

Table des matières

Chapitre 1. Cas d'exemples avec traitement tertiaire	1
1.1. Utilisations urbaines restreintes, irrigation de cultures non vivrières ou transformées.	4
1.1.1. Irrigation	4
1.1.2. Réutilisation et recyclage industriels.	6
1.1.3. Urbain non potable	6
1.1.4. Stockage	7
1.2. Usine de Nosedo (Milan, Italie) : irrigation	7
1.3. Cas de la station de l'Hermitage (île de La Réunion)	11
1.3.1. Charges polluantes	11
1.3.1.1. Charge hydraulique	12
1.3.1.2. Objectifs de traitement.	12
1.3.2. Filtration tertiaire	13
1.3.2.1. Choix de la filtration.	13
1.3.2.2. Lavage des filtres.	14
1.3.3. Désinfection UV	15
1.3.4. Aspect pédagogique	19
1.4. Cas de l'usine de Barcelone (Espagne) : régénération des zones humides, irrigation	19
1.5. Cas d'Ajman (Émirats arabes unis) : irrigation et usage urbain non potable	23
1.6. Cas de l'usine de traitement de Wathba (Abu Dhabi) : zones récréatives, espaces verts, industries	25
1.7. Cas du lac de Burj Khalifa (Dubai) : réutilisation pour une zone récréative.	29

1.7.1. Dimensionnement de la filière de traitement	30
1.7.1.1. Bassin d'agrément (lac)	30
1.7.1.2. Actiflo	31
1.7.1.3. Filtration mécanique	31
1.7.1.4. Désinfection	31
1.7.1.5. Dosages en réactifs	32
1.7.1.6. Qualité d'eau produite	32
1.8. Cas de Darling Quarter (Sydney, Australie) : réutilisation d'eau dans un quartier	33
1.9. Bibliographie	37

Chapitre 2. Micropolluants 49

2.1. Introduction	49
2.2. Les pesticides	50
2.3. Les produits pharmaceutiques et résidus industriels	52
2.4. Technologies d'élimination des pesticides et des micropolluants émergents	60
2.4.1. Oxydants conventionnels : chlore, hypochlorite et dioxyde de chlore	61
2.4.1.1. Ozonation	62
2.4.2. Oxydation chimique avancée	71
2.4.2.1. Couplage ozone/peroxyde d'hydrogène (O_3/H_2O_2)	72
2.4.2.2. Couplage UV/ H_2O_2	74
2.4.3. L'adsorption sur charbon actif	76
2.4.3.1. Charbon actif en poudre et charbon actif en micrograins	77
2.4.3.2. Paramètres de dimensionnement	80
2.4.3.3. Cas des pesticides	84
2.4.4. Combinaison ozone/charbon actif	101
2.4.4.1. Ozone/charbon actif en poudre (CAP)	101
2.4.4.2. O_3 /charbon actif en grains	105
2.5. Bibliographie	107

Chapitre 3. Membranes microfiltration et ultrafiltration 113

3.1. Principe et mécanismes de fonctionnement	115
3.1.1. Membranes sous pression	120
3.1.1.1. Configuration horizontale/verticale	121
3.1.2. Les membranes immergées	124
3.1.3. Mode de filtration : frontal/tangentiel	126

3.2. Paramètres de dimensionnement	127
3.2.1. Choix de la membrane	127
3.2.1.1. Configuration horizontale ou verticale	128
3.2.1.2. Flux de dimensionnement	128
3.2.1.3. Flux instantané et flux net.	129
3.2.1.4. Principe du calcul de la surface membranaire et des pertes en eaux	130
3.2.1.5. Pertes en eaux	131
3.2.2. Nettoyages en place (NEP)	136
3.2.2.1. Fréquence et conditions des nettoyages en place (NEP) . . .	137
3.3. La microfiltration et l'ultrafiltration appliquées au traitement d'eaux usées	137
3.3.1. Turbidité et MES	138
3.3.2. Carbone organique dissous	138
3.3.3. Consommation d'énergie	139
3.4. Filière de traitement secondaire amélioré : les bioréacteurs à membranes	140
3.4.1. Fournisseurs de membranes microfiltration utilisées en BRM	144
3.4.2. Performances	147
3.4.2.1. Abattement des micro-organismes.	147
3.4.2.2. Abattement des virus.	147
3.4.2.3. Garanties process.	148
3.5. Dispositions des membranes dans la filière de réutilisation	150
3.6. Procédé hybride : couplage procédés chimiques/membranes MF/UF. .	153
3.7. Conclusion	153
3.8. Bibliographie.	154

Chapitre 4. Osmose inverse 161

4.1. Les membranes	162
4.1.1. Matériaux.	162
4.2. Principes de fonctionnement et de séparation.	164
4.3. Filière de traitement incluant des membranes d'osmose inverse en eau usée.	166
4.3.1. Paramètres à prendre en compte lors de l'élaboration d'une filière de traitement.	168
4.3.1.1. Les particules et MES	169
4.3.1.2. Le comptage de particules	169
4.3.1.3. Le SDI ou MFI	169
4.3.1.4. Les sels et métaux	172

4.3.2. Paramètres de dimensionnement	175
4.3.2.1. La température	176
4.3.2.2. Configuration de mise en œuvre	176
4.3.2.3. Diagramme des flux massiques	179
4.3.2.4. Facteur de concentration	180
4.3.2.5. Tubes de pression et nombre de modules par tube	180
4.3.3. Le post-traitement pour l’approvisionnement en eau potable . . .	182
4.3.4. Désinfection en aval des membranes	182
4.4. Place de l’osmose inverse dans la filière de réutilisation des eaux usées	182
4.5. Performances	187
4.5.1. Pesticides	189
4.5.1.1. Relation entre le poids moléculaire des pesticides et le diamètre des pores des membranes	190
4.5.2. Cas des médicaments	193
4.5.3. Cas des micro-organismes	196
4.5.4. Pertes en eau et consommation d’énergie des procédés membranaires pour la réutilisation de l’eau	197
4.6. Conclusion	198
4.7. Bibliographie	199

Chapitre 5. Applications pour eau potable, eau industrielle spécifique et recharge de nappes 205

5.1. Cas de Windhoek : eau potable, industries spécifiques, recharge de nappes	205
5.2. Cas de l’usine de Durban (Afrique du Sud)	211
5.2.1. Usage industriel nécessitant une qualité rigoureuse	211
5.2.2. L’usine de réutilisation des eaux usées	216
5.2.3. Dimensionnement du traitement tertiaire	216
5.2.3.1. Coagulation-floculation-décantation (Multiflo, Veolia) . . .	216
5.2.3.2. Interozonation	220
5.2.3.3. Filtres à charbon actif (CAG)	221
5.2.3.4. Évacuation des boues	222
5.2.3.5. Résultats	222
5.2.4. Conclusion	225
5.3. Cas de Kranji (Singapour) : irrigation, eau potable indirecte, industries spécifiques	226
5.3.1. Dimensionnement de l’usine de Kranji	228

5.3.2. Performances	231
5.3.2.1. Qualité de l'eau brute	231
5.3.2.2. Atelier membrane d'OI	232
5.3.3. Conclusion	233
5.4. Cas d'Illawarra (Australie) : application, protection de l'océan, irrigation, industries	234
5.4.1. Les caractéristiques des stations d'épuration	236
5.4.2. Filières de traitement	237
5.4.2.1. Filière haute performance	239
5.4.2.2. Qualité de l'eau exigée pour la réutilisation	242
5.4.3. Conclusion	242
5.5. Cas d'Honolulu : applications en irrigation et industrie	243
5.6. Cas de Gerringong et Gerroa (Australie) : applications en irrigation contrôlée et protection des plages	246
5.6.1. Filière de traitement et garanties	247
5.6.2. Atelier de microfiltration	248
5.6.3. Conclusion	249
5.7. Cas d'un parc de jeux et de loisirs (France)	250
5.8. Bibliographie	255
Chapitre 6. Quel avenir pour la réutilisation des eaux usées ?	259
6.1. Défis et perspectives	259
6.2. Et l'eau potable ?	263
6.3. L'eau usée : une vraie alternative ?	263
6.4. Bibliographie	266
Index	269
Sommaire de <i>La réutilisation des eaux usées 1</i>	273