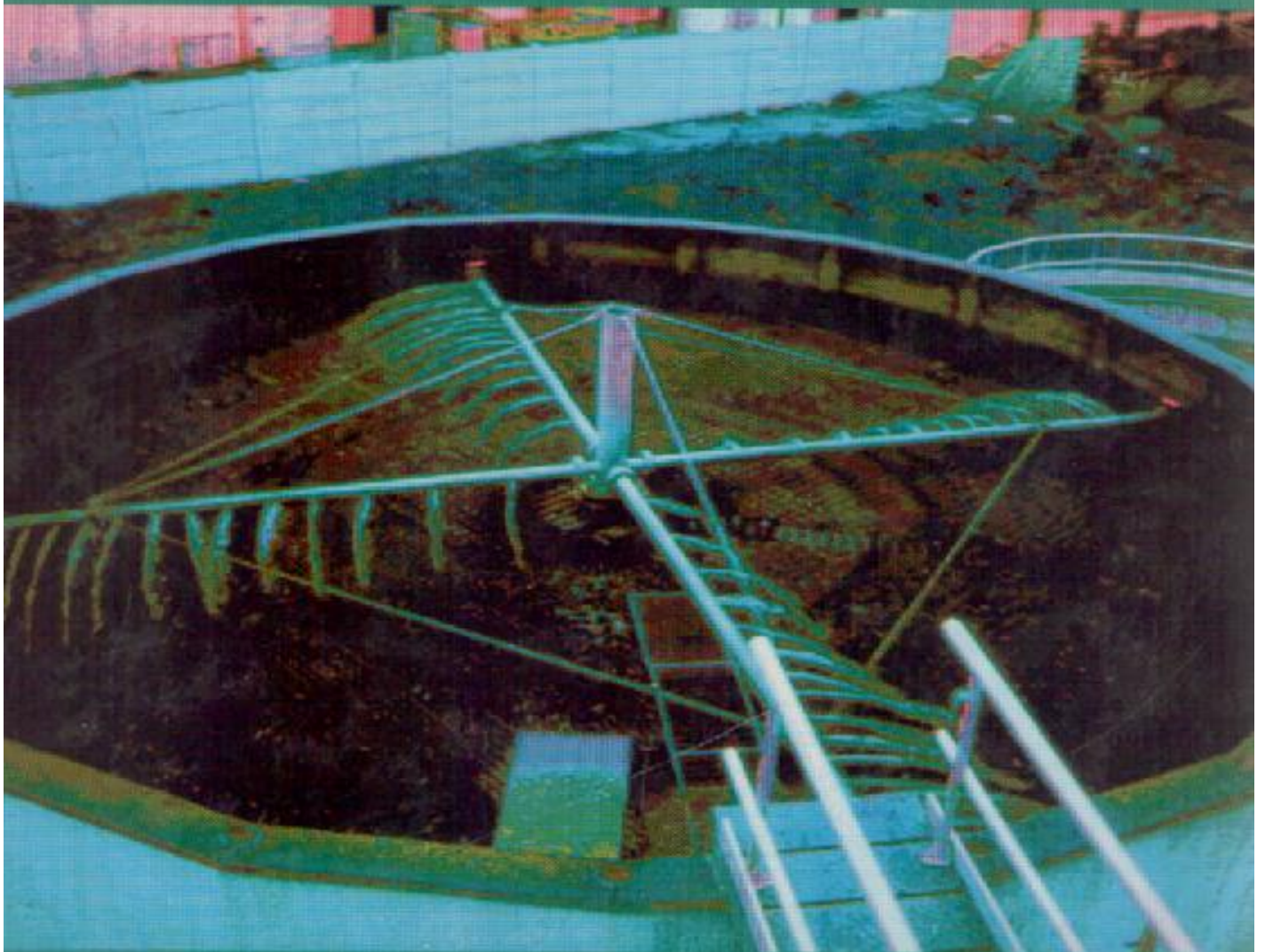


**René Moletta**  
coordonnateur



# **Gestion** **des problèmes environnementaux** **dans les industries agroalimentaires**



COLLECTION  
SCIENCES & TECHNIQUES  
AGROALIMENTAIRES

*Editions*  
**TEC**  
& **DOC**

2-664-21-1

2-664-21-1

COLLECTION  
SCIENCES & TECHNIQUES  
AGROALIMENTAIRES



Président du Directoire : J.-L. MULTON

# Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires

**René Moletta**

coordonnateur



**Editions  
TEC  
& DOC**

11, rue Lavoisier  
F-75008 Paris

LONDRES - PARIS - NEW YORK

# Table des matières

Introduction .....	1
Remerciements .....	4
Avant-propos .....	5

## *Première partie*

### **Nature des rejets dans les industries agroalimentaires**

#### *Chapitre 1*

#### **Caractérisation des effluents des industries agroalimentaires**

*(Hubert Calamy et René Moletta)* ..... 13

Introduction .....	13
1. Caractéristiques générales .....	14
1.1. Particularité de la production agroalimentaire .....	14
1.1.1. Variabilité .....	14
1.1.2. Volume .....	14
1.1.3. Caractère saisonnier .....	15
1.2. Principaux paramètres utiles .....	15
1.3. Méthodes d'analyse .....	16
2. Caractéristiques spécifiques de certaines activités agroalimentaires .....	17
2.1. Production alimentaire d'origine animale .....	17
2.1.1. Abattoirs .....	17
2.1.2. Produits à base de viandes .....	19
2.1.3. Produits laitiers .....	20
2.1.4. Équarrissage .....	21
2.2. Production alimentaire d'origine végétale .....	21

2.2.1. Conserverie de fruits et légumes .....	22
2.2.2. Caves vinicoles .....	22
Conclusion .....	23
Bibliographie .....	23

### Chapitre 2

#### Déchets (Jean-Marc Mérillot) .....

25

Introduction .....	25
1. Notion de déchet : frontières et délimitations .....	27
1.1. Le citoyen-consommateur .....	29
1.2. Le législateur .....	30
1.3. Déchets et systèmes de production .....	32
1.4. Gestion de déchets – enjeu de société .....	36
2. Sources de déchets, typologie, gisement .....	37
2.1. Origines et sources de déchets .....	37
2.2. Nomenclature des déchets et typologies .....	39
2.3. Statistiques et repères .....	40
2.3.1. Déchets municipaux .....	41
2.3.2. Emballages .....	42
2.3.3. Déchets industriels banals – DIB .....	42
2.3.4. Sous-produits .....	43
2.3.5. Déchets spéciaux .....	44
2.3.6. Devenir des déchets .....	45
3. Caractérisation des déchets .....	47
3.1. Contexte de production .....	47
3.2. Protocoles analytiques .....	48
3.2.1. Par nature des matériaux constitutifs .....	48
3.2.2. Par analyse physicochimique .....	49
3.3. Interprétation et impacts potentiels .....	49

### Chapitre 3

#### Rejets gazeux (Valérie Desauziers, Jean-Louis Fanlo et Jean-Michel Guillot) .....

51

Introduction .....	51
1. Généralité sur les rejets odorants .....	51
2. Production alimentaire d'origine végétale .....	53
2.1. Caves vinicoles .....	53
2.2. Distilleries .....	56
3. Transformation de sous produits .....	60
3.1. Équarissage .....	60
3.2. Farines animales .....	61
3.3. Verminières .....	63
3.4. Levureries .....	63
4. Stations d'épuration .....	64
4.1. Nature des composés odorants en STEP .....	64

4.1.1. Composés soufrés .....	65
4.1.2. Composés azotés .....	65
4.1.3. Composés oxygénés .....	66
4.2. Sources d'odeurs en STEP .....	66
4.2.1. Réseau d'assainissement .....	66
4.2.2. Filières de traitement .....	67
4.3. Gestion des nuisances olfactives en STEP .....	68
4.4. Cas d'une STEP d'abattage de volaille .....	69
5. Ambiances de travail .....	69
Conclusion .....	70
Annexe : Le cas des élevages .....	70
1. Caractéristiques communes aux élevages .....	71
2. Élevage porcin .....	71
2.1. Bâtiments .....	74
2.2. Unités de stockage .....	74
2.3. Épandage .....	74
3. Élevage de volailles .....	74
Bibliographie .....	75

## *Deuxième partie*

### **Législation européenne et française**

#### *Chapitre 4*

<b>Législation européenne et française (Xavier Joly)</b> .....	79
1. Législation des installations classées : principes généraux .....	79
1.1. Objectifs et principes .....	79
1.1.1. Contexte européen .....	79
1.1.2. Législation française .....	80
1.2. Nomenclature des installations classées, principales rubriques concernant l'industrie agroalimentaire .....	81
1.3. Procédures à engager le long de la vie d'une installation classée .....	83
1.3.1. Demande d'autorisation .....	83
1.3.2. Déclaration .....	88
2. Réglementation eau .....	89
2.1. Objectifs et principes .....	89
2.1.1. Contexte européen .....	89
2.1.2. Législation française .....	90
2.1.3. Application de la réglementation .....	92
2.2. Utilisation de l'eau dans les IAA .....	93
2.2.1. Exigences de qualité .....	93
2.2.2. Surveillance de la qualité de l'eau .....	93
2.3. Caractéristiques des effluents agroalimentaires .....	94
2.3.1. Eaux résiduaires .....	94
2.3.2. Boues .....	95

2.4.	Réglementation des rejets .....	95
2.4.1.	Interdictions générales de rejets .....	95
2.4.2.	Réglementation des rejets pour les installations classées soumises à autorisation .....	96
2.4.3.	Épandage .....	99
2.4.4.	Eaux pluviales .....	101
2.4.5.	Réglementation des rejets pour les installations classées soumises à déclaration .....	102
3.	Réglementation des déchets .....	102
3.1.	Objectifs et principes .....	102
3.1.1.	Contexte européen .....	102
3.1.2.	Législation française .....	104
3.2.	Nomenclature des déchets .....	106
3.3.	Gestion des déchets .....	107
3.3.1.	Contexte .....	107
3.3.2.	Réduction à la source : technologies propres .....	107
3.3.3.	Différents modes de valorisation .....	108
3.3.4.	Mise en décharge ou stockage .....	108
4.	Réglementation air .....	109
4.1.	Objectifs et principe .....	109
4.1.1.	Contexte européen .....	109
4.1.2.	Législation française .....	110
4.2.	Risque amiante .....	111
4.2.1.	Principaux textes réglementaires .....	111
4.2.2.	Protection des populations .....	111
4.2.3.	Protection des travailleurs .....	112
5.	Réglementation bruit .....	113
5.1.	Principaux textes .....	113
5.2.	Prescriptions générales .....	113
5.2.1.	Installations soumises à autorisation .....	113
5.2.2.	Installations soumises à déclaration .....	114
	Bibliographie .....	114

### Troisième partie

## L'eau, préparations et traitements

### Chapitre 5

#### L'eau dans l'usine : usage, préparation et gestion

(Marie-Laure Lameloise)

117

Introduction .....	117
1. Utilisation et consommation de l'eau dans une usine .....	117
1.1. Usages de l'eau .....	117
1.1.1. Ingrédients de fabrication .....	118
1.1.2. Vecteur d'échange thermique .....	118

1.1.3.	Vecteur d'échange de matière .....	118
1.1.4.	Vecteur d'énergie mécanique .....	118
1.1.5.	Lavage, nettoyage et désinfection .....	118
1.2.	Consommation d'eau .....	119
2.	Qualités d'eau nécessaires selon les utilisations .....	120
2.1.	Eau de chaudière .....	120
2.2.	Eau de procédé .....	121
2.3.	Eau destinée au contact avec les aliments .....	121
2.3.1.	Influence de la qualité de l'eau sur le déroulement d'un procédé ..	122
2.3.2.	Influence de la qualité de l'eau sur les qualités organoleptiques du produit fini .....	122
2.3.3.	Influence de la teneur en nitrates de l'eau .....	123
2.3.4.	Standardisation de la qualité de l'eau .....	123
3.	Approvisionnement en eau .....	124
3.1.	Choix de la ressource .....	124
3.2.	Caractéristiques des ressources disponibles .....	124
4.	Traitements de l'eau .....	125
4.1.	Élimination des matières en suspension .....	126
4.2.	Adoucissement – déminéralisation .....	126
4.2.1.	Échange d'ions .....	126
4.2.2.	Nanofiltration et osmose inverse .....	126
4.3.	Électrodialyse .....	128
4.4.	Décarbonatation des eaux de boissons .....	129
4.5.	Dénitratation .....	129
4.6.	Déferri-sation .....	130
4.7.	Désinfection de l'eau .....	130
4.7.1.	Chloration .....	130
4.7.2.	Ozonation .....	132
4.7.3.	Action des UV .....	132
4.7.4.	Filtration .....	132
5.	Gestion de l'eau dans une usine .....	132
5.1.	Suivi de la consommation d'eau .....	133
5.2.	Choix du type d'eau en fonction des besoins .....	133
5.3.	Économie d'eau : limitation du gaspillage .....	134
5.4.	Recyclage et réutilisation de l'eau .....	134
5.4.1.	Recyclage de condensats ou d'eaux peu chargées .....	134
5.4.2.	Réutilisation d'effluents .....	135
5.4.3.	Recyclage de solutions détergentes et de saumures .....	135
5.4.4.	Difficultés et limites du recyclage .....	137
5.5.	Réduction des consommations d'eau par une meilleure conception des procédés .....	137
6.	Procédés propres .....	140
6.1.	Technologies sèches .....	140
6.1.1.	Cuisson-extrusion .....	140
6.1.2.	Techniques électriques .....	140
6.2.	Concentration et séchage .....	141
6.3.	Techniques séparatives .....	141
6.3.1.	Techniques membranaires .....	141

6.3.2. Autres techniques séparatives « propres » .....	141
6.3.3. Intérêts des couplages .....	143
6.4. Nettoyage et désinfection des matériels de surface .....	144
Bibliographie .....	146

### Chapitre 6

#### Prétraitements (Samuel Elmaleh et Jean Coma) .....

Introduction .....	149
1. Dégrillage .....	149
1.1. Objectifs .....	149
1.2. Types d'équipements utilisés .....	149
1.2.1. Grilles manuelles .....	150
1.2.2. Grilles mécaniques .....	150
1.3. Volume et nature des déchets du dégrillage .....	152
2. Dessablage – dégraissage .....	152
2.1. Principe de base .....	152
2.1.1. Dessablage .....	152
2.1.2. Dégraissage .....	153
2.2. Conception des installations .....	153
2.2.1. Dessableurs .....	153
2.2.2. Dégraisseurs .....	154
2.3. Devenir des sables et des graisses récupérés .....	155
3. Tamisage .....	155
3.1. Équipements disponibles .....	156
3.1.1. Macrotamis rotatifs .....	156
3.1.2. Tamis fixes à nettoyage raclé .....	156
3.1.3. Tamis à chaîne filtrante .....	156
3.1.4. Tamis statiques ou rotatifs .....	157
3.2. Exemple d'utilisation .....	158
Bibliographie .....	158

### Chapitre 7

#### Traitements physicochimiques des effluents

#### (Samuel Elmaleh et Fernand Gallinari) .....

1. Flocculation .....	159
1.1. Objectifs .....	159
1.2. Nature et mise en œuvre des objectifs .....	161
1.2.1. Chaux .....	161
1.2.2. Sels d'aluminium et de fer .....	162
1.2.3. Polyélectrolytes .....	163
1.3. Essais en laboratoire .....	163
1.4. Critères de dimensionnement .....	164
2. Décantation .....	165
2.1. Différents types de décantation .....	165
2.2. Dimensionnement d'un décanteur .....	165

2.2.1. Décantation diffuse de particules instables .....	165
2.2.2. Décantation piston .....	167
3. La flottation à l'air dissous .....	173
3.1. Avantage et inconvénient par rapport à la décantation .....	173
3.2. Essais en laboratoire .....	173
3.3. Équipements industriels .....	174
3.4. Critères de dimensionnement .....	174
4. Oxydation chimique : ozonation .....	176
5. Membranes .....	177
Bibliographie .....	180

### Chapitre 8

#### Traitements biologiques aérobies des effluents

(Michel Torrijos et Nicolas Bernet)

181

1. Généralités sur les procédés biologiques .....	181
2. Rappels sur le métabolisme bactérien .....	182
2.1. Sources d'énergie .....	182
2.2. Sources de carbone .....	182
2.3. Principales voies métaboliques de dégradation des bactéries chimiohétérotrophes .....	183
3. Définition des termes utilisés en traitement des eaux .....	183
4. Épandage .....	185
4.1. Définition .....	186
4.2. Mécanismes d'épuration par le sol .....	186
4.2.1. Filtration de l'eau .....	186
4.2.2. Rétention de l'eau .....	187
4.2.3. Biodégradation de la matière organique .....	187
4.2.4. Stockage des éléments minéraux .....	187
4.2.5. Exportation des éléments minéraux par la végétation .....	187
4.2.6. Entraînement vers la nappe .....	188
4.3. Mise en œuvre d'un épandage .....	188
4.3.1. Connaissance de l'effluent .....	189
4.3.2. Recherche du site d'épandage .....	189
4.3.3. Dimensionnement de l'épandage .....	190
4.3.4. Contrôle de l'épandage .....	190
4.3.5. Rendement épuratoire de l'épandage .....	191
4.3.6. Exemples d'épandage d'effluents liquides .....	192
5. Procédés biologiques aérobies .....	192
5.1. Élimination du carbone organique par voie biologique aérobie .....	192
5.2. Procédés mettant en œuvre une culture libre en suspension : les boues activées .....	193
5.2.1. Principe de fonctionnement des boues activées pour le traite- ment de la matière carbonée .....	193
5.2.2. Bases de dimensionnement d'une station à boues activées ...	193
5.2.3. Principales dispositions des bassins de boues activées .....	198
5.3. Procédés mettant en œuvre une culture fixée .....	201

5.3.1.	Principe de fonctionnement des cultures fixées aérobies	201
5.3.2.	Lits bactériens ou lits à ruissellement	202
5.3.3.	Biodisques	205
5.3.4.	Biofiltres ou lits granulaires fixes	205
5.4.	Bioréacteurs à membranes ou BRM	206
5.5.	Procédés aérobies extensifs	207
5.5.1.	Lagunage naturel (aérobie)	207
5.5.2.	Lagunage aéré	207
5.6.	Traitement associé aux effluents urbains	208
5.7.	Élimination de l'azote et du phosphore dans les procédés aérobies	210
5.7.1.	Traitement de l'azote	210
5.7.2.	Traitement du phosphore	213
5.7.3.	Traitement combiné pour l'élimination de l'azote et du phosphore	215
6.	Traitement des boues	218
6.1.	Épaississement des boues	219
6.2.	Stabilisation des boues	219
6.3.	Déshydratation des boues	219
6.4.	Élimination des boues	220
	Bibliographie	221

### Chapitre 9

<b>Procédés biologiques anaérobies</b> ( <i>René Moletta</i> )	223
1. Processus de méthanisation	223
1.1. Flux métabolique et microbiologie	225
1.1.1. Hydrolyse et acidogénèse	226
1.1.2. Acétogénèse	226
1.1.3. Méthanogénèse	229
1.2. Biodiversité microbienne	233
2. Caractéristiques de fonctionnement de la digestion anaérobie	237
2.1. Température	237
2.2. Concentration en DCO de l'effluent	237
2.3. pH	237
2.4. Alcalinité	238
2.5. Production de boues	238
2.6. Autres	238
3. Mise en œuvre de la digestion anaérobie	239
3.1. Stabilité de la digestion anaérobie	239
3.2. Inhibitions	240
3.3. Contrôle et conduite de la digestion anaérobie	241
3.4. Application de la digestion anaérobie aux IAA	243
4. Réacteurs biologiques	243
4.1. Procédés mettant en œuvre des micro-organismes libres	245
4.1.1. Réacteur mélangé et contact anaérobie	246
4.1.2. Réacteur à lit de boues	246
4.1.3. Réacteur à compartiments	246

4.1.4.	Bassin de méthanisation .....	246
4.2.	Procédés mettant en œuvre des micro-organismes dans un biofilm ...	247
4.2.1.	Réacteur UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) .....	249
4.2.2.	Filtre anaérobie .....	249
4.2.3.	Lit fluidisé .....	251
4.2.4.	Réacteur à recirculation interne .....	251
4.2.5.	Lits turbulés .....	251
4.2.6.	Autres .....	252
4.3.	Couplage avec un réacteur aérobie .....	252
5.	Bases de choix et de dimensionnement des digesteurs anaérobies .....	253
5.1.	Choix de la technologie .....	253
5.1.1.	Caractéristiques de l'effluent .....	253
5.1.2.	Niveau de technologie demandé .....	254
5.1.3.	Situation climatique du pays .....	254
5.2.	Bases de dimensionnement .....	254
5.3.	Démarrage des installations .....	254
5.4.	Stabilité des digesteurs .....	255
6.	Biogaz .....	256
6.1.	Production théorique .....	256
6.2.	Facteurs modifiant ses caractéristiques .....	257
6.3.	Traitement .....	257
6.4.	Valorisation .....	258
7.	Performances des digesteurs anaérobies .....	259
8.	Exemples d'application de la digestion anaérobie aux IAA .....	259
8.1.	Application aux effluents issus de la fabrication de boisson .....	260
8.1.1.	Jus de fruits .....	260
8.1.2.	Boisson gazeuse .....	261
8.2.	Application aux effluents laitiers .....	262
8.2.1.	Lagune anaérobie .....	262
8.2.2.	Réacteur à plateau .....	263
8.3.	Application aux effluents de brasserie .....	263
	Bibliographie .....	264

### Quatrième partie

## Déchets, valorisations et traitements

### Chapitre 10

<b>Gestion des déchets (Jean-Marc Mérellot)</b> .....	267
1. Problématique générale .....	268
1.1. Systèmes de filières et procédés de gestion des déchets .....	268
1.2. Voie des valorisations industrielles .....	274
1.3. Voie des valorisations agronomiques .....	278
1.4. Voie des valorisations énergétiques .....	280
1.5. Déchets dangereux des entreprises .....	282

1.6.	Prévention et stockage .....	283
2.	Aptitude des déchets et filières de valorisation .....	284
2.1.	Notion d'aptitude à la valorisation .....	285
2.2.	Logiques et bases d'organisation des filières de valorisation .....	288
2.2.1.	Filières à caractère territorial .....	288
2.2.2.	Filières à caractère sectoriel .....	289
2.2.3.	Des logiques complémentaires .....	289
2.3.	Gestion individualisée ou cogestion des déchets .....	290

### Chapitre 11

## Traitement biologique aérobie des déchets solides : le procédé de compostage (Amaury De Guardia)

293

Introduction .....	293
1. Principes généraux du compostage .....	294
1.1. Description des phénomènes biologiques de transfert de masse et de chaleur régissant un traitement par compostage .....	294
1.1.1. Représentation schématique d'un système en compostage .....	294
1.1.2. Phénomènes biologiques et transformations biochimiques .....	295
1.1.3. Transferts de masse .....	302
1.1.4. Transferts de chaleur .....	303
1.2. Paramètres expérimentaux du procédé de compostage .....	304
1.2.1. Paramètres expérimentaux de la fermentation .....	304
1.2.2. Paramètres expérimentaux de la maturation .....	306
1.3. Paramètres de contrôles de la fermentation et de la maturation .....	307
1.4. Indicateurs de stabilité ou de maturité des composts .....	309
1.5. Indicateurs de caractérisation des transformations de la matière .....	309
1.5.1. Indicateurs « globaux » .....	309
1.5.2. Humidité .....	310
1.5.3. Indicateurs physicochimiques .....	310
1.5.4. Fractionnements biochimiques .....	311
1.5.5. Indicateurs spectroscopiques .....	311
1.5.6. Indicateurs microbiologiques .....	312
1.5.7. Indicateurs de phytotoxicité .....	312
1.6. Paramètres de qualification des composts .....	312
2. Matières organiques et réglementation .....	313
2.1. Contexte actuel .....	313
2.1.1. Loi du 13 juillet 1979 et homologation .....	313
2.1.2. Contexte normatif .....	315
2.2. Évolutions récentes .....	316
2.2.1. Révision de la démarche d'homologation .....	316
2.2.2. Révision de la norme NFU 44-051 .....	316
2.2.3. Projet de norme amendements organiques contenant des matières fertilisantes issues du traitement des eaux .....	316
3. Procédés de compostage .....	317
3.1. Prétraitements des déchets et post-traitement des composts .....	317
3.1.1. Extraction des indésirables .....	317

3.1.2. Broyage .....	317
3.1.3. Apport de structurant et coproduits .....	318
3.1.4. Affinage des composts .....	318
3.2. Critères de différenciation des procédés de fermentation .....	319
3.3. Choix des procédés .....	320
4. Exemples de compostage de déchets en industries agroalimentaires .....	321
4.1. Abattoirs Bernard à Locmine (56) .....	321
4.2. Plateforme de compostage de St Rémy en Mauges (49) .....	325
Annexe : Nomenclature .....	329
Bibliographie .....	330

### Chapitre 12

#### Digestion anaérobie des déchets solides (Youssef Kalogo et Willy Verstraete)

333

Introduction .....	333
1. Techniques d'exploitation .....	335
1.1. Décharge classique .....	335
1.2. Décharge contrôlée .....	336
1.3. Production de lixiviats de décharge .....	337
1.3.1. Facteurs d'influence et caractéristiques .....	337
1.3.2. Modèles de prévision quantitative des lixiviats .....	338
1.4. Transfert et production de biogaz dans une décharge .....	341
1.4.1. Transfert gazeux en milieu poreux .....	341
1.4.2. Fonction de production du biogaz $G_k$ .....	342
1.5. Relations pratiques .....	344
1.5.1. Modèle EMCOM .....	344
1.5.2. Modèle du CWBI .....	344
2. Les techniques de traitement .....	347
2.1. Généralités .....	347
2.2. Configuration des réacteurs .....	348
2.3. Modélisation des RIM .....	348
2.3.1. Modèle basé sur l'équation de Monod pour RIM sans recyclage ..	348
2.3.2. Modèle basé sur l'équation de Contois pour RIM sans recyclage ..	351
2.3.3. Modèle basé sur l'équation de Monod pour RIM avec recyclage ..	352
2.4. Modélisation des réacteurs pistons : modèle de Négri .....	353
2.5. Démarrage et suivi des réacteurs .....	357
2.6. Dimensionnement des réacteurs .....	359
2.7. Fermentation à faible charge ou à l'état liquide .....	359
2.8. Fermentation à forte charge ou à l'état solide .....	360
2.8.1. Systèmes de digestion en continu .....	362
2.8.2. Systèmes de digestion batch .....	364
2.8.3. Bilans énergétiques .....	364
2.9. Fermentation à phases séparées .....	364
2.10. Traitements mixtes ou intégrés .....	366
2.11. Qualité physicochimique et microbiologique des résidus de fermentation .....	367

3. Application des techniques de digestion anaérobie dans les industries agroalimentaires (IAA) .....	369
3.1. Contraintes de digestibilité anaérobie des déchets des IAA .....	369
3.2. Tendances du traitement .....	370
3.2.1. Exemple allemand .....	370
3.2.2. Exemple suisse .....	371
3.3. Challenge .....	372
Annexe : Nomenclature .....	373
Bibliographie .....	374

### Chapitre 13

#### Valorisation par les animaux des coproduits des IAA

(Camille Demarquilly, Claude Février et Michel Lessire) \_\_\_\_\_ 379

Avertissement au lecteur .....	379
Introduction .....	379
1. Coproduits de l'industrie sucrière .....	381
1.1. Pulpes .....	382
1.2. Mélasse .....	383
2. Coproduits des industries de la meunerie et de l'amidonnerie .....	384
2.1. Issues du blé .....	384
2.2. Coproduits du maïs .....	386
3. Coproduits des huileries .....	387
3.1. Tourteaux .....	388
3.1.1. Tourteaux de soja .....	388
3.1.2. Tourteaux de tournesol .....	389
3.1.3. Tourteaux de colza .....	390
3.2. Matières grasses .....	392
3.3. Glycérol .....	393
4. Coproduits des industries du lait .....	393
5. Déchets d'abattoirs : farines de viandes et d'os, et farines de volailles .....	396
6. Déchets de poissons : farines et ensilages .....	398
7. Boues de floculation des eaux de lavage .....	399
8. Coproduits des industries de fermentation .....	399
8.1. Vinasses .....	400
8.2. Drèches de brasseries ou de distillerie .....	400
8.3. Levures, bactéries et algues monocellulaires .....	401
9. Coproduits de conserverie et traitement de légume et de fruits .....	403
10. Conclusion .....	403
Annexe 1 : Signification des sigles et unités utilisés dans ce chapitre .....	405
Annexe 2 : Nomenclature .....	406
Bibliographie .....	407

## Chapitre 14

**Valorisations actuelles et potentielles des résidus solides d'origine agroalimentaire dans les domaines de l'alimentation humaine et des usages industriels en France**

(Jean-Philippe Delgenès)

411

Introduction .....	411
1. Filière viande .....	412
1.1. Sang .....	413
1.2. Os .....	415
1.3. Corps gras .....	415
1.4. Viscères, boyaux et entrailles .....	416
1.5. Soies, phanères, cornes et onglons .....	416
1.6. Cuirs et peaux .....	416
1.7. Valorisation des glandes et d'abats à des fins thérapeutiques .....	416
2. Filière charcuterie salaisonnerie .....	418
3. Filière accoupage et ovoproduits .....	418
4. Filière laiteries fromageries .....	419
4.1. Lactosérum .....	419
4.2. Babeurre .....	422
5. Filière fruits et légumes .....	422
5.1. Freintes de commercialisation .....	423
5.2. Retraits communautaires .....	423
5.3. Déchets de transformation .....	424
6. Filière sucrerie distillerie de betteraves .....	425
7. Filière de transformation des plantes industrielles (colza, tournesol, soja, pois, lin) .....	428
8. Filière de stockage de céréales de meunerie .....	429
9. Filière des boissons (brasserie, cidrerie, jus de fruit) .....	429
10. Filière vitivinicole (viniculture et distillerie vinicole) .....	432
11. Filière des produits aquatiques .....	434
11.1. Macroalgues .....	434
11.2. Poissons .....	434
11.3. Mollusques et crustacés .....	434
Conclusion .....	435
Annexe : Nomenclature .....	436
Bibliographie .....	437

## Chapitre 15

**Traitements thermiques des déchets des IAA (Gérard Antonini)**

439

1. Introduction .....	439
2. Principales caractéristiques des déchets des IAA .....	439
1.1. État physique .....	439
1.2. Composition élémentaire .....	440
1.3. Pouvoir calorifique .....	442
2. Prétraitements thermiques .....	443

3. Filières de valorisation énergétique des déchets .....	444
3.1. Combustion directe .....	444
3.2. Élaboration de combustibles dérivés (RDF) solides par voie mécanique ..	449
3.3. Conversions thermochimiques des déchets : élaboration de combustibles dérivés par voie thermochimique .....	449
3.3.1. Pyrolyse/thermolyse .....	449
3.3.2. Gazéification : combustibles dérivés gazeux .....	450
3.3.3. Oxydation par voie humide (OVH) .....	451
4. Élaboration de combustibles dérivés par procédés biologiques .....	452
Bibliographie .....	453

### *Cinquième partie*

## **Pollution de l'air : nature et traitement**

### *Chapitre 16*

#### **Odeurs dans l'industrie agroalimentaire : nature et traitement**

*(Alain Laplanche et Catherine Gracian)*

457

1. Composés à traiter et leur analyse .....	457
1.1. Principales familles des composés odorants : caractéristiques physicochimiques et olfactométriques .....	458
1.1.1. Composés soufrés réduits .....	458
1.1.2. Composés azotés .....	458
1.1.3. Composés carbonylés .....	458
1.1.4. Acides gras volatils .....	459
1.1.5. Alcools et phénols .....	459
1.2. Analyse des composés odorants .....	460
1.2.1. Méthodes d'échantillonnage .....	460
1.2.2. Méthodes de concentration .....	463
1.2.3. Techniques analytiques olfactométriques .....	464
1.2.4. Techniques analytiques et physicochimiques .....	465
2. Procédés de traitement par absorption .....	466
2.1. Bases de transfert de masse avec ou sans réaction chimique .....	466
2.1.1. Transfert de masse en phase homogène : la loi de Fick .....	466
2.1.2. Transfert de masse entre une phase liquide et une phase gazeuse ; les différentes théories .....	467
2.1.3. Transfert de masse avec réaction chimique .....	470
2.2. Mise en œuvre des procédés d'absorption .....	473
2.2.1. Considérations générales .....	473
2.2.2. Modèles simples pour déterminer la hauteur d'une colonne de transfert .....	477
2.2.3. Technologies des colonnes à garnissage .....	478
2.3. Exemple d'une installation industrielle .....	485
3. Procédés de traitement par adsorption .....	486
3.1. Aspects théoriques de l'adsorption .....	487

3.1.1.	Mécanisme général de l'adsorption .....	487
3.1.2.	Caractérisation de l'adsorption d'un corps pur .....	489
3.1.3.	Adsorption des mélanges ; études des compétitions .....	492
3.1.4.	Cas particulier de l'adsorption sur charbon actif suivie d'une réaction chimique (catalyse hétérogène) .....	493
3.2.	Description du matériau charbon actif .....	495
3.2.1.	Origine et fabrication .....	495
3.2.2.	Structures physique et chimique .....	495
3.3.	Caractéristiques et dimensionnement d'un lit adsorbant .....	497
4.	Procédés biologiques .....	499
4.1.	Principes de base .....	499
4.2.	Biodégradation .....	499
4.2.1.	Relation polluant/substrat .....	499
4.2.2.	Biomasse .....	499
4.2.3.	Biodégradabilité .....	499
4.3.	Technologie des procédés biologiques .....	500
4.3.1.	Biofiltre .....	501
4.3.2.	Lit bactérien .....	507
4.3.3.	Biolaveur .....	511
4.3.4.	Domaine d'application .....	513
4.4.	Études de cas et retour d'expérience dans les industries agroalimentaires ..	514
4.4.1.	Élevages .....	514
4.4.2.	Traitement des déchets d'abattoirs .....	515
4.4.3.	Production d'aliments .....	515
Annexe :	Nomenclature .....	517
Bibliographie	.....	520

## *Sixième partie*

### Analyse économique

#### *Chapitre 17*

<b>Analyse économique des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires (Stefano Farolfi et Étienne Montaigne)</b> —	529
Introduction .....	529
1. Le producteur pollueur face à la société : le marché de la pollution .....	530
1.1. Concept d'externalité .....	530
1.2. Niveau optimal d'externalité .....	531
2. Rôle des institutions : réglementation du marché des externalités .....	533
2.1. Approche néoclassique .....	533
2.2. Critiques à l'approche néoclassique et doctrine de l'efficacité sans l'optimum .....	538
2.3. Trajectoires technologiques, réseaux institutionnels et stratégies existante de contrôle des émissions : l'approche évolutionniste .....	539
3. Outils économiques d'aide à la décision .....	542

**N**ature et volume des rejets des IAA varient avec les comportements alimentaires et les produits consommés. L'évolution des connaissances et la prise de conscience de la fragilité des écosystèmes interfèrent sur les technologies appliquées à leur traitement et conduisent à mieux structurer leur réglementation.

En regard de ces différents paramètres, cet ouvrage apporte une vision d'ensemble de la gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Il les considère dans leur double aspect théorique et pratique et propose de nombreux exemples qui contribuent à élaborer des stratégies de traitement et à concrétiser des solutions. Réalisé grâce à la réunion de spécialistes de chaque domaine traité, il aborde en 7 parties successives :

- la nature des rejets dans les industries agroalimentaires ;
- la législation européenne et française ;
- l'eau, ses préparations et ses traitements ;
- les déchets, leur valorisation et leur traitement ;
- la pollution de l'air, sa nature et ses traitements ;
- l'aspect économique ;
- les audits environnementaux.

Indispensable pour envisager des solutions appropriées dans une perspective de développement durable, cette source d'information, essentielle pour les étudiants des filières environnement et agroalimentaire, sera pour l'ingénieur un véritable élément d'aide à la décision.

**René Moletta**, docteur ingénieur de l'INSA de Toulouse, est directeur du laboratoire de biotechnologie de l'environnement des IAA à l'INRA de Narbonne. Il représente l'Europe du sud au comité directeur du groupe spécialisé sur la digestion anaérobie de l'International Water Association.

2-7430-0461-4



9782743004613