



Traitement des eaux de refroidissement



Editions
TEC
& **DOC**

Lavoisier

Table des matières

Préface	III
----------------------	-----

Première partie

A – Eaux naturelles

Introduction	3
1. L'eau, corps pur	5
1.1. Formule chimique	5
1.2. Propriétés physiques de l'eau	5
1.2.1. Densité	5
1.3. Propriétés thermodynamiques	6
1.4. Système eau-air	6
2. Eaux naturelles	7
2.1. Les différentes eaux naturelles	7
2.2. Impuretés de l'eau	8
2.2.1. Solides en suspension	8
2.2.2. Solides dissous	9
2.2.3. Gaz dissous	9
3. Analyse des eaux naturelles	11
3.1. Unités choisies	11
3.2. Éléments dosés et interprétation des résultats	12
3.2.1. Dureté des eaux : titre hydrotimétrique	13
3.2.2. Alcalinité : titres alcalimétriques	13
3.2.3. Interprétation des alcalinités	14
3.2.4. Interprétation globale de l'analyse : bilan ionique et bilan pondéral	16

3.3.	<i>Méthodes choisies et équipement nécessaire</i>	18
3.3.1.	Alcalinité	18
3.3.2.	Acidité minérale libre.....	20
3.3.3.	Titre hydrotimétrique total	21
3.3.4.	Titre hydrotimétrique calcique	22

B – Traitement des eaux

1.	<i>Généralités</i>	25
2.	<i>Prétraitement</i>	27
2.1.	<i>Tamissage grossier ou dégrillage</i>	28
2.2.	<i>Aération ou oxydation par l'air</i>	28
2.2.1.	Principe de l'aération	28
2.2.2.	Appareillage utilisé	29
2.2.3.	Applications de l'aération	29
2.3.	<i>Chloration</i>	30
2.3.1.	Chimie de la chloration	31
2.3.2.	Autres agents de chloration.....	31
2.4.	<i>Sédimentation ou décantation</i>	31
2.4.1.	Limite de la décantation	32
2.4.2.	Appareillage utilisé	32
2.5.	<i>Clarification – Coagulation – Flocculation</i>	33
2.5.1.	Définition du procédé.....	33
2.5.2.	Théorie de la coagulation.....	33
2.5.3.	Coagulants utilisés	34
2.5.4.	Utilisation des flocculants organiques.....	35
2.5.5.	Matériel utilisé	37
2.6.	<i>Décarbonatation à la chaux</i>	38
2.6.1.	Définition du procédé.....	38
2.6.2.	Appareillage utilisé	39
2.7.	<i>Adoucissement sur résines échangeuses d'ions</i>	40
2.7.1.	Échange d'ions par les résines en cycle sodium	40
2.7.2.	Déminéralisation complète	42
2.7.3.	Utilisation des résines	42
2.7.4.	Équipement utilisé	43
2.8.	<i>Comparaison entre les différents traitements</i>	44
2.9.	<i>Filtration</i>	44
2.9.1.	Principe	44
2.9.2.	Nature des éléments filtrants	45
2.9.3.	Type de filtres.....	45
2.10.	<i>Techniques membranaires</i>	46
2.10.1.	Microfiltration et ultrafiltration.....	46
2.10.2.	Osmose inverse.....	47

Deuxième partie

Eaux de refroidissement

Introduction	57
1. Conservation de la matière première : l'eau	59
2. Conservation de l'énergie	61
3. Conservation de l'eau et du traitement	63
4. Historique du traitement des eaux de refroidissement	67
5. Circuits de refroidissement	73
5.1. Constitution des circuits.....	73
5.2. Transfert de chaleur.....	73
5.3. Circuits ouverts.....	75
5.4. Circuits semi-ouverts.....	76
5.5. Circuits fermés.....	78
6. Principes fondamentaux des tours de refroidissement	81
6.1. Principes de fonctionnement.....	81
6.2. Éléments de calcul des circuits de refroidissement avec évaporation.....	83
6.2.1. Notion de cycle de concentration.....	83
6.2.2. Expression en pourcentage de purge.....	83
6.2.3. Définition des termes utilisés pour les calculs.....	83
6.2.4. Nombre de cycles de concentration.....	84
6.2.5. Conséquence.....	85
6.2.6. Calcul du taux de concentration.....	86
6.3. Nécessité et but des traitements de l'eau de refroidissement.....	88
6.4. Principe de base des traitements.....	89
6.4.1. Tartre.....	89
6.4.2. Corrosion.....	90
6.4.3. Colmatage.....	91
7. Les dépôts et leur traitement	95
7.1. Tartre.....	95
7.1.1. Formation du tartre : produit de solubilité.....	95
7.1.2. Influence de la température sur le produit de solubilité.....	96
7.1.3. Influence de pH sur le produit de solubilité.....	97
7.1.4. Carbonate de calcium.....	97
7.2. Prévention du tartre.....	100
7.2.1. Procédés soustractifs.....	101
7.2.2. Procédés additifs.....	101

7.3.	<i>Dépôts colmatants</i>	106
7.3.1.	Principe de la formation des dépôts	107
7.4.	<i>Prévention des dépôts colmatants</i>	109
7.4.1.	Moyens physiques	109
7.4.2.	Moyens chimiques	110
7.5.	<i>Mise en œuvre des traitements anti-dépôts</i>	111
7.6.	<i>Contrôle et suivi de l'entartrage et de l'encrassage</i>	113
7.6.1.	Suivi de l'épaisseur de dépôt sur une surface témoin	113
7.6.2.	Suivi de la perte de charge d'un échangeur test	114
7.6.3.	Suivi d'un échangeur témoin du circuit	114
8.	<i>La corrosion et son traitement</i>	117
8.1.	<i>Théorie de la corrosion électrochimique de métaux</i>	117
8.1.1.	Corrosion galvanique	118
8.1.2.	Corrosion par concentration et aération différentielle	120
8.1.3.	Corrosion bactérienne	121
8.2.	<i>Types de corrosion</i>	121
8.3.	<i>Méthodes de mesure de la corrosion</i>	123
8.3.1.	Mesure électrique de la corrosion	123
8.3.2.	Mesure par témoins de corrosion	125
8.3.3.	Examen de manchettes témoins	127
8.4.	<i>Résistance spontanée des métaux à la corrosion</i>	127
8.5.	<i>Traitements anti-corrosion</i>	128
9.	<i>L'encrassement microbiologique et ses traitements</i>	137
9.1.	<i>Microbiologie des tours de refroidissement</i>	137
9.1.1.	Bactéries	138
9.1.2.	Algues	141
9.1.3.	Champignons	143
9.1.4.	Biofilm	145
9.2.	<i>Bactérie du légionnaire (Legionella pneumophila)</i>	146
9.2.1.	Bactérie	146
9.2.2.	Contamination et pathologie	148
9.2.3.	Installations à risque	148
9.2.4.	Tours aéroréfrigérantes	148
9.2.5.	Analyse de risque	150
9.2.6.	Traitements recommandés	151
9.2.7.	Réglementation	151
9.2.8.	Suivi	152
9.3.	<i>Contrôle des micro-organismes : analyses bactériologiques</i>	152
9.4.	<i>Problèmes causés par la prolifération biologique</i>	154
9.4.1.	Corrosion	154
9.4.2.	Dépôts	154
9.4.3.	Détérioration du bois	155
9.5.	<i>Traitements biocides</i>	155
9.5.1.	Biocides oxydants	155

9.5.2.	Biocides organiques (non tensioactif et non oxydant)	162
9.5.3.	Biodispersants	163
9.5.4.	Modes de traitement.....	164
9.6.	Autre traitement : UV	165
10.	Démarrage des installations de refroidissement	167
10.1.	Introduction	167
10.2.	Tour de refroidissement	168
10.3.	Protection des échangeurs de chaleur.....	169
10.3.1.	Nettoyage	170
10.3.2.	Protection	171
10.4.	Contrôle du traitement de l'eau	172
10.5.	Conclusion.....	172

ANNEXES

1.	Analyse des eaux	177
2.	Lexique technique de l'eau	179
3.	Bibliographie	189
	Index	191