

# Table des matières

<b>Chapitre 1. Élimination biologique des micropolluants . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1. Introduction . . . . .	1
1.2. Origine des micropolluants . . . . .	2
1.2.1. Les éléments traces métalliques (ETM) . . . . .	2
1.2.2. Les composés traces organiques (CTO) . . . . .	3
1.2.2.1. Les pesticides . . . . .	4
1.2.2.2. Les produits pharmaceutiques et résidus industriels . . . . .	5
1.3. Mécanismes régissant le devenir des micropolluants dans les STEU . . . . .	12
1.3.1. Caractéristiques moléculaires des micropolluants . . . . .	15
1.3.2. Mécanismes d'élimination des micropolluants . . . . .	15
1.3.2.1. Biotransformation . . . . .	17
1.3.2.2. Biosorption sur la biomasse . . . . .	17
1.3.2.3. Biocinétique d'élimination des micropolluants . . . . .	19
1.4. Efficacité des traitements biologiques . . . . .	31
1.4.1. Micropolluants organiques . . . . .	32
1.4.2. Boues activées . . . . .	39
1.5. Élimination biologique des micropolluants à l'aide des systèmes hybrides . . . . .	40
1.5.1. Impact de la recirculation des effluents . . . . .	44
1.6. Conclusion . . . . .	46
1.7. Bibliographie . . . . .	46
 <b>Chapitre 2. Lagunages et étangs d'oxydation . . . . .</b>	 <b>55</b>
2.1. Description . . . . .	56
2.1.1. Lagunes aérées . . . . .	57

2.1.2. Lagunes anaérobies . . . . .	59
2.1.3. Lagunes facultatives . . . . .	61
2.2. Conception . . . . .	66
2.2.1. Composants d'un système de lagunage . . . . .	66
2.2.1.1. Processus impliqués dans un système de lagunage . . . . .	67
2.2.1.2. Avantages et inconvénients d'un système de lagunage . . . . .	68
2.2.2. Aération de la lagune . . . . .	69
2.2.3. Performances . . . . .	69
2.2.3.1. Élimination de la DBO <sub>5</sub> . . . . .	69
2.2.3.2. Élimination des matières en suspension . . . . .	70
2.3. Calcul et dimensionnement des lagunes . . . . .	70
2.3.1. Charges appliquées . . . . .	71
2.3.2. Élimination de la DBO <sub>5</sub> . . . . .	72
2.3.2.1. Calcul des lagunes aérées . . . . .	73
2.3.2.2. Bilan des matières en suspension . . . . .	74
2.3.2.3. Bilan sur la DBO <sub>5</sub> . . . . .	74
2.3.2.4. Besoins en oxygène . . . . .	77
2.3.2.5. Production de boues . . . . .	78
2.3.2.6. Autres modèles . . . . .	81
2.3.3. Temps de séjour . . . . .	94
2.3.4. Élimination de l'ammoniac dans les lagunes facultatives . . . . .	94
2.3.4.1. Modèle de Reed . . . . .	97
2.3.4.2. Modèle de Middlebrooks en mélange intégral . . . . .	97
2.3.5. Luminosité . . . . .	98
2.3.6. Décontamination microbienne . . . . .	98
2.4. Réalisation des étangs d'oxydation . . . . .	99
2.4.1. Implantation . . . . .	99
2.4.2. Dimensionnement et équipement . . . . .	99
2.4.3. Influence de la température . . . . .	100
2.4.4. Aération des lagunes . . . . .	102
2.4.5. Décantation secondaire . . . . .	102
2.4.6. Exploitation . . . . .	102
2.5. Conclusion . . . . .	103
2.6. Bibliographie . . . . .	104

## **Chapitre 3. Épaississement des boues . . . . . 109**

3.1. Origine et caractéristiques des boues . . . . .	109
3.1.1. Boues primaires . . . . .	109

3.1.2. Boues biologiques . . . . .	110
3.1.2.1. Conditionnement chimique des boues . . . . .	110
3.1.2.2. Type et implantation de l'épaississement. . . . .	111
3.2. Principe de l'épaississement . . . . .	112
3.3. Épaississeur gravitaire . . . . .	112
3.3.1. Surface de l'épaississeur . . . . .	114
3.3.2. Détermination de la charge appliquée . . . . .	115
3.3.3. Charge massique ( $\text{kg.m}^{-2}.\text{j}^{-1}$ ) . . . . .	119
3.3.4. Hauteur totale d'un épaississeur gravitaire . . . . .	120
3.4. Épaississeur lamellaire . . . . .	121
3.4.1. Surface de l'épaississeur . . . . .	123
3.4.2. Hauteur de la couche de boues . . . . .	123
3.4.3. Temps de séjour . . . . .	123
3.4.4. Hersage . . . . .	123
3.4.5. Extraction des boues épaissies . . . . .	123
3.4.6. Stockage des boues épaissies . . . . .	124
3.4.7. Rejet des eaux clarifiées . . . . .	124
3.4.8. Aménagement de la partie lamellaire . . . . .	124
3.5. Épaississement par flottation . . . . .	126
3.5.1. Principe . . . . .	126
3.5.2. Flottation directe . . . . .	127
3.5.3. Flottation indirecte . . . . .	128
3.5.4. Dimensionnement d'un flottateur . . . . .	132
3.5.4.1. Données de base . . . . .	132
3.5.4.2. Calculs des charges et des principaux paramètres géométriques . . . . .	132
3.5.4.3. Surface . . . . .	132
3.5.5. Paramètres de fonctionnement . . . . .	133
3.5.6. Modélisation des performances d'un flottateur en fonction de la charge . . . . .	134
3.5.6.1. Concentration des boues flottées. . . . .	134
3.5.6.2. Taux de capture. . . . .	135
3.5.6.3. Concentration des sournages . . . . .	135
3.6. Comparatif de l'épaississeur gravitaire conventionnel et de l'épaississeur par flottation . . . . .	135
3.7. Table d'égouttage . . . . .	137
3.8. Conclusion . . . . .	138
3.9. Bibliographie . . . . .	139

<b>Chapitre 4. Traitement des boues</b> . . . . .	<b>141</b>
4.1. Origine des boues . . . . .	141
4.2. Qualité des boues . . . . .	142
4.3. Composition des boues . . . . .	142
4.3.1. Paramètres généraux . . . . .	143
4.3.1.1. Matières sèches (MS) . . . . .	144
4.3.1.2. Matières en suspension (MES) . . . . .	144
4.3.1.3. Matières volatiles (MVS exprimées en % des MS) ou MV (en concentration). . . . .	144
4.3.1.4. Indice de boues (IB) ou indice de volume des boues (SVI) . .	144
4.3.1.5. DCO, DBO, PT, NTK . . . . .	144
4.3.1.6. C, H, O, N, S . . . . .	145
4.3.1.7. PCI . . . . .	145
4.3.1.8. pH, température, potentiel d'oxydoréduction (rH), conductivité . . . . .	145
4.3.1.9. Acides gras volatiles (AGV), alcalinité en $\text{CaCO}_3$ . . . . .	145
4.3.1.10. Métaux lourds . . . . .	145
4.3.1.11. Graisses. . . . .	145
4.3.1.12. Fibres . . . . .	146
4.3.1.13. Germes et parasites . . . . .	146
4.3.2. Spécificités des boues . . . . .	146
4.3.2.1. Masse volumique . . . . .	148
4.3.2.2. Viscosité . . . . .	148
4.3.2.3. Conductivité thermique (K). . . . .	149
4.3.2.4. Chaleur spécifique (Cp) . . . . .	149
4.3.2.5. Temps de succion capillaire (TSC) . . . . .	149
4.3.2.6. Siccité limite (Sl) et siccité réelle (Sr) . . . . .	149
4.3.2.7. Résistance spécifique (Rs) . . . . .	149
4.3.2.8. Indice de centrifugation (Ic) . . . . .	150
4.4. Traitements . . . . .	150
4.4.1. Épaississement . . . . .	151
4.4.2. Centrifugation . . . . .	151
4.4.3. Déshydratation mécanique . . . . .	155
4.4.3.1. Technologies de la déshydratation. . . . .	155
4.4.3.2. Autre technologie mécanisée : électro-déshydratation . . .	169
4.4.4. Séchage des boues . . . . .	171
4.4.4.1. Séchage thermique . . . . .	172
4.4.4.2. Types de séchages . . . . .	172
4.4.4.3. Dévolution des boues séchées . . . . .	173
4.4.4.4. Technologies des sécheurs . . . . .	173
4.4.4.5. Séchage naturel . . . . .	180

4.4.4.6. Séchage solaire . . . . .	188
4.4.4.7. Lagunes de séchage . . . . .	190
4.4.4.8. Lit planté de roseaux (ou macrophytes). . . . .	191
4.4.4.9. Sacs filtrants. . . . .	194
4.4.5. Stabilisation et hygiénisation . . . . .	196
4.4.5.1. Stabilisation biologique . . . . .	197
4.4.5.2. Compostage . . . . .	208
4.4.6. Comparatif entre les divers procédés . . . . .	213
4.4.7. Stabilisation chimique . . . . .	215
4.4.7.1. Stabilisation aux sels de nitrite . . . . .	215
4.5. Valorisation des boues . . . . .	218
4.5.1. Valorisation énergétique . . . . .	218
4.5.1.1. Traitement thermique . . . . .	218
4.5.1.2. Hydrolyse thermique des boues . . . . .	220
4.5.1.3. Oxydation par voie humide . . . . .	229
4.5.2. Autres sous-produits de valorisation des boues . . . . .	231
4.5.2.1. Struvite . . . . .	231
4.5.2.2. Procédés de précipitation de la struvite . . . . .	233
4.5.2.3. Bioplastiques . . . . .	237
4.5.3. Conclusions sur la valorisation . . . . .	238
4.5.3.1. Valorisation directe à partir des boues . . . . .	238
4.5.3.2. Valorisation indirecte . . . . .	240
4.6. Conclusion . . . . .	240
4.7. Bibliographie . . . . .	241

## **Chapitre 5. Traitement des odeurs . . . . . 247**

5.1. Généralités . . . . .	247
5.2. Choix de la filière de désodorisation . . . . .	251
5.3. Stratégies d'élimination biologique des produits odorants . . . . .	253
5.3.1. Voie physico-chimique. . . . .	254
5.3.1.1. Consommations en réactifs des filières à deux tours et trois tours . . . . .	258
5.3.1.2. Cas d'effluents gazeux fortement chargés en H <sub>2</sub> S (> 30 mg.Nm <sup>-3</sup> ) . . . . .	259
5.3.1.3. Dispositif recommandé pour le maintien des niveaux dans les tours . . . . .	260
5.3.1.4. Recommandations de sécurité . . . . .	263
5.3.1.5. Surveillance . . . . .	263

5.3.2. Voie biologique . . . . .	264
5.3.2.1. Biodésodorisation hétérotrophe . . . . .	264
5.3.2.2. Biodésodorisation autotrophe . . . . .	265
5.4. Bibliographie . . . . .	286
 <b>Index . . . . .</b>	 <b>289</b>
 <b>Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 1</i> . .</b>	 <b>293</b>
 <b>Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 2</i> . .</b>	 <b>295</b>
 <b>Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 3</i> . .</b>	 <b>297</b>