2 Entérobactéries pathogènes, 401	
3.6.3 Streptocoques pathogènes, 402	
3.6.4 <i>Staphylococcus aureus</i> , 402	
3.6.5 <i>Clostridium perfringens</i> , 402	
3.6.6 <i>Listeria</i> , 402	
3.6.7 Bacille tuberculeux, 402	
3.6.8 Autres recherches, 402	
<b>3.7 Recherche des pathes</b>	<b>403</b>
<b>4 Schémas d'analyse</b>	<b>403</b>
<b>4.1 Contrôle de qualité du lait cru à la production</b>	<b>403</b>
4.1.1 Lait « individuels », 403	
4.1.2 Lait en vrac, 403	
<b>4.2 Contrôle du lait cru mis en vente en l'état</b>	<b>404</b>
<b>4.3 Contrôle du lait traité</b>	<b>404</b>
4.3.1 Lait pasteurisé, 404	
4.3.2 Lait stérilisé ou stérilisé UHT, 404	
4.3.3 Lait thermisé, 405	
<b>4.4 Contrôle des laits concentrés</b>	<b>405</b>
4.4.1 Lait concentré non sucré, 405	
4.4.2 Lait concentré sucré, 405	
<b>4.5 Contrôle des laits en poudre</b>	<b>406</b>
4.5.1 Matière première, 406	
4.5.2 Produit fini, 406	
<b>4.6 Contrôle de dérivés du lait</b>	<b>406</b>
4.6.1 Lactosérum, 406	
4.6.2 Caséines et caséinates, 406	
4.6.3 Produits laitiers frais, 406	
<b>4.7 Contrôles de propreté des ustensiles et du matériel en laiterie</b>	<b>406</b>
<b>5 Normes et textes réglementaires</b>	<b>406</b>
<b>5.1 Composition microbiologique</b>	<b>406</b>
5.1.1 Généralités, 406	
5.1.2 Lait cru, 407	
5.1.3 Lait traité, 408	
5.1.4 Lait concentré, 409	
5.1.5 Lait en poudre (ou laits secs), 409	
5.1.6 Produits liquides à base de lait, 410	



5.1.7	Autres produits à base de lait, 410	
5.1.8	Lactosérum et lactose « alimentaire », 411	
5.1.9	Caséines et caséinates, 411	
<b>5.2</b>	<b>Méthodes d'analyses normalisées</b>	<b>411</b>
5.2.1	Normes AFNOR, 411	
5.2.2	Normes FIL, 411	
<b>5.3</b>	<b>Législation</b>	<b>412</b>
<b>IV •</b>	<b>Analyse des laits fermentés, fromages et autres produits laitiers frais</b>	<b>415</b>
<b>1</b>	<b>Prélèvement et traitement des échantillons</b>	<b>415</b>
<b>1.1</b>	<b>Échantillonnage</b>	<b>415</b>
1.1.1	Laits fermentés et desserts lactés frais, 415	
1.1.2	Fromages, 415	
<b>1.2</b>	<b>Techniques de prélèvement</b>	<b>415</b>
1.2.1	Laits fermentés et desserts lactés frais, 415	
1.2.2	Fromages, 415	
1.2.3	Prélèvements particuliers pour la recherche de germes pathogènes ( <i>Salmonella</i> , <i>Listeria</i> ), 416	
<b>1.3</b>	<b>Précautions de transport</b>	<b>416</b>
<b>1.4</b>	<b>Traitement des échantillons</b>	<b>416</b>
<b>2</b>	<b>Méthodes d'analyse</b>	<b>417</b>
<b>2.1</b>	<b>Dilutions</b>	<b>417</b>
<b>2.2</b>	<b>Examen microscopique</b>	<b>417</b>
<b>2.3</b>	<b>Dénombrement de la flore « globale » (FAMT)</b>	<b>417</b>
<b>2.4</b>	<b>Dénombrement des agents bactériens de fabrication ou d'affinage</b>	<b>417</b>
2.4.1	Flore lactique, 417	
2.4.2	Bactéries intervenant dans l'affinage, 418	
<b>2.5</b>	<b>Flore anaérobie</b>	<b>418</b>
<b>2.6</b>	<b>Levures et moisissures</b>	<b>419</b>
<b>2.7</b>	<b>Colimétrie</b>	<b>419</b>
<b>2.8</b>	<b>Flores diverses</b>	<b>419</b>
<b>2.9</b>	<b>Recherche des germes pathogènes</b>	<b>419</b>
2.9.1	Staphylocoques, 420	
2.9.2	Entérobactéries pathogènes, 420	
2.9.3	<i>Listeria</i> , 420	
2.9.4	Autres germes pathogènes, 420	
<b>2.10</b>	<b>Analyses complémentaires</b>	<b>420</b>
2.10.1	Test de pasteurisation (ou de traitement thermique) : test de la phosphatase, 420	
2.10.2	Test de stabilité, 420	
2.10.3	Épreuves spécifiques aux levains lactiques, 420	
2.10.4	Épreuve de l'acidité, 421	
2.10.5	Recherche des amines biogènes, 421	
<b>3</b>	<b>Schémas d'analyse</b>	<b>421</b>
<b>3.1</b>	<b>Laits fermentés (yaourt ou yoghourt ; kéfir)</b>	<b>421</b>
3.1.1	Analyse sanitaire et de qualité générale, 421	
3.1.2	Contrôle de fabrication, 422	



3.2 Desserts lactés frais	421
3.3 Fromages	421
3.3.1 Analyse sanitaire et de qualité générale, 421	
3.3.2 Contrôle de fabrication, 422	
3.4 Levains lactiques	422
4 Normes et textes réglementaires	422
4.1 Composition microbiologique	422
4.1.1 Desserts lactés frais, 422	
4.1.2 Laits fermentés et fromages, 422	
4.1.3 Ferments lactiques, 424	
4.2 Méthodes normalisées	425
4.3 Législation	425
V • Analyse du beurre et des matières grasses	427
1 Prélèvement et préparation des échantillons	427
1.1 Échantillonnage	427
1.2 Techniques de prélèvement	427
1.2.1 Beurre ou margarine en vrac, 427	
1.2.2 Beurre ou margarine conditionnés, 427	
1.2.3 Autres matières grasses, 427	
1.3 Conservation des échantillons	427
1.4 Préparation des échantillons	427
1.4.1 Beurre et margarine, 427	
1.4.2 Crème, 428	
1.4.3 Autres produits, 428	
2 Méthodes d'analyse	428
2.1 Dénombrement de la flore « totale »	428
2.2 Colimétrie	428
2.3 Flores particulières	428
2.4 Recherche des germes pathogènes	428
2.4.1 Staphylocoques pathogènes, 428	
2.4.2 <i>Salmonella</i> et <i>Shigella</i> , 428	
2.4.3 <i>Listeria monocytogenes</i> , 428	
2.5 Analyses complémentaires	428
2.5.1 Phosphatase, 428	
2.5.2 Test de la réductase au bleu de méthylène, 429	
2.5.3 Mesure de l'acidité et de l'activité acidifiante, 429	
3 Schémas d'analyse	429
3.1 Crème	429
3.2 Beurre	429
3.3 Graisses animales	429
3.4 Margarine et matières grasses végétales composées	430



<b>3.5 Autres matières grasses</b>	430
3.5.1 Huiles et graisses végétales anhydres, 430	
3.5.2 Pâtes à tartiner, 430	
3.5.3 Mayonnaises et sauces condimentaires ou non condimentaires, vinaigrettes, 430	
<b>4 Normes et textes réglementaires</b>	430
<b>4.1 Composition microbiologique</b>	430
4.1.1 Crème, 430	
4.1.2 Beurre, 431	
4.1.3 Graisses animales, 431	
4.1.4 Margarine, 431	
4.1.5 Huiles et graisses végétales anhydres, 431	
4.1.6 Pâtes à tartiner, 431	
4.1.7 Mayonnaises et sauces condimentaires, 432	
4.1.8 Mayonnaises et sauces non condimentaires (non acides), 432	
4.1.9 Vinaigrettes, 432	
<b>4.2 Méthodes normalisées</b>	433
<b>4.3 Législation</b>	433
<b>VI • Analyse de la viande et des produits carnés</b>	435
<b>1 Prélèvement et traitement des échantillons</b>	435
<b>1.1 Échantillonnage</b>	435
1.1.1 Viandes crues à l'abattage, 435	
1.1.2 Viandes crues à la distribution, 435	
1.1.3 Produits de charcuterie et produits carnés divers, 435	
1.1.4 Œufs, 435	
<b>1.2 Techniques de prélèvement</b>	435
1.2.1 Prélèvement de viandes fraîches, 435	
1.2.2 Prélèvement des produits de charcuterie, 436	
1.2.3 Prélèvement de produits divers, 436	
<b>1.3 Conditionnement et transport des échantillons</b>	436
<b>1.4 Préparation de l'échantillon au laboratoire</b>	436
1.4.1 Méthode générale, 436	
1.4.2 Viande (muscle), 436	
1.4.3 Os, 437	
1.4.4 Foie, rate, rein, ganglions, 437	
1.4.5 Produits de charcuterie, 437	
1.4.6 Œufs, 437	
1.4.7 Gélatine alimentaire, 437	
<b>2 Techniques d'analyse</b>	437
<b>2.1 Examen macroscopique des viandes</b>	437
<b>2.2 Examen microscopique</b>	438
2.2.1 Examen histologique, 438	
2.2.2 Examen microbiologique, 438	
<b>2.3 Dilutions</b>	438
<b>2.4 Dénombrement de la flore «totale» mésophile et psychrophile</b>	438



<b>2.5 Dénombrement de flores particulières</b>	439
2.5.1 Flore indologène et putride : Indice I + S, 439	
2.5.2 Flore sporulée aérobique mésophile et thermophile, 439	
2.5.3 Levures et moisissures, 439	
2.5.4 Flore lactique, 439	
2.5.5 Flores diverses, 439	
<b>2.6 Colimétrie et recherche d'<i>Escherichia coli</i></b>	440
2.6.1 Colimétrie de routine sur milieu solide, 440	
2.6.2 Colimétrie en milieu liquide, 440	
2.6.3 Entérobactéries totales, 440	
2.6.4 <i>Escherichia coli</i> , 440	
<b>2.7 Autres dénombrements</b>	440
2.7.1 Entérocoques, 440	
2.7.2 <i>Pseudomonas</i> , 440	
2.7.3 <i>Brochothrix</i> , 440	
2.7.4 Germes anaérobies sulfito-réducteurs, 440	
<b>2.8 Recherche et dénombrement des germes pathogènes ou toxigènes</b>	441
2.8.1 <i>Salmonella</i> , 441	
2.8.2 Staphylocoques pathogènes, 442	
2.8.3 <i>Listeria monocytogenes</i> , 442	
2.8.4 <i>Clostridium perfringens</i> , 442	
2.8.5 <i>Bacillus cereus</i> , 442	
2.8.6 Autres germes pathogènes et toxines, 442	
<b>3 Analyses complémentaires à l'analyse microbiologique</b>	442
3.1 Mesures du pH	442
3.2 Étude du métabolisme azoté	442
3.2.1 Dosage des nitrates et des nitrites, 442	
3.2.2 Dosage de l'azote basique volatil total (ABVT), 443	
3.2.3 Recherche de la cadavérine, 443	
3.2.4 Recherche de l'histamine, 443	
3.2.5 Autres amines, 443	
3.3 Épreuve de fermentation pour recherche des antiseptiques	444
3.4 Recherche des antibiotiques	444
3.5 Test de pasteurisation pour les ovoproduits : épreuve de l' $\alpha$ -amylase	444
<b>4 Schémas d'analyse</b>	444
4.1 Viande fraîche	444
4.1.1 Analyse de routine pour les carcasses et quartiers, 444	
4.1.2 Analyse de routine pour les pièces non conditionnées et les découpes sous vide, 444	
4.1.3 Analyse de routine pour les unités de vente « consommateur », 445	
4.1.4 Analyse sanitaire complète, 445	
4.1.5 Analyse par étuvage, 445	
4.1.6 Analyse d'organes, 445	
4.2 Viande hachée	446
4.2.1 Analyse de routine des quartiers et pièces destinés à la fabrication, 446	
4.2.2 Analyse des produits finis, 446	
4.3 Viande cuite	446



<b>4.4 Produits de charcuterie</b>	446
4.4.1 Produits crus hachés (non séchés), 446	
4.4.2 Produits crus secs, 447	
4.4.3 Produits cuits, 447	
4.4.4 Cas des produits tranchés conditionnés sous film plastique, 447	
<b>4.5 Semi-conserves de viande</b>	447
<b>4.6 Volailles</b>	448
4.6.1 Carcasses et produits de 1 <sup>re</sup> , 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> transformation, 448	
4.6.2 Abats, 448	
<b>4.7 Œufs et ovoproduits</b>	448
4.7.1 Œufs, 448	
4.7.2 Ovoproduits liquides pasteurisés, 448	
4.7.3 Blancs d'œufs non pasteurisés, 448	
4.7.4 Ovoproduits congelés ou en poudre, 448	
4.7.5 Pâtisseries et crèmes à base d'œufs, 448	
<b>4.8 Gélatine alimentaire</b>	448
<b>4.9 Sang</b>	448
<b>4.10 Potages déshydratés à base de viande</b>	448
<b>4.11 Contrôle des circuits de fabrication</b>	448
<b>5 Normes et textes réglementaires</b>	448
<b>5.1 Composition microbiologique</b>	448
5.1.1 Viandes, 449	
5.1.2 Abats, 452	
5.1.3 Charcuterie, 452	
5.1.4 Semi-conserves de viande, 454	
5.1.5 Volailles ou gibier, 454	
5.1.6 Œufs et ovoproduits, 456	
5.1.7 Sang et produits à base de sang, 456	
5.1.8 Gélatine alimentaire, 457	
5.1.9 Hydrolysats de protéines destinés à des aliments à utilisation particulière, 457	
5.1.10 Potages déshydratés à base de viande, 457	
<b>5.2 Méthodes d'analyses normalisées ou recommandées</b>	457
<b>5.3 Législation</b>	457
<b>VII • Analyse des poissons et produits d'origine aquatique</b>	457
<b>1 Prélèvements</b>	457
<b>1.1 Échantillonnage</b>	457
<b>1.2 Techniques de prélèvement et de conservation de l'échantillon</b>	457
1.2.1 Prélèvement, 461	
1.2.2 Transfert et conservation des échantillons, 461	
<b>1.3 Traitement des échantillons</b>	457
1.3.1 Poissons, céphalopodes et crustacés, 461	
1.3.2 Coquillages, 461	



<b>2 Techniques d'analyse</b>	462
<b>2.1 Étude macroscopique : appréciation de l'état de fraîcheur</b>	462
2.1.1 Poissons, 462	
2.1.2 Autres produits, 462	
<b>2.2 Étude de la « flore globale »</b>	462
<b>2.3 Étude des germes de contamination fécale</b>	462
2.3.1 Procédés de dénombrement, 463	
2.3.2 Coliformes et <i>Escherichia coli</i> , 463	
2.3.3 Streptocoques fécaux, 464	
2.3.4 Germes anaérobies sulfito-réducteurs, 464	
<b>2.4 Recherche des germes pathogènes</b>	464
2.4.1 Entérobactéries pathogènes, 464	
2.4.2 <i>Vibrio</i> , 464	
<b>2.5 Recherches complémentaires</b>	465
2.5.1 Dosage de l'ABVT, de la TMA, 465	
2.5.2 Recherche de l'histamine, 465	
2.5.3 Recherche des autres amines, 466	
2.5.4 Recherche de toxines, 466	
<b>3 Schémas d'analyse</b>	466
<b>3.1 Eau de mer</b>	466
<b>3.2 Poissons et autres produits frais ou congelés</b>	466
3.2.1 Poissons marins, 466	
3.2.2 Poissons d'eau douce, 466	
3.2.3 Crustacés et céphalopodes, 466	
3.2.4 Coquillages frais (mollusques bivalves et gastéropodes), 467	
<b>3.3 Produits salés, séchés ou fumés</b>	467
3.3.1 Poisson salé ou séché, 467	
3.3.2 Poissons fumés, 467	
<b>3.4 Produits élaborés</b>	467
3.4.1 Produits marinés ou saumurés, 467	
3.4.2 Surimi, charcuteries et plats cuisinés de poisson, 467	
3.4.3 Conserves, 467	
<b>4 Normes et textes réglementaires</b>	467
<b>4.1 Composition microbiologique</b>	467
4.1.1 Eau de mer, 468	
4.1.2 Poissons crus ou congelés, 468	
4.1.3 Crustacés, 468	
4.1.4 Céphalopodes, 469	
4.1.5 Cuisses de grenouilles et escargots, 469	
4.1.6 Coquillages, 469	
4.1.7 Poissons salés et séchés, 470	
4.1.8 Poissons fumés, 470	
4.1.9 Autres produits, 470	
<b>4.2 Normes</b>	471
<b>4.3 Législation</b>	471



<b>VIII • Analyse des boissons alcoolisées et non alcoolisées</b>	<b>473</b>
<b>1 Techniques de prélèvement</b>	<b>473</b>
<b>2 Techniques d'analyse microbiologique des boissons non alcoolisées</b>	<b>473</b>
2.1 Essais de stabilité	473
2.2 Examen microscopique	473
2.3 Analyse des jus de fruits (et légumes), limonades, sodas	473
2.3.1 Préparation de l'échantillon, 473	
2.3.2 Dénombrement des constituants de la flore par culture classique en milieu gélosé, 474	
2.3.3 Méthodes par filtration, 474	
2.3.4 Autres méthodes, 475	
2.4 Analyse des concentrés et extraits de fruits (et légumes)	475
2.4.1 Préparation de l'échantillon, 475	
2.4.2 Dénombrement de la flore, 475	
2.5 Analyse des sirops de sucre utilisés dans les industries de boissons	476
<b>3 Techniques d'analyse microbiologique des boissons alcoolisées</b>	<b>476</b>
3.1 Vins et moûts	
3.1.1 Étude microscopique, 476	
3.1.2 Dénombrement des micro-organismes par culture en milieu solide, 476	
3.1.3 Dénombrement après filtration ou par d'autres méthodes, 476	
3.1.4 Étude de la stabilité du vin, 476	
3.1.5 Utilisation de méthodes microbiologiques de dosage, 477	
3.1.6 Recherche des amines biogènes, 477	
3.2 Cidre	477
3.3 Bières, moûts et levains de brasserie	477
3.3.1 Étude microscopique, 477	
3.3.2 Étude de la stabilité biologique de la bière, 478	
3.3.3 Mise en évidence et dénombrement classique des constituants de la flore, 478	
3.3.4 Méthode de détection sur membrane, 479	
3.3.5 Autres méthodes, 479	
<b>4 Analyses complémentaires</b>	<b>479</b>
4.1 Examen organoleptique	479
4.2 Détermination du pH et de l'acidité	479
4.3 Dosage de l'anhydride sulfureux	479
4.4 Titre alcoolique	480
4.4.1 Pycnométrie, 480	
4.4.2 Aérométrie, 480	
4.4.3 Ébulliométrie, 480	
4.4.4 Dosage chimique, 480	
4.4.5 Autres méthodes, 480	
4.5 Mesure de la densité	480
4.6 Teneur en sucres et en sucres réducteurs	480
4.7 Dosage du CO <sub>2</sub>	480
4.7.1 Cas des produits peu chargés en CO <sub>2</sub> , 481	
4.7.2 Cas des produits très chargés en CO <sub>2</sub> , 481	



4.8 Recherche biologique des antiseptiques	482
4.9 Analyse des composés volatils et arômes	482
<b>5 Normes et textes réglementaires</b>	482
5.1 Composition microbiologique	482
5.1.1 Boissons non alcoolisées, 482	
5.1.2 Bière, 482	
5.2 Législation	483
<b>IX • Analyse des produits végétaux et des aliments dérivés</b>	485
<b>1 Échantillonnage et prélèvements</b>	485
1.1 Schémas d'échantillonnage	485
1.1.1 Produits en vrac (céréales, farines), 485	
1.1.2 Produits en sacs (céréales, légumes secs, farine, sucre, etc.), 485	
1.1.3 Produits conditionnés (conditionnement de petite taille), 485	
1.2 Techniques générales de prélèvement	485
<b>2 Analyse des produits végétaux bruts (fruits, légumes, céréales)</b>	486
2.1 Prélèvement et préparation des échantillons	486
2.2 Techniques d'analyse	486
2.2.1 Analyse classique, 486	
2.2.2 Flore phytopathogène, 486	
2.2.3 Techniques particulières d'étude de la flore fongique, 486	
2.3 Critères microbiologiques	487
<b>3 Analyse des produits transformés crus, congelés ou déshydratés</b>	487
3.1 Produits de la «IV <sup>e</sup> gamme»	487
3.1.1 Prélèvements et traitement des échantillons, 487	
3.1.2 Méthodes d'analyse, 487	
3.1.3 Schémas d'analyse et critères microbiologiques, 487	
3.1.4 Réglementation, 488	
3.2 Autres produits transformés	488
3.2.1 Graines germées crues, 488	
3.2.2 Salades ensauccées, 488	
3.2.3 Salades de fruits frais, 489	
3.2.4 Préparation de végétaux crus comportant de la semoule et/ou des produits végétaux cuits, 489	
3.3 Produits végétaux déshydratés ou congelés	489
3.3.1 Produits congelés, 489	
3.3.2 Produits déshydratés, 489	
<b>4 Analyse des farines et produits de boulangerie</b>	490
<b>5 Analyse des sucres et produits dérivés</b>	491
5.1 Prélèvement et préparation de l'échantillon	491
5.2 Méthodes d'analyse	491
5.2.1 Flore aérobie mésophile «totale», 491	
5.2.2 Flore sporulée, 491	



5.2.3 Flore fongique, 491	491
5.2.4 Flore osmophile, 491	491
5.2.5 Recherche de <i>Leuconostoc mesenteroides</i> , 491	491
5.2.6 Remarque sur l'emploi des techniques de numération sur membrane, 492	492
5.3 Estimation des infections microbiennes en sucrerie par un test rapide (réductase)	492
5.4 Critères microbiologiques	492
<b>6 Analyse du chocolat et dérivés</b>	492
6.1 Techniques d'analyses	492
6.2 Critères microbiologiques	492
<b>7 Analyse des épices et herbes aromatiques</b>	492
7.1 Préparation de l'échantillon	492
7.2 Méthodes d'analyse	492
7.2.1 Flore aérobie mésophile «totale», 493	493
7.2.2 Coliformes et <i>Escherichia coli</i> , 493	493
7.2.3 Flore sporulée, 493	493
7.2.4 Flore fongique, 493	493
7.2.5 Staphylocoques, 493	493
7.2.6 <i>Salmonella</i> , 493	493
7.3 Normes et critères	493
<b>8 Analyse des produits fermentés et en saumure</b>	494
8.1 Préparation de l'échantillon	494
8.2 Méthodes d'analyse	494
8.2.1 Examen microscopique, 494	494
8.2.2 Flore «totale» (FAMT), 494	494
8.2.3 Flore fongique, 494	494
8.2.4 Flore lactique, 494	494
8.2.5 Flore halophile, 494	494
8.2.6 Autres flores, 494	494
8.2.7 Autres études, 494	494
<b>9 Analyse des produits végétaux pour animaux</b>	494
9.1 Ensilages	494
9.2 Autres produits	494
<b>10 Recherche des mycotoxines</b>	495
10.1 Aflatoxines	495
10.2 Autres mycotoxines	495
<b>X • Analyse des produits alimentaires divers</b>	495
<b>1 Analyse des glaces et crèmes glacées</b>	495
1.1 Techniques de prélèvement et de préparation des échantillons	495
1.1.1 Prélèvement des échantillons, 497	497
1.1.2 Transfert et conservation des échantillons, 497	497
1.1.3 Préparation des échantillons au laboratoire, 497	497



<b>1.2 Techniques d'analyses</b>	<b>498</b>
1.2.1 Dénombrement de la flore «totale», 498	
1.2.2 Dénombrement de la flore psychrophile, 498	
1.2.3 Colimétrie, 498	
1.2.4 Dénombrement des bactéries thermorésistantes, 498	
1.2.5 Dénombrement des levures et des moisissures, 498	
1.2.6 Recherche et dénombrement des staphylocoques pathogènes, 498	
1.2.7 Recherche des <i>Salmonella</i> , 499	
1.2.8 Recherche des <i>Listeria</i> , 499	
1.2.9 Contrôle de pasteurisation du lait utilisé, 499	
1.2.10 Épreuve de la réductase microbienne, 499	
<b>1.3 Schémas d'analyse</b>	<b>499</b>
1.3.1 Glaces et produits assimilés (produits finis), 499	
1.3.2 Matières premières, 499	
1.3.3 Chaîne de fabrication, 499	
<b>1.4 Normes et dispositions réglementaires</b>	<b>499</b>
1.4.1 Composition microbiologique, 499	
1.4.2 Méthodes normalisées, 500	
1.4.3 Législation, 500	
<b>2 Analyse des autres produits congelés</b>	<b>500</b>
<b>2.1 Techniques de prélèvement et de préparation de l'échantillon</b>	<b>500</b>
2.1.1 Échantillonnage et prélèvement, 500	
2.1.2 Préparation de l'échantillon, 500	
<b>2.2 Techniques et schémas d'analyse</b>	<b>501</b>
2.2.1 Examen microscopique, 501	
2.2.2 Dénombrement de la flore «totale» (FAMT), 501	
2.2.3 Colimétrie, 501	
2.2.4 Recherche des staphylocoques pathogènes, 501	
2.2.5 Dénombrement des anaérobies sporulées et de <i>Clostridium perfringens</i> , 501	
2.2.6 Recherche des <i>Salmonella</i> , 501	
<b>2.3 Critères microbiologiques et textes</b>	<b>501</b>
<b>3 Analyse des produits déshydratés</b>	<b>502</b>
<b>3.1 Techniques de prélèvement et de préparation des échantillons</b>	<b>502</b>
3.1.1 Échantillonnage et prélèvements, 502	
3.1.2 Préparation de l'échantillon, 502	
<b>3.2 Techniques et schémas d'analyse</b>	<b>502</b>
3.2.1 Dénombrement de la flore aérobie mésophile (FAMT), 502	
3.2.2 Colimétrie, 502	
3.2.3 Dénombrement des levures et moisissures, 502	
3.2.4 Autres recherches, 502	
<b>3.3 Critères et normes</b>	<b>502</b>
<b>4 Analyse des plats cuisinés et autres produits «manipulés»</b>	<b>503</b>
<b>4.1 Techniques de prélèvement et de préparation des échantillons</b>	<b>503</b>
4.1.1 Échantillonnage et prélèvements, 503	
4.1.2 Préparation de l'échantillon, 503	



4.2	Techniques d'analyse	503
4.2.1	Examen microscopique, 503	
4.2.2	Dénombrement de la flore «totale» (aérobie mésophile), 503	
4.2.3	Colimétrie, 503	
4.2.4	Dénombrement des entérocoques, 503	
4.2.5	Dénombrement des anaérobies sulfito-réducteurs, 503	
4.2.6	Recherche des staphylocoques pathogènes, 503	
4.2.7	Recherche des <i>Salmonella</i> , 503	
4.2.8	Autres recherches, 504	
4.2.9	Valeur pasteurisatrice et plats cuisinés, 504	
4.3	Schéma d'analyse	504
4.4	Normes et textes réglementaires	504
5	Pâtisseries	504
6	Aliments diététiques et de régime de l'enfance	505
7	Produits divers	505
7.1	Vinaigre	505
7.2	Levures de boulangerie	506
7.3	Aliments pour animaux	506
XI	• Analyse des conserves	507
1	Techniques de prélèvement et de préparation des échantillons	507
1.1	Échantillonnage	507
1.2	Prélèvements et préparation des échantillons	507
2	Techniques d'analyse	508
2.1	Examen préliminaire	508
2.2	Étude du bombage ou des microfuites	508
2.2.1	Étude du gaz provoquant le bombage, 508	
2.2.2	Étude de la pression interne, 508	
2.2.3	Détection des microfuites, 508	
2.3	Contrôle de la stabilité	508
2.4	Examen macroscopique, organoleptique et physico-chimique	509
2.5	Examen microscopique	509
2.6	Analyse microbiologique classique	509
2.6.1	Préparation d'une suspension, 509	
2.6.2	Étude de la flore aérobie mésophile «totale», 509	
2.6.3	Étude de la flore sporulée mésophile et thermophile, 509	
2.6.4	Études de flores particulières appartenant à la flore mésophile, 510	
2.7	Recherche de toxines	510
3	Schémas d'analyse	510
3.1	Analyse des conserves de type classique	510
3.1.1	Analyse des conserves normales, 510	
3.1.2	Analyse des conserves apparemment altérées, 511	
3.2	Analyse des semi-conserves	511



<b>4 Normes et dispositions réglementaires</b>	512
<b>4.1 Composition microbiologique</b>	512
4.1.1 Conserves, 512	
4.1.2 Semi-conserves, 512	
<b>4.2 Méthodes d'analyses normalisées</b>	513
<b>4.3 Législation</b>	513
<b>XII • Recherche des causes d'une intoxication alimentaire</b>	515
<b>XIII • Hygiène des personnels</b>	517
<b>Annexes</b>	519
<b>Milieus et réactifs</b>	521
Colorants	521
Réactifs	522
Milieux de culture	527
<b>Fournisseurs de matériel et de milieux</b>	605
<b>Organismes de normalisation et de référence</b>	607
<b>Bibliographie</b>	611
<b>Index</b>	615



Joseph-Pierre Guiraud

## MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE

La connaissance de la microbiologie alimentaire et la maîtrise du contrôle microbiologique des aliments sont indispensables pour assurer la qualité des fabrications, respecter la santé des consommateurs et la législation en vigueur, qui devient de plus en plus contraignante. Le développement de nouvelles techniques de plus en plus sophistiquées et souvent coûteuses exige une bonne connaissance théorique et pratique des mécanismes et manipulations mis en œuvre.

Cet ouvrage constitue un outil de travail complet et pratique pour ceux sur qui repose la responsabilité de la fabrication et de l'analyse des aliments. Ils y trouveront toutes les connaissances fondamentales, données pratiques et rappels réglementaires nécessaires.

Il s'adresse aussi bien aux industriels et aux techniciens de laboratoire qu'aux enseignants et chercheurs dans le domaine de la microbiologie alimentaire.

La première partie de l'ouvrage donne les connaissances de base concernant les micro-organismes et leurs caractéristiques et propriétés.

La deuxième est consacrée aux groupes microbiens intervenant dans l'industrie alimentaire, à leur activité, aux conséquences sur la santé et les process, à la microbiologie des divers produits, aux concepts d'assurance qualité et HACCP.

La troisième partie est consacrée aux techniques de la microbiologie applicables à l'industrie alimentaire : isolements, numérations, identification et étude des principaux groupes microbiens. Une large place est consacrée aux nouvelles techniques rapides, immuno-enzymologie, sondes nucléiques, etc.

La quatrième partie présente pour chaque aliment le principe et la pratique du contrôle microbiologique avec le rappel des critères et normes et celui de la législation en vigueur.

Enfin, une abondante annexe donne les formules et modes de préparation des réactifs et milieux de culture, ainsi que d'autres données utiles.

JOSEPH-PIERRE GUIRAUD

est agrégé de l'Université et

Docteur ès Sciences.

Il est professeur à l'Institut des Sciences de l'Ingénieur de l'Université Montpellier 2 (ISIM) et appartient à l'équipe Microbiologie et Biochimie Industrielles (équipe associée à l'INRA) du Laboratoire de Génie Biologique et Sciences des Aliments (MBI-GBSA) de cette université.



9 782100 570089

6943161

SBN 978-2-10-057008-9

