

Sommaire

CHAPITRE 1 – PATHOLOGIE DES RÉSEAUX D’EAU FERMÉS	18
1.1 L’EMBOUAGE	18
1.1.1 Définition	18
1.1.2 Causes de l’embouage	18
1.1.3 Origine de l’embouage	19
1.1.4 Composition des boues	19
1.1.5 La calamine	20
1.1.6 Les déchets d’origine	20
1.1.7 Les sels minéraux, les oligo-éléments et les micros-polluants	20
1.1.8 Les bactéries	20
1.1.9 Les champignons et les algues	20
1.1.10 Les métaux et les alliages	21
1.1.11 L’hydrogène	21
1.1.12 Ce qui ressemble à de l’embouage	21
1.1.12 Schéma de synthèse des types de boues	22
1.2 LA CORROSION	22
1.2.1 Définition	22
1.2.2 La corrosion due à l’oxygène	22
1.2.3 La corrosion galvanique/catalytique	22
1.2.4 La corrosion caverneuse ou par effet de crevasse	24
1.2.5 La corrosion par pitting	24
1.2.6 La corrosion chimique acide	24
1.2.7 La corrosion chimique caustique	24
1.2.8 La corrosion due au CO ²	25
1.2.9 La corrosion due à l’hydrogène	25
1.2.10 La corrosion par aération différentielle	25
1.2.11 La corrosion bactérienne ou biocorrosion	25
1.2.12 La corrosion due aux chlorures	25
1.2.13 La corrosion due aux sulfates	25
1.2.14 La corrosion due aux sulfures d’hydrogène	25
1.2.15 La corrosion par cavitation	25
1.2.16 La corrosion par vibration, contrainte physique ou sous contrainte mécanique	26
1.2.17 La corrosion intergranulaire	26
1.2.18 Facteurs favorisant la corrosion	26
1.3 L’ENTARTRAGE	27
1.3.1 Définition	27
1.3.2 Causes de l’entartrage	27
1.3.3 Effets de l’entartrage	27

1.4 L'ABRASION	28
1.4.1 Définition	28
1.4.2 Causes de l'abrasion	28
1.5 LE BIOFILM ET LES BACTÉRIES	28
1.5.1 Le biofilm	28
1.5.2 Les bactéries	29
1.6 LE PITTING	30
1.6.1 Définition	30
1.6.2 Causes du pitting	30
1.7 LA DÉGRADATION OU USURE NATURELLE	30
1.7.1 Définition	30
1.7.2 Amplification de l'usure naturelle	30
CHAPITRE 2 – LES DÉSORDRES DES RÉSEAUX D'EAU FERMÉS	31
2.1 DÉSORDRES DUS A UNE MAUVAISE QUALITÉ DE L'EAU	31
2.1.1 Généralités	31
2.1.2 Incidence de la dégradation de la qualité de l'eau par secteur d'activité	31
2.2 DÉSORDRES DUS A L'EMBOUAGE	32
2.2.1 Désordres généraux dus à l'embouage	32
2.2.2 Conséquences de l'embouage sur les équipements hydrauliques	32
2.2.3 Accentuation de l'embouage	32
2.3 DÉSORDRES DUS A LA CORROSION	33
2.3.1 Désordres généraux dus à la corrosion	33
2.3.2 Accentuation de la corrosion	33
2.4 DÉSORDRES DUS A L'ENTARTRAGE	34
2.4.1 Désordres généraux dus à l'entartrage	34
2.4.2 Accentuation de l'entartrage	34
2.5 DÉSORDRES DUS A LA VITESSE DE L'EAU	35
2.5.1 Désordres généraux dus à la vitesse de l'eau	35
2.5.2 Vitesse élevée - Accentuation de l'abrasion	36
2.5.3 Vitesse faible – Accentuation de formation de dépôts	36
2.6 DÉSORDRES DUS AU PITTING	36
2.6.1 Désordres généraux dus au pitting	36
2.6.2 Accentuation du phénomène de pitting	37
2.7 DÉSORDRES DUS AUX PRODUITS DE CONDITIONNEMENT ET ANTIGEL	37
2.7.1 Les produits de conditionnement	37
2.7.2 L'antigel	37
2.7.3 Désordres dus à l'antigel	37
2.7.4 Recommandations relatives à l'emploi d'antigel	37
2.8 DÉSORDRES DUS A UN DÉFAUT D'ÉQUILIBRAGE	38
2.8.1 Généralités	38
2.8.2 Désordres dus à un défaut d'équilibrage	38
2.9 DÉSORDRES PAR TYPE DE MATÉRIEL	38

2.9.1 Avant-propos	38
2.9.2 Foyers de chaudières	38
2.9.3 Echangeurs et batteries	39
2.9.4 Pompes et circulateurs	40
2.9.5 Vases d'expansion	40
2.9.6 Tuyauteries et accessoires	41
2.9.7 Emetteurs de chaleur et planchers chauffant/rafraîchissant	43
2.9.8 Filtres	44
2.9.9 Robinetterie et accessoires	44
CHAPITRE 3 – TRAITEMENT D'EAU, DÉSEMBOUAGE ET DÉSEMBOUEUR	45
3.1 DIFFÉRENCIATION ENTRE TRAITEMENT D'EAU, DÉSEMBOUAGE ET DÉSEMBOUEUR	45
3.2 POURQUOI TRAITER L'EAU	45
3.3 LES TRAITEMENTS D'EAU	45
3.3.1 Généralités	45
3.3.2 Les produits chimiques	46
3.3.3 Les produits naturels	47
3.3.4 Sélection des produits de conditionnement d'eau	47
3.3.5 Suivi des produits de conditionnement d'eau	47
3.3.6 Pertinence de l'utilisation des produits de conditionnement	47
3.4 QUAND FAUT-IL DÉSEMBOUER ?	47
CHAPITRE 4 – LES MÉTHODES DE DÉSEMBOUAGE	49
4.1 GÉNÉRALITÉS	49
4.1.1 Rappel	49
4.1.2 Règles préliminaires	49
4.1.3 Règles essentielles	49
4.1.4 Règles intermédiaires	49
4.1.5 Règles terminales	49
4.2 DÉSEMBOUAGE PAR SIMPLE RINCAGE	49
4.2.1 Définition - Application	49
4.2.2 Avantages/inconvénients	49
4.2.3 Méthode de mise en œuvre	49
4.3 DÉSEMBOUAGE PAR RINCAGE HYDROPNEUMATIQUE	50
4.3.1 Définition - Application	50
4.3.2 Avantages/inconvénients	50
4.3.3 Méthode de mise en œuvre	50
4.4 DÉSEMBOUAGE CHIMIQUE	50
4.4.1 Définition - Application	50
4.4.2 Avantages/inconvénients	50
4.4.3 Méthode de mise en œuvre	50
4.5 SYNTHÈSE DES MÉTHODES DE DÉSEMBOUAGE	51

CHAPITRE 5 – LES DÉSEMBOUEURS	52
5.1 DÉFINITION	52
5.2 POTS A BOUES ET DÉCANTEURS	52
5.2.1 Définition	52
5.2.2 Avantages/inconvénients	52
5.2.3 Utilisation et méthode de mise en œuvre	52
5.3 FILTRES A PANIER	52
5.3.1 Définition	52
5.3.2 Avantages/inconvénients	52
5.4 DESEMBOUEURS MAGNETIQUES ET CYCLONIQUES	53
5.4.1 Désemboueur magnétique	53
5.4.2 Désemboueur cyclonique	53
5.4.3 Avantages/inconvénients	53
5.4.4 Utilisation et méthode de mise en œuvre	54
5.5 DÉSEMBOUEURS ALTERNATIFS	54
5.6 DÉSEMBOUEURS ÉCOLOGIQUES A RÉSONANCE MAGNÉTIQUE VIBRATOIRE MOLÉCULAIRE	55
5.6.1 Définition	55
5.6.2 Principe de fonctionnement	55
5.6.3 Résultats	55
5.6.4 Avantages/inconvénients	56
5.5.3 Utilisation et méthode de mise en œuvre	56
CHAPITRE 6 – LES RÈGLES DE L'ART	57
6.1 RÈGLES DE L'ART A LA LIVRAISON DU MATÉRIEL	57
6.1.1 Généralités	57
6.1.2 Entreposage et pose du matériel	57
6.1.3 Désempoussiérage	57
6.2 RÈGLES DE L'ART A LA CONCEPTION ET A L'INSTALLATION	57
6.2.1 Arrivée d'eau froide/remplissage	57
6.2.2 Vannes de vidange et vannes sectorielles	58
6.2.3 Dégazeur, séparateurs, bouteilles d'air et purgeurs d'air	58
6.2.4 Pots à boue et de décantation - Filtres - Désemboueurs	59
6.2.5 Bouteilles casse-pression, de mélange ou de découplage	60
6.2.6 Raccords diélectriques isolants	61
6.2.7 Pompes et circulateurs - Vitesses limites – Sélection et vérification	61
6.2.8 Expansion	62
6.2.9 Pression mini	63
6.2.10 Points hauts et points bas	63
6.2.11 Manchettes témoin	63
6.2.12 Réglage et équilibrage hydraulique	63
6.2.13 Protections antivibratiles	63
6.2.14 Mise à la terre	64

6.2.15 Cheminement câbles électriques et conduites hydrauliques	64
6.2.16 Liaisons équipotentiels	64
6.2.17 Tuyauteries	64
6.2.18 Flexibles terminaux	64
6.2.19 Livret de chaufferie	64
6.2.20 Rinçage et nettoyage avant mise en service	65
6.2.21 Analyse d'eau	65
6.3 RÈGLES DE L'ART AU DÉMARRAGE ET AVANT LA MISE EN SERVICE	65
6.3.1 Généralités	65
6.3.2 Remplissage initial	65
6.3.3 Rinçage	66
6.3.4 Remplissage final	66
6.3.5 Purges	66
6.4 RÈGLES DE L'ART EN MAINTENANCE	66
6.4.1 Généralités	66
6.4.2 Prise en charge des installations	66
6.4.3 Les principaux points à surveiller	66
6.4.4 Aides aux opérations de maintenance en cours de contrat	67
 CHAPITRE 7 – ANALYSE D'EAU	 68
7.1 RÔLE ET PERIODICITÉ	68
7.1.1 Généralités	68
7.1.2 Quand doit-on procéder à une analyse d'eau	68
7.1.3 Nombre et lieux de prélèvements	68
7.2 PARAMÈTRES A ANALYSER - GÉNÉRALITÉS	68
7.2.1 Généralités	68
7.2.2 Information sur les éléments présents dans l'eau	68
7.2.3 Méthodologie de prélèvements	69
7.2.4 Mesures du PH et de l'oxygène	69
7.2.5 Matériel de base conseillé	69
7.3 QUELS PARAMÈTRES A FAIRE ANALYSER	70
7.4 LIMITES DES PARAMÈTRES	71
7.4.1 Installation de chauffage avec présence d'aluminium	72
7.4.2 Installation d'eau glacée sans présence d'aluminium	72
7.4.3 Installation de chauffage avec présence d'aluminium	72
7.5 DEFINITION DES PRINCIPAUX PARAMETRES PRESENTS DANS L'EAU	73
 CHAPITRE 8 – DIAGNOSTIC, PRÉCONISATION ET RECOMMANDATIONS	 74
8.1 GÉNÉRALITÉS	74
8.2 MÉTHODOLOGIE	74
8.2.1 Historique de l'installation	74
8.2.2 Géométrie de l'installation	74
8.2.3 Visuel de l'installation	74

8.2.4 Analyse d'eau	75
8.2.5 Proposition en vue de résoudre l'embouage.	75
CHAPITRE 9 – RESPONSABILITÉ ET ASPECT JURIDIQUE	76
9.1 GÉNÉRALITÉS	76
9.2 ASPECT JURIDIQUE	76
9.3 SENSIBILISATION SUR LA RESPONSABILITÉ DES INTERVENANTS	76
CHAPITRE 10 – RÉGLEMENTATION	77
10.1 Généralités	77
10.2 Textes réglementaires	77
CHAPITRE 11 – CONCLUSION	78
11.1 ÉVITER L'EMBOUAGE	78
11.2 LA QUALITÉ DE L'EAU, L'AFFAIRE DE TOUS	78
11.3 LE TRAITEMENT D'EAU N'EST PAS SUFFISANT EN SOI	78
CHAPITRE 12 – ANNEXES	79
12.1 LES IDÉES FAUSSES EN MATIÈRE D'EMBOUAGE	79
12.2 DURÉE DE VIE DES ÉQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE ET EAU GLACÉE.	80
12.3 LES RÈGLES DE L'ART EN UN DESSIN – L'INSTALLATION IDÉALE.	81
12.4 PARAMÈTRES POUR ANALYSES D'EAU	81
12.5 LIVRET DE CHAUFFERIE - FEUILLET APPOINT, TRAITEMENT D'EAU ET PANNES	82
12.5.1 Appoints d'eau	82
12.5.2 Traitement d'eau	82
12.5.3 Suivi désembouage	82
12.5.4 Pannes / incidents	82
12.6 FICHES DIAGNOSTICS.	83
12.6.1 Questionnaire type pour pré-diagnostic.	83
12.6.2 Fiche informative pour diagnostic embouage	84
12.7 CAHIER DES CHARGES TYPE RELATIF AUX PRESTATIONS DE MAINTENANCE	87
12.7.1 Exemple de CCTP.	87
12.7.2 Périodicité des opérations de maintenance	97
12.7.3 Rapport cadre type à remettre en cours de marché	117
CHAPITRE 13 – RÉFÉRENCES	127
13.1 RÉGLEMENTATION	127
13.2 PRESCRIPTIONS ET RECOMMANDATIONS	128
13.3 TEXTES, OUVRAGES ET SITES INTERNET DE RÉFÉRENCES	128
CHAPITRE 14 – ABRÉVIATIONS - DÉFINITIONS	130
CHAPITRE 15 – GLOSSAIRE TECHNIQUE RELATIF AU TRAITEMENT D'EAU	131

AVANT-PROPOS

Le présent ouvrage concerne principalement les installations de chauffage de moyenne température ($T < 110\text{ °C}$) et les réseaux d'eau glacée à température positive.

Il s'adresse aux professionnels du secteur du génie thermique et climatique, hommes et femmes de l'art par définition, comme aux usagers du secteur résidentiel au secteur industriel.

Les membres des services techniques trouveront, je l'espère, un appui pour résoudre les nombreux problèmes d'embouage et de corrosion auxquels ils sont confrontés.

Les ingénieurs et techniciens des bureaux d'études et d'ingénierie y puiseront des informations nécessaires à l'élaboration de leur cahier des charges.

Les artisans comme les petites et moyennes entreprises en chauffage et en plomberie y trouveront des éléments de réponse afin de mieux conseiller leurs clients en matière de traitement d'eau.

Les agents des sociétés de maintenance qui ont à gérer et à entretenir des installations qu'ils n'ont ni conçus ni réalisés, pourront mieux sensibiliser leurs clients et les maîtres d'ouvrages sur la nécessité d'un traitement d'eau approprié. Et attirer leur attention sur les coûts financiers générés par une mauvaise qualité d'eau et des embouages récurrents.

Gardons à l'esprit qu'une mauvaise qualité d'eau a des conséquences d'ordre physique, d'ordre financier, et ce que l'on oublie souvent, d'ordre humain, puisque en fine ce sont les usagers qui en paieront les conséquences (sous ou surchauffe des locaux, augmentation des dépenses en énergie...), sans compter une dégradation des relations humaines entre l'exploitant et le client.

Enfin j'ai à cœur de sensibiliser chacun sur les enjeux, les avantages et les bienfaits du désembouage écologique et des désemboueurs naturels.

Cet ouvrage s'appuie sur une expérience en France et en Suisse, de plus de 40 ans en génie thermique, climatique et sanitaire (en entreprise, en ingénierie des fluides et au sein de mes anciens bureaux d'études et aujourd'hui en tant que fabricant de désemboueurs).

Christian MICHEL / ingénieur thermicien / Directeur Ingénio

CHAPITRE 1

Pathologie des réseaux d'eau fermés

1.1 L'EMBOUAGE

1.1.1 Définition

L'embouage est le terme générique qui définit la présence de dépôts (dénommés « boues ») qui peuvent être dissous ou non dans l'eau et mis en circulation ou/et agglomérés (formation de masses compactes sur les parois d'échange, dans le bas des corps de chauffe, dans les coudes de planchers chauffants...).

Les dépôts peuvent être de type métallique, organique ou bactérien.

1.1.2 Causes de l'embouage

Les causes de l'embouage sont très variées.

La cause principale de l'embouage est la présence d'oxygène dans l'eau.

L'oxygène est introduit :

- lors du remplissage du circuit de chauffage par l'eau brute (remplissage manuel ou remplissage automatique par bêche ou ballon tampon), le taux d'O₂ dissous sera d'autant plus important que le remplissage sera rapide
- par introduction d'air par les purgeurs en points hauts de l'installation ou au droit des raccords des nourrices ou collecteurs de chauffage de sol (par un purgeur d'air défaillant ou un raccord non étanche) si la pression d'eau est inférieure à la pression atmosphérique avoisinante
- par introduction d'air au raccordement hydraulique amont de pompes surdimensionnées
- par les joints et presse étoupes de pompes
- par introduction d'air (phénomène de perméabilité) à travers les tubes dits de synthèse (PE, PER, PB...) dénués de barrière anti-oxygène
- par les bâches ouvertes d'expansion et d'alimentation automatique en eau.

Si l'oxygène n'est pas consommé dans l'eau ou s'il n'est pas piégé et évacué au moyen de dégazeurs et purgeurs efficaces, il forme des oxydes qui corrodent les parois métalliques (conduites, échangeurs/parois d'échange, raccords et robinetterie). D'autre part l'oxygène peut être libéré « depuis » les gaz dissous (air) dans l'eau suite à un change-

ment des lois physiques (loi de Henry) relatives à la variation de pression et de température : plus la température est basse ou la plus la pression est élevée, plus il y a formation de gaz dissous.

Enfin la « libération » de l'oxygène dans l'eau peut être due à un fonctionnement de l'installation à pression dite négative souvent liée au montage des pompes sur le retour voire à un mauvais emplacement du vase d'expansion.

Nota : Il convient de distinguer l'oxygène libre de l'oxygène dissous (de même pour l'air) présent dans l'eau.

Rappelons que la solubilité d'un gaz dépend :

- de la pression partielle
- de la nature du liquide
- de la température (plus elle est basse plus la solubilité est grande)

La cause secondaire de l'embouage est la présence de courants électriques « parasites » due :

- à un défaut de mise à la terre
- à une mauvaise réalisation des liaisons équipotentielles
- à la multiplicité de métaux différents (alternance de fer, d'acier, de cuivre, de laiton, de bronze, d'aluminium)
- à une perturbation électromagnétique extérieure : faible distance d'un tableau électrique ou d'un chemin de câbles, moteurs sans protection spécifique, faisceau d'ondes multiples.

La troisième cause de l'embouage est due à la présence de bactéries :

- bactéries initiales présentes dans l'eau de remplissage
- bactéries initiales présentes dans la calamine
- bactéries initiales présentes dans les poussières et pollens (conduites entreposées à l'air libre).

La quatrième cause de l'embouage est due à un défaut ou à un mauvais rinçage de l'installation :

- Les dépôts initiaux ne sont pas évacués (voir ci-après).
- Des poches d'air sont formées.

La cinquième cause de l'embouage est due à l'absence de vannes ou soupapes de réglage sur l'installation hydraulique :

- Des portions du réseau présentent des vitesses d'eau trop faibles qui conduisent à une accélération de la formation de boues déjà présentes (phénomène d'agglomération)
- Des portions du réseau présentent des vitesses d'eau trop élevées qui conduisent à une abrasion des surfaces internes des canalisations.

La sixième cause de l'embouage est indirecte et est d'ordre chimique.

Certains éléments chimiques présents dans l'eau de remplissage génèrent :

- Une accélération de la corrosion sur certains alliages d'aluminium (présence de chlore libre, de chlorures, de chloramines...)
- Une réaction acide (cas des bactéries de type anaérobies générant de l'acide sulfurique) ou hautement alcaline.

Enfin les autres causes de l'embouage sont :

- Un vase d'expansion défectueux ou sous-dimensionné
- Des variations de régime d'eau trop brusques ou trop importantes (en mode chaud)
- Des variations de pression trop brusques ou trop importantes
- La dégradation de produits chimiques de traitement initiaux (antigels, inhibiteurs, correctifs ...) qui engendre une modification du PH (acidification de l'eau si $\text{PH} < 7$)
- Un surdosage ou un sous-dosage de ces produits chimiques
- Le vieillissement naturel des matériaux métalliques et de synthèse qui relarguent au fil des années des particules dans l'eau
- Les vibrations engendrées par les pompes, moteurs et compresseurs (groupes froids, PAC, TAR...) qui accentuent le décrochage de particules
- Une mise à l'arrêt prolongée de l'installation après vidange de tout ou partie du volume d'eau qui conduit à laisser les surfaces internes des conduites métalliques à l'air libre entraînant une accélération de la corrosion par l'oxygène contenu dans l'air,
- Un manque d'entretien du réseau hydraulique.

1.1.3 Origine de l'embouage

Il faut distinguer les **dépôts initiaux** et les **boues** générées une fois l'installation en fonctionnement.

L'origine des dépôts initiaux est multiple.

Les dépôts peuvent provenir :

- des sels minéraux existants dans l'eau de remplissage (eau de ville, eau de forage et de puits...), sels qui peuvent se précipiter pour former des composés insolubles et conduire à augmenter la conductivité de l'eau du réseau fermé
- des pellicules d'oxydes de fer qui se forment à la surface des conduites au cours du laminage à chaud (dénommée **calamine**) et des micro-organismes associés de type ferrobactéries présents sous les dépôts
- des gouttes de soudure intérieures aux conduites, des filaments de filasse au droit des raccords à visser lors de la mise en œuvre de l'installation
- des particules corrodées, des pollens, des bactéries et poussières éventuelles se trouvant à l'intérieur des tubes, robinetteries, raccords stockés et exposés longtemps à l'air libre.

L'origine des boues est, elle aussi, multiple.

Les boues peuvent provenir :

- de la dégradation de tous les composants métalliques existants dans l'installation de chauffage ou d'eau glacée : échangeurs de chaleurs (PAC, groupe, froid, ventilo et éjecto-convecteur, batterie de CTA, foyer de chaudière), conduites hydrauliques, raccords et robinetterie
- de la dégradation de tous les composants non métalliques existants dans l'installation de chauffage ou d'eau glacée : tubes et raccords de synthèse (HPVC, PE, PEX, PB, multicouche...).
- de l'action des **bactéries** qui se développent pour aggraver le processus d'oxydation (formation d'acide sulfurique localisé par exemple) ou former des boues gélatineuses (cas du chauffage de sol) selon le type de bactéries
- de la précipitation des sels dissous.

1.1.4 Composition des boues

Les boues peuvent être classées en diverses catégories :

Les boues de type métallique

- fer (le plus fréquent)
- manganèse (rare)
- cuivre
- aluminium
- zinc (rare)
- nickel (rare)
- molybdène (rare)



Les boues de type bactérien (voir chapitre 1.5.2)

- bactéries aérobies de type filamenteux, principalement dans les planchers chauffants à base de tube de synthèse (PE, PER, PB), qui se développent en dessous de 50 °C pour former des boues gélatineuses et visqueuses de couleur jaunâtre à brun, qui vont progressivement durcir jusqu'à obturer principalement les boucles de plancher chauffant
- bactéries anaérobies de type sulfato-réductrice ou sulfurogènes (BSR) qui se développent en milieu acide (PH < 7) et sous une température d'eau inférieure à 50 °C, pour générer de l'acide nitrique ou sulfurique qui va corroder les éléments métalliques. Un fort taux de sulfates (> 40 mg/l) favorise leur développement
- bactéries anaérobies de type thiosulfato-réductrices (BTR) qui génèrent des attaques corrosives localisées (cas rare).

Les boues organiques et physico-chimiques

Sels minéraux et composés chimiques présents dans l'eau de remplissage :

- carbonates et bicarbonates
- silicium,
- nitrates, phosphates,
- sulfates et sulfites,
- calcium, magnésium, sodium, potassium...

Les boues chimiques

Ce sont les molécules issues des produits de conditionnement d'eau ayant été injectés dans le réseau : molybdates, phosphonates, phosphates, silicates, polymères, nitrates, benzoates...

Les boues originelles

Voir ci-après

1.1.5 La calamine

La calamine est une couche composée d'oxydes issus et produits lors de la fabrication des tubes et parois métalliques en fer soumis à de hautes températures. Lors du remplissage en eau claire, cette couche métallique va se décomposer plus ou moins selon le taux de PH, la vitesse de l'eau, le type de bactéries et par dilatation différentielle. Ainsi les parois intérieures des chaudières, des émetteurs et des conduites hydrauliques vont relarguer la calamine. Avant la mise en route de l'installation il est donc impératif de procéder à un rinçage soigneux et méticuleux à l'eau claire, réseau par réseau, boucle par boucle, au risque de voir la calamine venir se déposer dans les vannes de réglages et le bas des émetteurs de chaleur (voir chapitre 6).

1.1.6 Les déchets d'origine

On distingue deux sortes de déchets d'origine.

Ceux issus de la mise en œuvre des conduites (calamine, gouttes de soudure, pâte à joint, filasse, graisse...) et ceux introduits accidentellement lors de l'entreposage des tuyauteries à l'extérieur (poussières, « saletés » diverses, débris organiques, pollens...).

1.1.7 Les sels minéraux, les oligo-éléments et les micro-polluants

Les sels minéraux et les oligo-éléments proviennent principalement de l'eau de remplissage (eau de ville, eau de forage, eau de rivière...). Ils sont divers et ont une action inopérante ou défavorable sur l'équilibre physico-chimique de l'eau des réseaux fermés : sodium, magnésium, calcium, nitrate, phosphate, silicate, bicarbonate, brome, fluorure, molybdène...

Les principaux éléments qui altèrent la qualité de l'eau sont :

- Les sulfates qui ont un impact sur l'évolution de la conductivité et l'accélération de corrosions localisées.
- Les chlorures (potassium, magnésium, calcium ...) qui peuvent produire de l'acide chlorhydrique avec une baisse du PH. D'autre part, les ions chlorures peuvent « s'insérer » dans le biofilm pour altérer la surface des matières. Enfin, en cas d'un PH inférieur à 6,5 ils altèreront les surfaces à base d'aluminium.

1.1.8 Les bactéries

Les trois grands types de bactéries présentes dans les réseaux fermés sont (voir chapitre 1.5) :

- Les bactéries aérobies qui se développent en présence d'oxygène, telles les bactéries filamenteuses
- Les bactéries anaérobies, telles que les bactéries sulfato-réductrices (dénommées BSR) et plus rarement les thiosulfato-réductrices (BTR), qui persistent dans un milieu dépourvu d'oxygène
- Les bactéries aéro-anaérobies capables de se développer sans ou avec présence d'oxygène.

Les bactéries sont des organismes vivants qui évoluent constamment dans les réseaux d'eau. Une eau ne reste jamais en équilibre permanent et constant dans le temps.

Les facteurs principaux d'apparition sont :

- L'adjonction d'eau de remplissage plus ou moins chargée en sels minéraux et micro-organismes
- Les matériaux en acier (bactéries du fer)
- Les poussières et micro-organismes présents lors de l'entreposage des conduites et organes hydrauliques à l'air libre avant la réalisation de l'installation.

2.2 DESORDRES DUS À L'EMBOUAGE

2.2.1 Désordres généraux dus à l'embouage

L'embouage crée de nombreux désordres dans les installations thermiques et frigorifiques à eau :

- **Difficulté de maintien en température** des locaux en chaud ou en froid
- **Baisse générale ou ponctuelle** des débits hydrauliques
- Augmentation des **pertes de charge**
- **Amplification du déséquilibre hydraulique** (baisse de débits sur certains tronçons, obstruction des corps des vannes de réglage et de régulation...)
- **Augmentation des consommations** en énergie (électricité, gaz, fuel) : cette surconsommation est directement liée au taux d'embouage, et peut atteindre une hausse de plus de 25 %, soit des centaines à des milliers d'euros supplémentaire par an
- **Obstruction** des corps de vannes, des émetteurs (radiateurs, batteries, ventilo-convecteurs, boucles de chauffage de sol...)
- **Colmatage** anormal des filtres à tamis
- **Encrassement et risque de colmatage** des parois d'échanges (échangeurs, CTA, ventilo-convecteurs, éjecto-convecteurs, radiateurs...)
- **Dysfonctionnements** des émetteurs (batteries CTA, ventilo et éjecto-convecteurs, radiateurs, planchers chauffants/rafraîchissants)
- **Bruit** dans les réseaux hydrauliques et les émetteurs
- **Dégradation** de l'équilibre physico-chimique de l'eau
- **Accentuation des pannes** et défauts de fonctionnement (mise en sécurité répétitive des PAC et chillers)
- **Accroissement** des interventions en **maintenance** corrective
- **Inconfort** des usagers avec risque de détérioration des relations clients/usagers/exploitants.

2.2.2 Conséquences de l'embouage sur les équipements hydrauliques

Les dépôts en suspension véhiculés dans l'eau par l'action des pompes, conduisent à une fragilisation des foyers de chaudière, des échangeurs, des conduites métalliques et non métalliques, des robinetteries, des émetteurs.

C'est le phénomène d'abrasion (voir chapitre dédié).

Réseaux métalliques et boues en suspension :

L'acier noir, de par l'épaisseur des tubes supérieure à celle des tubes en cuivre, présente une durée de vie généralement plus longue que le cuivre.

En revanche, pour les installations « mono-acier » dépourvues de cuivre, les dépôts en suspension majoritairement composés d'atomes de fer engendrent plus de dommages que les dépôts existants dans les installations « mono-cuivre ».

Réseaux métalliques et boues sédimentées :

La sédimentation des boues (formation d'agrégat) qui apparaît en des points localisés où la vitesse de l'eau est généralement la plus faible (conduites, radiateurs et autres émetteurs terminaux) va conduire à une réduction de surface et par voie de conséquence à une augmentation des pertes de charge.

La modification de la vitesse et de la qualité de l'eau va influencer directement sur sa viscosité et par voie de conséquence sur le coefficient d'échange thermique.

Double conséquence des boues sédimentées :

Quand la sédimentation conduit à une baisse des vitesses d'eau résiduelles, cette baisse contribue à son tour à l'accélération de l'embouage.

Cela se confirme et se vérifie souvent au droit des vannes de régulation terminales des ventilo-convecteurs.

Leurs clapets, qui présentent une faible surface de passage, se retrouvent rapidement obstrués.

2.2.3 Accentuation de l'embouage

Le phénomène d'embouage est accentué par (liste non exhaustive) :

- **l'adjonction d'eau brute trop fréquente** : introduction d'oxygène dissous fréquent et de sels minéraux
- **la présence de chlorure en excès dans l'eau** d'appoint entraînant une dissolution des atomes de fer et une détérioration de l'aluminium (cas de certains échangeurs et des radiateurs en fonte-alu)
- **la présence d'autres solutions ou composés chimiques** tels que les sulfates, le sodium, le dioxyde de carbone...
- **un trop fort taux en MES** (matières en suspension) ou en TDS (sels dissous totaux) qui conduisent à une hausse de la conductivité
- **une vitesse d'eau trop faible**, due à un mauvais dimensionnement de la pompe, à une usure des pâles ou à un déséquilibre de réglage des débits
- **une vitesse de l'eau excessive** (surdimensionnement de la pompe ou mauvais équilibrage hydraulique)

CHAPITRE 4

Les méthodes de désembouage

4.1 Généralités

4.1.1 Rappel

Le désembouage sert et consiste à supprimer les boues et les dépôts de l'installation de chauffage ou d'eau glacée en vue principalement :

- De rétablir une bonne qualité d'eau
- De freiner la corrosion
- De rétablir les débits hydrauliques
- De protéger tous les équipements de production de chaleur et de froid
- De « retrouver » les bons delta-T au droit des échangeurs thermiques primaires comme terminaux.

4.1.2 Règles préliminaires

Un désembouage efficace nécessite :

- Un diagnostic préalable de l'état de l'embouage
- L'évaluation autant que faire se peut des débits par zone (absence ou très faible débit sur telle ou telle zone par exemple)
- Une analyse d'eau complète
- Un relevé et un état des lieux des organes de sectionnement (vannes d'arrêt), des robinets de purge d'eau en point bas, des purgeurs d'air en point haut, et des pots d'injection et de désemboueurs. En cas d'absence de vannes divisionnaires voire de purgeurs, l'installateur ou l'exploitant devra en avvertir le client avec présentation d'un devis et des contraintes de mise en œuvre (temps de mise à l'arrêt de l'installation...).

4.1.3 Règles essentielles

Les opérations de rinçage ne peuvent se faire que zone par zone : colonne par colonne, réseau secondaire par réseau secondaire, boucle de sol par boucle de sol.

4.1.4 Règles intermédiaires

L'opérateur de désembouage vérifiera au fur et à mesure l'état d'amélioration des débits et des

échanges thermiques.

4.1.5 Règles terminales

La fin du désembouage devra s'accompagner :

- de la remise au maître d'ouvrage d'un procès-verbal de bonne réalisation
- de purges d'air régulières sur plusieurs jours pour chasser le maximum de gaz dissous
- d'un traitement d'eau chimique ou naturel, et/ou de la mise en place d'un désemboueur.

4.2 Désembouage par simple rinçage

4.2.1 Définition - Application

Consiste en un rinçage complet de l'installation à l'eau claire et à fort débit.

Cette méthode est à appliquer uniquement en cas de très faible embouage et d'absence notable de baisse de débit hydraulique.

4.2.2 Avantages/inconvénients

Avantages :

- Faible coût
- Aucun produit chimique.

Inconvénients :

- Arrêt installation sur plusieurs heures ou plusieurs jours selon le volume d'eau
- Temps de main d'œuvre long
- Nécessite des vannes d'arrêt divisionnaires
- Fort apport de gaz dissous lors du remplissage
- Risque de rejeter à l'égout des résidus de produits chimiques existants dans l'installation.

4.2.3 Méthode de mise en œuvre

- Arrêt de la chaudière, de la PAC ou du groupe froid
- Arrêt des pompes
- Vidange de l'installation
- Rinçage à l'eau claire boucle par boucle, radiateur par radiateur, **émetteur par émetteur**