

APPROCHE GLOBALE DU CONTRÔLE SUR LES STATIONS D'ÉPURATION ÉTUDE DE RÉUTILISATION D'OUVRAGES EXISTANTS

Bertrand COLLIN, Dalila AÏT ALI

SITES

1. CONTEXTE GENERAL

Les stations d'épuration, désignées par l'acronyme «STEP» font partie intégrante du paysage français. Il en existe environ 12.000, réparties sur tout le territoire, de capacités de traitement variables - de 20 à plus de 6 millions équivalents habitants - et de tous âges.

Les maîtres d'ouvrages en sont le plus souvent des collectivités territoriales, bien que des privés puissent en être aussi propriétaires. Leurs modes d'exploitation et de maintenance dépendent des politiques locales et des contrats passés avec des sociétés spécialisées.

De la diversité des tailles et des âges des STEP et de leur implantation résultent une grande richesse en terme de génie civil : simples bassins circulaires, réservoirs cylindriques à double paroi précontrainte, stations implantées sur des sites miniers, stations entièrement enterrées, ouvrages datant d'avant guerre ou construits au 21^{ème} siècle...

Malgré les nécessités d'une exploitation continue, des conditions d'interventions difficiles et la séparation quasi-généralisée des tâches entre exploitants et propriétaires, le suivi préventif n'est pas une préoccupation majeure, sauf dans des cas très particuliers, liés à une implantation dans des sites spéciaux, des dispositions constructives exceptionnelles ou des incidents avérés.

La modernisation du parc rendue obligatoire par la nouvelle réglementation européenne sur l'eau (directive 91/271/CEE), les conséquences du vieillissement des structures (80% des stations ont été construites avant 1990) et la modification des volumes d'exploitation font des études de diagnostic « structures et matériaux » un des éléments majeurs d'aide à la prise de décisions lourdes en conséquences financières et environnementales. Par suite, quand il est décidé de conserver, moyennant aménagements et réparations, des ouvrages anciens, le suivi préventif prend une importance toute particulière.

L'étude présentée ci-après, celle de la réutilisation d'ouvrages existants d'une ancienne STEP partiellement déconstruite, illustre une démarche intéressante à tous points de vue ; elle montre également les pistes d'améliorations qui permettraient d'optimiser la maintenance et, par suite la durée de vie des structures.

2. ÉTUDE POUR LA RÉUTILISATION D'OUVRAGES EXISTANTS D'UNE STEP

2.1. Problématique

Une Communauté de Communes de l'Est de la France de 35.000 habitants envisageait la réutilisation d'ouvrages d'une station d'épuration abandonnée en bassins de pollution. En raison de l'insuffisance de données fiables, de l'âge des ouvrages et du caractère particulier du terrain, une étude globale a été commandée pour déterminer la faisabilité de la réutilisation des bassins et, dans l'affirmative, pour définir les aménagements nécessaires à cette reconversion.

2.2. La station

Construite en 1976, la station d'épuration a été partiellement déconstruite suite à la mise en service, en 2004, d'une nouvelle station. Les ouvrages conservés comprennent une bache de réception des effluents avec vis de relevage, des ouvrages de prétraitement, un bassin de décantation et un bassin d'aération. Situés dans une zone

inondable et soumise aux affaissements miniers, ces ouvrages en béton armé avaient été construits hors sol sur des poutres équipées de niches à vérin, les poutres reposant sur des pieux descendus à environ 10 mètres jusqu'au grès compact.

Vue d'ensemble de la station d'épuration		
		
Ouvrages	Caractéristiques principales	Photographies
Bâche de réception et vis de relevage	Fosse de réception des effluents et de quatre canaux inclinés à la mise en place de vis de relevage Dimensions : 18 x 7 m, Profondeur : 4 m Hauteur hors sol : 4 m	
Ouvrages de prétraitement	Canaux et fosses tronconiques Dimensions : 18x11 m, Ouvrage hors sol	
		
Décanteur primaire	Dimensions : 40 x 11 m, Hauteur de voile 2,6 m, Hauteur hors sol 4m Volume = 1100 m ³	
Bassin d'aération	Dimensions 40 x 17 m, Hauteur de voile 3 m Hauteur hors sol 4,2 m Volume = 2000 m ³	

2.3. Niveau de service requis pour la réutilisation en bassins de pollution

Sollicitations et actions	Caractéristiques principales
Variations du niveau d'eau dans les bassins	Du radier au niveau haut (3 mètres de hauteur d'eau) avec des remplissages / vidanges plusieurs fois par jour et la possibilité d'avoir des ouvrages vides plusieurs jours de suite.
Variations du niveau de la nappe phréatique dont niveau PHE	Ouvrages hors sol, site en zone inondable (+1,20 m / TN)
Nettoyage et désinfection	Eau sous pression
Liquide stocké	Eaux résiduaires urbaines

2.4. Méthodologie d'étude

La DDAF (Direction Départementale de l'Agriculture et des Forêts), maître d'œuvre pour la Communauté de Communes, a commandé en 2007 une étude qui comprenait une tranche ferme et deux conditionnelles. La tranche ferme consistait en la réalisation d'un pré-diagnostic destiné à valider la faisabilité du projet et, dans l'affirmative, la définition du programme d'investigations nécessaire pour établir le diagnostic « structure et matériaux » des ouvrages. La première tranche conditionnelle comprenait la mise en œuvre du programme d'investigations et la vérification de la tenue des ouvrages vis-à-vis du niveau de service requis. La proposition de solutions d'aménagement et de renforcement des structures faisait l'objet de la dernière tranche.

2.5. Référentiel

Le cadre technique et réglementaire de l'étude était bien défini. Il comprenait principalement les documents suivants :

- Pathologie et réparation des ouvrages en béton de stockage et de transport des liquides, ITBTP 1996.
- Grandeurs Associées à la Durabilité du Béton (GranDuBé), Presses de Ponts et Chaussées 2007,
- méthodologie d'évaluation non destructive de l'état d'altération des ouvrages en béton, Presses des Ponts et Chaussées 2007.
- Réhabilitation du béton armé dégradé par la corrosion. AFGC, documents scientifiques et techniques, novembre 2003.

2.6. Moyens d'investigations et d'étude

2.6.1. Pré-diagnostic

Le pré-diagnostic a été établi à partir de l'analyse de trois ensembles de données : les éléments du dossier d'ouvrage (incomplet), une inspection visuelle rapprochée et des mesures de nivellement exploitables grâce à l'existence d'un suivi régulier depuis 1979.

Ce pré-diagnostic devait, en premier lieu, valider la faisabilité du projet de réutilisation des ouvrages. En deuxième lieu, il devait présenter le programme des investigations nécessaires pour établir un diagnostic complet et pour recueillir les données indispensables à la vérification de l'aptitude des ouvrages conservés à satisfaire le niveau de service requis.

2.6.2. Investigations complémentaires

Le choix du nombre, du type et de la localisation des essais non destructifs et destructifs à mener sur les quatre ouvrages susceptibles d'être conservés a été défini précisément dans le rapport de pré-diagnostic.

Essais non destructifs		
Ouvrage	Partie d'ouvrage	Type d'essai
Bassin d'activation	Voiles	Reconnaissance du ferrailage par detection EM et piquage Mesures d'adhérence du revêtement (arrachement)
	Prédalle du radier	Reconnaissance du ferrailage par detection EM et piquage Estimation de la résistance en compression par scléromètre
	Poutres	Reconnaissance du ferrailage par detection EM et piquage Mesure des potentiels de corrosion
	Pieux	Réflexion des ondes et sismique parallèle (5 pieux)
Décanteur primaire	Voiles	Reconnaissance du ferrailage par detection EM et piquage Mesures d'adhérence du revêtement (arrachement) Mesure des potentiels de corrosion
	Poutres	Reconnaissance du ferrailage par detection EM et piquage Estimation de la résistance en compression par scléromètre Mesure des potentiels de corrosion

Essais non destructifs		
Ouvrage	Partie d'ouvrage	Type d'essai
	Prédalle du radier	Reconnaissance du ferrailage par detection EM et piquage Estimation de la résistance par scléromètre
	Pieux	reflexion des ondes et sismique parallèle (8 pieux)
Bâche de réception et vis de relevage	Voile de séparation des vis	Reconnaissance du ferrailage par detection EM et piquage Mesure des potentiels de corrosion Mesures d'adhérence du revêtement (arrachement) Estimation de la résistance en compression par scléromètre
Ouvrages de dégrillage et de prétraitement	Parement des canaux et têtes des pieux	Reconnaissance du ferrailage par detection EM et piquage Estimation de la résistance en compression par scléromètre Mesure des potentiels de corrosion

Essais sur prélèvements			
Ouvrage	Partie d'ouvrage	Prélèvement / END	Mesures
Bassin d'activation	Voiles	3 carottes traversantes Ø 80 mm et deux Ø 30 mm	f_c , E , p_c , m_v , p , [Cl] (côtés extérieur et intérieur pour les voiles), [SO ₄] (côtés extérieur et intérieur pour les voiles), [NO _x] (côtés extérieur et intérieur pour les voiles)
	Poutres	3 carottes Ø 80 mm et deux Ø 30 mm	
	Pieux	Forage Ø 90 mm	Sismique parallèle
Décanteur primaire	Voiles	3 carottes traversantes Ø 80 mm et une Ø 30 mm	f_c , E , p_c , m_v , p , [Cl] (côtés extérieur et intérieur pour les voiles), [SO ₄] (côté extérieur et intérieur pour les voiles), [NO _x] (côté extérieur et intérieur pour les voiles)
	Poutres	3 carottes traversantes Ø 80 mm et une Ø 30 mm	
	Pieux	Forage Ø 90 mm	Sismique parallèle
Bâche de réception et vis de relevage	Voile de séparation des vis	2 carottes traversantes Ø 30 mm	f_c , p_c , [Cl] (côté extérieur et intérieur pour les voiles)
	Plancher des vis	une carotte Ø 80 mm et une Ø 30 mm	f_c , p_c , [Cl] (côté extérieur et intérieur pour les voiles)
Ouvrages de dégrillage et de prétraitement	Parement des canaux	Deux carottes traversantes Ø 80 mm et deux Ø 30 mm	f_c , p_c , [Cl] côté extérieur et intérieur pour les voiles, [SO ₄] côté extérieur et intérieur pour les voiles, [NO _x] côté extérieur et intérieur pour les voiles

f_c : résistance en compression, E : module d'élasticité, p_c : profondeur de carbonatation, m_v : masse volumique, p : porosité, [Cl] / [SO₄] / [NO_x] : profils chlorures / sulfates / nitrates dans les tranches 0-30 mm, 30-60 mm et 60-90 mm.

Après accord du commanditaire de l'étude, la vérification du dimensionnement vis-à-vis du niveau de service requis a été limitée au décanteur primaire et au bassin d'activation. Cette vérification a été effectuée avec les données recueillies lors des investigations complémentaires.

2.7. Résultats de l'étude

2.7.1. Pré-diagnostic

L'analyse des observations visuelles et des documents d'archives a confirmé la faisabilité de la réhabilitation des ouvrages en vue d'une utilisation comme bassins de pollution. L'analyse des campagnes de nivellement réalisées entre 1979 et 2004, puis entre 2004 et 2007 n'a pas révélé de mouvement significatif des structures. Les observations concernaient des dégradations des matériaux constitutifs, des défauts révélateurs de mouvements de structure, stabilisés, et des désordres de faible ampleur, stabilisés d'après l'exploitant, dans la zone d'influence des ouvrages.



Photographies de défauts-type : aciers apparents oxydés, fissures, ravinements

En accord avec le cahier des charges du commanditaire de l'étude, les ouvrages ont été évalués en utilisant le référentiel de l'ITBTP. Ce référentiel combine une note variant de 1 à 4 pour la classification de la gravité des défauts et une lettre (de A à F) indiquable pour définir la nature des actions à entreprendre.

Ouvrage	Niveau	Classe	Définition
Bâche de reception des effluents et vis de relevage	3	D2	Défauts spécifiques de gravité variable. Demande un suivi et des investigations.
Ouvrages de traitement	3	D2	Défauts spécifiques de gravité variable. Demande un suivi et des investigations.
Bassin de décantation primaire	3	D2	Défauts spécifiques de gravité variable. Demande un suivi et des investigations.
Bassin d'aération	3	E	Défauts spécifiques de gravité variable. Demande un suivi et des investigations.

2.7.2. Investigations complémentaires

Outre la reconstitution des données géométriques et du ferrailage des ouvrages, les investigations complémentaires ont permis de poser le diagnostic « structure et matériaux » complet des ouvrages de la station d'épuration.

Les mesures et les essais ont montré que les dégradations du béton armé étaient dues à un vieillissement normal et à des défauts locaux de réalisation. La pollution par les chlorures, nitrates et sulfates, mesurée en trois profondeurs de béton est, dans tous les cas, inférieure aux spécifications des normes en vigueur ; enfin, les mesures de potentiel de corrosion et de profondeur de carbonatation montrent que les aciers sont encore protégés.

Les reconnaissances faites sur les pieux par réflexion des ondes et sismique parallèle n'ont pas révélé d'anomalie et les longueurs mesurées étaient conformes aux données d'entrée.

La modélisation en fissuration très préjudiciable des voiles du bassin d'aération et du décanteur primaire a montré un dépassement des contraintes admissibles en traction pour les aciers de la base des voiles. Enfin, les essais de traction sur le revêtement du bassin d'activation montrent une bonne adhérence, avec une rupture cohésive à 100 % dans le béton.

2.7.3. Proposition de solutions

Le diagnostic a validé la faisabilité de la réutilisation des ouvrages tout en montrant la nécessité de procéder à des réparations et renforcements. Le programme de réhabilitation proposé comportait des travaux de réparation des bétons (purge du béton dégradé, dégagement et passivation des aciers, ragréage), des travaux de calfeutrement (pour une fissure) et des travaux d'étanchéité (mise en œuvre d'une étanchéité dans le décanteur primaire et réfection de celle de l'intérieur du bassin d'aération).

Trois solutions ont été présentées pour remédier à l'insuffisance de résistance en traction des aciers en partie basse des voiles du décanteur primaire et du bassin d'aération en cas de remplissage complet : renforcement structurel des liaisons entre le radier et les voiles, création d'un exutoire pour diminuer la hauteur d'eau (avec l'inconvénient de réduire de plus de 20 % la capacité des bassins) ou mise en place de tirants passifs en tête des voiles.

2.8. Conclusion

Cette étude, réalisée dans le cadre strict d'un marché public, pourrait illustrer ce que doit être une démarche globale de diagnostic de structures.

En premier lieu, l'assistance d'une maîtrise d'œuvre qualifiée et indépendante est apparue comme un élément essentiel en termes de qualité de suivi, de contrôle et de communication. De plus, le maître d'œuvre et le prestataire disposaient pour cette mission d'un référentiel technique commun, éprouvé et à jour.

En second lieu, l'organisation du marché en une tranche ferme -prédiagnostic et validation de la faisabilité de la réutilisation des structures-, une première tranche conditionnelle pour le diagnostic et la vérification de la tenue des ouvrages vis-à-vis du niveau de service requis, et une deuxième pour la proposition de solutions de réparations permettait de dégager d'emblée les moyens nécessaires à la réalisation d'une étude complète ; du point de vue du bureau d'études, l'estimation au stade de l'offre d'une telle étude est toutefois relativement risquée. L'existence d'archives -incomplètes et pour certaines découvertes en cours d'étude- et d'un suivi préventif de base -le nivellement des ouvrages, interrompu à plusieurs reprises- ont permis de limiter l'étendue des investigations au strict nécessaire.

Pour conclure, même pour cette étude où des éléments partiels d'archives et de suivi existaient, il apparaît clairement que la mise en place, dès la construction, d'un suivi préventif organisé permet des économies importantes et prolonge, par l'optimisation de la maintenance et la connaissance permanente de l'état réel des structures, la durée de vie.