

Table des matières

| | |
|--|----------|
| Chapitre 7. Élimination des matières organiques naturelles | 1 |
| 7.1. Les matières organiques naturelles (MON) : | |
| les substances humiques | 1 |
| 7.2. Les modes de quantification et d'évaluation | |
| des substances organiques dans les eaux | 9 |
| 7.2.1. Le carbone organique total | 9 |
| 7.2.2. Absorbance de la lumière ultraviolette à 254 nm (UV254) | 12 |
| 7.2.3. Absorbance UV spécifique (SUVA, <i>Specific UV Absorbance</i>) . . | 14 |
| 7.2.4. La chromatographie en phase liquide | 16 |
| 7.2.4.1. Polysaccharides et biopolymères (Tr = 25 à 35 min) | 17 |
| 7.2.4.2. Substances humiques (SH) et <i>Buildings Blocks</i> | |
| (Tr = 35 à 50 min) | 17 |
| 7.2.4.3. LMM (<i>Low Molecular Mass</i>) acides organiques | |
| (Tr = 50 à 60 min) | 17 |
| 7.2.4.4. <i>Neutrals</i> (après Tr = 60 minutes) | 18 |
| 7.2.5. Carbone organique hydrophobe (HOC) | 18 |
| 7.2.5.1. Exemple de caractérisation de la composition du COD | |
| sur une eau de surface (Sud-Ouest France) effectuée | |
| par VERI-Veolia : eau de rivière (Sud-Ouest France) | 19 |
| 7.2.6. La fluorescence | 25 |
| 7.3. Les conditions d'élimination des matières organiques naturelles | 26 |
| 7.4. Les techniques d'élimination des matières organiques naturelles | 29 |
| 7.4.1. Coagulation-floculation | 30 |
| 7.4.1.1. Principes de coagulation | 30 |
| 7.4.1.2. La coagulation avancée | 31 |

| | |
|---|-----|
| 7.4.1.3. Coagulant à base d'Al ou à base de Fe ? | 33 |
| 7.4.1.4. Comparaison chlorure ferrique-sulfate d'aluminium | 44 |
| 7.4.1.5. Facteurs et paramètres affectant la coagulation- floculation | 51 |
| 7.4.1.6. Mécanisme des réactions MON-coagulant | 57 |
| 7.4.1.7. Compétition turbidité-MON | 61 |
| 7.4.1.8. Influence du pH. | 63 |
| 7.4.1.9. Influence de l'alcalinité | 65 |
| 7.4.1.10. Modélisation du carbone organique dissous résiduel | 66 |
| 7.5. Adsorption sur charbon actif. | 71 |
| 7.5.1. Mécanisme d'enlèvement des MON par le charbon actif | 72 |
| 7.5.2. Mise en œuvre de l'adsorption du charbon actif pour l'élimination des MON | 75 |
| 7.5.2.1. Les procédés d'élimination des MON utilisant le charbon actif comme adsorbant | 75 |
| 7.6. Ozonation | 103 |
| 7.6.1. Pré-ozonation | 103 |
| 7.6.2. Inter-ozonation | 106 |
| 7.6.2.1. Effet du caractère des MON et de leur élimination sur la formation d'AOC (carbone organique assimilable) | 108 |
| 7.7. Traitement biologique. | 109 |
| 7.7.1. Traitement biologique avec du charbon actif en poudre : principe de fonctionnement du procédé Opaline® B (Veolia) | 109 |
| 7.7.2. Traitement biologique associant ozone et charbon actif en grain | 114 |
| 7.7.2.1. Mécanisme lié à cette combinaison | 115 |
| 7.7.2.2. Efficacité d'élimination du COD | 117 |
| 7.7.2.3. Attachement des micro-organismes et présence des organismes supérieurs | 121 |
| 7.7.2.4. Paramètres de dimensionnement. | 123 |
| 7.8. Traitement sur résines échangeuses d'ions | 124 |
| 7.8.1. Utilisation des résines pour l'élimination des MON : mécanisme de l'élimination des MON | 124 |
| 7.8.2. Paramètres affectant les performances des résines vis-à-vis de l'élimination des NOM | 125 |
| 7.8.3. Régénération de la résine | 126 |
| 7.8.4. Le procédé Opalix® | 127 |
| 7.8.4.1. Principe de fonctionnement du procédé Opalix® | 128 |
| 7.8.4.2. Performances d'élimination des MON | 132 |
| 7.8.4.3. Paramètres de dimensionnement. | 132 |

| | |
|---|-----|
| 7.9. Élimination des MON par membranes haute pression | 133 |
| 7.10. Bibliographie | 137 |

Chapitre 8. Filtration 143

| | |
|--|-----|
| 8.1. Filtres rapides et filtres à très grande vitesse (TGV) | 144 |
| 8.2. Filtres multimédia | 145 |
| 8.3. Filtration directe | 148 |
| 8.4. Filtres sous pression | 150 |
| 8.5. Mécanismes de la filtration | 151 |
| 8.5.1. Principe général | 151 |
| 8.5.2. Mécanismes impliqués dans la filtration | 152 |
| 8.5.2.1. Le mécanisme de transport | 153 |
| 8.6. Paramètres de mise en œuvre | 156 |
| 8.6.1. Les matériaux | 156 |
| 8.6.2. Ratio hauteur de matériau/ d_{10} | 161 |
| 8.6.3. Rapport des tailles effectives | 164 |
| 8.7. Paramètres de dimensionnement : vitesse de filtration et hauteur de matériau | 166 |
| 8.8. Paramètres de fonctionnement | 168 |
| 8.8.1. Perte de charge en filtre propre | 168 |
| 8.8.2. Perte de charge en colmatage | 172 |
| 8.8.3. Estimation de la turbidité d'eau filtrée dans les filtres monocouches | 175 |
| 8.8.4. Capacité de rétention | 176 |
| 8.8.5. Les conditions de lavage des filtres : théorie et calculs | 178 |
| 8.8.5.1. Mise en œuvre des conditions de lavage | 183 |
| 8.8.6. Durée de cycle | 192 |
| 8.8.7. Principaux paramètres intervenant sur le dimensionnement des filtres | 192 |
| 8.9. Les technologies de filtration Veolia : généralités | 193 |
| 8.9.1. Caractéristiques des filtres ouverts gravitaires | 197 |
| 8.9.1.1. Les filtres monocouches : Filtraflo®F | 197 |
| 8.9.1.2. Les filtres à très grande vitesse : Filtraflo® F-TGV | 202 |
| 8.9.1.3. Les filtres à balayage en surface : Filtraflo®SV | 209 |
| 8.9.1.4. Les filtres bicouches : Filtraflo®DC | 212 |
| 8.9.1.5. Les filtres tricouches : Filtraflo®TC | 217 |
| 8.9.1.6. Les filtres sous pression FV | 220 |
| 8.10. Les systèmes de régulation | 222 |

| | |
|---|-----|
| 8.10.1. Les régulateurs hydrauliques | 222 |
| 8.10.1.1. Siphysa | 222 |
| 8.10.1.2. Varibar | 222 |
| 8.10.1.3. Polhydra | 223 |
| 8.10.2. Les vannes de régulation | 224 |
| 8.11. Recyclage et risques microbiologiques | 224 |
| 8.12. Suivi du fonctionnement et des performances des filtres | 226 |
| 8.12.1. Turbidité | 226 |
| 8.12.2. Comptage des particules | 228 |
| 8.12.3. Les problèmes de fonctionnement des filtres | 229 |
| 8.13. Bibliographie | 232 |

Chapitre 9. Adsorption sur charbon actif 235

| | |
|--|-----|
| 9.1. Les processus d'activation du charbon actif. | 235 |
| 9.1.1. L'activation chimique | 236 |
| 9.1.2. L'activation physique | 237 |
| 9.2. Propriétés physico-chimiques du charbon actif. | 238 |
| 9.2.1. Paramètres influençant l'adsorption | 239 |
| 9.2.1.1. Structure des pores du charbon actif et volume des pores | 240 |
| 9.2.1.2. Paramètres liés aux caractéristiques de l'eau et aux molécules organiques | 249 |
| 9.3. Processus de transport dans le charbon actif : transfert de masse | 251 |
| 9.3.1. Mécanismes et isothermes d'adsorption. | 255 |
| 9.3.1.1. Isothermes d'adsorption. | 257 |
| 9.4. Les différentes formes de conditionnement des charbons actifs | 267 |
| 9.4.1. Le charbon actif en poudre (CAP) | 267 |
| 9.4.2. Le charbon actif en micrograin (μ Grain) | 268 |
| 9.4.3. Le charbon actif en grain (CAG) | 270 |
| 9.5. Réacteurs d'adsorption sur charbon actif : processus d'élimination. | 270 |
| 9.6. Réacteurs à charbon actif en poudre : descriptif des réacteurs CAP. | 272 |
| 9.6.1. Bilan massique | 275 |
| 9.6.1.1. Mélange intégral | 275 |
| 9.6.1.2. Paramètres de dimensionnement et de fonctionnement | 280 |
| 9.6.2. Réacteurs à charbon actif en grain en mode adsorption : les filtres à charbon actif granulaire | 283 |
| 9.6.2.1. Paramètres de fonctionnement | 288 |
| 9.6.2.2. Paramètres de dimensionnement : temps de contact (tc) | 291 |
| 9.6.2.3. Durée de vie du charbon actif | 292 |

| | |
|---|-----|
| 9.6.2.4. Les conditions de lavage | 293 |
| 9.6.2.5. Relarguage de bactéries et de fines | 294 |
| 9.6.2.6. Régénération du CAG usagé | 295 |
| 9.6.2.7. Les avantages et inconvénients des filtres CAG. | 296 |
| 9.6.3. Réacteurs à charbon actif en lit fluidisé | 296 |
| 9.6.3.1. Principe de la fluidisation de micrograin | 296 |
| 9.6.3.2. Paramètres relatifs à l'expansion – Vitesse minimale de fluidisation. | 297 |
| 9.6.3.3. Calcul de la vitesse de fluidisation et de la vitesse d'expansion | 302 |
| 9.6.3.4. Classification du média dans le lit en expansion | 303 |
| 9.6.4. Comparatif CAG- μ grain-CAP | 304 |
| 9.6.5. Procédé hybride avec un réacteur à charbon actif en poudre associé à des membranes d'ultrafiltration. | 305 |
| 9.7. Les technologies Veolia : filière de traitement avec les réacteurs à charbon actif en poudre | 307 |
| 9.7.1. Mise en œuvre dans un décanteur sans recirculation du CAP . . . | 308 |
| 9.7.2. Mise en œuvre avec recirculation du CAP | 309 |
| 9.7.2.1. Multiflo® Carb | 309 |
| 9.7.2.2. Actiflo® Carb. | 316 |
| 9.7.2.3. Opacarb®MF | 325 |
| 9.7.3. Procédé Opaline® C : hybride CAP-membranes | 329 |
| 9.7.3.1. Paramètres de dimensionnement. | 331 |
| 9.7.3.2. Paramètres de fonctionnement | 331 |
| 9.8. Réacteurs à charbon actif en micrograin | 332 |
| 9.8.1. Intégration du charbon actif μ grain dans la filière de traitement . | 333 |
| 9.8.2. Le Filtraflo® Carb | 334 |
| 9.8.2.1. Performances du Filtraflo® Carb | 337 |
| 9.8.2.2. Élimination du COD. | 338 |
| 9.8.3. Opacarb®FL. | 341 |
| 9.8.3.1. Paramètres de fonctionnement | 343 |
| 9.8.3.2. Domaines d'application | 346 |
| 9.8.3.3. Performances | 346 |
| 9.8.4. Opacarb® MG. | 347 |
| 9.8.4.1. Domaines d'application | 350 |
| 9.8.4.2. Performances | 350 |
| 9.9. Réacteurs à lits fixes – Les filtres CAG | 351 |
| 9.9.1. Le filtre CAG (Veolia). | 353 |
| 9.9.1.1. Paramètres de dimensionnement : vitesse de filtration et hauteur de couche | 357 |

| | |
|---|------------|
| 9.9.1.2. Paramètres de fonctionnement : procédure de lavage | 357 |
| 9.9.1.3. Suivi de l'évolution du charbon actif | 359 |
| 9.9.2. Les filtres CAG en série | 360 |
| 9.9.3. Modes de mise en œuvre des filtres CAG. | 361 |
| 9.9.3.1. Le filtre bicouche CAG-sable | 362 |
| 9.9.3.2. Le filtre bicouche CAG-MnO ₂ | 364 |
| 9.9.3.3. Le filtre tricouche CAG-sable-MnO ₂ | 365 |
| 9.10. Les filtres CAG sous pression (filtres Opacarb™) | 366 |
| 9.11. Bibliographie | 368 |
| | |
| Index | 373 |
| | |
| Sommaire de <i>Traitement de l'eau potable 1</i> | 375 |
| | |
| Sommaire de <i>Traitement de l'eau potable 3</i> | 377 |
| | |
| Sommaire de <i>Traitement de l'eau potable 4</i> | 379 |
| | |
| Sommaire de <i>Traitement de l'eau potable 5</i> | 381 |