

Joseph-Pierre Guiraud

# MICROBIOLOGIE ALIMENTAIRE

DUNOD

## Table des matières

## Introduction

A

---

## Rappels de microbiologie générale

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

|  |    |
|--|----|
| <b>1.2 Conditions physico-chimiques</b>                      | 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                      |    |
| <b>2 Échanges avec le milieu</b>                             | 16 |
| <b>2.1 Caractères généraux</b>                               | 16 |
| <b>2.2 Mécanismes de perméation</b>                          | 16 |
| 2.2.1 Diffusion simple, 16                                   |    |
| 2.2.2 Transport spécifique, 16                               |    |
| <b>2.3 Mécanisme de sortie</b>                               | 17 |
| <b>3 Métabolisme énergétique et conséquences</b>             | 17 |
| <b>3.1 Mécanisme de la production d'énergie</b>              | 17 |
| 3.1.1 Phototrophie, 17                                       |    |
| 3.1.2 Chimiotrophie, 17                                      |    |
| <b>3.2 Types respiratoires</b>                               | 18 |
| 3.2.1 Respiration, 18  |    |
| 3.2.2 Fermentations, 19                                      |    |
| 3.2.3 Fermentations oxydatives, 19                           |    |
| <b>4 Métabolisme des produits minéraux</b>                   | 19 |
| <b>4.1 Utilisation à des fins énergétiques</b>               | 19 |
| <b>4.2 Assimilation nutritive</b>                            | 19 |
| <b>4.3 Autres implications</b>                               | 20 |
| <b>5 Principales voies du catabolisme</b>                    | 20 |
| <b>5.1 Glucides</b>  | 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 |    |
| <b>5.2 Catabolisme des protéines</b>                         | 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                              |    |
| <b>5.3 Catabolisme des lipides et composés voisins</b>       | 26 |
| <b>5.4 Catabolisme des alcools</b>                           | 27 |
| 5.4.1 Éthanol, 27  |    |
| 5.4.2 Autres alcools, 27                                     |    |
| <b>5.5 Catabolisme des acides organiques</b>                 | 28 |

|  |    |
|--|----|
| <b>6 Anabolisme</b>  | 28 |
| 6.1 Réactions anaplérotiques 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  |    |
| <b>7 Régulation du métabolisme</b>   | 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                                    |    |
| <b>8 Variabilité génétique et conséquences</b>                                       | 32 |
| 8.1 Mutations  | 32 |
| 8.2 Sexualité, parosexualité, héritéité cytoplasmique                                | 33 |
| 8.3 Application à la sélection et à l'amélioration des souches                       | 34 |
| <b>III • Pouvoir pathogène ; notions d'immunologie</b>                               | 37 |
| <b>1 Relations micro-organismes/êtres vivants</b>                                    | 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 |
| <b>2 Pouvoir infectieux</b>  | 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  |    |

|   |    |
|---|----|
| <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 |
| <b>6.1 Complexité et déterminisme génétique du pouvoir pathogène et toxinogène</b>    | 51 |
| <b>6.2 Étude du pouvoir pathogène</b>   | 51 |
| <b>IV • Cinétique du développement microbien</b>                                      | 53 |
| <b>1 Généralités</b>  | 53 |

|  |    |
|--|----|
| <b>2 Croissance de la biomasse</b>   | 53 |
| <b>2.1 Généralités</b>   | 53 |
| <b>2.2 Méthodes de mesure</b>  | 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  |    |
| <b>2.3 Phases de la croissance (milieu non renouvelé)</b>  | 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  |    |
| <b>2.4 Facteurs affectant le taux de croissance</b>  | 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  |    |
| <b>2.5 Rendement de croissance et productivité</b>   | 59 |
| <b>3 Transformations microbiennes : substrats et produits</b>                                      | 59 |
| <b>3.1 Généralités</b>   | 59 |
| <b>3.2 Cinétiques de production de métabolites</b>   | 60 |
| <b>3.3 Rendements et productivités des réactions</b>   | 60 |
| <b>3.4 Utilisation du substrat</b>   | 61 |
| <b>4 Stoechiométrie des réactions</b>  | 61 |
| <b>4.1 Équation stoechiométrique générale</b>  | 61 |
| <b>4.2 Bilans d'oxydoréduction</b>   | 61 |
| <b>5 Modes de conduite des fermentations</b>   | 62 |
| <b>5.1 Généralités sur les réacteurs biologiques</b>   | 62 |
| <b>5.2 Caractéristiques des divers types</b>   | 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-étages, 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 |
| <b>1.1 Généralités</b>   | 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 |
| <b>3.1 Notion de germe test</b>   | 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 |
| <b>1.1 Généralités</b>  | 79 |
| <b>1.2 Clé des principaux groupes bactériens intervenant en industrie alimentaire</b> | 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 toxinogènes, 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   |     |

|  |     |
|--|-----|
| <b>4.3 Autres parasites intracellulaires</b>   | 106 |
| 4.3.1 Bactéries parasites, 106   |     |
| 4.3.2 Prions, 106  |     |
| <b>4.4 Bactériophages</b>  | 106 |
| <b>II • Rôle et action des micro-organismes dans les aliments</b>                                | 107 |
| <b>1 Généralités</b>   | 107 |
| <b>1.1 Origine et nature de la flore microbienne des aliments</b>                                | 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  |     |
| <b>1.2 Évolution de la flore</b>   | 109 |
| 1.2.1 Facteurs d'évolution, 109  |     |
| 1.2.2 Types d'évolution, 109   |     |
| <b>1.3 Activité des micro-organismes</b>   | 110 |
| <b>2 Modifications microbiennes des aliments : incidences sur la qualité</b>                     | 110 |
| <b>2.1 Odeur et saveur</b>   | 111 |
| <b>2.2 Aspect et couleur</b>   | 111 |
| <b>2.3 Texture</b>   | 112 |
| <b>2.4 Valeur nutritionnelle et sanitaire</b>  | 112 |
| <b>3 Incidences sanitaires de la présence de micro-organismes</b>                                | 112 |
| <b>3.1 Caractères généraux</b>   | 112 |
| <b>3.2 Principaux cas</b>  | 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 |
| <b>4.1 Fermentations</b>   | 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  |     |
| <b>4.2 Autres utilisations microbiennes</b>  | 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   |     |
| <b>4.3 Mise en œuvre des fermentations industrielles</b>   | 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>                   | 120 |
| <b>5.1 Généralités</b>   | 120 |
| 5.1.1 Principes des traitements, 120                                       |     |
| 5.1.2 Loi générale de destruction ou d'élimination, 121                    |     |
| <b>5.2 Principaux traitements</b>  | 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          |     |
| <b>5.3 Mesure de l'activité antimicrobienne</b>                            | 126 |
| <b>6 Hygiène, gestion des risques, démarche et contrôle qualité</b>        | 127 |
| <b>6.1 Généralités</b>   | 127 |
| <b>6.2 Les moyens de l'hygiène : la recherche de la qualité</b>            | 127 |
| 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>                                | 128 |
| 6.3.1. Généralités, 128  |     |
| 6.3.2. Norme ISO 9002, 128   |     |
| <b>6.4 Procédure HACCP : maîtrise des points critiques</b>                 | 129 |
| 6.4.1 Généralités, 129   |     |
| 6.4.2 AMDE (C), 130  |     |
| 6.4.3 HACCP, 130   |     |
| <b>6.5 La microbiologie prédictive</b>                                     | 131 |
| <b>III • Microbiologie des principaux produits alimentaires</b>            | 133 |
| <b>1 Microbiologie de l'eau</b>  | 133 |
| <b>1.1 L'eau dans les industries alimentaires</b>                          | 133 |
| <b>1.2 Flore microbienne de l'eau</b>                                      | 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  |     |
| <b>1.3 Flore de l'épuration</b>  | 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  |     |
| <b>2 Microbiologie du lait</b>   | 136 |
| <b>2.1 Flore microbienne du lait</b>                                       | 136 |
| 2.1.1 Flore originelle, 136  |     |
| 2.1.2 Flore de contamination, 137  |     |

|  |     |
|--|-----|
| <b>2.2 Action de la flore du lait</b>  | 137 |
| 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> | 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  |     |
| <b>2.4 Produits lactés frais</b>   | 139 |
| <b>3 Microbiologie des laits fermentés et des fromages</b>                                   | 139 |
| <b>3.1 Généralités</b>   | 139 |
| 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>  | 141 |
| 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>                 | 142 |
| <b>3.4 Aspect sanitaire</b>  | 143 |
| <b>4 Microbiologie du beurre et des matières grasses</b>                                     | 143 |
| <b>4.1 Crème et beurre</b>   | 143 |
| <b>4.2 Autres matières grasses et produits riches en graisses</b>                            | 143 |
| <b>5 Microbiologie de la viande et des produits carnés</b>                                   | 144 |
| <b>5.1 Généralités</b>   | 144 |
| <b>5.2 Flore de la viande</b>  | 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                        |     |
| <b>5.3 Évolution de la flore et dégradation de la viande</b>                                 | 145 |
| 5.3.1 Dégradations aérobies, 145   |     |
| 5.3.2 Dégradations anaérobies, 146   |     |
| <b>5.4 Les produits dérivés de la viande</b>   | 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                                   |     |
| <b>5.5 Volailles</b>   | 148 |
| <b>5.6 Œufs</b>  | 148 |
| <b>5.7 Autres produits protéiques</b>  | 148 |
| <b>6 Microbiologie des poissons et produits aquatiques</b>                                   | 149 |
| <b>6.1 Le milieu aquatique</b>   | 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 |
| <b>2.1 Matériel</b>  | 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  |     |
| <b>2.2 Manipulations de base</b>   | 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                                  | 176 |
| 2.2.4 Précautions particulières, 178   | 178 |
| <b>3 Milieux et techniques générales de culture</b>                            | 178 |
| <b>3.1 Préparation des milieux de culture</b>                                  | 178 |
| 3.1.1 Nature des milieux de culture, 178                                       | 178 |
| 3.1.2 Préparation des milieux liquides, 179                                    | 179 |
| 3.1.3 Préparation des milieux gélosés, 179                                     | 179 |
| 3.1.4 Précautions particulières de préparation, 179                            | 179 |
| 3.1.5 Milieux et supports particuliers prêts à l'emploi, 180                   | 180 |
| <b>3.2 Stérilisation du matériel et des milieux</b>                            | 180 |
| 3.2.1 Caractères généraux, 180   | 180 |
| 3.2.2 Stérilisation par la chaleur, 180  | 180 |
| 3.2.3 Stérilisation par filtration, 181  | 181 |
| 3.2.4 Stérilisation par les radiations, 182                                    | 182 |
| 3.2.5 Stérilisation par des agents chimiques, 182                              | 182 |
| <b>3.3 Techniques générales de culture</b>                                     | 182 |
| 3.3.1 Cultures en aérobiose, 182   | 182 |
| 3.3.2 Cultures en anaérobiose, 184   | 184 |
| 3.3.3 Réduction de la durée des cultures, 185                                  | 185 |
| <b>3.4 Conservation des micro-organismes</b>                                   | 185 |
| 3.4.1 Repiquages successifs, 185   | 185 |
| 3.4.2 Dessication, 186   | 186 |
| 3.4.3 Congélation, 186   | 186 |
| 3.4.4 Lyophilisation, 186  | 186 |
| <b>4 Techniques de sélection et d'isolement</b>                                | 186 |
| <b>4.1 Principe et techniques de base</b>                                      | 186 |
| <b>4.2 Isolement sélectif par compétition ou inhibition</b>                    | 187 |
| <b>4.3 Utilisation des milieux différentiels</b>                               | 188 |
| <b>4.4 Prélèvement des colonies isolées</b>                                    | 188 |
| <b>5 Préparations et examens microscopiques</b>                                | 188 |
| <b>5.1 Le microscope optique (microscope photonique) et son fonctionnement</b> | 188 |
| 5.1.1 Principe, 188  | 188 |
| 5.1.2 Éléments du microscope, 188  | 188 |
| 5.1.3 Pouvoir de résolution et grossissement, 189                              | 189 |
| 5.1.4 Utilisation du microscope, 190   | 190 |
| <b>5.2 Préparations microscopiques</b>   | 190 |
| 5.2.1 État frais, 191  | 191 |
| 5.2.2 Frottis, 191   | 191 |
| 5.2.3 Colorations, 191   | 191 |
| <b>5.3 Utilisation de microscopes spéciaux</b>                                 | 192 |
| 5.3.1 Examen sur fond noir, 192  | 192 |
| 5.3.2 Microscopie en contraste de phase et microscopie interférentielle, 192   | 192 |
| 5.3.3 Microscopie en épifluorescence, 192                                      | 192 |
| 5.3.4 Microscopie électronique, 193  | 193 |
| 5.3.5 Traitement des images, 193   | 193 |

|  |     |
|--|-----|
| <b>II • Technique d'estimation des populations microbiennes</b>        | 195 |
| <b>1 Techniques de numération</b>                                      | 195 |
| <b>1.1 Techniques de dilution</b>                                      | 195 |
| 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>                                 | 196 |
| 1.2.1 Filtration, 196  |     |
| 1.2.2 Autres techniques, 196   |     |
| <b>1.3 Numération par microscopie</b>                                  | 197 |
| 1.3.1 Comptage à l'hématomètre, 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>                       | 200 |
| 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>                   | 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                           |     |
| <b>1.6 Numération après culture en milieu liquide</b>                  | 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                                |     |
| <b>1.7 Numérations sélectives</b>                                      | 209 |
| 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>          | 209 |
| <b>2.1 Sources d'erreur</b>  | 209 |
| <b>2.2 Études statistiques</b>   | 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>            | 211 |
| <b>3.1 Dosage de constituants cellulaires</b>                          | 211 |
| 3.1.1 Biomasse totale, 211   |     |
| 3.1.2 Protéines, 212   |     |
| 3.1.3 Autres constituants, 212   |     |
| <b>3.2 Détermination turbidimétrique et néphéломétrique</b>            | 214 |
| 3.2.1 Méthode comparative, 214   |     |
| 3.2.2 Turbidimétrie, 214   |     |

|   |            |
|---|------------|
| 3.2.3 Néphéломétrie, 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 culturaux  | 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        |
| <b>3 Étude immunologique</b>   | <b>233</b> |
| 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  |            |
| <b>4 Autres méthodes d'identification</b>  | <b>238</b> |
| 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   |            |
| <b>4 • Application à l'étude des principaux groupes microbiens</b>                                       | <b>247</b> |
| <b>1 Techniques d'étude des bactéries en général</b>   | <b>247</b> |
| 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        |
| <b>2 Entérobactéries</b>   | <b>250</b> |
| 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>                             | 258 |
| 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>  | 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                 |     |
| <b>2.4 Identification immunologique</b>   | 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   |     |
| <b>2.5 Lysotypie</b>  | 264 |
| <b>2.6 Identification par hybridation</b>   | 264 |
| <b>2.7 Recherche de la pathogénicité et autres tests</b>  | 264 |
| <b>3 Bacilles Gram – du groupe <i>Pseudomonas</i></b>   | 264 |
| <b>3.1 Techniques d’isolement</b>   | 265 |
| <b>3.2 Techniques d’identification</b>  | 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   |     |
| <b>3.3 Clé dichotomique des bactéries Gram-saprophytes</b>  | 267 |
| <b>3.4 Bactéries acétiques</b>  | 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 Vibrios</b>  | 271 |
| <b>4.1 <i>Vibrio</i></b>  | 272 |
| 4.1.1 Techniques d’isolement, 272   |     |
| 4.1.2 Techniques d’identification, 272  |     |
| 4.1.3 Clé dichotomique, 274   |     |
| <b>4.2 <i>Aeromonas, Plesiomonas</i></b>  | 274 |
| 4.2.1 Techniques d’isolement, 274   |     |
| 4.2.2 Techniques d’identification, 274  |     |
| <b>4.3 <i>Campylobacter</i></b>   | 274 |
| 4.3.1 Techniques d’isolement, 274   |     |
| 4.3.2 Techniques d’identification, 275  |     |
| <b>4.4 <i>Pectinatus</i></b>  | 275 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>5 <i>Brucella et Legionella</i></b>  | 276 |
| <b>5.1 Techniques d'isolement et d'identification des <i>Brucella</i></b>                 | 276 |
| <b>5.2 Techniques d'isolement et d'identification des <i>Legionella</i></b>               | 276 |
| <b>6 Coques non lactiques : staphylocoques et microcoques</b>                             | 277 |
| <b>6.1 Techniques d'isolement</b>   | 277 |
| 6.1.1 Isolement, 277  |     |
| 6.1.2 Enrichissement, 278   |     |
| <b>6.2 Techniques d'identification</b>  | 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   |     |
| <b>6.3 Clé d'identification simplifiée</b>  | 280 |
| <b>6.4 Caractérisation du pouvoir pathogène, identification immunologique des toxines</b> | 280 |
| <b>6.5 Tests technologiques</b>   | 282 |
| <b>7 Coques lactiques</b>   | 282 |
| <b>7.1 Techniques d'isolement</b>   | 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  |     |
| <b>7.2 Identification</b>   | 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  |     |
| <b>7.3 Typage sérologique</b>   | 287 |
| <b>7.4 Tests technologiques</b>   | 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 et autres bacilles lactiques</i></b>                                | 291 |
| <b>8.1 Techniques d'isolement des <i>Lactobacillus</i></b>                                | 291 |
| <b>8.2 Techniques d'identification des <i>Lactobacillus</i></b>                           | 292 |
| <b>8.3 Clé dichotomique et caractéristiques des <i>Lactobacillus</i></b>                  | 293 |
| <b>8.4 <i>Carnobacterium</i></b>  | 293 |
| <b>8.5 <i>Bifidobacterium</i></b>   | 293 |
| <b>8.6 <i>Brochothrix</i></b>   | 295 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>9 Listeria</b>   | 295 |
| <b>9.1 Techniques d'enrichissement</b>  | 295 |
| <b>9.2 Techniques d'isolement</b>   | 296 |
| <b>9.3 Techniques d'identification</b>  | 296 |
| <b>10 Actinobactéries</b>   | 297 |
| <b>10.1 Bactéries corynéformes</b>  | 298 |
| <b>10.2 Bactéries propioniques</b>  | 299 |
| 10.2.1 Techniques d'isolement, 299  |     |
| 10.2.2 Identification, 299  |     |
| <b>10.3 Streptomyces</b>  | 300 |
| <b>10.4 Mycobactéries</b>   | 301 |
| <b>11 Bactéries sporulées aérobies (<i>Bacillus</i>)</b>                          | 301 |
| <b>11.1 Techniques d'isolement</b>  | 302 |
| <b>11.2 Techniques d'identification</b>   | 302 |
| 11.2.1 Caractère sporulé, 302   |     |
| 11.2.2 Caractères physiologiques, 304   |     |
| <b>12 Bactéries sporulées anaérobies</b>  | 305 |
| <b>12.1 Techniques d'isolement</b>  | 305 |
| 12.1.1 Cas général, 305   |     |
| 12.1.2 Isolements spécifiques, 306  |     |
| <b>12.2 Techniques d'identification</b>   | 307 |
| <b>12.3 Pathogénicité</b>   | 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 Levures</b>   | 310 |
| <b>13.1 Techniques d'isolement et de numération</b>                               | 310 |
| 13.1.1 Isolement d'une flore totale de levures, 310                               |     |
| 13.1.2 Isolement différentiel de levures, 311                                     |     |
| <b>13.2 Techniques d'identification</b>   | 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           |     |
| <b>13.3 Clé dichotomique des levures rencontrées dans l'industrie alimentaire</b> | 317 |
| <b>13.4 Tests technologiques</b>  | 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 culturaux, 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 |
| <b>1.1 Buts de l'analyse</b>                                   | 337 |
| <b>1.2 Principes et stratégie</b>                              | 337 |
| <b>2 Échantillonnage et prélèvements</b>                       | 339 |
| <b>2.1 Définitions</b>   | 340 |
| <b>2.2 Stratégie et schémas d'échantillonnage</b>              | 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>   | 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                                 |     |
| <b>2.4 Traitement de l'échantillon avant l'analyse</b>                           | 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                                 |     |
| <b>3 Analyse microscopique</b>   | 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   |     |
| <b>4 Analyse quantitative</b>  | 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  |     |
| <b>5 Analyse qualitative et recherche des germes pathogènes</b>                  | 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  |     |
| <b>6 Analyses complémentaires</b>  | 360 |
| <b>7 Interprétation des résultats, réglementation</b>                            | 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                    |     |

|  |     |
|--|-----|
| <b>7.2 Réglementation, systèmes de normalisation</b>   | 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   |     |
| <b>II • Analyse de l'eau</b>   | 369 |
| <b>1 Nature des eaux</b>   | 369 |
| <b>2 Prélèvement des échantillons</b>  | 369 |
| <b>2.1 Volume et fréquence des prélèvements</b>  | 369 |
| <b>2.2 Techniques de prélèvement</b>   | 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'usager, 371                          |     |
| 2.2.3 Prélèvement d'eaux de traitement ou de circuits industriels, 371                                 |     |
| <b>2.3 Précautions concernant l'échantillon</b>  | 371 |
| <b>2.4 Cas particuliers : analyse biologique et virologique</b>  | 372 |
| <b>3 Méthodes d'analyse quantitative</b>   | 372 |
| <b>3.1 Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (germes « totaux »)</b>                       | 372 |
| 3.1.1 Dénombrement classique, 373  |     |
| 3.1.2 Dénombrement par filtration, 373   |     |
| <b>3.2 Dénombrement des germes de contamination fécale</b>   | 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  |     |
| <b>3.3 Dénombrement des germes putrides</b>  | 376 |
| <b>3.4 Dénombrement d'autres flores</b>  | 377 |
| <b>3.5 Autres techniques de dénombrement ou d'estimation des populations</b>                           | 377 |
| <b>4 Recherche des germes pathogènes</b>   | 377 |
| <b>4.1 Entérobactéries pathogènes</b>  | 377 |
| <b>4.2 <i>Vibrio</i></b>   | 377 |
| <b>4.3 <i>Pseudomonas aeruginosa</i></b>   | 378 |
| <b>4.4 <i>Legionella</i></b>   | 378 |
| <b>5 Recherches particulières</b>  | 378 |
| <b>5.1 Recherche et dénombrement de contaminants en milieu industriel</b>                              | 378 |
| <b>5.2 Analyse virologique et biologique</b>   | 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  |     |

|   |     |
|---|-----|
| <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 |
| <b>2.1 Test de filtration</b>   | 390 |
| <b>2.2 Mesure de l'acidité</b>  | 390 |
| 2.2.1 pH, 390   |     |
| 2.2.2 Acidité Dornic, 390   |     |
| <b>2.3 Méthodes d'estimation de l'activité microbienne</b>  | 391 |
| 2.3.1 Réduction des colorants, 391  |     |
| 2.3.2 Autres méthodes, 392  |     |
| <b>2.4 Mise en évidence des laits anormaux (test de Whiteside : <i>California mastitis test</i>)</b>                  | 392 |
| <b>2.5 Test de lactofermentation</b>  | 392 |
| <b>2.6 Recherche des antibiotiques</b>  | 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  |     |
| <b>2.7 Autres tests de qualité</b>  | 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   |     |
| <b>2.8 Méthodes de contrôle du degré de chauffage du lait</b>   | 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 |
| <b>3.1 Étude microscopique</b>  | 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   |     |
| <b>3.2 Préparation des dilutions</b>  | 397 |
| <b>3.3 Dénombrement de la flore aérobio mésophile (FAMT, flore « totale » ou « globale »)</b>                         | 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  |     |
| <b>3.4 Dénombrement de flores particulières</b>   | 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 aérobio, 400   |     |
| 3.4.8 Flore anaérobio, 400  |     |

|  |            |
|--|------------|
| 3.4.9 Flore lipolytique, 400   | 400        |
| 3.4.10 Flore protéolytique, 400  | 400        |
| 3.4.11 Flores diverses, 400  | 400        |
| <b>3.5 Coliformes, Entérobactéries et entérocoques</b>                     | <b>400</b> |
| 3.5.1 Colimétrie en milieu liquide, 401                                    | 401        |
| 3.5.2 Dénombrement de routine sur milieu solide, 401                       | 401        |
| 3.5.3 Identification de <i>E. coli</i> et des coliformes, 401              | 401        |
| 3.5.4 Numération des entérocoques et des Entérobactéries, 401              | 401        |
| <b>3.6 Recherche des germes pathogènes et des toxines</b>                  | <b>401</b> |
| 3.6.1 <i>Brucella</i> , 401  | 401        |
| 3.6.2 Entérobactéries pathogènes, 401                                      | 401        |
| 3.6.3 Streptocoques pathogènes, 402  | 402        |
| 3.6.4 <i>Staphylococcus aureus</i> , 402                                   | 402        |
| 3.6.5 <i>Clostridium perfringens</i> , 402                                 | 402        |
| 3.6.6 <i>Listeria</i> , 402  | 402        |
| 3.6.7 Bacille tuberculeux, 402   | 402        |
| 3.6.8 Autres recherches, 402   | 402        |
| <b>3.7 Recherche des phages</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  | 403        |
| 4.1.2 Lait en vrac, 403  | 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   | 404        |
| 4.3.2 Lait stérilisé ou stérilisé UHT, 404                                 | 404        |
| 4.3.3 Lait thermisé, 405   | 405        |
| <b>4.4 Contrôle des laits concentrés</b>                                   | <b>405</b> |
| 4.4.1 Lait concentré non sucré, 405  | 405        |
| 4.4.2 Lait concentré sucré, 405  | 405        |
| <b>4.5 Contrôle des laits en poudre</b>                                    | <b>406</b> |
| 4.5.1 Matière première, 406  | 406        |
| 4.5.2 Produit fini, 406  | 406        |
| <b>4.6 Contrôle de dérivés du lait</b>                                     | <b>406</b> |
| 4.6.1 Lactosérum, 406  | 406        |
| 4.6.2 Caséines et caséinates, 406  | 406        |
| 4.6.3 Produits laitiers frais, 406   | 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   | 406        |
| 5.1.2 Lait cru, 407  | 407        |
| 5.1.3 Lait traité, 408   | 408        |
| 5.1.4 Lait concentré, 409  | 409        |
| 5.1.5 Lait en poudre (ou laits secs), 409                                  | 409        |
| 5.1.6 Produits liquides à base de lait, 410                                | 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 Méthodes d'analyses normalisées</b>  | <b>411</b> |
| 5.2.1 Normes AFNOR, 411   |            |
| 5.2.2 Normes FIL, 411   |            |
| <b>5.3 Législation</b>  | <b>412</b> |
| <b>IV • Analyse des laits fermentés, fromages et autres produits laitiers frais</b>                         | <b>415</b> |
| <b>1 Prélèvement et traitement des échantillons</b>   | <b>415</b> |
| 1.1 Échantillonnage   | 415        |
| 1.1.1 Lait fermentés et desserts lactés frais, 415  |            |
| 1.1.2 Fromages, 415   |            |
| 1.2 Techniques de prélèvement   | 415        |
| 1.2.1 Lait fermentés et desserts lactés frais, 415  |            |
| 1.2.2 Fromages, 415   |            |
| 1.2.3 Prélèvements particuliers pour la recherche de germes pathogènes ( <i>Salmonella, Listeria</i> ), 416 |            |
| 1.3 Précautions de transport  | 416        |
| 1.4 Traitement des échantillons   | 416        |
| <b>2 Méthodes d'analyse</b>   | <b>417</b> |
| 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   |            |
| <b>3 Schémas d'analyse</b>  | <b>421</b> |
| <b>3.1 Lait 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  |            |

|  |     |
|--|-----|
| <b>3.2 Desserts lactés frais</b>                             | 421 |
| <b>3.3 Fromages</b>  | 421 |
| 3.3.1 Analyse sanitaire et de qualité générale, 421          |     |
| 3.3.2 Contrôle de fabrication, 422                           |     |
| <b>3.4 Levains lactiques</b>                                 | 422 |
| <b>4 Normes et textes réglementaires</b>                     | 422 |
| <b>4.1 Composition microbiologique</b>                       | 422 |
| 4.1.1 Desserts lactés frais, 422                             |     |
| 4.1.2 Laits fermentés et fromages, 422                       |     |
| 4.1.3 Ferments lactiques, 424                                |     |
| <b>4.2 Méthodes normalisées</b>                              | 425 |
| <b>4.3 Législation</b>                                       | 425 |
| <b>V • Analyse du beurre et des matières grasses</b>         | 427 |
| <b>1 Prélèvement et préparation des échantillons</b>         | 427 |
| <b>1.1 Échantillonnage</b>                                   | 427 |
| <b>1.2 Techniques de prélèvement</b>                         | 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                           |     |
| <b>1.3 Conservation des échantillons</b>                     | 427 |
| <b>1.4 Préparation des échantillons</b>                      | 427 |
| 1.4.1 Beurre et margarine, 427                               |     |
| 1.4.2 Crème, 428   |     |
| 1.4.3 Autres produits, 428                                   |     |
| <b>2 Méthodes d'analyse</b>                                  | 428 |
| <b>2.1 Dénombrement de la flore «totale»</b>                 | 428 |
| <b>2.2 Colimétrie</b>  | 428 |
| <b>2.3 Flores particulières</b>                              | 428 |
| <b>2.4 Recherche des germes pathogènes</b>                   | 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                    |     |
| <b>2.5 Analyses complémentaires</b>                          | 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  |     |
| <b>3 Schémas d'analyse</b>                                   | 429 |
| <b>3.1 Crème</b>   | 429 |
| <b>3.2 Beurre</b>  | 429 |
| <b>3.3 Graisses animales</b>                                 | 429 |
| <b>3.4 Margarine et matières grasses végétales composées</b> | 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 indogène et putride : Indice I + S, 439                                       |     |
| 2.5.2 Flore sporulée aérobio 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 dénombremens</b>  | 440 |
| 2.7.1 Entérococques, 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 toxinogènes</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 |
| <b>3.1 Mesures du pH</b>  | 442 |
| <b>3.2 Étude du métabolisme azoté</b>   | 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  |     |
| <b>3.3 Épreuve de fermentation pour recherche des antiseptiques</b>                       | 444 |
| <b>3.4 Recherche des antibiotiques</b>  | 444 |
| <b>3.5 Test de pasteurisation pour les ovoproducts : épreuve de l'α-amylase</b>           | 444 |
| <b>4 Schémas d'analyse</b>  | 444 |
| <b>4.1 Viande fraîche</b>   | 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  |     |
| <b>4.2 Viande hachée</b>  | 446 |
| 4.2.1 Analyse de routine des quartiers et pièces destinés à la fabrication, 446           |     |
| 4.2.2 Analyse des produits finis, 446   |     |
| <b>4.3 Viande cuite</b>   | 446 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>4.4 Produits de charcuterie</b>  | 445 |
| 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 ovo-produits</b>   | 448 |
| 4.7.1 Œufs, 448   |     |
| 4.7.2 Ovo-produits liquides pasteurisés, 448  |     |
| 4.7.3 Blancs d'œufs non pasteurisés, 448  |     |
| 4.7.4 Ovo-produits 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>   | 449 |
| <b>4.10 Potages déshydratés à base de viande</b>  | 449 |
| <b>4.11 Contrôle des circuits de fabrication</b>  | 449 |
| <b>5 Normes et textes réglementaires</b>  | 449 |
| <b>5.1 Composition microbiologique</b>  | 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 ovo-produits, 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>  | 458 |
| <b>VII • Analyse des poissons et produits d'origine aquatique</b>                                     | 458 |
| <b>1 Prélèvements</b>   | 458 |
| <b>1.1 Échantillonnage</b>  | 458 |
| <b>1.2 Techniques de prélèvement et de conservation de l'échantillon</b>                              | 458 |
| 1.2.1 Prélèvement, 461  |     |
| 1.2.2 Transfert et conservation des échantillons, 461   |     |
| <b>1.3 Traitement des échantillons</b>  | 461 |
| 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>                           | 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 <sub>2</sub>   | 481 |
| 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 |
| <b>5.1 Composition microbiologique</b>   | 482 |
| 5.1.1 Boissons non alcoolisées, 482  |     |
| 5.1.2 Bière, 482   |     |
| <b>5.2 Législation</b>   | 483 |
| <b>IX • Analyse des produits végétaux et des aliments dérivés</b>                                  | 485 |
| <b>1 Échantillonnage et prélèvements</b>   | 485 |
| <b>1.1 Schémas d'échantillonnage</b>   | 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                                |     |
| <b>1.2 Techniques générales de prélèvement</b>   | 485 |
| <b>2 Analyse des produits végétaux bruts (fruits, légumes, céréales)</b>                           | 486 |
| <b>2.1 Prélèvement et préparation des échantillons</b>   | 486 |
| <b>2.2 Techniques d'analyse</b>  | 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                                   |     |
| <b>2.3 Critères microbiologiques</b>   | 487 |
| <b>3 Analyse des produits transformés crus, congelés ou déshydratés</b>                            | 487 |
| <b>3.1 Produits de la «IV<sup>e</sup> gamme»</b>   | 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  |     |
| <b>3.2 Autres produits transformés</b>   | 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 |     |
| <b>3.3 Produits végétaux déshydratés ou congelés</b>   | 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 |
| <b>5.1 Prélèvement et préparation de l'échantillon</b>   | 491 |
| <b>5.2 Méthodes d'analyse</b>  | 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 |
| <b>5.3 Estimation des infections microbiennes en sucrerie par un test rapide (réductase)</b> | 492 |
| <b>5.4 Critères microbiologiques</b>   | 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 Dénombrément de la flore «totale», 498   |            |
| 1.2.2 Dénombrément de la flore psychrophile, 498                                       |            |
| 1.2.3 Colimétrie, 498  |            |
| 1.2.4 Dénombrément des bactéries thermorésistantes, 498                                |            |
| 1.2.5 Dénombrément 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 Dénombrément de la flore «totale» (FAMT), 501                                    |            |
| 2.2.3 Colimétrie, 501  |            |
| 2.2.4 Recherche des staphylocoques pathogènes, 501                                     |            |
| 2.2.5 Dénombrément 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 Dénombrément de la flore aérobie mésophile (FAMT), 502                           |            |
| 3.2.2 Colimétrie, 502  |            |
| 3.2.3 Dénombrément 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  |            |

|  |     |
|--|-----|
| <b>4.2 Techniques d'analyse</b>  |     |
| 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                        |     |
| <b>4.3 Schéma d'analyse</b>  | 504 |
| <b>4.4 Normes et textes réglementaires</b>                                 | 504 |
| <b>5 Pâtisseries</b>   | 504 |
| <b>6 Aliments diététiques et de régime de l'enfance</b>                    | 505 |
| <b>7 Produits divers</b>   | 505 |
| 7.1 Vinaigre   | 505 |
| 7.2 Levures de boulangerie   | 506 |
| 7.3 Aliments pour animaux  | 506 |
| <b>XI • Analyse des conserves</b>  | 507 |
| <b>1 Techniques de prélèvement et de préparation des échantillons</b>      | 507 |
| 1.1 Échantillonnage  | 507 |
| 1.2 Prélèvements et préparation des échantillons                           | 507 |
| <b>2 Techniques d'analyse</b>  | 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 |
| <b>3 Schémas d'analyse</b>   | 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>Milieux 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 |

# INDUSTRIES AGROALIMENTAIRES

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

