

Introduction

A

Rappels de microbiologie générale

I • Caractéristiques morphologiques des micro-organismes	3
1 Bactéries	3
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
2 Champignons : levures et moisissures	7
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
3 Autres organismes	10
3.1 Protozoaires	10
3.2 Algues	10
3.3 Virus	10
3.4 Autres organismes	11
II • Métabolisme microbien	13
1 Conditions du développement microbien	13
1.1 Conditions nutritives	13

1.2 Conditions physico-chimiques	14
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	
2 Échanges avec le milieu	16
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
3 Métabolisme énergétique et conséquences	17
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	
4 Métabolisme des produits minéraux	19
4.1 Utilisation à des fins énergétiques	19
4.2 Assimilation nutritive	19
4.3 Autres implications	20
5 Principales voies du catabolisme	20
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

6 Anabolisme	28
6.1 Réactions anaplerotiques et gluconéogénèse	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	
7 Régulation du métabolisme	31
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	
8 Variabilité génétique et conséquences	32
8.1 Mutations	32
8.2 Sexualité, parasexualité, hérédité cytoplasmique	33
8.3 Application à la sélection et à l'amélioration des souches	34
III ◦ Pouvoir pathogène ; notions d'immunologie	37
1 Relations micro-organismes / êtres vivants	37
1.1 Neutralisme ou saprophytisme	37
1.2 Commensalisme	37
1.3 Mutualisme ou symbiose	37
1.4 Parasitisme	37
1.5 Pathogénicité	37
2 Pouvoir infectieux	38
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	

3	Pouvoir toxique	41
3.1	Modalités	41
3.1.1	Intoxications, 41	
3.1.2	Intoxinations, 41	
3.1.3	Toxi-infections et toxinogénèse liée à la virulence, 41	
3.2	Types de toxines	41
3.2.1	Toxines d'eucaryotes microbiens, 41	
3.2.2	Toxines bactériennes, 43	
4	Défenses de l'organisme	44
4.1	Défenses non spécifiques de l'organisme	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	
4.2	Défenses spécifiques	45
4.2.1	Acquisition de l'immunité spécifique, 45	
4.2.2	Mécanisme de l'immunité spécifique, 45	
4.3	Antigènes	46
4.3.1	Propriétés générales, 46	
4.3.2	Antigènes microbiens, 46	
4.4	Cellules de la défense immunitaire	46
4.4.1	Origine, 46	
4.4.2	Principales catégories, 47	
4.4.3	Réponse immunitaire cellulaire, 47	
4.5	Défense humorale : anticorps	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	
4.6	Phénomènes d'hypersensibilité	48
5	La réaction antigène-anticorps	49
5.1	Propriétés	49
5.2	Réactions antigène-anticorps <i>in vitro</i> et applications au diagnostic	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 ELIFA, 50	
6	Mise en évidence du pouvoir pathogène	51
6.1	Complexité et déterminisme génétique du pouvoir pathogène et toxinogène	51
6.2	Étude du pouvoir pathogène	51

IV • Cinétique du développement microbien	53
--	-----------

1 Généralités	53
---------------	----

2 Croissance de la biomasse	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
3 Transformations microbiennes : substrats et produits	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
4 Stoechiométrie des réactions	61
4.1 Équation stoechiométrique générale	61
4.2 Bilans d'oxydoréduction	61
5 Modes de conduite des fermentations	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	

V • Destruction et élimination des micro-organismes : agents antimicrobiens **67**

1 Lois générales de destruction et d'élimination	68
1.1 Généralités	68
1.1.1 Notion de mort microbienne, 68	
1.1.2 Notion de stérilité, 68	

1.2 Cinétique	68
1.2.1 Loi générale au niveau d'une population homogène, 68	
1.2.2 Cas particuliers, 69	
1.3 Facteurs influençant la destruction microbienne	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	
2 Principaux agents antimicrobiens	70
2.1 Généralités	70
2.1.1 Critères de choix, 70	
2.1.2 Classification, 70	
2.1.3 Mécanisme d'action et conséquences, 70	
2.2 Agents d'élimination	70
2.3 Agents physiques de stabilisation ou de destruction	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	
2.4 Agents chimiques de stabilisation et de destruction	72
2.4.1 Mode d'action, 72	
2.4.2 Principaux types d'agents chimiques, 73	
2.4.3 Agents chimiothérapeutiques, 74	
2.5 Agents biologiques	75
3 Détermination de l'activité antimicrobienne	75
3.1 Notion de germe test	75
3.2 Détermination des doses actives d'un agent antimicrobien	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	
3.3 Contrôle de la désinfection	76

B

Microbiologie alimentaire

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

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

II • Rôle et action des micro-organismes dans les aliments 107

1 Généralités	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
2 Modifications microbiennes des aliments : incidences sur la qualité	110
2.1 Odeur et saveur	111
2.2 Aspect et couleur	111
2.3 Texture	112
2.4 Valeur nutritionnelle et sanitaire	112
3 Incidences sanitaires de la présence de micro-organismes	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 Intoxinations, 114	
4 Utilisation industrielle des micro-organismes	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	

5 Traitements appliqués aux produits alimentaires	120
5.1 Généralités	120
5.1.1 Principes des traitements, 120	
5.1.2 Loi générale de destruction ou d'élimination, 121	
5.2 Principaux traitements	121
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	
5.3 Mesure de l'activité antimicrobienne	126
6 Hygiène, gestion des risques, démarche et contrôle qualité	127
6.1 Généralités	127
6.2 Les moyens de l'hygiène : la recherche de la qualité	127
6.2.1 Moyens préventifs, 127	
6.2.2 Moyens de limitation et de curation, 128	
6.2.3 Contrôles, 128	
6.3 Normes et certification ISO 9000	128
6.3.1. Généralités, 128	
6.3.2. Norme ISO 9002, 128	
6.4 Procédure HACCP : maîtrise des points critiques	129
6.4.1 Généralités, 129	
6.4.2 AMDE (C), 130	
6.4.3 HACCP, 130	
6.5 La microbiologie prédictive	131
III • Microbiologie des principaux produits alimentaires	133
1 Microbiologie de l'eau	133
1.1 L'eau dans les industries alimentaires	133
1.2 Flore microbienne de l'eau	133
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	
1.3 Flore de l'épuration	135
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	
2 Microbiologie du lait	136
2.1 Flore microbienne du lait	136
2.1.1 Flore originelle, 136	
2.1.2 Flore de contamination, 137	

2.2 Action de la flore du lait	137
2.2.1 Aspect sanitaire, 137	
2.2.2 Aspect qualitatif, 137	
2.3 Les différents types de laits. Traitements industriels et incidences sur la flore	138
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	
2.4 Produits lactés frais	139
3 Microbiologie des laits fermentés et des fromages	139
3.1 Généralités	139
3.1.1 Principe de fabrication, 140	
3.1.2 Procédés de fabrication, 140	
3.1.3 Divers types de fromages, 140	
3.2 Microbiologie des fermentations fromagères	141
3.2.1 Fermentation lactique, 141	
3.2.2 Fermentations secondaires, 141	
3.3 Accidents de fabrication ou de conservation d'origine microbienne	142
3.4 Aspect sanitaire	143
4 Microbiologie du beurre et des matières grasses	143
4.1 Crème et beurre	143
4.2 Autres matières grasses et produits riches en graisses	143
5 Microbiologie de la viande et des produits carnés	144
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
6 Microbiologie des poissons et produits aquatiques	149
6.1 Le milieu aquatique	149

6.2 Poissons et crustacés	149
6.2.1 Flore microbienne, 149	
6.2.2 Altérations microbiennes, 149	
6.2.3 Aspect sanitaire, 150	
6.3 Coquillages	150
6.4 Produits dérivés	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	
7 Microbiologie des boissons	151
7.1 Boissons non alcoolisées	151
7.2 Boissons alcoolisées	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	
8 Microbiologie des produits végétaux et d'origine végétale	154
8.1 Fruits et légumes	154
8.1.1 Microbiologie des fruits et légumes non transformés, 155	
8.1.2 Produits de la IV ^e gamme, 156	
8.1.3 Graines germées, 156	
8.1.4 Salades ensaucées et autres produits, 156	
8.2 Céréales et produits dérivés	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	
8.3 Sucre et produits dérivés	158
8.3.1 Le sucre, 158	
8.3.2 Microbiologie des produits sucrés, 159	
8.4 Cacao et produits dérivés ; café	159
8.5 Produits végétaux fermentés «exotiques»	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	
8.6 Produits en saumure et fermentés	160
8.6.1 Choucroute, 160	
8.6.2 Cornichons, olives, 161	
8.7 Épices	161
8.8 Produits végétaux destinés à l'alimentation animale	161

9 Microbiologie de produits divers	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
10 Microbiologie des conserves	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	
11 Recherche des causes d'une intoxication alimentaire : analyse d'un produit suspect	168

C

Techniques d'analyse microbiologique

I • Techniques générales de manipulation	171
1 Le laboratoire de microbiologie	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
2 Matériel et techniques microbiologiques de base	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	
3	Milieux et techniques générales de culture	178
3.1	Préparation des milieux de culture	178
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	
3.2	Stérilisation du matériel et des milieux	180
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	
3.3	Techniques générales de culture	182
3.3.1	Cultures en aérobiose, 182	
3.3.2	Cultures en anaérobiose, 184	
3.3.3	Réduction de la durée des cultures, 185	
3.4	Conservation des micro-organismes	185
3.4.1	Repiquages successifs, 185	
3.4.2	Dessication, 186	
3.4.3	Congélation, 186	
3.4.4	Lyophilisation, 186	
4	Techniques de sélection et d'isolement	186
4.1	Principe et techniques de base	186
4.2	Isolement sélectif par compétition ou inhibition	187
4.3	Utilisation des milieux différentiels	188
4.4	Prélèvement des colonies isolées	188
5	Préparations et examens microscopiques	188
5.1	Le microscope optique (microscope photonique) et son fonctionnement	188
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	
5.2	Préparations microscopiques	190
5.2.1	État frais, 191	
5.2.2	Frottis, 191	
5.2.3	Colorations, 191	
5.3	Utilisation de microscopes spéciaux	192
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	

II • Technique d'estimation des populations microbiennes	195
1 Techniques de numération	195
1.1 Techniques de dilution	195
1.1.1 Technique de base, 195	
1.1.2 Techniques particulières, 196	
1.1.3 Choix du diluant, 196	
1.2 Techniques de concentration	196
1.2.1 Filtration, 196	
1.2.2 Autres techniques, 196	
1.3 Numération par microscopie	197
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	
1.4 Numération par comptage de particules	200
1.4.1 Variation de résistivité, 200	
1.4.2 Cytométrie de flux ; granulométrie à laser, 200	
1.5 Numération après culture en milieu solide	201
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	
1.6 Numération après culture en milieu liquide	206
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	
1.7 Numérations sélectives	209
1.7.1 Utilisation de milieux sélectifs ou différentiels, 209	
1.7.2 Utilisation de marqueurs, 209	
2 Précision des numérations : exploitation statistique	209
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	
3 Techniques d'estimation de la quantité de biomasse	211
3.1 Dosage de constituants cellulaires	211
3.1.1 Biomasse totale, 211	
3.1.2 Protéines, 212	
3.1.3 Autres constituants, 212	
3.2 Détermination turbidimétrique et néphélométrique	214
3.2.1 Méthode comparative, 214	
3.2.2 Turbidimétrie, 214	

- 3.2.3 Néphélométrie, 214
- 3.2.4 Utilisation de systèmes laser, 215

3.3 Mesure de l'activité métabolique 215

- 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

III « Techniques d'étude et d'identification microbiennes 219

1 Étude microscopique 219

- 1.1 Forme et structure de l'individu, mode de multiplication 219
- 1.2 Mensurations des micro-organismes 219

2 Étude biochimique et physiologique 220

- 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	Milieux généraux, 248	
1.2.2	Cas particuliers, 249	
1.2.3	Milieux 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	

2.2 Techniques d'identification physiologiques et biochimiques	258
2.2.1 Mobilité, 258	
2.2.2 Fermentation avec ou sans gaz, utilisation du lactose et production d'H ₂ 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	
2.3 Clés dichotomiques d'identification biochimique	260
2.3.1 Clé générale, 260	
2.3.2 Clé des <i>Proteus</i> , des <i>Salmonella</i> et des <i>Shigella</i> , 260	
2.4 Identification immunologique	261
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	
2.5 Lysotypie	264
2.6 Identification par hybridation	264
2.7 Recherche de la pathogénicité et autres tests	264
3 Bacilles Gram – du groupe <i>Pseudomonas</i>	264
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	
4 Vibrions	271
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, 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

5	<i>Brucella</i> et <i>Legionella</i>	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
6	Coques non lactiques : staphylocoques et microcoques	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
7	Coques lactiques	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	
8	<i>Lactobacillus</i> et autres bacilles lactiques	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

9	<i>Listeria</i>	295
9.1	Techniques d'enrichissement	295
9.2	Techniques d'isolement	296
9.3	Techniques d'identification	296
10	Actinobactéries	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
11	Bactéries sporulées aérobies (<i>Bacillus</i>)	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	
12	Bactéries sporulées anaérobies	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	
13	Levures	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 culturaux, 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	

14 Moisissures	321
14.1 Techniques d'isolement et de numération	321
14.1.1 Milieux de base, 321	
14.1.2 Milieux sélectifs, 321	
14.1.3 Techniques particulières, 322	
14.2 Techniques d'identification	323
14.2.1 Étude des caractères culturaux, 323	
14.2.2 Étude des caractères morphologiques, microscopiques et de la sexualité, 323	
14.3 Clé de détermination des principales moisissures intéressant l'alimentation	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	
14.4 Tests technologiques	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	
14.5 Étude du pouvoir toxique : recherche et dosage des mycotoxines	332
14.5.1 Techniques chimiques et physicochimiques, 332	
14.5.2 Techniques immunologiques, 333	
15 Autres micro-organismes	334
15.1 Protozoaires et autres parasites	334
15.2 Algues	334
15.3 Virus	334

D

Analyse microbiologique des aliments

I • Les méthodes d'analyse en microbiologie alimentaire	337
1 Généralités	337
1.1 Buts de l'analyse	337
1.2 Principes et stratégie	337
2 Échantillonnage et prélèvements	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	

2.3 Techniques de prélèvement	342
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	
2.4 Traitement de l'échantillon avant l'analyse	345
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	
3 Analyse microscopique	347
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	
4 Analyse quantitative	348
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	
5 Analyse qualitative et recherche des germes pathogènes	356
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	
6 Analyses complémentaires	360
7 Interprétation des résultats, réglementation	360
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	

7.2	Règlementation, systèmes de normalisation	363
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	
II	• Analyse de l'eau	369
1	Nature des eaux	369
2	Prélèvement des échantillons	369
2.1	Volume et fréquence des prélèvements	369
2.2	Techniques de prélèvement	369
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	
2.3	Précautions concernant l'échantillon	371
2.4	Cas particuliers : analyse biologique et virologique	372
3	Méthodes d'analyse quantitative	372
3.1	Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (germes « totaux »)	372
3.1.1	Dénombrement classique, 373	
3.1.2	Dénombrement par filtration, 373	
3.2	Dénombrement des germes de contamination fécale	373
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> sulfito-réducteurs, 375	
3.2.4	Dénombrements des contaminants fécaux par filtration, 375	
3.2.5	Dénombrement par la technique des micro-algues, 376	
3.3	Dénombrement des germes putrides	376
3.4	Dénombrement d'autres flores	377
3.5	Autres techniques de dénombrement ou d'estimation des populations	377
4	Recherche des germes pathogènes	377
4.1	Entérobactéries pathogènes	377
4.2	<i>Vibrio</i>	377
4.3	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	378
4.4	<i>Legionella</i>	378
5	Recherches particulières	378
5.1	Recherche et dénombrement de contaminants en milieu industriel	378
5.2	Analyse virologique et biologique	378
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	

5.3 Mesure des demandes en oxygène	379
5.3.1 Demande biochimique en oxygène (DBO), 379	
5.3.2 Demande chimique en oxygène (DCO), 380	
6 Schémas d'analyse	380
6.1 Analyse de type officiel d'eaux distribuées par un réseau collectif public ou privé	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	
6.2 Analyse sanitaire complète	381
6.3 Analyse des eaux dans les entreprises alimentaires	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	
6.4 Analyses d'eau conditionnée et de glace alimentaire	382
6.5 Analyse d'eau minérale naturelle	382
6.6 Analyse d'une eau usée	383
7 Normes et textes réglementaires	383
7.1 Critères microbiologiques des eaux	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	
7.2 Critères concernant les eaux minérales naturelles	383
7.3 Normes industrielles	384
7.4 Méthodes normalisées d'analyse (AFNOR)	384
7.5 Règlementation	385
III • Analyse du lait	387
1 Prélèvement des échantillons	387
1.1 Échantillonnage	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	
1.2 Techniques de prélèvement	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	
1.3 Traitement de l'échantillon	389
1.3.1 Conditions de conservation, 389	
1.3.2 Préparation de l'échantillon au laboratoire, 390	

2 Analyses physico-chimiques utilisées pour l'appréciation de la qualité hygiénique et microbiologique du lait	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	
3 Analyse microbiologique classique	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	
3.5 Coliformes, Entérobactéries et entérocoques	400
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	
3.6 Recherche des germes pathogènes et des toxines	401
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	
3.7 Recherche des phages	403
4 Schémas d'analyse	403
4.1 Contrôle de qualité du lait cru à la production	403
4.1.1 Laits « individuels », 403	
4.1.2 Lait en vrac, 403	
4.2 Contrôle du lait cru mis en vente en l'état	404
4.3 Contrôle du lait traité	404
4.3.1 Lait pasteurisé, 404	
4.3.2 Lait stérilisé ou stérilisé UHT, 404	
4.3.3 Lait thermisé, 405	
4.4 Contrôle des laits concentrés	405
4.4.1 Lait concentré non sucré, 405	
4.4.2 Lait concentré sucré, 405	
4.5 Contrôle des laits en poudre	406
4.5.1 Matière première, 406	
4.5.2 Produit fini, 406	
4.6 Contrôle de dérivés du lait	406
4.6.1 Lactosérum, 406	
4.6.2 Caséines et caséinates, 406	
4.6.3 Produits laitiers frais, 406	
4.7 Contrôles de propreté des ustensiles et du matériel en laiterie	406
5 Normes et textes réglementaires	406
5.1 Composition microbiologique	406
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 Laits 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	
5.2	Méthodes d'analyses normalisées	411
5.2.1	Normes AFNOR, 411	
5.2.2	Normes FIL, 411	
5.3	Législation	412
IV •	Analyse des laits fermentés, fromages et autres produits laitiers frais	415
1	Prélèvement et traitement des échantillons	415
1.1	Échantillonnage	415
1.1.1	Laits fermentés et desserts lactés frais, 415	
1.1.2	Fromages, 415	
1.2	Techniques de prélèvement	415
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	
1.3	Précautions de transport	416
1.4	Traitement des échantillons	416
2	Méthodes d'analyse	417
2.1	Dilutions	417
2.2	Examen microscopique	417
2.3	Dénombrement de la flore «globale» (FAMT)	417
2.4	Dénombrement des agents bactériens de fabrication ou d'affinage	417
2.4.1	Flore lactique, 417	
2.4.2	Bactéries intervenant dans l'affinage, 418	
2.5	Flore anaérobie	418
2.6	Levures et moisissures	419
2.7	Colimétrie	419
2.8	Flores diverses	419
2.9	Recherche des germes pathogènes	419
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	
2.10	Analyses complémentaires	420
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	
3	Schémas d'analyse	421
3.1	Laits fermentés (yaourt ou yoghourt ; kéfyr)	421
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

3.5 Autres matières grasses	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	
4 Normes et textes réglementaires	430
4.1 Composition microbiologique	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	
4.2 Méthodes normalisées	433
4.3 Législation	433
VI • Analyse de la viande et des produits carnés	435
1 Prélèvement et traitement des échantillons	435
1.1 Échantillonnage	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	
1.2 Techniques de prélèvement	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	
1.3 Conditionnement et transport des échantillons	436
1.4 Préparation de l'échantillon au laboratoire	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	
2 Techniques d'analyse	437
2.1 Examen macroscopique des viandes	437
2.2 Examen microscopique	438
2.2.1 Examen histologique, 438	
2.2.2 Examen microbiologique, 438	
2.3 Dilutions	438
2.4 Dénombrement de la flore «totale» mésophile et psychophile	438

2.5	Dénombrement de flores particulières	439
2.5.1	Flore indologène et putride : Indice I + S, 439	
2.5.2	Flore sporulée aérobie mésophile et thermophile, 439	
2.5.3	Levures et moisissures, 439	
2.5.4	Flore lactique, 439	
2.5.5	Flores diverses, 439	
2.6	Colimétrie et recherche d'<i>Escherichia coli</i>	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	
2.7	Autres dénombrements	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 sulfite-réducteurs, 440	
2.8	Recherche et dénombrement des germes pathogènes ou toxinogènes	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	
3	Analyses complémentaires à l'analyse microbiologique	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'α-amylase	444
4	Schémas d'analyse	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

4.4 Produits de charcuterie	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	
4.5 Semi-conserves de viande	447
4.6 Volailles	448
4.6.1 Carcasses et produits de 1 ^e , 2 ^e et 3 ^e transformation, 448	
4.6.2 Abats, 448	
4.7 Œufs et ovoproduits	448
4.7.1 Œufs, 448	
4.7.2 Oviproduits liquides pasteurisés, 448	
4.7.3 Blancs d'œufs non pasteurisés, 448	
4.7.4 Oviproduits congelés ou en poudre, 448	
4.7.5 Pâtisseries et crèmes à base d'œufs, 448	
4.8 Gélatine alimentaire	448
4.9 Sang	449
4.10 Potages déshydratés à base de viande	449
4.11 Contrôle des circuits de fabrication	449
5 Normes et textes réglementaires	449
5.1 Composition microbiologique	449
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	
5.2 Méthodes d'analyses normalisées ou recommandées	457
5.3 Législation	458
VII • Analyse des poissons et produits d'origine aquatique	461
1 Prélèvements	461
1.1 Échantillonnage	461
1.2 Techniques de prélèvement et de conservation de l'échantillon	461
1.2.1 Prélèvement, 461	
1.2.2 Transfert et conservation des échantillons, 461	
1.3 Traitement des échantillons	461
1.3.1 Poissons, céphalopodes et crustacés, 461	
1.3.2 Coquillages, 461	

2	Techniques d'analyse	462
2.1	Étude macroscopique : appréciation de l'état de fraîcheur	462
2.1.1	Poissons, 462	
2.1.2	Autres produits, 462	
2.2	Étude de la « flore globale »	462
2.3	Étude des germes de contamination fécale	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 sulfite-réducteurs, 464	
2.4	Recherche des germes pathogènes	464
2.4.1	Entérobactéries pathogènes, 464	
2.4.2	<i>Vibrio</i> , 464	
2.5	Recherches complémentaires	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	
3	Schémas d'analyse	466
3.1	Eau de mer	466
3.2	Poissons et autres produits frais ou congelés	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	
3.3	Produits salés, séchés ou fumés	467
3.3.1	Poisson salé ou séché, 467	
3.3.2	Poissons fumés, 467	
3.4	Produits élaborés	467
3.4.1	Produits marins ou saumurés, 467	
3.4.2	Surimi, charcuteries et plats cuisinés de poisson, 467	
3.4.3	Conserves, 467	
4	Normes et textes réglementaires	467
4.1	Composition microbiologique	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	
4.2	Normes	471
4.3	Législation	471

VIII • Analyse des boissons alcoolisées et non alcoolisées	473
1 Techniques de prélèvement	473
2 Techniques d'analyse microbiologique des boissons non alcoolisées	473
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
3 Techniques d'analyse microbiologique des boissons alcoolisées	476
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
4 Analyses complémentaires	479
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	481
4.7 Dosage du CO ₂	481
4.7.1 Cas des produits peu chargés en CO ₂	481
4.7.2 Cas des produits très chargés en CO ₂	481

4.8 Recherche biologique des antiseptiques	482
4.9 Analyse des composés volatils et arômes	482
5 Normes et textes réglementaires	482
5.1 Composition microbiologique	482
5.1.1 Boissons non alcoolisées, 482	
5.1.2 Bière, 482	
5.2 Législation	483
IX • Analyse des produits végétaux et des aliments dérivés	485
1 Échantillonnage et prélèvements	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
2 Analyse des produits végétaux bruts (fruits, légumes, céréales)	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
3 Analyse des produits transformés crus, congelés ou déshydratés	487
3.1 Produits de la «IV ^e 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 ensaucées, 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	
4 Analyse des farines et produits de boulangerie	490
5 Analyse des sucres et produits dérivés	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	

4.8	Recherche biologique des antiseptiques	482
4.9	Analyse des composés volatils et arômes	482
5	Normes et textes réglementaires	482
5.1	Composition microbiologique	482
5.1.1	Boissons non alcoolisées, 482	
5.1.2	Bière, 482	
5.2	Législation	483
IX	Analyse des produits végétaux et des aliments dérivés	485
1	Échantillonnage et prélèvements	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
2	Analyse des produits végétaux bruts (fruits, légumes, céréales)	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
3	Analyse des produits transformés crus, congelés ou déshydratés	487
3.1	Produits de la «IV ^e 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 ensaucées, 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	
4	Analyse des farines et produits de boulangerie	490
5	Analyse des sucres et produits dérivés	491
5.1	Prélèvement et préparation de l'échantillon	491
5.2	Méthodes d'analyse	491
5.2.1	Flore aérobique mésophile «totale», 491	
5.2.2	Flore sporulée, 491	

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

1.2 Techniques d'analyses	498
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	
1.3 Schémas d'analyse	499
1.3.1 Glaces et produits assimilés (produits finis), 499	
1.3.2 Matières premières, 499	
1.3.3 Chaîne de fabrication, 499	
1.4 Normes et dispositions réglementaires	499
1.4.1 Composition microbiologique, 499	
1.4.2 Méthodes normalisées, 500	
1.4.3 Législation, 500	
2 Analyse des autres produits congelés	500
2.1 Techniques de prélèvement et de préparation de l'échantillon	500
2.1.1 Échantillonnage et prélèvement, 500	
2.1.2 Préparation de l'échantillon, 500	
2.2 Techniques et schémas d'analyse	501
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	
2.3 Critères microbiologiques et textes	501
3 Analyse des produits déshydratés	502
3.1 Techniques de prélèvement et de préparation des échantillons	502
3.1.1 Échantillonnage et prélèvements, 502	
3.1.2 Préparation de l'échantillon, 502	
3.2 Techniques et schémas d'analyse	502
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	
3.3 Critères et normes	502
4 Analyse des plats cuisinés et autres produits « manipulés »	503
4.1 Techniques de prélèvement et de préparation des échantillons	503
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

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