

Table des matières

| | |
|---|----------|
| Chapitre 1. Bioréacteurs à membranes | 1 |
| 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 ₅ à forte charge | 90 |
| 2.2.3.3. Élimination de la DBO ₅ à charge modérée | 90 |
| 2.2.3.4. Élimination de la DBO ₅ 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 |

| | |
|---|------------|
| Chapitre 3. Lits bactériens et biofiltres | 137 |
| 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 immersés 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 (m.h ⁻¹) | 190 |
| 3.3.4.3. Charge volumique (kg.m ⁻³ .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 |
| Index | 289 |
| Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 1</i> . . | 291 |
| Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 3</i> . . | 293 |
| Sommaire de <i>Traitement biologique des eaux usées urbaines 4</i> . . | 295 |