

# Table des matières

<b>Chapitre 1. Bioréacteurs à membranes . . . . .</b>	<b>1</b>
1.1. Introduction . . . . .	1
1.2. Les configurations des BRM. . . . .	3
1.3. Les types de membranes . . . . .	6
1.4. Description des configurations générales du BRM. . . . .	8
1.4.1. Membranes immergées. . . . .	8
1.4.1.1. Cuve membrane séparée . . . . .	12
1.4.1.2. Cuve unique . . . . .	13
1.4.2. BRM avec boucle externe . . . . .	15
1.5. Paramètres de dimensionnement du BRM. . . . .	19
1.5.1. Prétraitements mécaniques . . . . .	19
1.5.2. Bassin tampon . . . . .	20
1.5.3. Autres facteurs à prendre en compte . . . . .	21
1.5.3.1. Silicone. . . . .	21
1.5.3.2. Graisses/huiles/hydrocarbures . . . . .	22
1.5.3.3. Dureté . . . . .	22
1.6. Couple bassin-membranes . . . . .	22
1.6.1. Paramètres liés au bassin biologique. . . . .	22
1.6.1.1. Hydraulique . . . . .	24
1.6.1.2. Nature de la pollution : caractéristiques de l'eau à traiter . .	24
1.6.1.3. Temps de rétention hydraulique (TRH). . . . .	26
1.6.1.4. Âge des boues. . . . .	26
1.6.2. Paramètres liés à la membrane . . . . .	33
1.6.3. Gestion de la filtration membranaire. . . . .	42

1.7. Colmatage des membranes . . . . .	43
1.7.1. Paramètres influençant le colmatage membranaire . . . . .	44
1.8. Nettoyages des membranes . . . . .	47
1.8.1. Nettoyages chimiques . . . . .	49
1.8.1.1. Nettoyage de maintenance . . . . .	49
1.8.1.2. Nettoyage exceptionnel . . . . .	50
1.8.2. Mises en œuvre des nettoyages . . . . .	51
1.8.2.1. Configuration en cuve unique . . . . .	51
1.8.2.2. Configuration en cuve séparée . . . . .	51
1.9. Performances et garanties . . . . .	52
1.9.1. Garanties physico-chimiques et microbiologiques . . . . .	52
1.9.2. Élimination des perturbateurs endocriniens (PE) . . . . .	55
1.9.3. Garanties hydrauliques . . . . .	56
1.9.4. Garanties membranes . . . . .	56
1.9.4.1. Principes de la garantie au <i>prorata temporis</i> . . . . .	56
1.10. Exemple de dimensionnement d'un BRM à boucle externe . . . . .	58
1.10.1. Caractéristiques de l'eau d'alimentation . . . . .	58
1.10.2. Prétraitement requis pour le BRM . . . . .	59
1.10.3. Caractéristiques requises pour l'eau traitée . . . . .	61
1.11. Conclusion . . . . .	62
1.12. Bibliographie . . . . .	63

## Chapitre 2. Systèmes hybrides . . . . . 71

2.1. Introduction . . . . .	71
2.2. Le procédé MBBR . . . . .	74
2.2.1. Filière de traitement . . . . .	79
2.2.1.1. Principales configurations . . . . .	81
2.2.2. Matériaux . . . . .	83
2.2.3. Dimensionnement . . . . .	88
2.2.3.1. Charges appliquées . . . . .	89
2.2.3.2. Élimination de la DBO <sub>5</sub> à forte charge . . . . .	90
2.2.3.3. Élimination de la DBO <sub>5</sub> à charge modérée . . . . .	90
2.2.3.4. Élimination de la DBO <sub>5</sub> à faible charge (avant la nitrification) . . . . .	91
2.2.3.5. Volumes requis . . . . .	91
2.2.3.6. Besoins en oxygène . . . . .	92
2.2.3.7. Production de boues . . . . .	92

2.2.4. Paramètres de fonctionnement . . . . .	93
2.2.4.1. Cas du traitement du carbone A : nouvelle installation . . .	96
2.2.4.2. Réhabilitation d'une station existante . . . . .	96
2.2.4.3. Température . . . . .	97
2.2.4.4. Concentration en oxygène dissous (DO) . . . . .	98
2.2.4.5. Éléments nutritifs . . . . .	98
2.2.4.6. pH . . . . .	98
2.2.5. Mise en œuvre . . . . .	99
2.2.5.1. Prétraitements . . . . .	99
2.2.5.2. Équipements des ouvrages biologiques . . . . .	99
2.2.5.3. Aération . . . . .	100
2.2.5.4. Profondeur des bassins . . . . .	101
2.2.5.5. Géométrie des bassins . . . . .	101
2.2.5.6. Circulaire . . . . .	101
2.2.5.7. Rectangulaire . . . . .	101
2.2.5.8. Remplissage . . . . .	104
2.2.5.9. Mélangeur dans les réacteurs anoxiques . . . . .	105
2.2.5.10. Évacuation de l'effluent traité . . . . .	107
2.2.6. Avantages des MBBR . . . . .	108
2.2.7. Inconvénients des MBBR . . . . .	110
2.3. IFAS ( <i>Integrated Fixed Film Activated Sludge</i> ) . . . . .	111
2.3.1. Principe de fonctionnement . . . . .	111
2.3.2. Matériaux . . . . .	113
2.3.3. Mise en œuvre et fonctionnement . . . . .	115
2.3.4. Paramètres de fonctionnement de l'IFAS . . . . .	116
2.3.4.1. Aération . . . . .	116
2.3.4.2. Mousse . . . . .	117
2.3.5. Avantages et inconvénients de l'IFAS . . . . .	118
2.3.6. MBBR <i>versus</i> IFAS . . . . .	119
2.4. Système hybride végétal : le procédé Organica FBR™ . . . . .	120
2.4.1. Principe et fonctionnement . . . . .	120
2.4.2. Performances . . . . .	124
2.4.2.1. Concentration de MES dans le bassin biologique . . . . .	126
2.4.2.2. Âge des boues . . . . .	126
2.4.2.3. V30 et indice de boues . . . . .	127
2.4.2.4. Production de boues . . . . .	127
2.4.3. Risques invasifs des plantes . . . . .	128
2.5. Bibliographie . . . . .	132

<b>Chapitre 3. Lits bactériens et biofiltres . . . . .</b>	<b>137</b>
3.1. Généralités sur les biofilms . . . . .	137
3.2. Les lits bactériens . . . . .	142
3.2.1. Rôle de la surface externe du support pour la fixation bactérienne. . . . .	143
3.2.2. Écologie des lits bactériens . . . . .	144
3.2.3. Réalisation des lits bactériens. . . . .	144
3.2.3.1. Fonctionnement. . . . .	144
3.2.3.2. Matériaux-support . . . . .	147
3.2.3.3. Répartition de l'alimentation en eau usée . . . . .	151
3.2.3.4. Recirculation des eaux. . . . .	152
3.2.3.5. Mise en œuvre des lits bactériens . . . . .	153
3.2.4. Classification des lits bactériens . . . . .	158
3.2.4.1. Lits à faible charge. . . . .	159
3.2.4.2. Lits à moyenne charge. . . . .	161
3.2.4.3. Lits à forte charge . . . . .	161
3.2.5. Mise en œuvre de la recirculation . . . . .	163
3.2.5.1. Lit bactérien à un seul étage . . . . .	163
3.2.5.2. Configuration des lits bactériens en série. . . . .	164
3.2.6. Utilisation des lits bactériens . . . . .	165
3.2.6.1. Charges applicables . . . . .	166
3.2.6.2. Aération des lits bactériens . . . . .	167
3.2.7. Calculs des lits bactériens . . . . .	168
3.2.8. Performances . . . . .	173
3.2.9. Avantages et inconvénients . . . . .	174
3.3. Les biofiltres . . . . .	175
3.3.1. Principe. . . . .	176
3.3.2. Mise en œuvre et choix du matériau . . . . .	179
3.3.3. Les variantes en biofiltration : fonctionnement en lits fixes immergés ou lits fixes à ruissellement. . . . .	184
3.3.3.1. Le sens de filtration . . . . .	185
3.3.3.2. L'aération des biofiltres . . . . .	186
3.3.3.3. Les lavages . . . . .	188
3.3.4. Dimensionnement de la biofiltration. . . . .	190
3.3.4.1. Temps de séjour . . . . .	190
3.3.4.2. Charge hydraulique ou vitesse en eau ( $\text{m.h}^{-1}$ ) . . . . .	190
3.3.4.3. Charge volumique ( $\text{kg.m}^{-3}.\text{j}^{-1}$ ) . . . . .	190
3.3.4.4. Besoins et vitesse en air . . . . .	191
3.3.4.5. Production de boues . . . . .	193
3.3.4.6. Limites du dimensionnement face au colmatage. . . . .	193

3.3.5. Les performances en biofiltration . . . . .	195
3.3.5.1. Processus biologique. . . . .	196
3.3.5.2. Paramètres physiques . . . . .	197
3.3.5.3. Paramètres technologiques . . . . .	198
3.3.6. Domaines d'utilisation des biofiltres. . . . .	199
3.3.7. La place des biofiltres dans les filières de traitement . . . . .	200
3.3.7.1. Biofiltre en traitement secondaire . . . . .	200
3.3.7.2. Biofiltre en traitement tertiaire . . . . .	205
3.3.7.3. Biofiltre en traitements secondaire et tertiaire . . . . .	205
3.3.7.4. Biofiltre en traitement quaternaire. . . . .	205
3.3.8. Argumentaire sur les biofiltres . . . . .	205
3.3.9. Performances épuratoires des biofiltres . . . . .	207
3.3.10. Les procédés biofiltres . . . . .	208
3.3.10.1. Les procédés à lit fixe . . . . .	209
3.3.10.2. Les procédés à lit mobile . . . . .	238
3.4. Conclusion . . . . .	258
3.5. Bibliographie. . . . .	259

## **Chapitre 4. Disques biologiques . . . . . 263**

4.1. Généralités et écologie des biodisques . . . . .	263
4.2. Mise en œuvre des disques biologiques et qualité de l'eau épurée . . .	264
4.3. Dimensionnement des installations à biodisques . . . . .	267
4.3.1. Charge surfacique appliquée . . . . .	267
4.3.1.1. Surface totale . . . . .	268
4.3.1.2. Charge organique appliquée . . . . .	269
4.3.2. Géométrie des disques biologiques . . . . .	270
4.3.3. Charge hydraulique. . . . .	271
4.3.4. Temps de séjour. . . . .	271
4.3.5. Séparation liquide-solide. . . . .	272
4.3.6. Production de boues . . . . .	273
4.3.7. Temps de rétention des boues. . . . .	273
4.3.8. Consommation d'énergie . . . . .	274
4.3.9. Élimination des matières organiques. . . . .	274
4.3.10. Traitement de l'azote . . . . .	275
4.3.10.1. Déphosphatation . . . . .	278
4.4. Facteurs influençant le procédé des disques biologiques . . . . .	279
4.4.1. Choix de la technique de séparation liquide-solide . . . . .	279
4.4.2. Hydraulique du système . . . . .	279
4.4.3. Influence de l'oxygène dissous . . . . .	279
4.4.4. Vitesse de rotation . . . . .	280

4.4.5. Influence de la température . . . . .	282
4.4.6. Influence du pH . . . . .	282
4.4.7. Influence des matières grasses (huiles et graisses). . . . .	282
4.4.8. Emprise foncière . . . . .	283
4.5. Avantages et inconvénients de la filière . . . . .	283
4.5.1. Avantages . . . . .	283
4.5.2. Inconvénients . . . . .	283
4.6. Procédés disques biologiques . . . . .	284
4.6.1. Les différents fournisseurs. . . . .	284
4.6.2. Focus sur le procédé Ecodisk® (Veolia) . . . . .	284
4.7. Bibliographie. . . . .	286
<b>Index . . . . .</b>	<b>289</b>
<b>Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 1.</i> .</b>	<b>291</b>
<b>Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 3.</i> .</b>	<b>293</b>
<b>Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 4.</i> .</b>	<b>295</b>