

AVANT-PROPOS

Cet ouvrage s'adresse à tous les concepteurs, praticiens, techniciens, thermiciens et chimistes qui utilisent l'eau comme fluide énergétique et thermique et qui sont confrontés journallement aux problèmes d'encrassement, entartrage, corrosion, développements biologiques, qualité de l'eau, qui découlent directement de l'emploi de ce fluide.

Après avoir décrit succinctement les notions de physique et de chimie nécessaires à sa compréhension, il traite des problèmes liés à l'emploi de l'eau pour le transport de la chaleur et de l'énergie. Il décrit les règles de base concernant les traitements et précautions nécessaires à leur mise en œuvre par type d'installations : vapeur, chauffage, refroidissement, eaux chaude et froide sanitaires, et même eaux de piscine.

Toutefois, cet ouvrage ne concerne pas les installations de production et de distribution de l'eau potable elle-même. Il ne traite pas non plus de la conception et de l'exploitation des stations d'épuration. Cependant, les phénomènes d'encrassement des surfaces et de corrosion qui peuvent s'y développer sont identiques : cet ouvrage permet de mieux les comprendre. Seul leur traitement sera différent, notamment compte tenu de la législation à considérer : qualité de l'eau potable, normes de rejets.

SOMMAIRE

Chapitre 1

NOTIONS DE CHIMIE NECESSAIRES AU TRAITEMENT DES EAUX

1. Eléments de base	11
1.1. Corps purs - Mélanges	
1.2. Constitution des corps purs	
1.3. Les atomes	
1.4. Les éléments	
1.5. Les corps composés	
1.5.1. Les molécules	
1.5.2. Les ions, les fonctions acides - bases et sels	
1.6. Mole, masse atomique, masse molaire	
2. Solutions	15
2.1. Equivalence - Normalité	
2.1.1. Equivalent	
2.1.2. Normalité	
2.2. Degré français	
2.2.1. Définition	
2.2.2. Exemple	
2.3. Acide et base : notion de pH	
3. Corps minéraux dissous dans l'eau	17
3.1. Principaux éléments	
3.1.1. Les cations	
3.1.2. Les anions	
3.1.3. Silice SiO_2	
3.1.4. Gaz	
3.2. Balance ionique d'une eau	
3.3. Principaux titres utilisés en traitement des eaux	
3.3.1. Turbidité	
3.3.2. Résistivité - conductivité	
3.3.3. Titre hydrotimétrique - TH	
3.3.4. Titres alcalimétriques	
3.3.5. Titre en chlorure : TCl	
3.3.6. Titre en sel d'acides forts : S A F	
3.3.7. Teneur en silice SiO_2	
3.4. Classification des eaux en fonction de leurs TH et TAC	
3.4.1. Eaux hydrogénocarbonatées calciques	
3.4.2. Eaux hydrogénocarbonatées sodiques	
3.4.3. Origine géographique	
4. L'eau comme fluide thermique	21
4.1. Les unités	
4.1.1. Pression	
4.1.2. Chaleur/énergie	
4.1.3. Puissance	
4.2. Changements d'états physiques	
4.3. Diagramme de changement d'état	

Chapitre 2

CHIMIE DE L'EAU UTILISEE COMME FLUIDE THERMIQUE

1. Composition des eaux	23
2. Problèmes générés par l'eau brute	23
2.1. L'entartrage	
2.1.1. Analyse du tartre	
2.1.2. Aspects thermodynamique et cinétique de l'entartrage	
2.1.3. Influence des dépôts	

- 2.2. La corrosion
 - 2.2.1. Aspect thermodynamique de la corrosion
 - 2.2.2. Série des f.e.m. et série galvanique
 - 2.2.3. Couplage de matériaux
- 2.3. L'encrassement biologique des circuits
 - 2.3.1. Les bactéries
 - 2.3.2. Les algues
 - 2.3.3. Les champignons
 - 2.3.4. Classification des différents types de micro-organismes présents dans les circuits de refroidissement

Chapitre 3

TRAITEMENTS PHYSICO-CHIMIQUES DES EAUX

1. Flocculation - Décantation - Filtration.....	39
2. Traitements sur résines échangeuses d'ions.....	40
2.1. L'adoucissement	
2.2. La décarbonatation sur résines	
2.3. La déminéralisation	
3. Technique membranaire : l'osmose inverse	44
4. Traitements chimiques : les inhibiteurs	44
4.1. Les inhibiteurs d'entartrage	
4.1.1. Les polyphosphates	
4.1.2. EDTA, NTA	
4.1.3. Les phosphonates	
4.1.4. Les polymères carboxyliques	
4.1.5. Les polyamines filmantes	
4.2. Les inhibiteurs de corrosion	
4.2.1. Les inhibiteurs anodiques	
4.2.2. Mélanges d'inhibiteurs	
4.3. Les biocides	
4.3.1. Les biocides oxydants	
4.3.2. Les biocides non-oxydants	

Chapitre 4

TRAITEMENT DES CIRCUITS FERMES

1. Conception des circuits	57
2. Traitement chimique des eaux	57
3. Emploi des antigels	59

Chapitre 5

TRAITEMENT DES EAUX SANITAIRES

1. Introduction.....	63
2. Législation : règlements et normes	64
2.1. Le Règlement Sanitaire Départemental	
2.2. Circulaire du 27 mai 1987	
2.3. Décret 89-3 du 3 janvier 1989 (complété par le "95-363" - JO du 7 avril 1995)	
2.4. Circulaire du 24 juillet 1989	
2.5. Circulaire du 7 mai 1990 "relative aux produits et procédés de traitement des eaux destinées à la consommation humaine" - JO du 26 mai 1990	
2.6. Circulaire 26 avril 1982	

- 2.7. Circulaire du 2 juillet 1995
- 2.8. Le décret 95-363 du 5 avril 1995
- 2.9. Les D.T.U.

3. Contrôle des eaux	66
4. Pathologie des réseaux	67
5. Traitement des eaux sanitaires	68
5.1. Traitements contre l'entartrage	
5.2. Neutralisation des eaux agressives	
5.3. Reminéralisation et injection de CO ₂	
6. "Conditionnement" des eaux sanitaires : emploi des inhibiteurs d'entartrage et de corrosion	69
6.1. Emploi des polyphosphates	
6.2. Emploi des silicates	
6.3. Emploi des orthophosphates zinc	
6.4. Protection par anode soluble	

Chapitre 6

TRAITEMENT DES EAUX DES GENERATEURS DE VAPEUR

1. Thermodynamique de la vapeur d'eau	73
2. Principe de fabrication de la vapeur	78
3. Le cycle de l'eau dans la chaufferie	83
4. Problèmes liés à l'eau	85
4.1. Phénomènes particuliers en chaudières	
4.1.1. Corrosion à haute température	
4.1.2. Corrosion par l'hydrogène naissant	
4.1.3. Corrosion par fragilisation caustique	
4.1.4. Corrosion des alliages cuivreux	
5. Consignes d'exploitation - Traitements	88
5.1. Caractéristiques des eaux de chaudières	
5.2. Choix du traitement	
6. Conditionnement des eaux de chaudières	92
6.1. Alcalinisation et pH	
6.1.1. Soude caustique : NaOH	
6.1.2. Emploi des phosphates de sodium	
6.2. Les antitartres	
6.2.1. Emploi des polyphosphates	
6.2.2. Les dispersants-complexants	
6.3. Inhibition de la corrosion	
6.3.1. Le dégazage thermique	
6.3.2. Les réducteurs	
6.3.2.1. Le sulfite de sodium : Na ₂ SO ₃	
6.3.2.2. L'hydrazine : N ₂ H ₄	
6.3.2.3. Les tannins	
6.3.2.4. Les lignosulfonates ou lignosulfites	
6.3.2.5. Autres réducteurs, utilisés notamment pour remplacer l'hydrazine	
6.3.3. Neutralisation du CO ₂ : emploi des amines volatiles	
6.3.4. Inhibition de la corrosion : emploi des amines filmantes	
6.4. Les produits antiprimage	
7. Contrôles des eaux de chaudières	102
8. Conservation des chaudières à l'arrêt	103

- 8.1. Conservation sèche
- 8.2. Conservation humide

9. Nettoyage chimique des chaudières	105
---	------------

Chapitre 7

TRAITEMENT DES EAUX DES CIRCUITS DE REFROIDISSEMENT

1. Constitution des circuits	107
2. Principe du refroidissement sur aéroréfrigérant.....	109
2.1. Différents types de tours	
2.1.1. Type à cascade	
2.1.2. Type à pulvérisation	
2.1.3. Type à nid d'abeilles	
2.1.4. Type à ruissellement	
2.1.5. Type à tirage naturel	
2.2. Consommation d'eau du circuit semi-ouvert	
2.3. Exemples d'installations	
2.3.1. La production du froid	
2.3.2. La climatisation	
3. Traitement de l'eau	119
3.1. Limitation de l'entartrage : taux de concentration	
4. Emploi des inhibiteurs : limites d'utilisation.....	125
5. Emploi des biocides	125
5.1. Choix et suivi d'un programme biocide	
5.1.1. Etude du problème, examen des dépôts	
5.1.2. Programme biocide	

Chapitre 8

TRAITEMENT DES EAUX DE PISCINE

1. La piscine	129
2. L'eau et la réglementation.....	129
3. Traitement des eaux de piscine	130
3.1. pH d'équilibre	
3.2. Correction du TH, du pH et du TAC	
3.3. Traitements biocides	