

Table des matières

Chapitre 1. Élimination biologique des micropolluants	1
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. Biokinétique 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
Chapitre 2. Lagunages et étangs d'oxydation	55
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 ₅	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 ₅	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 ₅	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 ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{j}^{-1}$)	119
3.3.4. Hauteur totale d'un épaisseur 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 épaissees	123
3.4.6. Stockage des boues épaissees	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 souverses	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

Chapitre 4. Traitement des boues	141
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 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. Siccaté limite (Sl) et siccaté 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 ₂ S (> 30 mg.Nm ⁻³)	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
Index	289
Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 1</i> . . .	293
Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 2</i> . . .	295
Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 3</i> . . .	297