

2 B - Stations de traitement des eaux

2 B.1 - PRINCIPE GENERAL DES USINES DE TRAITEMENT DES EAUX [1]

Le schéma général de traitement des eaux est illustré dans la figure 7 suivante.

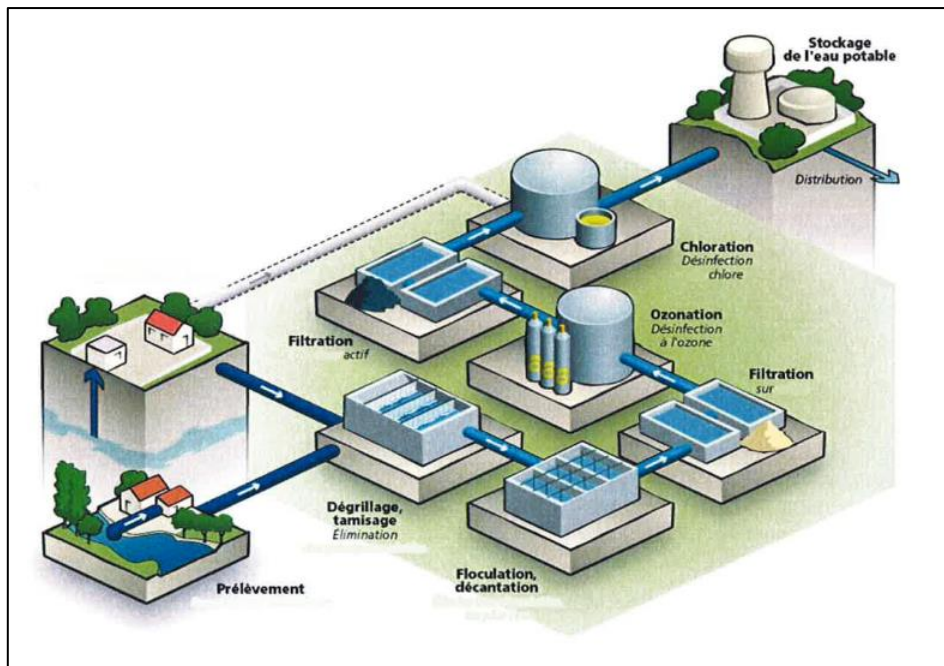


Figure 7 : Schéma général de traitement des eaux

Les différents traitements des eaux dans les usines sont les suivants :

- Physiques

- Dégrillage : arrêt des déchets flottants et volumineux par passage de l'eau à travers des grilles.
- Tamisage : arrêt des déchets plus fins par filtrage fin au travers de tamis.
- Décantation : dépôt sous l'effet de la gravité des matières en suspension plus lourdes que l'eau.

- Filtration : adsorption des molécules sur des matériaux divers : sables, charbons actifs ou de membranes de porosité variable.
- Flottation : remontée en surface provoquée du floc.

- Physico-chimiques

- Coagulation-floculation : agrégation des matières en suspension par ajout de produits chimiques.

- Chimiques

- Oxydation par le chlore ou l'ozone : action sur les matières organiques, minérales (fer, manganèse) et sur les microorganismes.
- Substitution par échange d'ions (dénitratation ou adoucissement).
- Neutralisation ou acidification du pH.

- Biologiques

- Élimination des éléments indésirables (ammoniaque, fer, nitrates...) utilisées par des microorganismes fixées ou incorporés aux filtres (sable, charbon...).

2 B.2 - PRINCIPALES PATHOLOGIES DU BETON DES OUVRAGES DES USINES DE TRAITEMENT DES EAUX [10]

Dans le cas d'usine de traitement des eaux, le risque d'attaque sulfatique exogène est faible. Seul le pH et la concentration en gaz carbonique « agressif » sont les sources de décalcification (P 18-011 voire EN 206/CN). La décalcification par érosion n'est pas couverte par la norme européenne EN 206/CN.

Les équilibres calco carboniques permettent de situer les eaux (à gauche de la courbe de TILLMANS, voir figure 8) qui sont agressives au sens dissolution de la phase liante (calcium) et les eaux situés à droite de la courbe d'équilibre qui sont incrustantes ou appelées aussi calcifiantes.

Les principaux paramètres permettant de qualifier le caractère agressif ou calcifiant d'une eau sont : TH : Titre hydrotimétrique : Dureté = $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ + autres cations métalliques Fe, Al, Mn, Sr, celle-ci est exprimée en degrés français : $1^\circ\text{F} : 10 \text{ mg de CaCO}_3 \text{ équivalent à } 4 \text{ mg de Ca et } 2,43 \text{ de Mg}$. Le titre alcalimétrique complet est défini par $\text{TAC} = \text{OH}^- + \text{CO}_3^{2-} + \text{HCO}_3^-$. C'est à ce dernier que le fascicule FD P 18-011, auquel renvoie la norme EN 206/CN, fait référence, il s'exprime en meq/L.

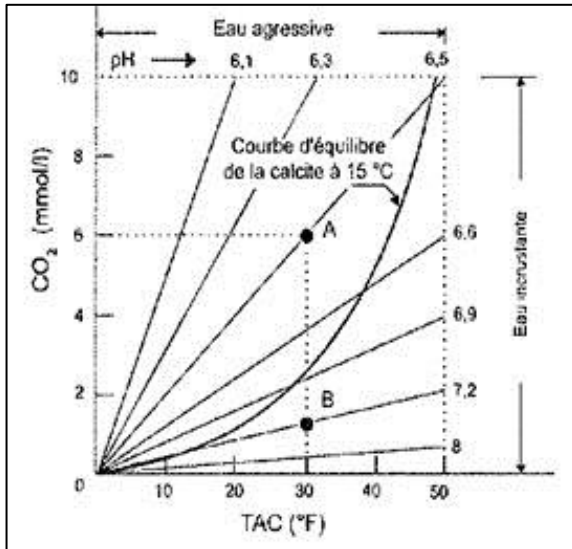


Figure 8 : Diagramme de Tilmans

Les désordres apparaissant à la surface d'un béton hydraulique liés à la chimie de l'eau se traduisent par les faciès suivants.



Décalcification du béton des parois des bassins



Décalcification du béton d'un poteau du bassin d'une usine de traitement des eaux au après filtration [11]

2 C - Approche de diagnostic des stations [12]

Le diagnostic d'un ouvrage ou d'une partie d'ouvrage consiste à répondre à différents points, afin de proposer des solutions de réparation durables permettant à la structure ou à la partie d'ouvrage d'assurer sa fonction structurelle.

Les points objets d'un diagnostic sont les suivants :

- Origine des désordres
- Ampleurs des désordres
- Gravité des désordres
- Evolution probable des désordres

2 C.1 - STATIONS D'EPURATION (STEP)

Dans le cas des stations d'épuration, il faut procéder à l'identification structurelle de l'ouvrage ou une partie d'ouvrage afin de vérifier son dimensionnement par rapport aux descentes de charges tenant compte de sa fonction structurelle et son environnement.

L'ensemble des opérations à mener sont les suivantes :

- Intervention in situ pour le relevé des désordres et identification de la structure,
- Examen du dossier d'ouvrage : note de calculs, matériaux utilisés, ferrailage, descente de charges, etc....
- Intervention in situ : examen visuel, relevés dimensionnels, relevé des désordres et leurs typologies
- Enrobages des aciers : radar et/ou ferroskan, sections des aciers
- Investigations in situ non destructives : mesures de potentiel de corrosion, profondeur de lixiviation et de carbonatation et ou de neutralisation
- Prélèvements de béton par carottages : caractéristiques mécaniques des carottes et des aciers,
- Analyses en laboratoires :
 - Analyse de béton durci et dosage spécifique en sulfates en gradient sur la profondeur
 - Quantification de la réserve alcaline dans les zones de décalcification ou de neutralisation de la chaux par ATG
 - Examen au MEB afin de mettre en évidence le risque de gonflement par formation d'ettringite expansive et recherche d'autres composés de RGI
 - Examen des interfaces (macrographie) et description détaillée de la liaison physique de la peau du béton et du revêtement (généralement dans les bassins biologiques on applique des revêtements) : ces examens peuvent se faire par cartographie de la matière organique aux interfaces et aussi par examen mettant en exergue la pénétration ou non de la résine dans la peau du béton comme illustré ci-après [13].

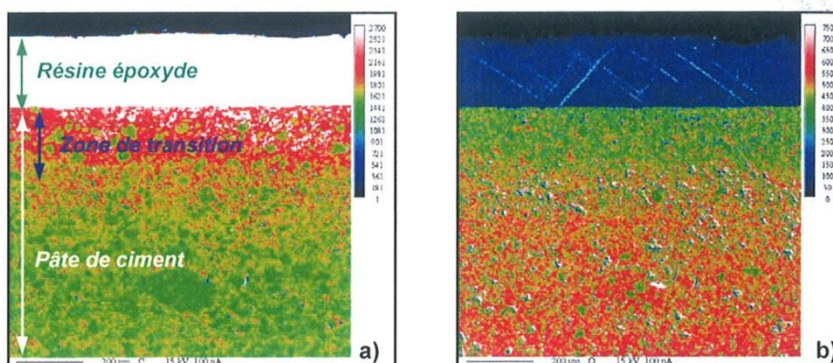


Figure 9 : Cartographies de l'élément carbone (à gauche) et oxygène au sein d'une surface de pâte de ciment revêtue

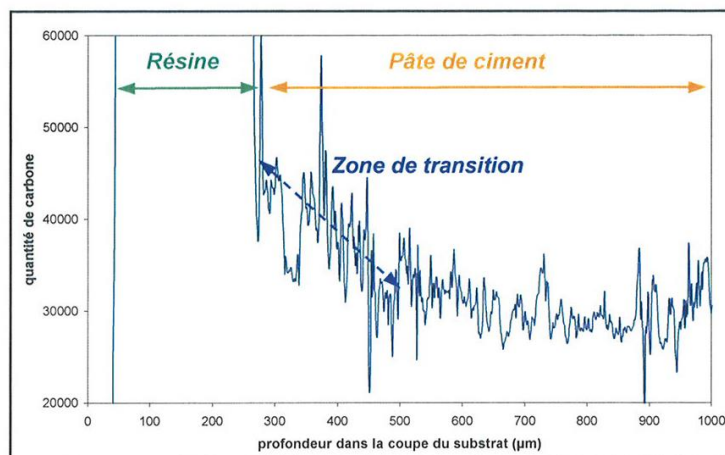


Figure 10 : profil de concentration du carbone de la résine par cartographie

2 C.2 - USINES DE TRAITEMENT DES EAUX

La démarche diagnostic des ouvrages d'une usine de traitement des eaux est similaire au niveau de l'approche globale et les investigations in situ. L'approche analytique sur prélèvements est différente de celle que l'on pratique sur bétons des bassins dans les stations d'épuration.

En effet, il faut procéder aux investigations suivantes :

- Analyses d'eau : bilan ionique, TA, TAC, pH,
- Calcul de la teneur en CO_2 agressif ce qui permet de se prononcer sur le caractère agressif de l'eau : eau agressive, calcifiante ou équilibrée.
- Effectuer des analyses de béton durci avec identification précise du type de liant pour comparaison avec le cahier des charges voire se prononcer sur la pertinence du choix du ciment vis-à-vis de l'environnement XA1, XA2 ou XA3.
- Faire des dosages spécifiques de type :
 - Réserve alcaline (Chaux par ATG)
 - Silice soluble pour avoir une idée du dosage en ciment en peau comparativement à la zone saine
 - Dosage spécifique de chlorures et sulfates voire nitrates

La compréhension des processus physicochimiques pouvant affecter les bétons dans les stations d'épurations et dans les usines de traitement des eaux est une condition nécessaire pour appréhender les mécanismes mis en jeu et établir un diagnostic fiable.

La démarche analytique utilisée au CEBTP nous permet de donner un avis fiable sur l'origine des désordres et leur évolution. Les solutions de réparation sont étudiées au cas par cas en fonction de la durée de vie visée et de la variabilité de l'environnement des parties d'ouvrages concernées.

2 D - Techniques de réparations des ouvrages des STEP

2 D.1 - SOLUTIONS DE REPARATIONS PAR DES MORTIERS ET UN REVETEMENT [14]

Les altérations du béton dans les zones les plus sensibles de type bassins biologiques se traduit par une altération de l'enrobage (dissolution et/ou pénétration d'agents agressifs de type chlorure et sulfates).

La reconstitution de l'enrobage se fait de la manière suivante :

- rétablir l'enrobage des armatures afin de les protéger,
- ralentir le vieillissement du béton armé,
- protéger le béton par des résines résistantes en milieu acide de type époxy.

De manière générales, ces procédés doivent être conformes aux normes :

- NF EN 206/CN « Béton, spécification, performances, production et conformité »,
- NF EN 13670 « Exécution des structures en béton »,
- NF P 95-101 « ouvrages d'art, réparation et renforcement des ouvrages en béton et maçonnerie, reprise du béton dégradé superficiellement »,
- NF P 95-102 « ouvrages d'art, réparation et renforcement des ouvrages en béton et maçonnerie, béton projeté »,
- NF P 95-103 « ouvrages d'art, réparation et renforcement des ouvrages en béton et maçonnerie, traitement des fissures et protection du béton »,
- série de normes NF EN 1504 « produits et systèmes pour la réparation des structures en béton armé », composé des volets suivants :
 - EN 1504-1, « définitions »,
 - EN 1504-2, « systèmes de protection de surface de béton »,
 - EN 1504-3, « réparation structurale et non structurale »,

- EN 1504-4, « collage structural »,
- EN 1504-5, « produits et systèmes d'injection du béton »,
- EN 1504-6, « scellement d'armature »,
- EN 1504-7, « protection contre la corrosion des armatures »,
- EN 1504-8, « maîtrise de la qualité et évaluation de la conformité »,
- EN 1504-9, « principes généraux d'utilisation des produits et systèmes »,
- EN 1504-10, « application sur site des produits et systèmes et contrôle de la qualité des travaux ».

→ **Elimination des bétons dégradés [14]**

Avant de réparer les zones dégradées par éclatements du béton, les parties endommagées et revêtements en place doivent être retirés, sur toute la surface, par un moyen mécanique ou chimique.

Les dégagements de ces zones altérées sont réalisés par les techniques suivantes qui se différencient principalement par la qualité de finition et l'épaisseur de béton retiré.

Burinage

Frappe mécanique d'un outil pneumatique ou électrique léger. Cette méthode permet de dégager les bétons fissurés brulés et pollués dans l'encombrement des armatures. Néanmoins il peut se former des microfissures locales dans le d'abattage sans précaution.

Piquage

Action ponctuelle d'un outil type pointerolle de marteau piqueur. Cette méthode permet d'enlever une forte épaisseur de support et de dégager des armatures corrodées, mais elle peut provoquer la microfissuration des granulats.

Bouchardage

Frappe mécanique d'un outil pneumatique ou électrique comportant plusieurs dents ou pointes de diamant. Les attaques ponctuelles multiples réduisent la profondeur d'attaque et la régularisent. Elle peut varier de quelques millimètres à un ou deux centimètres. Des microfissurations peuvent en résulter. L'aspect est très rugueux et assez régulier. Toutefois ce procédé est interdit pour certains types d'ouvrages précontraints.

Sablage et hydro-sablage

Ils provoquent l'agression du support par un jet de sable sous pression (à sec) ou

sous pression d'eau (humide). Les réglages des pressions, ainsi que la granularité du sable utilisé permettent, soit d'effectuer un simple décapage, soit d'éliminer la laitance, soit d'enlever plusieurs millimètres de béton. L'aspect après intervention est une rugosité liée à la dureté des granulats et du liant du support. Il faut noter que le sablage au sable de silice sec est interdit et qu'il s'agit donc d'un décapage par projection d'abrasif de remplacement.

Grenailage

Effectué par des machines projetant sur le support une grenaille recyclée en circuit fermé avec aspiration. L'aspect de surface peut varier d'une texture assez fine à grenue.

Rabotage

Action d'un rabot (électrique) à molettes ou à outils multiples. Il permet l'enlèvement de quelques millimètres à quelques centimètres. Ce procédé sert surtout à préparer des surfaces planes horizontales non armées, fissurées et polluées. Il peut provoquer des amorces de fissuration. L'aspect est très rugueux et irrégulier. Ce procédé est très utile pour éliminer les aspérités.

Brossage

Le brossage à la brosse métallique doit être suivi d'un dépoussiérage à l'air comprimé ou à l'aide d'un aspirateur.

Ponçage

Obtenu par des machines rotatives munies de disques abrasifs. Elles peuvent travailler à l'eau avec éventuellement une aspiration ou à sec. La puissance de la machine et la qualité des abrasifs déterminent, comme pour le sablage, un travail superficiel ou un travail sur quelques millimètres. Cette méthode sert à préparer des surfaces planes de faible superficie et sans fissure. L'état de surface est fin et régulier, mais il faut veiller ensuite à bien désincruster le support des poussières qui auraient pu le colmater, ce qui n'est pas toujours évident.

Hydro-décapage

Cette technique recouvre des équipements très divers combinant des pressions et des débits d'eau variés (de quelques MPa à quelques centaines de MPa, de quelques litres d'eau par minute à quelques centaines de litres par minute). L'eau chaude peut parfois être utilisée. Il s'ensuit une variété de préparations et d'aspects allant du simple nettoyage d'un support encrassé jusqu'à la destruction du béton. Cette méthode permet une bonne élimination des granulats dessertis et des matières dégradées mais elle peut présenter des risques pour le personnel.