



HAL
open science

Diagnostic approfondi du génie civil du réservoir sur tour de Bois Bourgeot

Angèle Marinho

► **To cite this version:**

Angèle Marinho. Diagnostic approfondi du génie civil du réservoir sur tour de Bois Bourgeot. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2021. dumas-03604780

HAL Id: dumas-03604780

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03604780v1>

Submitted on 10 Mar 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES



Diagnostic approfondi du génie civil du réservoir sur tour de Bois Bourgeot

SIAEP de DECIZE / SAINT LEGER DE VIGNES / CHAMPVERT (58, FRANCE)

MARINHO Angèle

Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme d'ingénieur de l'ENGEES, spécialisation
exploitation et travaux

Stage réalisé du 11 janvier au 9 juillet 2021 à Altereo

Remerciements

Je souhaite remercier l'intégralité de l'équipe d'Altereo Nancy pour son accueil chaleureux et bienveillant. Vous m'avez permis de réaliser ce stage dans des conditions optimales et un excellent cadre de travail.

Je remercie tout d'abord mon Maitre de stage, Nicolas BRUNET, pour son accompagnement et ses conseils.

Je n'oublie pas l'intégralité de l'équipe GPATO, Eléonore, Jérémy, Léa et Nicolas de m'avoir fait découvrir ce milieu, accompagnée sur le terrain, prodigué de nombreux conseils et surtout fait passer de bons moments.

Je remercie aussi l'équipe Etude, notamment les petits jeunes, Bruno, Kévin et Claire-Lise, pour leur bonne humeur malgré quelques grognements, leurs rires et les bons moments que nous avons partagés.

Je remercie mon référent école Marwan FAHS pour son suivi, ses réponses et ses conseils lors de nos échanges.

Je remercie ma famille et Floran de m'avoir soutenue tout au long de mon parcours.

Merci à mes amis et à l'ENGEES de m'avoir accompagnée tout au long de ces dernières années. Le Quai Koch me manquera.

Enfin je remercie mes parents et Valérie pour leurs relectures de ce rapport.

Résumé

Diagnostic approfondi du réservoir sur tour de Bois Bourgeot

À la suite de l'effondrement d'une partie de l'isolation thermique extérieure du réservoir de Bois Bourgeot, le Syndicat Intercommunal d'Adduction d'Eau Potable de DECIZE – SAINT LEGER DES VIGNES – CHAMPVERT a souhaité engager un diagnostic approfondi de son réservoir. Enjeu crucial pour la continuité de service et l'exploitation du réservoir en toute sécurité, le diagnostic approfondi est composé d'un diagnostic visuel accompagné d'outils d'auscultation. Ainsi, une inspection de l'ouvrage permettant le relevé des désordres, la compréhension et la priorisation des pathologies ainsi que la mise en œuvre d'essais radar, de sondages et de carottages a permis de mettre en avant des désordres parfois avancés au niveau des voiles de la cuve et de la coupole de couverture qui ne sont cependant pas révélateur d'une modification du comportement de la structure. Un traitement d'urgence est cependant nécessaire pour le décollement de l'isolation thermique en extérieur du voile de la cuve. Un programme de réhabilitation et son coût associé traitant du génie civil de l'ouvrage, de l'hydraulique, des moyens d'accès ainsi que de l'environnement et de la sécurisation du site permettent de décrire les travaux à envisager. Ceux-ci sont, au niveau du génie civil, à effectuer principalement en extérieur de la cuve. Une partie des moyens d'accès doit être modifiée afin de garantir la sécurité de l'exploitation du réservoir et l'hydraulique vieillissante nécessite d'être remplacée.

Abstract

Detailed diagnostic of the Bois Bourgeot potable-water reservoir

Succeeding the collapse of a part of the exterior thermal insulation of Bois Bourgeot potable water reservoir, the potable water supply syndicate "Syndicat Intercommunal d'Adduction d'Eau Potable" of DECIZE – SAINT LEGER DES VIGNES – CHAMPVERT aimed to establish a detailed analysis of the reservoir. Given the fact that this is a critical issue for water supply continuity and the safe exploitation of the reservoir, the investigation constituted of a visual inspection, along with concrete auscultation tools. It emphasized on the exploration of the structure allowing the detection of several defects, the understanding and prioritization of pathologies, as well as the implementation of radar tests, surveys and coring, which facilitated the distinguishment of certain defects that were sometimes advanced. The advanced defects were mainly observed around the walls of the tank and the dome of the reservoir; however, they do not reveal changes in the behavior of the structure. Nonetheless, it is crucial to establish an emergency repair plan for the collapse of the exterior thermal insulation of the walls of the tank. A rehabilitation program and its associated cost targeting the civil engineering of the structure, the hydraulics, the means of access, as well as the environment and site security should be put in place in order to envision the required construction. The civil engineering, in particular, needs to be carried out mainly outside the tank. Moreover, the aging hydraulics need to be replaced and some of the means of access must be modified to ensure the safe operation of the reservoir.

Table des matières

| | |
|--|----|
| Liste des figures | 6 |
| 1. Introduction | 9 |
| 1.1. Problématique | 9 |
| 1.2. Structure d'accueil : Altereo | 10 |
| 1.3. Objectifs | 11 |
| 2. Méthodologie..... | 13 |
| 2.1. Enjeux du diagnostic d'un ouvrage | 13 |
| 2.2. Décomposition de la mission de diagnostic approfondi d'un ouvrage..... | 15 |
| 2.3. Compilation et analyse fine des documents existants..... | 16 |
| 2.4. Diagnostic visuel in situ..... | 16 |
| 2.4.1. Etat de l'existant | 16 |
| 2.4.2. Relevé et identification des désordres | 17 |
| 2.5. Auscultation et essais complémentaires | 20 |
| 2.6. Préconisation des travaux et réhabilitation de l'ouvrage..... | 27 |
| 3. Mise en œuvre de la méthodologie au réservoir sur tour de Bois Bourgeot | 29 |
| 3.1. Description de l'ouvrage | 29 |
| 3.1.1. Description du génie civil de l'ouvrage | 29 |
| 3.1.2. Environnement immédiat | 32 |
| 3.2. Compilation et analyse fine des documents existants..... | 33 |
| 3.3. Récolement de l'ouvrage – Etat de l'existant | 36 |
| 3.3.1. Données dimensionnelles | 36 |
| 3.3.2. Couverture photographique | 36 |
| 3.4. Diagnostic de l'ouvrage – Relevé et identification des désordres..... | 37 |
| 3.4.1. Modalités d'intervention | 37 |
| 3.4.2. Génie- civil : Extérieur de l'ouvrage | 38 |
| 3.4.3. Génie- civil : Intérieur de l'ouvrage..... | 40 |
| 3.4.4. Autres équipements..... | 41 |
| 3.4.5. Sécurisation du site | 43 |
| 3.5. Auscultation et essais complémentaires | 44 |
| 3.5.1. Essais radar | 45 |
| 3.5.2. Sondage et front de carbonatation..... | 46 |
| 3.5.3. Essais en laboratoire | 47 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.5.4. | Synthèse des résultats | 48 |
| 3.6. | Synthèse du diagnostic approfondi | 49 |
| 3.6.1. | Classification des défauts affectés aux principaux désordres apparents | 49 |
| 3.6.2. | Conclusion à l'issu de la phase diagnostic du génie civil | 50 |
| 3.7. | Préconisation des travaux de réhabilitation de l'ouvrage | 52 |
| 3.7.1. | Réflexion engagée sur les travaux | 52 |
| 3.7.2. | Montant des travaux et coût global d'opération..... | 56 |
| 3.8. | Première approche en phase travaux..... | 57 |
| 3.8.1. | Période de réalisation des travaux | 57 |
| 3.8.2. | Continuité de service | 57 |
| 3.8.3. | Problématique amiante | 57 |
| 3.8.4. | Antennes opérateurs téléphoniques | 58 |
| 4. | Conclusion..... | 59 |
| | Bibliographie..... | 61 |
| | Annexe | 63 |

Liste des figures

| | | |
|-------------|---|----|
| Figure 1 : | Localisation du secteur d'étude..... | 9 |
| Figure 2 : | Localisation de l'ouvrage – le site | 9 |
| Figure 3 : | Implantation du groupe Altereo en France | 10 |
| Figure 4 : | Niveaux de surveillance des ouvrages | 13 |
| Figure 5 : | Processus de dégradation du béton armé | 18 |
| Figure 6 : | Fonctionnement de la réflectométrie radar | 20 |
| Figure 7 : | Fichier radar traité pour mesures d'enrobage et détection de ferrailage | 21 |
| Figure 8 : | Radar géophysique de type EasyScan LT de GSSI | 21 |
| Figure 9 : | Etapes de réalisation d'un essai de cohésion superficiel du béton | 21 |
| Figure 10 : | Nature de la rupture selon la norme NF EN 1542..... | 22 |
| Figure 11 : | Essai de cohésion superficielle du support | 22 |
| Figure 12 : | Les phases de dégradation du béton armé..... | 23 |
| Figure 13 : | Principe du phénomène de carbonatation du béton | 24 |
| Figure 14 : | Mesure du front de carbonatation avec présence d'armatures dans une zone non carbonatée | 24 |
| Figure 15 : | Réalisation d'un carottage dans la tour du réservoir de Bois Bourgeot | 24 |
| Figure 16 : | Prélèvement par carottage dans la tour du réservoir de Bois Bourgeot..... | 24 |
| Figure 17 : | Caractéristiques générales de l'ouvrage – description..... | 29 |
| Figure 18 : | Dénomination des parties d'ouvrage..... | 31 |
| Figure 19 : | Extrait plan emplacement des équipements électriques | 35 |
| Figure 20 : | Modalités en cas de travaux de réparation | 35 |

| | |
|--|----|
| Figure 21 : Récolement de l'ouvrage - extrait plan de récolement – Planche 1..... | 36 |
| Figure 22 : Récolement de l'ouvrage - Orientation des vues..... | 36 |
| Figure 23 : Investigations in-situ et auscultation- Intervention des équipes..... | 37 |
| Figure 24 : Traitement des armatures apparentes corrodées..... | 51 |
| Figure 25 : Schéma de principe des équipements du palier sommital..... | 54 |
| Figure 26 : Sécurisation du site..... | 55 |
| Figure 27 : Première approche en phase travaux – Mats pour antenne..... | 58 |
| | |
| Tableau 1 : Familles de défauts affectées aux désordres apparents..... | 17 |
| Tableau 2 : Niveaux de gravité et classes de défauts affectés aux désordres apparents..... | 19 |
| Tableau 3 : Coefficient fonction du nombre d'essai pour le calcul de la résistance du béton | 25 |
| Tableau 4 : Classe de résistance minimale à la compression en fonction de la classe d'exposition | 25 |
| Tableau 5 : Qualité du béton en fonction de la porosité..... | 26 |
| Tableau 6 : Caractéristiques du réservoir de Bois Bourgeot..... | 30 |
| Tableau 7 : Environnement immédiat du réservoir de Bois Bourgeot | 32 |
| Tableau 8 : Liste des documents existants transmis..... | 33 |
| Tableau 9 : Relevés des désordres - bâtiments techniques..... | 38 |
| Tableau 10 : Relevés des désordres – Extérieur - Cuve | 39 |
| Tableau 11 : Relevés des désordres - Intérieur – Tour | 40 |
| Tableau 12 : Relevés des désordres - Intérieur – Cuve..... | 41 |
| Tableau 13 : Relevés des désordres - Autres équipements – Hydraulique | 41 |
| Tableau 14 : Relevés des désordres - Autres équipements - Moyens d'accès permanents - serrurerie et menuiserie | 42 |
| Tableau 15 : Relevés des désordres - Sécurisation du site | 43 |
| Tableau 16 : Auscultation complémentaire - liste des essais réalisés..... | 44 |
| Tableau 17 : Auscultation complémentaire - résultats des mesures d'enrobage par auscultation radar | 45 |
| Tableau 18 : Auscultation complémentaire - résultats des sondages destructifs..... | 46 |
| Tableau 19 : Auscultation complémentaire - Analyse de la résistance à la compression | 47 |
| Tableau 20 : Relevés des désordres - Synthèse - tableau de classification des principaux désordres..... | 49 |
| Tableau 21 : Paramètres du dimensionnement du revêtement d'imperméabilisation du voile | 52 |
| Tableau 22 : Montant des opérations..... | 56 |

1. Introduction

1.1. Problématique

Le **Syndicat Intercommunal d'Adduction d'Eau Potable de DECIZE – SAINT LEGER DES VIGNES – CHAMPVERT**, désigné par « SIAEP » par la suite dans le présent mémoire, créé en 1946, gère le service de distribution d'eau potable en régie. Il est composé des communes de Decize, Saint Léger des Vignes et Champvert. Il détient dans son patrimoine le réservoir sur tour de Bois Bourgeot.

Le SIAEP est un syndicat se situant en Bourgogne-Franche-Comté, dans le département de la Nièvre (58) (cf. figure 1). Il gère en régie le service de distribution de l'eau potable pour les communes de Decize, Saint-Léger-des-vignes et Champvert situé au sud du département à proximité de Nevers.

Le syndicat comptait environ 2 746 habitants desservis en 2019 [1]. Les communes sont alimentées en eau potable par 3 puits situés sur la commune de Decize. Deux réservoirs de stockage permettent de desservir la population en eau potable, un réservoir semi-enterré composé de deux cuves et un réservoir sur tour. Ils possèdent tous deux la même localisation géographique.



Figure 1 : Localisation du secteur d'étude

Source : Géoportail (sans échelle) – 2021

La présente étude porte sur le réservoir sur tour détenu dans le patrimoine du SIAEP nommé **réservoir sur tour de Bois Bourgeot**. Le réservoir se situe plus précisément sur le territoire de la commune de Decize, au sommet d'un coteau le long de la route du Bois Bourgeot, au nord de l'agglomération (cf. figure 2).

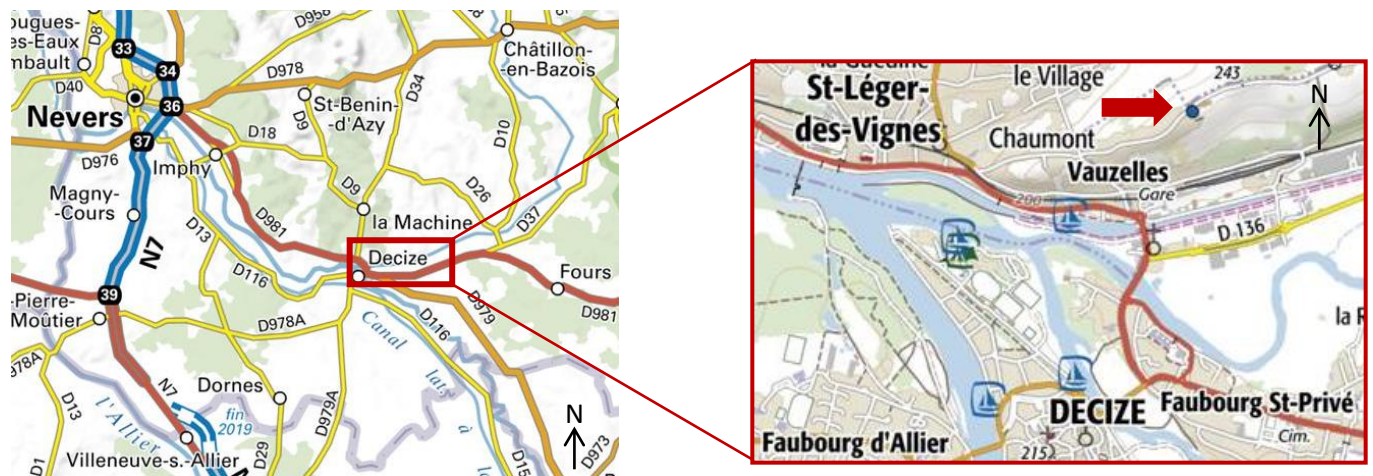


Figure 2 : Localisation de l'ouvrage – le site

Source : Géoportail (sans échelle) – 2021

Le réservoir de Bois Bourgeot est un réservoir sur tour en béton armé **d'environ 32 mètres construit entre 1959 et 1963**. De type tronc conique inversé, il possède une cuve de capacité de stockage d'environ **300 m³**.

L'ouvrage a fait l'objet de travaux de réhabilitation en 1996 réalisés par l'entreprise SADE, qui ont notamment porté sur l'étanchéité de la coupole et une partie de l'hydraulique (colonnes montantes). En 2007, l'entreprise ETANDEX a réalisé des travaux portant sur l'étanchéité de la cuve et la réfection du parement extérieur. Enfin, en 2017, des travaux, réalisés par l'entreprise SAS HYDR'ELEC ont porté sur le remplacement des pompes et de leur hydraulique.

En août 2019, le SIAEP a subi un incident majeur sur le réservoir de Bois Bourgeot. **Une partie de l'isolation thermique extérieure s'est effondrée**, endommageant sérieusement l'auvent situé au pied du réservoir. Aussi, afin de pouvoir comprendre l'origine du sinistre et d'envisager des travaux de réhabilitation sur son ouvrage, le SIAEP a souhaité engager **un diagnostic approfondi du Génie Civil** afin de répondre à la question suivante : **Quelles sont les pathologies du réservoir de Bois Bourgeot et quel est le programme de réhabilitation adéquat ?**

1.2. Structure d'accueil : Altereo

Dans ce contexte, l'entreprise Altereo réalise le diagnostic approfondi du génie civil de Bois Bourgeot.

Fondé en 1989 sous le nom de G2C environnement, Altereo est un groupe indépendant de conseil, d'ingénierie et d'innovation aux domaines d'activités variés : Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement, Appui aux Politiques Publiques, Développement Durable de la Ville et du Territoire, Edition de Solutions d'Intelligence géographique. Avec environ 180 collaborateurs, le groupe est implanté dans toute la France notamment à Maxéville (cf. figure 3) où se situe l'agence Nord-Est, exerçant dans l'ingénierie de l'eau et de l'environnement.

Altereo s'est spécialisé depuis maintenant plus de 10 ans dans le domaine de la **gestion patrimoniale des ouvrages de génie civil de la filière eau** par le biais de son département Pathologie – Diagnostic – Réhabilitation.



Figure 3 : Implantation du groupe Altereo en France

Source : altereo.fr - 2021

1.3. Objectifs

La présente étude a pour objectif la réalisation de :

- **La conduite d'un diagnostic visuel détaillé du génie-civil de l'ouvrage et des équipements associés (serrureries, menuiseries, huisseries, hydraulique, ...) comprenant la réalisation d'un plan de récolement complet du réservoir, l'identification, la définition de leur origine et la localisation précise des pathologies ;**
- **La conduite d'un programme d'auscultations complémentaires ciblé et cohérent, conduit en parallèle du diagnostic visuel ;**
- **La classification des désordres rencontrés ;**
- **La proposition d'un programme de travaux, argumenté et justifié, visant la réhabilitation complète de l'ouvrage et des équipements associés ;**
- **Le chiffrage des travaux selon un Devis Quantitatif Estimatif et sur la base d'Avants Métrés précis.**

Afin de répondre à ses objectifs, la méthodologie appliquée au diagnostic d'un réservoir repose sur une analyse historique de l'ouvrage couplée à une inspection visuelle permettant de relever les désordres présents ainsi que leur gravité. De plus, des moyens d'auscultation peuvent être mis en œuvre dans le but d'analyser les matériaux de l'ouvrage, son comportement structurel, et de mettre en place des tests liés aux pathologies rencontrées.

La présente étude traite du diagnostic approfondi du réservoir sur tour de Bois Bourgeot et est composée de deux parties suivant l'introduction. Dans un premier temps, un état de l'art de la méthodologie du diagnostic de génie civil des réservoirs sera présenté. Dans un second temps, l'application de la méthodologie au réservoir de Bois Bourgeot sera abordée.

2. Méthodologie

2.1. Enjeux du diagnostic d'un ouvrage

L'état des réservoirs d'eau potable est intimement lié aux risques de contamination. Des infiltrations par des fissures, la formation de dépôt, le développement d'algues ou encore l'intrusion d'animaux ou la possibilité d'actes de vandalismes sont autant de risques liés à cet état.

C'est pourquoi un ouvrage doit tout d'abord être réalisé dans le but d'être la plus durable possible, c'est-à-dire de satisfaire ses fonctions au cours du temps de manière constante tout en étant résistant aux différentes agressions et sollicitations induites par l'environnement. Cette durabilité dépend donc de l'environnement et du niveau de maintenance mis en place. Elle concerne pour un réservoir aussi bien les revêtements d'étanchéité que la structure [2].

Afin de satisfaire son aptitude au service au cours de sa durée de vie prévue, la mise en place d'inspection programmée et son entretien sont nécessaires [3]. Le nettoyage et la désinfection d'un réservoir sont par ailleurs une obligation réglementaire du Code de la santé publique [4], d'après l'article R1321-56, à réaliser au moins une fois par an.

Différents niveaux d'évaluation vont permettre de suivre l'évolution de l'ouvrage [5] comme le montre la figure 4. Ceux-ci ont pour principal objectif d'informer le maître d'ouvrage de l'état de son patrimoine afin que des moyens soient mis en œuvre en conséquence. Ainsi, la mise en avant des différentes pathologies de l'ouvrage va permettre d'avoir connaissance des risques présents, de répondre et/ou d'éviter une situation de crise, et enfin d'estimer et d'engager des travaux de réhabilitation si nécessaire.

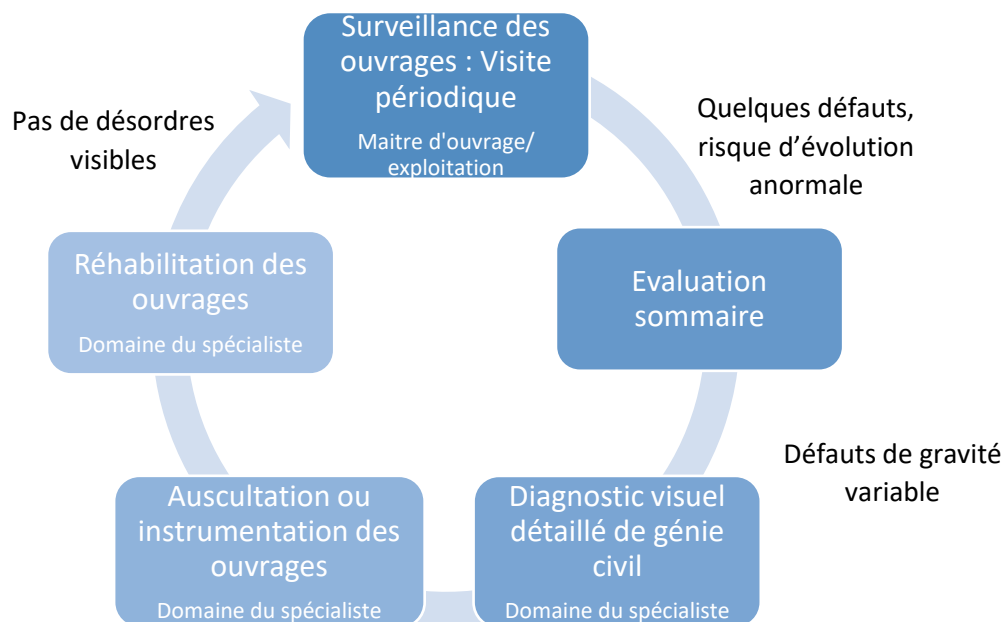


Figure 4 : Niveaux de surveillance des ouvrages

Source : D. Savoye, Pathologie, diagnostic et réhabilitation des ouvrages de la filière eau, 2016.

Dans un premier temps, l'exploitant doit réaliser des inspections périodiques de l'ouvrage. Dans un second temps, des évaluations sommaires peuvent être mise en place lors de l'apparition de défauts. Celles-ci vont permettre de prendre connaissance de l'ouvrage et de son évolution par le biais d'un examen visuel simplifié. En cas de désordres importants, la nécessité de réaliser un diagnostic détaillé est alors mise en avant.

Le **diagnostic visuel détaillé** de génie civil porte sur la quantification et le niveau de gravité des différents désordres. Il consiste en :

- L'analyse des documents existants relatifs à l'ouvrage ;
- L'inspection de l'ouvrage et de son environnement ;
- Le relevé de la nature, la situation, l'étendue et la gravité des différentes pathologies ;
- La détermination de l'origine probable des désordres ;
- Une couverture photographique ;
- La rédaction de fiches techniques d'évaluation et de synthèse ;
- Le chiffrage des solutions de réparation.

Lorsque le diagnostic visuel détaillé n'est pas suffisant pour la compréhension de l'origine des pathologies et la proposition du chiffrage des travaux à envisager celui-ci doit être accompagné des **outils d'auscultations et d'instrumentation** afin de s'intéresser plus particulièrement aux matériaux et au comportement structurel de l'ouvrage. On parle alors de **diagnostic approfondi**. Celui-ci comprend les différentes étapes du diagnostic visuel détaillé citées précédemment ainsi que :

- L'analyse des caractéristiques physico-chimiques des matériaux ;
- L'analyse des zones saines et altérées des matériaux ;
- La mise en place de tests liés aux différentes pathologies suivant le type d'ouvrage étudié ;
- Un recalcul de l'ouvrage si cela s'avère nécessaire.

Ainsi, la réalisation de diagnostic dans le cadre de la gestion patrimoniale des ouvrages va permettre d'informer le maître d'ouvrage sur l'état de son patrimoine, d'appréhender les risques éventuels, de répondre à une situation de crise et d'estimer/ engager des travaux de réhabilitation.

2.2. Décomposition de la mission de diagnostic approfondi d'un ouvrage

La mission de diagnostic se décompose de la manière suivante [6]:

- **Compilation et analyse fine des documents existants**

L'analyse préalable des documents existants portant sur la construction, les réparations ou encore l'exploitation de l'ouvrage est importante. Elle permet la compréhension de la réalisation et du fonctionnement de l'ouvrage ainsi que de l'apparition des pathologies.

- **Conduite du diagnostic visuel in situ**

Le diagnostic visuel in situ permet dans un premier temps d'analyser l'environnement de proximité de l'ouvrage qui peut avoir une grande influence sur son comportement. Dans un second temps, le relevé des cotes, l'identification et la localisation des désordres sont effectués de manière structurée par partie d'ouvrage en distinguant les extérieurs des intérieurs. Chaque désordre est pris en photo et son implantation relevée sur un croquis. Il est ensuite relié à un niveau de gravité.

- **Auscultation de structure**

L'auscultation de structure est effectuée lors du diagnostic visuel in situ. Celle-ci est ciblée par le biais d'une phase de reconnaissance initiale permettant de déterminer les types et quantités d'essais à réaliser. Elle a pour objectif de déterminer le comportement de la structure mais aussi les paramètres des matériaux et peut comporter des auscultations radar, des essais de cohésion d'adhérence des supports (béton et revêtement de cuve), des sondages destructifs, des essais de carbonatation et des carottages avec analyse de la densité/porosité et de la résistance à la compression. Certains essais nécessitent d'être envoyés en laboratoire pour analyse.

- **Réalisation des livrables**

Un rapport de synthèse du diagnostic est ensuite réalisé regroupant le diagnostic des ouvrages avec l'identification et la gravité des désordres, ainsi que des plans de récolements avec la localisation des désordres, et enfin une préconisation de solution de réhabilitation couplée à un chiffrage des travaux.

2.3. Compilation et analyse fine des documents existants

Dans une phase préalable à la conduite du diagnostic sur site, il est fondamental que le maître d'ouvrage et/ou l'exploitant conduise des recherches d'archives.

Parmi les documents valorisables, peuvent être cités :

- Les plans topographiques ;
- Les rapports d'étude géotechnique ;
- Les cahiers des charges de la construction ;
- L'identité des constructeurs (maître d'œuvre, entreprise, bureau de contrôle) ;
- Les marchés des travaux ;
- Les comptes rendus de chantier ;
- Les photos de chantier ;
- Les Dossiers des Ouvrages Exécutés ;
- Les RPQS (Rapport sur le Prix et la Qualité du Service) ;
- Les analyses de l'eau stockée ;
- Les comptes rendus de nettoyage annuel.

Cette recherche est fondamentale car elle permet de retracer l'évolution de l'ouvrage mais aussi de cibler le diagnostic approfondi et de comprendre les pathologies.

2.4. Diagnostic visuel in situ

Lors du diagnostic visuel in situ, la première étape est la prise de connaissance de **l'environnement de proximité**. En effet, celui-ci peut avoir une forte influence sur l'ouvrage et le développement de ses pathologies. La topographie, le contexte géotechnique, la couverture végétale, la proximité d'une rivière ou encore l'exposition aux intempéries sont autant de variables pouvant conduire à une évolution de l'ouvrage. Dans un second temps, un **échange avec le gestionnaire du site** permet de recueillir des informations quant aux conditions d'exploitations et sa perception de l'évolution de l'ouvrage. Cet échange permet ensuite d'orienter le déroulement du **relevé des désordres**.

2.4.1. Etat de l'existant

Dans l'optique de réaliser un diagnostic efficace, un état de l'existant est mis en œuvre afin de déterminer les caractéristiques structurelles de l'ouvrage. Cet état des lieux a pour objectif de :

- Répertorier les données dimensionnelles de l'ouvrage au niveau
 - Du génie-civil ;
 - De l'hydraulique ;
 - Des moyens d'accès permanents ;
 - Des menuiseries et serrureries.
- La réalisation de plan de recollement
- Une couverture photographique de l'ensemble des parties de l'ouvrage.

Les cotes principales de l'ouvrage sont relevées dans l'optique d'établir un avant métré mais aussi de permettre par la suite un chiffrage des travaux.

2.4.2. Relevé et identification des désordres

Relevé des désordres

En parallèle, l'**examen visuel** peut être réalisé. Il va permettre de mettre en avant l'état général de l'ouvrage. Il porte sur l'intégralité de l'ouvrage tant au niveau du génie civil de la cuve, de la tour ou de la galerie technique. Il est étendu aux équipements hydrauliques et aux serrureries, huisseries et moyens d'accès permanents (échelles, trappes). **Celui-ci est conduit par partie d'ouvrage en distinguant les intérieurs des extérieurs afin de couvrir l'intégralité de l'ouvrage.** Chaque désordre est alors relevé et photographié afin de définir leur étendue et de les situer précisément sur chaque partie d'ouvrage. Un lexique est présenté en *Annexe 1*.

Le relevé des désordres consiste en :

- L'identification des désordres (fissures, épaufrures, ...) ;
- La localisation et l'étendue des désordres permettant leur cartographie précise ;
- La définition de leur origine ;
- La définition de leur niveau de gravité (échelle du CEMAGREF).

Au niveau du génie civil, le béton armé présente généralement des désordres tels que des fissures, des épaufrures, des efflorescences ou des éclats de béton. Les désordres apparents peuvent être classés en trois grandes familles en fonction de leur origine (cf. tableau 1):

Tableau 1 : Familles de défauts affectées aux désordres apparents

Source : Altereo

| Famille 1 | Famille 2 | Famille 3 |
|---|---|------------------------------------|
| Les défauts de conception et d'exécution | Les défauts de vieillissement | Les défauts accidentels |
| Absence ou insuffisance d'études préalables | Ambiance agressive | Surcharges non prévues à l'origine |
| Choix des matériaux inadaptés | Air marin | Secousses sismiques |
| Mauvaises hypothèses | Conditions climatiques et thermiques | Chocs mécaniques divers |
| Erreurs ou maladresses de réalisation | Conditions d'exploitation non précisées au départ ou inadaptées | Affaissements, tassements du sol |
| Erreurs de calcul | | |
| Absence ou inadaptation des contrôles | | |

L'environnement du béton a une influence sur l'origine et l'évolution de ces désordres. Le principal risque avec ce matériau est l'exposition des armatures à la corrosion pouvant conduire à moyen terme à une fragilisation excessive de la structure. De ce fait, l'**enrobage des armatures** se doit d'être au minimum de **3 cm** notamment pour les parois soumises à des actions agressives, des intempéries, ou en contact avec des liquides ce qui est le cas pour un réservoir d'eau potable [7].

Le schéma ci-dessous décrit les différents processus de dégradation du béton armé :

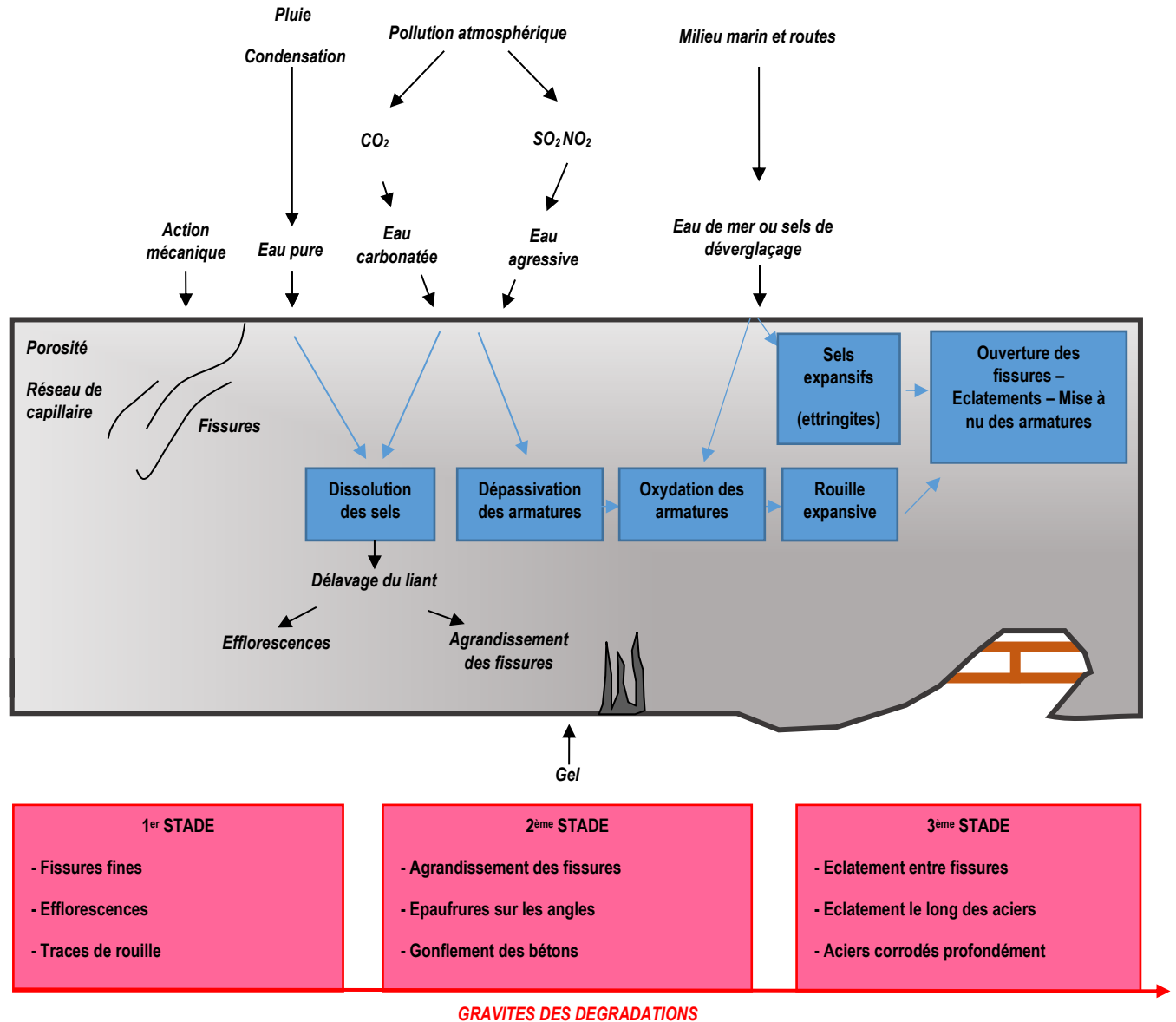


Figure 5 : Processus de dégradation du béton armé

Source : CEMAGREF, Pathologie et réparation des ouvrages en béton de stockage et de transport des liquides, ITBTP, 1995-1996. [8]

Niveau de gravité et classe de défauts affectés aux désordres apparents

A chaque désordre est affecté un niveau de gravité et une **classe de défauts** sur la base de l'échelle proposée par le CEMAGREF en 1995 présentée ci-dessous (cf. tableau 2).

Tableau 2 : Niveaux de gravité et classes de défauts affectés aux désordres apparents

Source : CEMAGREF, Pathologie et réparation des ouvrages en béton de stockage et de transport des liquides, ITBTP, 1995-1996. [8]

| NIVEAU DE GRAVITE | CLASSE DE DEFAUT | COMMENTAIRES |
|-------------------|------------------|--|
| 1 | A | Ouvrage en bon état, sans défaut |
| 1 | B | Défauts existants dès la naissance de l'ouvrage et sans conséquences importantes autres qu'esthétiques |
| 2 | C | Défauts dont l'évolution risque de se faire anormalement |
| 3 | D | Défauts révélateurs d'une évolution de la dégradation de l'ouvrage |
| | D1 | Défauts qui indiquent un début d'évolution |
| | D2 | Défauts qui indiquent une évolution avancée pour des parties d'ouvrages qui ne sont pas au contact des liquides |
| | D3 | Défauts qui indiquent une évolution avancée pour des parties d'ouvrages qui sont au contact des liquides |
| 3 | E | Défauts qui traduisent de façon très nette une modification du comportement de la structure et qui mettent en cause la durée de vie de l'ouvrage |
| 4 | F | Défauts indiquant la proximité d'un état limite et nécessitant soit une restriction d'utilisation de l'ouvrage, soit sa mise hors service |

Cette échelle permet alors de **prioriser les défauts**, tout en accentuant les plus avancés dans l'optique de les traiter en priorité lors des travaux de réhabilitation.

2.5. Auscultation et essais complémentaires

En complément de l'inspection visuel, l'auscultation des ouvrages permet d'analyser les paramètres caractérisant des matériaux et le comportement de la structure. Chaque méthode d'auscultation va permettre d'apporter des précisions sur une caractéristique de l'ouvrage que ce soit au niveau de la composition du béton, la corrosion des armatures ou encore les caractéristiques d'un support. L'utilisation des méthodes d'auscultation est déterminée en cohérence avec la pré-visite de l'ouvrage et le diagnostic visuel.

Des investigations complémentaires sont réalisées par le biais des outils d'auscultation suivant :

- **Réflectométrie radar**

Le radar géophysique est un outil d'auscultation fonctionnant par réflexion des ondes électromagnétiques [6]. Il permet de reconnaître les **sections du béton**, de **détecter les armatures** et les éléments enrobés dans le béton, et de mesurer l'**enrobage résiduel** présent sur les armatures afin de mettre en évidence les éventuels déficits. Cette méthode non destructive fonctionne par le biais d'une antenne d'émission, permettant de générer des ondes électromagnétiques en hyperfréquences, en GHz pour l'étude des structures, et d'une antenne de réception (cf. figure 6). L'onde est réfléchiée par les différentes hétérogénéités telles que le vide ou bien les armatures. Suivant la nature de l'hétérogénéité le signal renvoyé sera de nature différente. Le signal obtenu pour un élément ponctuel sera hyperbolique, continu pour un élément linéaire...

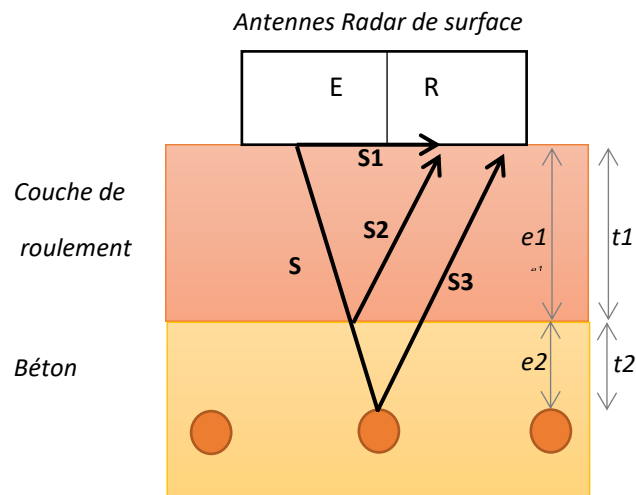


Figure 6 : Fonctionnement de la réflectométrie radar

Lors d'une auscultation radar, il est donc obtenu une carte coupe-temps comportant en abscisse les distances acquises par un système de mesure (roue codeuse) et en ordonnée des temps. L'étude des données se base alors sur la vitesse de propagation des ondes dans les matériaux étudiés et de leurs caractéristiques électriques permettant de traduire le temps en profondeur (cf. figure 7 et 8).

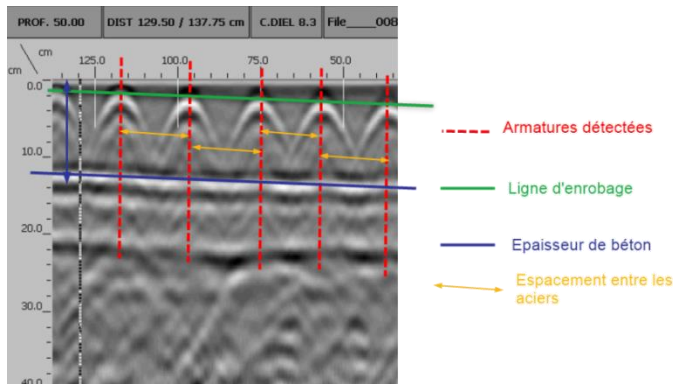


Figure 7 : Fichier radar traité pour mesures d'enrobage et détection de ferrailage

Source : Altereo 2021



Figure 8 : Radar géophysique de type EasyScan LT de GSSI

Source : Altereo 2021

Ainsi, l'épaisseur des enrobages est visualisable et permet de mettre en avant les déficits. La disposition des armatures en X et Y peut aussi être déterminée.

- **Essai de cohésion superficielle du support**

Cette méthode est utilisée pour déterminer la cohésion superficielle d'un support ou d'un revêtement [9]. Il permet de déterminer les **conditions de préparation du support** si la mise en œuvre d'un nouveau revêtement est à prévoir ou d'analyser la durabilité de celui en place. Il est réalisé à l'aide d'un dynamomètre de traction. Ce test consiste en l'application d'une force de traction sur une pastille de 50 mm de diamètre collée sur le support du revêtement étudié (cf. figure 9). L'application d'un effort de traction direct sur la pastille à l'aide d'un dynamomètre de traction permet d'obtenir une force de rupture nécessaire à l'obtention de la contrainte équivalente.



Préparation du support par meulage



Collage d'une pastille à l'aide d'une colle bi-composant



Mesure de la cohésion superficielle à l'aide d'un dynamomètre de traction

Figure 9 : Etapes de réalisation d'un essai de cohésion superficiel du béton

Source : Altereo 2021 Annemasse

Différents types de ruptures peuvent être obtenues, celles-ci sont présentées dans la figure suivante :

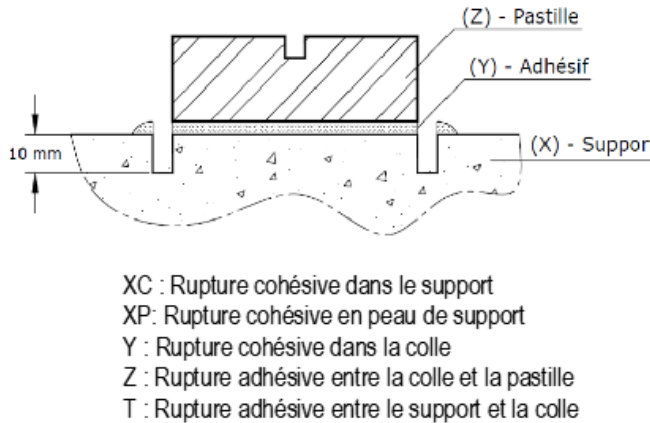


Figure 10 : Nature de la rupture selon la norme NF EN 1542

Source : NF EN 1542



Figure 11 : Essai de cohésion superficielle du support

Source : Altereo 2021 Annemasse

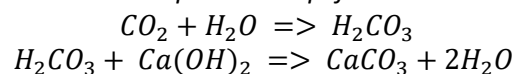
Différents essais sont réalisés et permettent l'obtention d'une contrainte moyenne basée sur les ruptures XC et XP. La valeur minimale nécessaire à l'application d'un revêtement posé par adhérence est de **1,5 MPa** [10].

Ce test est principalement utilisé, notamment lors des diagnostics de réservoir, au niveau des cuves où la présence d'un **revêtement d'imperméabilisation ou d'étanchéité** est courante afin de déterminer ses modalités de remplacement. Lorsque le revêtement doit être remplacé, il est nécessaire de vérifier que le béton possède les caractéristiques nécessaires, c'est-à-dire que la résistance à la traction du support soit supérieure à l'adhérence du revêtement.

- **Mesure de la carbonatation in situ**

Le béton est caractérisé par un pH basique, environ 13 pour un béton neuf. Les armatures présentes dans le béton sont alors passivées, protégées de la corrosion. L'ensemble des réactions chimiques entraînant la pénétration du CO_2 dans le béton engendre la carbonatation du béton (cf. figure 12). Le béton étant constitué de chaux hydratée (Portlandite), les ions carbonates réagissent avec les ions calcium de la chaux entraînant l'**abaissement du pH du béton** [5].

Equation simplifiée



Cette diminution du pH peut alors entraîner la destruction du film de passivation que possède l'armature déclenchant sa corrosion en cas de présence conjuguée d'eau et d'oxygène.

LES PHASES DE DÉGRADATION DU BÉTON ARMÉ

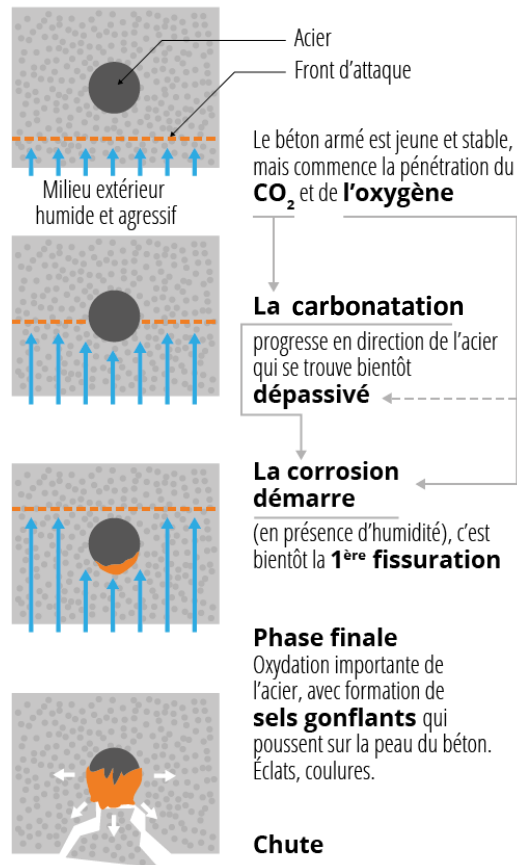


Figure 12 : Les phases de dégradation du béton armé

Source : AQC, Corrosion des armatures du béton armé en façades des bâtiments, Fiches pathologie bâtiment, Structures et gros oeuvre, 2019. [11]

Afin de mesurer la profondeur de carbonatation, de la **phénophtaléine** est appliquée sur une zone de béton découverte depuis peu (cf. figure 14). En effet, la phénophtaléine présente une couleur rose pour un pH supérieur à 9 et incolore pour un pH inférieur à 9. Si la zone pulvérisée est rose, le milieu est basique, il n'y a pas de risque de corrosion des armatures en lien avec la carbonatation. Si la zone pulvérisée est incolore, le milieu est acide, il y a un risque de corrosion des armatures en lien avec la carbonatation.

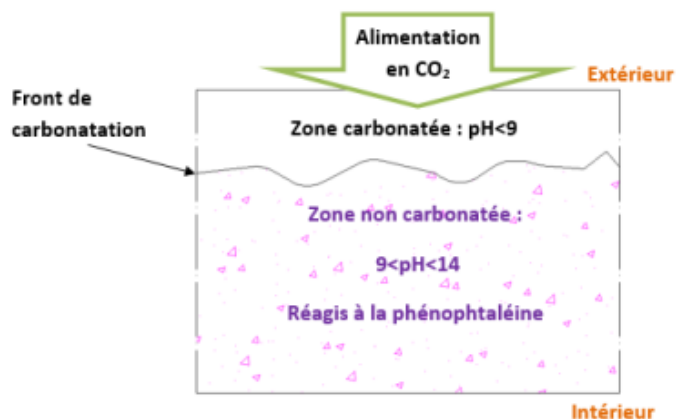


Figure 13 : Principe du phénomène de carbonatation du béton



Figure 14 : Mesure du front de carbonatation avec présence d'armatures dans une zone non carbonatée

Source : Altereo

- **Sondages destructifs et prélèvements de béton**

Afin d'observer les éléments présents à l'intérieur du béton des sondages destructifs sont réalisés. Ils permettent de réaliser différentes mesures telles que la mesure de carbonatation présentée ci-après. Les armatures sont dégagées pour vérifier leur nature, leur diamètre, leur état... Des prélèvements peuvent être effectués pour ensuite être envoyés en laboratoire. Ils vont permettre d'analyser les différentes caractéristiques du béton, par exemple par le biais de mesures de teneurs en chlorures et sulfates ou des mesures de densité/porosité.

Le prélèvement par **carottage** (cf. figure 15 et 16), qui correspond à l'extraction un échantillon de béton sous forme d'un cylindre, est utilisé pour réaliser des tests de résistance en compression ainsi que pour connaître sa masse volumique et sa porosité.



Figure 15 : Réalisation d'un carottage dans la tour du réservoir de Bois Bourgeot

Source : Altereo 2021



Figure 16 : Prélèvement par carottage dans la tour du réservoir de Bois Bourgeot

Source : Altereo 2021

- **Essai en laboratoire**

Les prélèvements destructifs de carottes en béton nécessitent une analyse en laboratoire afin d'analyser la **résistance à la compression d'une carotte de béton** ainsi que sa **masse volumique et porosité**.

- **Résistance à la compression**

En ce qui concerne les essais de résistance à la compression, ils nécessitent au minimum 3 carottes réalisées sur une même zone pour être suffisamment représentatifs. Le diamètre des carottes doit être au minimum supérieur à 3 fois le diamètre nominal du plus gros granulat.

Il convient d'utiliser l'approche B de la norme NF EN 13791/CN [12] qui permet d'estimer $f_{ck, is}$, la résistance caractéristique du béton in situ par la formule suivante :

$$\min \{ f_{m(n), is} - k ; f_{is, min} + 4 \}$$

Avec $f_{m(n), is}$ la résistance moyenne des n éprouvettes

Tableau 3 : Coefficient fonction du nombre d'essai pour le calcul de la résistance du béton

$f_{is, min}$ la résistance la plus faible des n éprouvettes

k un coefficient fonction du nombre d'essai.

| n | k |
|------------|---|
| De 10 à 14 | 5 |
| De 7 à 9 | 6 |
| De 3 à 6 | 7 |

La classe d'exposition d'un ouvrage de génie civil (voir en *Annexe 2*) induit une classe de résistance minimale à la compression (cf. tableau 3).

Tableau 4 : Classe de résistance minimale à la compression en fonction de la classe d'exposition

Source : NF EN 206-1 [13]

| Classe d'exposition | Classe de résistance minimale |
|-----------------------------------|-------------------------------|
| X0 | - |
| XC1 - XC2 | C20/25 |
| XC3 - XC4 - XD1 - XF1 - XF2 | C25/30 |
| XD2 - XS1 - XS2 - XF3 - XF4 - XA1 | C30/37 |
| XD3 - XS3 - XA2 | C35/45 |
| XA3 | C40/50 |

Un ouvrage de génie civil courant doit avoir une résistance à la compression d'au **moins 25 MPa**. En dessous de 25 MPa la résistance du matériau est qualifiée de "relativement faible" et nécessite la mise en œuvre d'investigations complémentaires. En dessous de 20 MPa, le béton n'est plus jugé comme suffisamment résistant. En dessous de 25 MPa, le renforcement de l'ouvrage ou sa démolition doivent être envisagés.

- **Masse volumique et porosité**

La masse volumique apparente du béton traditionnel [13] (rapport entre la masse de matériau et le volume apparent de l'ensemble des grains) est comprise entre 2200 kg/m³ et 2400 kg/m³ après séchage à l'étuve. Classiquement, la valeur retenue dans la littérature est de **2500 kg/m³**.

La porosité du béton (rapport du volume des vides sur le volume total) ainsi que sa composition jouent fortement sur sa sensibilité vis-à-vis du milieu environnant c'est-à-dire aux agents extérieurs mais aussi aux phénomènes physiques, chimique et mécaniques.

La porosité accessible à l'eau des bétons est classée de la manière suivante :

Tableau 5 : Qualité du béton en fonction de la porosité

Source : D. Savoye, Pathologie, diagnostic et réhabilitation des ouvrages de la filière eau, 2016 [5]

| Porosité | Qualité du béton |
|-----------------|--|
| P < 10 % | Excellent <i>(Rare)</i> |
| 10 ≤ P < 12 % | Très bon |
| 12 ≤ P < 14 % | Bon |
| 14 ≤ P < 16 % | Moyen <i>(Influence possible sur les pathologies)</i> |
| 16 ≤ P < 18 % | Médiocre <i>(Influence possible sur les pathologies)</i> |
| P ≥ 18 % | Mauvais <i>(Influence forte possible sur les pathologies)</i> |

2.6. Préconisation des travaux et réhabilitation de l'ouvrage

L'inventaire des désordres et de leur gravité permet d'établir un état des lieux de l'ouvrage. L'analyse de ce diagnostic va permettre, le cas échéant, de déterminer un programme d'action ainsi que les coûts associés. Ce programme se veut le plus complet possible et porte sur les différentes parties de l'ouvrage souffrant de désordres en différenciant les intérieurs des extérieurs. Afin d'être le plus durable possible, ce programme doit permettre de traiter non pas uniquement le désordre mais d'intervenir au niveau de sa cause afin d'éviter une réapparition rapide de ce dernier. Le traitement du désordre visible permettrait seulement de retarder son développement et sa gravité sans le résoudre.

La préconisation des travaux porte à la fois sur :

- Le génie-civil de l'ouvrage ;
- L'hydraulique ;
- Les moyens d'accès permanents suivant le respect des normes NF EN 85-015 [14] et NF EN 85-016 [15] ainsi que les menuiseries et menuiseries ;
- L'environnement et la sécurisation du site.

Concernant les préconisations liées à la sécurisation du site, le guide de l'ASTEE de 2017 [16] présente de nombreuses recommandations quant à la protection des installations d'eau potable. Il s'agit d'une approche de sécurisation des installations d'eau potable qui repose sur un système de multi-barrière avec pour chaque barrière des équipements spécifiques. Les barrières à mettre en œuvre sont les suivantes :

- 1^{ère} barrière : parcelle close ;
- 2^{ème} barrière : bâtiment ou ouvrage ;
- 3^{ème} barrière : limitation de l'accès à l'eau (si possible).

Enfin, le programme de réhabilitation est ensuite associé à un coût de chaque opération en fonction de la superficie et des longueurs à traiter, permettant alors d'estimer le coût global des opérations.

3. Mise en œuvre de la méthodologie au réservoir sur tour de Bois Bourgeot

3.1. Description de l'ouvrage

3.1.1. Description du génie civil de l'ouvrage

Le réservoir de Bois Bourgeot (cf. figure 17) est un réservoir sur tour d'environ **32 mètres construit entre 1959 et 1963**. De type **tronc conique inversé**, il possède une cuve de capacité de stockage d'environ **300 m³**.

L'extérieur de l'ouvrage (tour et voile de la cuve) comporte un revêtement de type enduit finition grattée, recouvert d'un RPG. La coupole de couverture de la cuve comporte un revêtement d'étanchéité de type bitume élastomère par bande SBS. Le voile de la cuve possède une isolation thermique en béton cellulaire maintenu par des armatures de peau et recouvert d'enduit.

L'accès à l'ouvrage s'effectue à partir du niveau P0 de la tour. Des volées d'échelles avec paliers intermédiaires pleins permettent d'accéder au palier sous cuve situé au niveau 4 de l'ouvrage.

La cuve est accessible via une échelle verticale présente dans la cheminée centrale et débouchant sur le palier sommital. Depuis ce palier, une échelle inclinée permet de descendre dans la cuve et une échelle droite d'accéder au lanterneau de la coupole de la cuve.

Le voile de la cuve et le voile de la cheminée d'accès possèdent un revêtement d'étanchéité adhérent à base de liant de synthèse armé stratifié.

L'accès au site s'effectue depuis la route du Bois Bourgeot à Decize. Le site est clôturé et constitué du réservoir sur tour mais aussi d'un réservoir semi-enterré remblayé composé de deux cuves identiques et juxtaposées. Le réservoir sur tour comporte un large auvent au niveau de son entrée, ainsi que des bâtiments disposés autour de la tour. De nombreux équipements de radio-émission sont présents sur la coupole y compris un faisceau hertzien de presque 2 mètres de diamètre.

L'ouvrage a fait l'objet de travaux de réhabilitation en 1996 par la SADE, qui ont notamment porté sur l'étanchéité de la coupole et une partie de l'hydraulique (colonnes montantes). L'ouvrage a fait l'objet de travaux de réhabilitation en 2007 par l'entreprise ETANDEX, qui ont notamment porté sur l'étanchéité de la cuve et la réfection du parement extérieur. L'ouvrage a fait l'objet de travaux en 2017 par l'entreprise SAS HYDR'ELEC, qui ont notamment porté sur le remplacement des pompes et de leur hydraulique.



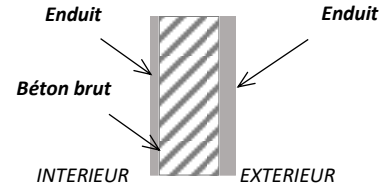
Source : Altereo - 2021

Figure 17 : Caractéristiques générales de l'ouvrage – description

Tableau 6 : Caractéristiques du réservoir de Bois Bourgeot

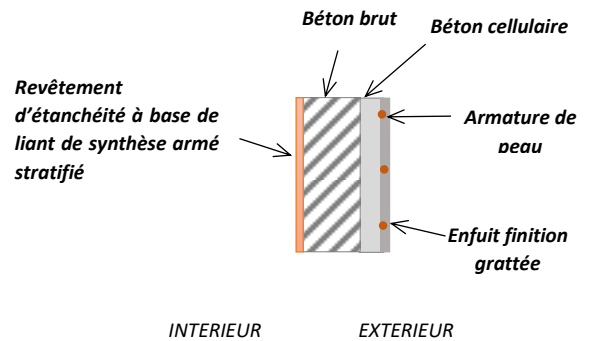
Tour

- Nombre de niveau : 5 (P0 à P4)
1 palier plein au RDC (P0)
3 paliers intermédiaires (P1 à P3)
1 palier plein au niveau du palier sous-cuve (P4)
- Matériaux : Béton armé (environ 13 cm)
- Revêtement extérieur : Revêtement de mortier de liant hydraulique de type enduit finition grattée (environ 2 à 3 cm en extérieur et 1 cm en intérieur)
- Paliers intermédiaires : Dalle pleine en béton armé portée par deux poutres
- Accès : Porte d'accès sur façade est
- Éclairage : Éclairage présent au palier P0 (RDC) et au niveau du palier sommital, naturel aux paliers P1 à P4



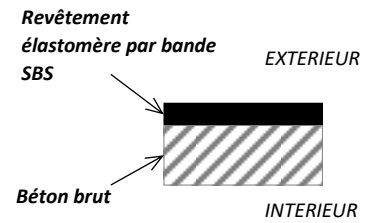
Cuve

- Type : Tronc conique inversé
- Matériaux : Béton armé
- Revêtement intérieur : Revêtement d'étanchéité à base de liant de synthèse armé stratifié
- Revêtement extérieur : Isolation thermique en béton cellulaire (5 cm d'épaisseur) maintenu par des armatures de peau et recouverte d'enduit finition grattée (3 – 4 cm)



- Couverture :

Coupole de couverture avec revêtement d'étanchéité de type bitume SBS



- Accès :

Via le palier sous cuve au moyen d'une plateforme et d'une échelle verticale dans la cheminée puis d'une seconde échelle depuis le palier sommital pour l'accès au fond de cuve

Hydraulique

- Type :

Alimentation, Distribution et Trop-plein/Vidange

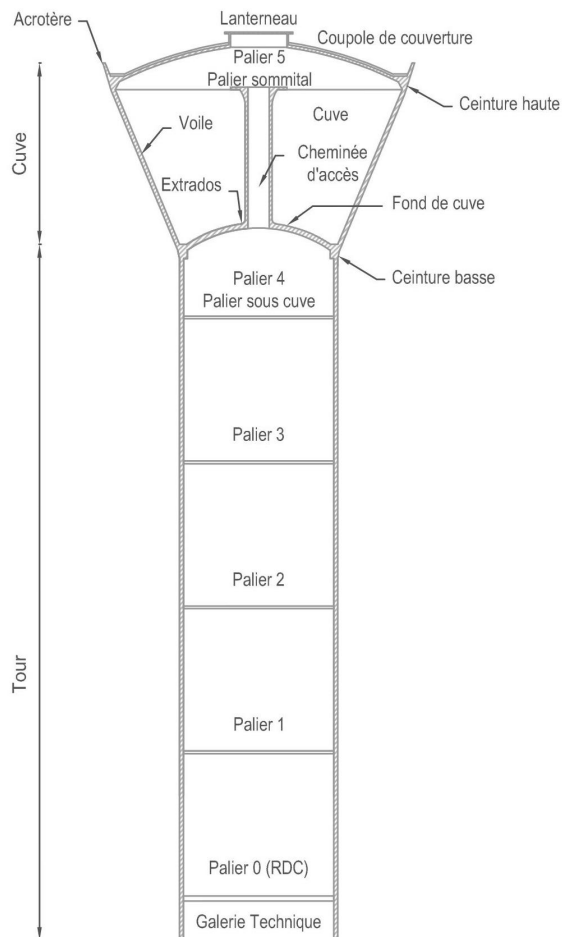
- Matériaux :

Fonte DN 200/150 mm

Un schéma présenté en *Annexe 3* peut être déplié en parallèle du présent rapport afin de définir les différents éléments de terminologie de l'ouvrage (cf. figure 18).


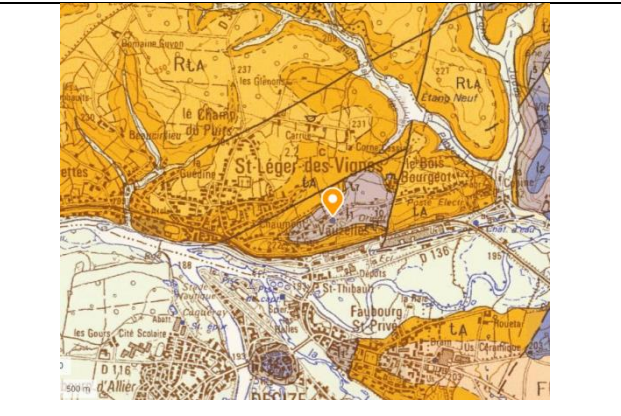
Figure 18 : Dénomination des parties d'ouvrage

Source : Altereo



3.1.2. Environnement immédiat

Tableau 7 : Environnement immédiat du réservoir de Bois Bourgeot

| | | |
|-----------------------------|---|---|
| Coordonnées (Lambert 93) | NGF X : 735759 - Y : 6637937 - Z : 242 m NGF (radier) et 272 NGF (trop-plein) | |
| Foncier | Public – Section AP parcelles n°0104 et 0105 Surface : ≈ 3460 m ² |  |
| Topographie | Pente < 5 % sur le site | |
| Géologie | l1 : Calcaire gréseux, calcaire oolitique et bioclastique à mollusques, calcaire micritique (Hettangien) ; accessoirement (au Nord de la feuille) grès fin lenticulaire à la base (Rhétien) |  |
| Hydrogéologie | Le réservoir sur tour du SIAEP se situe au-dessus de l'entité hydrogéologique dénommée Argiles et grès indifférenciés du Keuper (Trias supérieur) à l'ouest et au sud du Bassin Parisien. Il s'agit d'une unité aquifère à parties libres et captives, de thème sédimentaire. | |
| Hydraulique | L'ouvrage ne semble pas exposé aux ruissellements superficiels. | |
| Voisinage | L'ouvrage est implanté en bordure de zone résidentielle, à proximité de pâturages en bord de chemin. Les premières habitations sont situées à moins de 30 m de celui-ci. Un point de vue avec table d'orientation est installé au niveau du réservoir semi enterré. | |
| Accès | L'accès au site s'effectue depuis la route du Bois Bourgeot. Le site est clôturé. | |

3.2. Compilation et analyse fine des documents existants

Les documents permettant de retracer l'historique de l'ouvrage sont les documents suivants :

Tableau 8 : Liste des documents existants transmis

| Titre du document | Date |
|---|------|
| Plan en coupe 1/50 du réservoir de Bois Bourgeot | - |
| Factures de l'entreprise SADE pour la réfection de l'hydraulique et de l'étanchéité de la coupole | 1996 |
| Factures de l'entreprise ETANDEX pour la réfection de l'étanchéité de l'intérieur de la cuve, de la sous face de la coupole et de l'enduit extérieur de la cuve | 2007 |
| Factures de L'entreprise SAS HYDR'ELEC pour le renouvellement des pompes, le renouvellement des canalisations d'aspiration des pompes, la mise en place d'un analyseur de chlore et le renouvellement de l'armoire électrique | 2017 |
| Convention d'occupation INFRACOS pour le matériel BOUYGUES | 2019 |
| Projet de BAIL avec ORANGE et la délibération du Conseil Syndical | 2016 |
| Lettre de demande de retrait du matériel INFRACOS et lettre de résiliation de BAIL | 2021 |

- **Plans de l'ouvrage (Annexe 4)**

Le plan permet d'acquérir des informations sur les dimensions générales des ouvrages. Il s'agit d'un plan en coupe de type 1/50. Celui-ci n'est pas daté. D'après ce dernier le réservoir mesure 32.43 m de haut avec un radier à 242.5 m et un trop plein à 272.7 m. Les fondations du réservoir consistent en semelles rectangulaires avec glacis allant jusqu'à une profondeur de 2.80 m. Il est à noter qu'aucune isolation par l'extérieur au niveau du voile n'est présente sur ce plan.

- **Factures de l'entreprise SADE**

D'après les factures de la SADE des travaux de réhabilitation ont été effectués en juin 1996 concernant :

- La réfection des conduites de refoulement, de distribution et de trop plein
- La réfection de l'étanchéité de la couverture du réservoir sur tour

- **Factures de l'entreprise ETANDEX**

D'après les factures de l'entreprise ETANDEX des travaux de réhabilitation ont été effectués en 2007 concernant :

- La réfection du parement extérieur ;
- La réfection intérieure de la cuve ;
- La réfection de la sous-face de la coupole.

Au niveau de parement extérieur, ont été effectuées la préparation des supports, la réparation des éclats de béton, la réfection de l'enduit sur la cuve, une imperméabilisation des bétons de classe I3.

Au niveau de la réfection intérieure de la cuve, ont été effectués la préparation des supports, la réparation des fissures et la mise en œuvre d'une étanchéité de type résine époxy stratifiée. De plus, l'échelle d'accès à la cuve a été remplacée par une échelle à crinoline en matériaux composites.

Au niveau de la réfection de la sous-face de la coupole, ont été effectués la préparation des supports, la réparation des éclats de béton et la mise en place d'une imperméabilisation de type résine époxy. Le capot d'accès à la coupole a été remplacé par un capot en aluminium avec vérins.

- **Factures de l'entreprise SAS HYDR'ELEC**

D'après les factures de l'entreprise SAS HYDR'ELEC des travaux ont été effectués en 2017 concernant :

- Le renouvellement des deux pompes ;
- Le renouvellement des canalisations d'aspiration des pompes ;
- La mise en place d'un analyseur de chlore ;
- Le renouvellement de l'armoire électrique et la mise en place d'une sonde pour permettre le fonctionnement des pompes lors des nettoyages de réservoir.

- **Projet de bail avec ORANGE et délibération du conseil syndical**

Un projet de BAIL entre ORANGE et le SIAEP avait été proposé et approuvé dans l'optique d'annuler et de remplacer le bail signé le 7 novembre 2003 pour une durée de 12 ans.

Les conditions de travaux à effectuer sur le réservoir, les conditions d'arrêts et de déplacements des antennes y sont notifiées :

« En cas de travaux indispensables, touchant les emplacements loués, qui ne pourraient être différés à l'expiration du présent bail et qui seraient nécessaires, conduisant à la suspension temporaire du fonctionnement des équipements techniques mis en place par le Preneur, le Bailleur devra en avertir ce dernier par lettre recommandée avec accusé de réception, six (6) mois avant le début des travaux.

Le Bailleur s'engage, dès à présent, à faire tout son possible pour trouver une solution de substitution pendant la durée d'indisponibilité, afin de permettre au Preneur de transférer et de continuer d'exploiter ses équipements techniques dans des conditions similaires à celles des présentes.

Si aucune solution satisfaisante n'est trouvée, le Preneur pourra, sans préavis, résilier le présent bail par simple lettre recommandée avec accusé de réception, sans que le Bailleur puisse revendiquer un quelconque droit à indemnisation. »

Cette convention a expiré le 31/12/2019 et aucune nouvelle convention n'a été signée.

- **Convention d'occupation INFRACOS**

D'après la convention d'occupation INFRACOS de 2019, une première convention existait depuis 1998. La convention repose sur l'ensemble des équipements techniques suivant : un local technique à l'extérieur du réservoir, des armoires électriques, des câbles, branchements et autres raccordements, 3 antennes radio, 4 faisceaux hertziens fixés sur des mâts sur le réservoir et deux modules sur mât.

Des plans des emplacements sont présentés en annexe de la convention (cf. figure 19) :

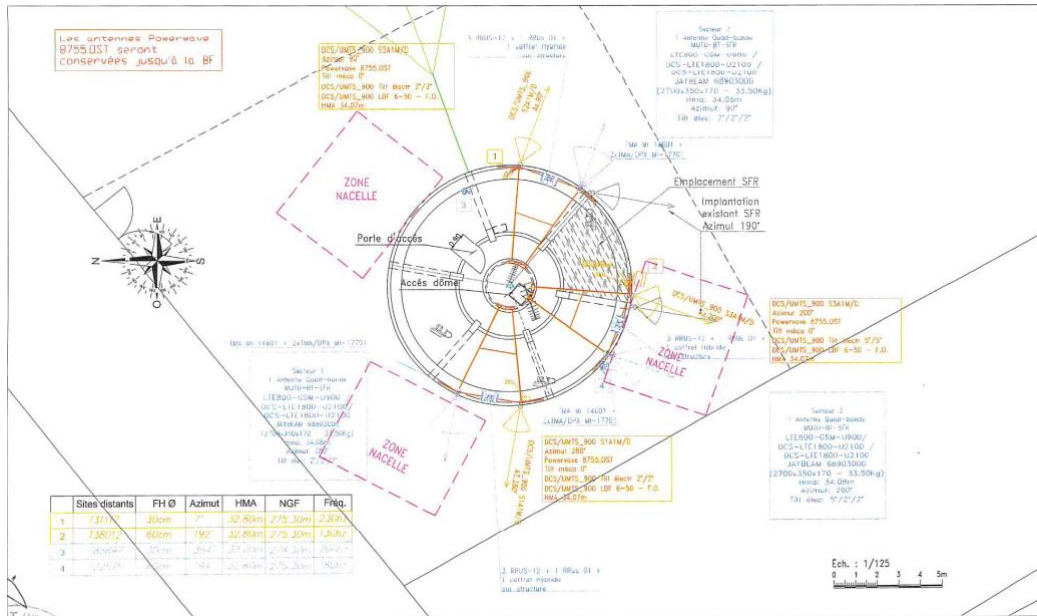


Figure 19 : Extrait plan emplacement des équipements électriques

Source : Convention infracos

Les conditions de travaux à effectuer sur le réservoir, les conditions d'arrêts et de déplacements des antennes y sont notifiées (cf. figure 20) :

5-2 Travaux de réparations effectués par le Contractant

En cas de travaux indispensables à la réparation de l'immeuble et conduisant à la suspension temporaire du fonctionnement des Equipements Techniques, le Contractant en avertira INFRACOS par lettre recommandée avec avis de réception avec un préavis de douze (12) mois avant le début des travaux, en lui précisant leur durée. Ce préavis ne s'appliquera pas en cas de travaux rendus nécessaires par la force majeure.

Les Parties se concerteront pour trouver une solution de remplacement pendant la durée des travaux, afin de permettre la poursuite de l'exploitation des Equipements Techniques.

Au cas où aucune solution de remplacement satisfaisante pour INFRACOS ne serait trouvée, INFRACOS se réserve le droit de résilier la Convention sans contrepartie. En tout état de cause, la redevance sera diminuée à proportion de la durée de suspension du fonctionnement des Equipements Techniques.

A l'issue des travaux, INFRACOS pourra réinstaller les Equipements Techniques, les laisser sur le (les) nouvel(eaux) emplacement(s) trouvé pendant la durée des travaux ou décider sans préavis de résilier la Convention.

Figure 20 : Modalités en cas de travaux de réparation

Source : Convention infracos

- **Lettre de demande de retrait du matériel INFRACOS**

La lettre de demande de retrait du matériel INFRACOS mentionne l'existence de 5 faisceaux hertziens (de 180 cm, 120 cm, 90 cm, 60 cm et 30 cm) et 2 antennes KATHREIN qui ne sont plus en service. L'échéance du bail entre INFRACOS et le SIAEP arrivera à échéance le 29/07/2021.

3.3. Récolement de l'ouvrage – Etat de l'existant

3.3.1. Données dimensionnelles

Les plans de récolement de l'ouvrage (cf. figure 21) sont disponibles en *Annexe 5* (3 planches).

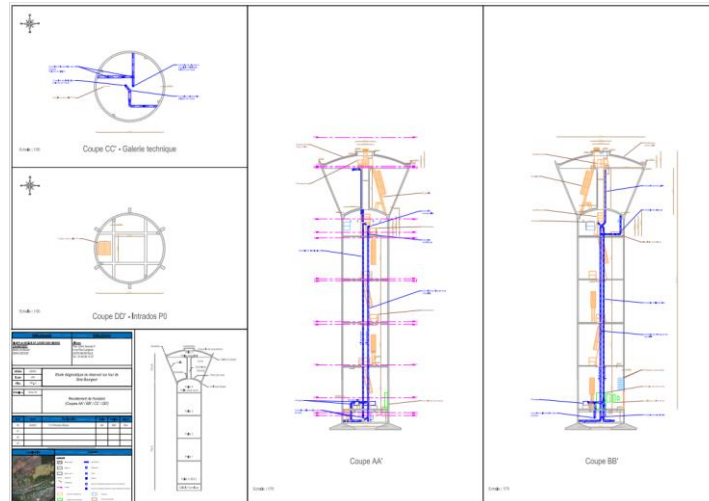


Figure 21 : Récolement de l'ouvrage - extrait plan de récolement – Planche 1

Source : Altereo - 2021

Le site est orienté de la manière suivante :

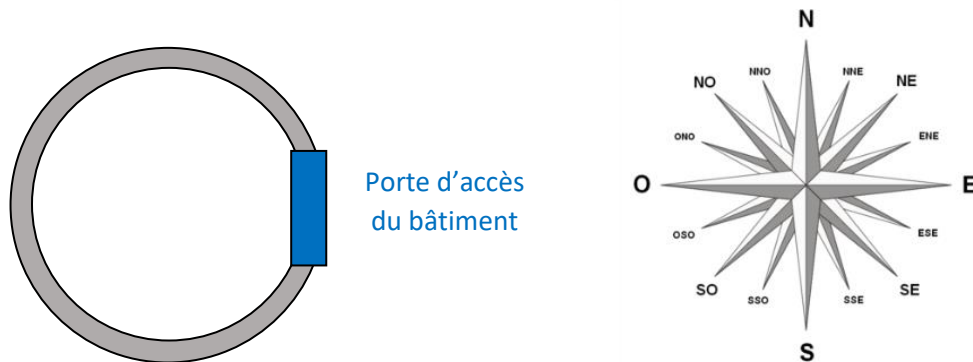


Figure 22 : Récolement de l'ouvrage - Orientation des vues

Source : Altereo – 2021

Les données dimensionnelles de l'ouvrage sont présentées en *Annexe 6*.

3.3.2. Couverture photographique

Une couverture photographique de l'ouvrage comprenant le site, la tour et la cuve de l'extérieur et de l'intérieur est présente en *Annexe 7*.

3.4. Diagnostic de l'ouvrage – Relevé et identification des désordres

3.4.1. Modalités d'intervention

L'intervention s'est déroulée les 06 et 07 avril 2021 par temps ensoleillé.

L'évaluation visuelle détaillée du génie civil a été conduite par une équipe d'Altereo, composée d'une Chargée d'Etudes, d'une Ingénieure d'Etudes et d'une Ingénieure Junior.

Les investigations (cf. figure 23) ont notamment permis :

- D'effectuer un relevé exhaustif du fonctionnement hydraulique de l'ouvrage ;
- De coter l'ensemble des différentes parties de l'ouvrage ;
- D'établir un reportage photographique détaillé.

La location d'une nacelle sur la journée du 6 avril 2021 a permis une inspection visuelle et la réalisation des essais en extérieur au niveau de la cuve. La cuve était vide lors de sa visite.



Analyse du voile de la cuve



Carottage de l'ouvrage

Figure 23 : Investigations in-situ et auscultation- Intervention des équipes

Source : Altereo – 2021

En parallèle du diagnostic visuel, des auscultations complémentaires ont été réalisées par une équipe d'Altereo composée d'un ingénieur Chef de Projet, d'un Technicien. Afin d'optimiser les phases de terrain et la sauvegarde des données, le logiciel QGIS par le biais de l'extension QFIELD a permis la création de fiche d'auscultation à remplir directement sur site sur tablette.

Le matériel utilisé pour le diagnostic visuel est le suivant :

- laser mètre ;
- mètre ruban ;
- fissuromètre ;
- marteau de géologue.

Le matériel utilisé pour les auscultations est le suivant :

- dynamomètre ;
- radar géophysique ;
- meuleuse ;
- marteau et burin ;
- carotteuse et perforateur.

3.4.2. Génie- civil : Extérieur de l'ouvrage

Bâtiments techniques

Le relevé des désordres apparents a été effectué pour les bâtiments techniques. Néanmoins, ceux-ci ne faisant pas partie intégrante de l'ouvrage aucune proposition de réhabilitation ne sera effectuée.

Tableau 9 : Relevés des désordres - bâtiments techniques

| Partie de l'ouvrage concernée | Identification | Situation | ID | Étendue | Origine probable | Classification | | |
|-------------------------------|-------------------------|---|-------------------------|--------------------|--|----------------|--|----|
| Bâtiment technique est | Fissuration de l'enduit | Au droit des jonctions linteaux / blocs d'agglomérats | Fext_3 | 3 ml | Retrait Vieillessement | C | | |
| | | | Fext_20 | 6 ml | | | | |
| Bâtiment technique nord-ouest | Fissuration multiple | Au droit des poutres et raidisseurs | Fext_4 | 8 ml | Dilatation différentielle des matériaux et absence d'armature dans l'enduit à la liaison | D1 | | |
| | | | Fext_21 | 4 ml | | | | |
| Fext_9 | | | 8 ml | | | | | |
| Fext_11 | | | 3 ml | | | | | |
| | | Mur nord | Fext_10 | 4 ml | Vieillessement | | | |
| Bâtiment technique sud-ouest | | Au droit des poutres et raidisseurs | Fext_14 | 3 ml | Dilatation différentielle des matériaux et absence d'armature dans l'enduit à la liaison | | | |
| | | | Fext_15 | 6 ml | | | | |
| | | Bâtiment technique sud-ouest | Fext_16 | 3 ml | Défaut de renfort / différence d'inertie entre les châssis et le béton | | | |
| Bâtiment technique Nord | | Effondrement | Dalle de couverture | Efext_1 | - | | Effondrement isolation extérieure voile cuve | D2 |
| Bâtiment technique ouest | | Fissuration multiple | Au droit des ouvertures | Fext_12 | 1 ml | | Défaut de renfort / différence d'inertie entre les châssis et le béton | D1 |
| | Fext_13 | | | 3 ml | | | | |
| | Décollement enduit | Localisé – mur ouest | DECext_3 | 0,5 m ² | Circulation d'eau en sous-face | C | | |

Cuve

Tableau 10 : Relevés des désordres – Extérieur - Cuve

| Partie de l'ouvrage concernée | Identification | Situation | ID | Étendue | Origine probable | Classification |
|-------------------------------|---|--|----------|----------------------|--|----------------|
| Coupole | Décollement et usure du revêtement d'étanchéité, Fort décollement du revêtement sur chéneau et relevés acrotère | En extrados Sur l'ensemble de manière généralisée | DECest_1 | 95 m ² | Vieillessement | D2 |
| | Présences de nombreux câbles électriques et antennes, encombrement du chéneau | En extrados | - | - | - | - |
| Acrotère | Faïençage de l'enduit | Voile nord | Fext_5 | 5 m ² | Sollicitations thermiques accentuées par méthode de fixation des équipements techniques | D1 |
| | Fissure horizontale périphérique avec épanchement de calcite | Liaison acrotère et ceinture haute est | Fext_1 | 5 ml | Reprise de bétonnage | |
| | Fissure horizontale « réparée » | Voile nord-est | Fext_6 | 5 ml | | |
| Cuve | Fissure horizontale périphérique avec épanchement de calcite | Liaison acrotère et ceinture haute voile est | Fext_2 | 1 ml | | D1 |
| | Fissuration multidirectionnelle avec décollement de l'enduit | Voile nord-est | Fext_7 | 3 ml | Début de décollement du parement thermique sous-jacent | D2 |
| | | | Fext_8 | 5 ml | | |
| | | Voile sud-ouest | Fext_17 | 2 m ² | | |
| | | | Fext_18 | 2 ml | | |
| | Décollement et effondrement de l'isolation thermique | Voile nord-ouest | DECext_2 | 25 m ² | Défaut de conception * (ITE collée et non fixée mécaniquement) Désordre accentuées par des éventuelles circulations d'eau sous-jacente en provenance du chéneau périphérique de la coupole. | E |
| Fissuration horizontale | Liaison tour et voile sud-ouest | Fext_19 | 2 ml | Reprise de bétonnage | D1 | |

3.4.3. Génie- civil : Intérieur de l'ouvrage

Tour

Tableau 11 : Relevés des désordres - Intérieur – Tour

| Partie de l'ouvrage concernée | Identification | Situation | ID | Étendue | Origine probable | Classification |
|-------------------------------|--|---|-----------|--------------------|---|----------------|
| Galerie technique | Présence d'eau et de systèmes racinaires | Généralisé | DESint_1 | 2 m ² | Infiltration, présence d'ouvertures | D1 |
| | | | DESint_2 | 25 m ² | | |
| | Épaufrures avec armatures apparentes corrodées | Intrados P0 | EPAAint_1 | 2 m ² | Défaut d'enrobage des armatures | |
| Palier 1 | Fissuration multidirectionnelle | Au droit de la trappe d'accès et du passage des canalisations | Fint_1 | 6 ml | Défaut de renfort / différence d'inertie entre les réservations et le béton | C |
| | Épaufrures avec armatures apparentes corrodées | intrados P2 | EPAAint_2 | 1 m ² | Défaut d'enrobage des armatures | D1 |
| Palier 2 | Fissuration multidirectionnelle de la chappe mince | Au droit de la trappe d'accès et du passage des canalisations | Fint_2 | 6 ml | Défaut de renfort / différence d'inertie entre les réservations et le béton | C |
| | Épaufrure | Intrados P3 | Epint_1 | 0,5 m ² | Choc | B |
| | Armatures apparentes corrodées | | EPAAint_3 | 0,5 m ² | Défaut d'enrobage des armatures | D1 |
| Palier 3 | Fissuration multidirectionnelle | Au droit de la trappe d'accès et du passage des canalisations | Fint_3 | 6 ml | Défaut de renfort / différence d'inertie entre les réservations et le béton | C |
| | Épaufrures avec armatures apparentes corrodées | Intrados P4 | EPAAint_4 | 2 m ² | Défaut d'enrobage des armatures | D1 |
| | Armatures apparentes corrodées | | AAint_1 | 5 ml | Anciennes accroches | C |
| Palier 4 sous cuve | Fissuration multidirectionnelle | Au droit de la trappe d'accès | Fint_4 | 2 ml | Défaut de renfort / différence d'inertie entre les réservations et le béton | D1 |
| | Epanchement de calcite | Au droit des lucarnes | Fint_7 | 1 m ² | Infiltration | C |
| Tour | Nids de cailloux | Généralisé sur la partie courante du voile | - | 15 m ² | Défaut de mise en œuvre (béton mal vibré) | B |

Cuve

Tableau 12 : Relevés des désordres - Intérieur – Cuve

| Partie de l'ouvrage concernée | Identification | Situation | ID | Étendue | Origine probable | Classification |
|-------------------------------|--|---|------------------|--------------------------|---|----------------|
| Cuve | Relevées sur les traversées non conformes (<15 cm) | Fond de cuve | - | 4 unités | Défauts de conception | C |
| Palier 4 sous cuve | Faïençage de l'enduit | Intrados fond de cuve | Fint_6 | 2 m² | Retrait/ Infiltration (absence de manchette au droit des traversées) | D1 |
| | Épaufrures avec armatures apparentes corrodées | Intrados fond de cuve et cheminée d'accès | EPPAint_5 | 1 m² | Défaut d'enrobage des armatures | C |
| | Fissures avec épanchement de calcite | Intrados fond de cuve | Fint_5 | 0,5 m² | Calcification d'infiltration d'eau datant probablement d'avant la réhabilitation de la cuve | |
| Coupole de couverture | Fissuration avec épanchement de calcite | Intrados coupole - localisées | Fint_8 | 2 ml | Infiltration depuis le chéneau de la coupole | D2 |
| | Épaufrures avec armatures apparentes corrodées | Intrados coupole et dalle lanterneau - localisées | EPPAint_6 | 0,5 m² | Défaut d'enrobage des armatures | D1 |

3.4.4. Autres équipements

Hydraulique

Tableau 13 : Relevés des désordres - Autres équipements – Hydraulique

| Partie de l'ouvrage concernée | Identification | Situation | Étendue | Origine probable |
|-------------------------------|--|-------------------|---|---|
| Alimentation / Distribution | Corrosion de la canalisation | Galerie technique | 6,5 ml 3 coudes 2 vannes | Matériaux sensibles à la corrosion - Vieillessement |
| Trop plein / Vidange | État non vérifiable en raison du calorifugeage | | - | |
| Distribution | État non vérifiable en raison du calorifugeage | Tour | - | |
| Alimentation | | | | |
| Trop plein / Vidange | | | | |
| Distribution | Corrosion | Cuve | 1 crépine 1 manchette de traversée | |
| Alimentation | Etat non vérifiable en raison du revêtement d'étanchéité | | 2 manchettes de traversées | |
| Trop plein | | | | |
| Vidange | Corrosion de la canalisation | | - | |

Moyens d'accès permanents – serrurerie et menuiserie

Tableau 14 : Relevés des désordres - Autres équipements - Moyens d'accès permanents - serrurerie et menuiserie

| Partie de l'ouvrage concernée | Identification | Situation | Étendue | Origine probable |
|-------------------------------|--|----------------------------|------------------|---|
| Crinolines échelles d'accès | Diamètre < 650 mm H départ < 2,3 m Non-conformité à la NF E 85-016 | Tour | 4 unités | Défaut de conception |
| | Absence de continuité des mains courantes Crinoline non montante | Cuve | 1 unité | |
| Échelles d'accès | Largeur < 400 mm Non-conformité à la NF E 85-016 | Tour | 22,2 ml | Matériaux sensibles à la corrosion - Vieillessement |
| | Corrosion | Accès cheminée cuve | 6,7 ml | |
| | | Coupole | 1,9 ml | |
| | | Accès galerie technique | 1,5 ml | |
| Garde-corps | Absence de plinthes Non-conformité à la NF E 85-015 | Tour | 12 unités | Défaut de conception |
| | | Palier accès cheminée cuve | 4 unités | |
| | Disposition non ergonomique Sécurisation faible | Palier sommital | 4 unités | Matériaux sensibles à la corrosion - Vieillessement |
| | Corrosion Disposition non ergonomique Sécurisation faible | | 2 unités | |
| Palier | Corrosion légère palier d'accès à la cheminée de la cuve | P4 | 1 unité | Matériaux sensibles à la corrosion - Vieillessement |
| Serrurerie et huisseries | Corrosion trappe accès galerie technique | P0 | 1 unité | |
| | Corrosion trappe accès coupole | Lanterneau | 1 unité | |
| | Corrosion trappe accès hydraulique | Tour | 3 unités | |
| | Grilles d'aération cassées | Lanterneau | 3 unités | |

3.4.5. Sécurisation du site

Tableau 15 : Relevés des désordres - Sécurisation du site

| Partie de l'ouvrage concernée | Identification | Situation | Étendue | Origine probable |
|-------------------------------|--|--------------------------|--|----------------------|
| Accès site | Clôtures et portail < à 2 m de hauteur Absence d'une partie des clôtures Type de clôture non constant Intrusion aisée depuis la table d'orientation | Périmètre de la parcelle | 230 ml + 105 ml accès table d'orientation | Défaut de conception |
| | Absence de panneaux de restriction d'accès | Accès à la parcelle | 1 unité | |
| Accès cuve | Absence de dispositifs anti-intrusion | Cheminée centrale | 1 unité | |
| Accès tour | Absence de dispositifs anti-intrusion condamnant l'accès aux échelles NF E 85-012 | Tour | 1 unité | |

Une couverture photographique des différents désordres est présentée en *Annexe 8*. Les plans de cartographies des désordres sont présents en *Annexe 5* (3 planches).

3.5. Auscultation et essais complémentaires

Un programme d'auscultation du réservoir a été établi lors d'une pré visite de l'ouvrage. Celui-ci se veut le plus ciblé possible. Les auscultations réalisées sont les suivantes :

Tableau 16 : Auscultation complémentaire - liste des essais réalisés

| Type d'auscultations | Nombre | Localisation | Objectif de l'essai |
|--|--------------|--|---|
| Radar | 17 zones | Extérieur Raidisseur x2 Voile de cuve Acrotère Intérieur Voile tour x2 Planchers de palier x4 et poutre x1 Ceinture basse Cuve x4 Coupole de couverture | Détermination des dispositions constructives portant sur la densité et l'espacement des armatures dans les deux sens ainsi que sur les enrobages Détection éventuelle des vides et cavités |
| Carottages | 3 carottages | Tour | Description macroscopique du béton Détermination de la résistance à la compression, de la masse volumique et de la porosité |
| Sondage destructif ponctuel et détermination de la carbonatation du béton | 4 zones | Voile cuve Raidisseur x2 Tour | Identification de la nature, du diamètre et de l'état de conservation des armatures Evaluer la profondeur de carbonatation du béton et le risque d'exposition des armatures à la corrosion |
| Essais d'adhérence | - | - | Détermination de la cohésion superficielle du support béton afin de déterminer la possibilité de mise en œuvre d'un nouveau revêtement d'étanchéité par adhérence |

A la faveur du diagnostic visuel réalisé dans la cuve ne laissant pas apparaître de désordre sur le revêtement d'étanchéité existant et mis en œuvre en 2007, aucun essai d'adhérence n'a été effectué. Le revêtement en place est considéré comme efficace et ne nécessite donc pas de remplacement.

3.5.1. Essais radar

Le radar utilisé est de type EasyScan LT de chez GSSI et est spécialisé pour l'étude des structures. Ce radar permet de réaliser un profil jusqu'à une profondeur de 50 cm. Il est rappelé que pour être considéré comme suffisant, l'enrobage des armatures doit être d'au moins **30 mm**.

Un exemple des fiches résultats détaillées comportant le profil radar est disponible en *Annexe 9*. Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus :

Tableau 17 : Auscultation complémentaire - résultats des mesures d'enrobage par auscultation radar

| Localisation | | | Épaisseur moyenne relevée* (cm) | Désignation du lit | Espacement (cm) | Enrobage (mm) | Commentaires |
|--------------------------------|----------------------|-----|---------------------------------|--------------------|-----------------|---------------|---|
| Raidisseur au droit de la cuve | Extérieur nord | R1 | 19 | L1 – H | - | 44 | La largeur du raidisseur ne permet pas de détecter la présence d'autres armatures |
| | | | | L2 - V | 40 | 32 | |
| Voile de cuve | Extérieur nord | R2 | 19 | L1 – H | 30 | 28 | Absence de parement thermique |
| | | | | L2 - V | - | 26 | |
| Acrotère | Extérieur nord | R3 | - | L1 – H | 13 | 57 | |
| | | | | L2 - V | 20 | 55 | |
| Raidisseur en pied de tour | Extérieur nord-est | R4 | - | L1 – H | 30 | 55 | |
| | | | | L2 - V | 30 | 22 | |
| Voile tour | Intérieur P1 ouest | R5 | 14 | L1 – H | 20 | 51 | |
| | | | | L2 - V | 20 | 55 | |
| Plancher | P1 | R6 | 10 | L1 – H | 20 | 64 | |
| | | | | L2 - V | 20 | 70 | |
| | P2 | R7 | 10 | L1 – P | 20 | 67 | |
| | | | | L2 - NP | 20 | 73 | |
| | P3 | R8 | 9 | L1 – P | 20 | 42 | |
| | | | | L2 - NP | 20 | 38 | |
| Poutre | Sous-face P3 | R9 | 24 | L1 – P | 20 | 53 | |
| | | | | L2 - NP | 10 | 37 | |
| Plancher | P4 | R10 | 10 | L1 – P | 20 | 86 | |
| | | | | L2 - NP | 20 | 66 | |
| Voile tour | Intérieur P4 | R11 | 14 | L1 – H | 20 | 83 | |
| | | | | L2 - V | 20 | 73 | |
| Ceinture basse | Intérieur P4 | R12 | 30 | L1 – H | 12 | 31 | |
| | | | | L2 - V | 20 | 24 | |
| Intrados fond de cuve | Intérieur P4 | R13 | varie de 22 à 18 | L1 – R | 10 | 36 | |
| | | | | L2 - C | 20 | 57 | |
| Voile de cuve | Intérieur nord-ouest | R14 | 20 | L1 – H | 10 | 133 | |
| | | | | L2 - V | 15 | 100 | |
| | Intérieur est | R15 | - | L1 – H | 10 | 146 | |
| | | | | L2 - V | 15 | 88 | |
| Cheminée accès cuve | cuve | R16 | 11 | L1 – H | 15 | 83 | |
| | | | | L2 - V | 20 | 71 | |
| Coupole de couverture | Intérieur | R17 | 19 | L1 – R | 17 | 17 | Armatures radiale et circulaire |
| | | | | L2 - C | 10 | 15 | |

Au niveau du **voile de cuve endommagé**, les enrobages des armatures relevés révèlent une valeur critique accentuée par la perte du parement thermique. Les analyses radar ont mis en évidence une **épaisseur d'enrobage relativement faible** au niveau de l'intrados de la coupole de couverture et de

l'intérieur de la ceinture basse. En effet, certaines valeurs d'enrobage relevées sont **inférieures à 30 mm**, ce qui peut entraîner une exposition plus importante des armatures au développement des phénomènes de corrosion.

De manière générale, **les enrobages sont néanmoins satisfaisants**, la majeure partie des valeurs relevées est **supérieure à 30 mm** permettant une exposition des armatures vraisemblablement moins importante au développement des phénomènes de corrosion.

3.5.2. Sondage et front de carbonatation

Des sondages permettant de déterminer le type d'armatures présentes couplés à des mesures du front de carbonatation par pulvérisation de phénolphaléine ont été réalisés. Un exemple des fiches descriptives de ces sondages est présente en *Annexe 10*. Le tableau ci-dessous synthétise les résultats obtenus :

Tableau 18 : Auscultation complémentaire - résultats des sondages destructifs

| Localisation | | | Type d'armature V x H | Observation | Front de carbonatation (mm) |
|--------------------------|----------------------|-----|-----------------------|------------------|-----------------------------|
| Voile cuve zone dégradée | Extérieur | S01 | Lisse Ø16 x Lisse Ø8 | Armatures saines | 2 |
| Raidisseur | Extérieur - Face | S02 | Lisse Ø12 x Lisse Ø6 | Armatures saines | 8 |
| | Extérieur - Coté | S03 | Lisse Ø12 x Lisse Ø6 | Armatures saines | 5 |
| Tour | Intérieur - voile P4 | S04 | Lisse Ø8 x Lisse Ø6 | Armatures saines | 46 |

Dans l'ensemble, les résultats obtenus traduisent une épaisseur de béton carbonaté n'excédant pas 8 mm. L'enrobage minimal des armatures sur l'ensemble des surfaces étant bien supérieur à 30 mm, les risques de corrosion des armatures du fait de la carbonatation du béton sont limités.

Au niveau des raidisseurs, le front de carbonatation est faible. L'ajout d'une nouvelle couche d'enduit en 2007 semble avoir enrayé le phénomène de carbonatation du béton.




Au niveau du palier 4 de la tour, le front de carbonatation obtenu est important. Néanmoins, l'enrobage des armatures est supérieur au front de carbonatation. Celui-ci est de 46 mm pour un enrobage minimal de 73 mm, les armatures visibles sont donc saines.

Les sondages destructifs réalisés sur les différentes parties de l'ouvrage ont mis en évidence des armatures présentant un **état de conservation satisfaisant**, notamment vis-à-vis des phénomènes de corrosion. Par conséquent, les risques de corrosion des armatures sur ces structures semblent être limités à l'heure actuelle.

3.5.3. Essais en laboratoire

Les prélèvements ont été effectués par Altereo et ont été analysés par le laboratoire EUROFINS. Les résultats sont synthétisés dans le tableau suivant.

Tableau 19 : Auscultation complémentaire - Analyse de la résistance à la compression

| Localisation | Tour | | |
|--|--|---|--|
| | C1 | C2 | C3 |
| Diamètre moyen de l'échantillon (mm) | 75 | 75 | 75 |
| Résistance à la compression (MPa) (Eprouvette) | 26,9 | 25,7 | 29,7 |
| Porosité ouverte (%) | 13,8 | 14,2 | 13,4 |
| Photographie |  |  |  |

La porosité du béton de la tour, de l'ordre de 14%, n'est pas trop élevée et est représentative d'un béton de bonne qualité.

Il convient de préciser que la durabilité du béton dépend de très nombreux autres facteurs (granulométrie, G/S, nature et dosage en ciment ...). Les autres constats faits par ailleurs (carbonatation, corrosion des armatures) montrent que cette porosité n'est pas un facteur aggravant en terme de dégradation compte tenu de la présence d'un revêtement d'imperméabilisation en extérieur sur les voiles de la tour et de la cuve.

Pour la tour :

$$f_{ck,is,1} = \min\{27,1 - 7 ; 25,7 + 4\}$$

$$f_{ck,is,1} = \mathbf{20,1 MPa}$$

Pour information, cet ouvrage de génie civil correspond à la classe d'exposition XC1 ce qui induit une classe de résistance minimale C20/25 correspondant à une résistance caractéristique mesurée sur cylindre à 28 jours de 20 MPa. Il convient de préciser que la résistance à la compression augmente avec le temps.

Ces valeurs de résistance en compression sont **relativement faibles**. Néanmoins, aucun signe extérieur ne laisse présager une dégradation forte de l'ouvrage. De plus, les valeurs obtenues avant calcul sont

globalement bonnes et la taille des granulats n'a que peu été étudié avant le choix d'un carottage de 75 mm de diamètre. Le carottage étant un essai destructif, les essais réalisés restent peu représentatifs de par leur faible nombre.

Les mesures de densité/porosité effectuées indiquent les éléments suivants :

- Les valeurs de masse volumique du béton sont globalement homogènes avec une masse volumique moyenne de **2 203 kg/m³** et sont qualifiées de « **normale** » ;
- Les valeurs de densité sont associées à des valeurs de porosité avec une moyenne de **13,8 %** qualifiées de bonne ;
- Les valeurs de résistance en compression sont **relativement faibles**. Néanmoins compte tenu de l'absence de désordre laissant supposer la nécessité de renforcer structurellement l'ouvrage, il ne semble pas judicieux de préconiser des travaux spécifiques de renforcement structurel.

3.5.4. Synthèse des résultats

Les auscultations ont permis de mettre en évidence les éléments suivants :

- L'analyse radar a permis de constater des **valeurs d'enrobages globalement satisfaisantes** malgré quelques zones déficientes. L'absence de revêtement thermique de la cuve implique un enrobage des armatures insuffisant. Les enrobages intérieurs de la ceinture basse et de la coupole de couverture sont insuffisants ainsi que ceux des raidisseurs. Toutefois les risques de corrosion liés à la carbonatation semblent limités pour le moment.
- Les sondages destructifs réalisés ont révélé un **état de conservation des armatures satisfaisant**. En effet, les armatures dégagées ne présentent pas de signes de corrosion.
- Les mesures de carbonatation ont mis en évidence :
 - Une **faible carbonatation** en extérieur de la cuve
 - Une **faible carbonatation** en extérieur de l'ouvrage due à l'enrayement du processus par un ajout d'enduit
 - Une carbonatation en intérieur de l'ouvrage importante, au niveau P4. Les armatures ne sont cependant pas corrodées de part un enrobage élevé. Les autres paliers n'ont pas été étudiés.
- L'inspection visuelle du **revêtement d'étanchéité** de la cuve ne révélant **aucun désordre visible**, la mise en œuvre d'essai d'adhérence ne s'est pas avérée nécessaire.
- L'analyse des carottages a mis en évidence une **masse volumique et une porosité respectivement normale et bonne**. La résistance à la compression est quant à elle relativement faible et nécessiterait un renforcement de l'ouvrage.

D'un point de vue structurel, aucun désordre pouvant remettre en cause la pérennité de l'ouvrage à court ou moyen terme n'a été observé.

3.6. Synthèse du diagnostic approfondi

3.6.1. Classification des défauts affectés aux principaux désordres apparents

La classification des défauts affectés aux principaux désordres apparents du réservoir sur tour selon l'échelle proposée par le CEMAGREF, est la suivante :

Tableau 20 : Relevés des désordres - Synthèse - tableau de classification des principaux désordres

| Partie d'ouvrage concernée | Description du désordre | Classification |
|---------------------------------------|--|----------------|
| Bâtiment technique | Fissuration multiple | C |
| | Effondrement d'une partie de la dalle de couverture | D2 |
| Cuve | Façonnage de l'acrotère | D1 |
| | Fissures horizontales à la liaison entre la cuve et la ceinture haute à l'extérieur de la cuve | D2 |
| | Fissuration multidirectionnelle et décollement de l'enduit du voile extérieur | |
| | Usure du revêtement d'étanchéité de la coupole de couverture | |
| | Epanchement de calcite au niveau de l'intrados de la coupole de couverture | E |
| Effondrement de l'isolation thermique | | |
| Tour | Fissuration multidirectionnelle des paliers | C |
| | Nids de cailloux et reprises de bétonnage | B |
| Galerie technique | Epaufures avec armatures apparentes corrodées | D1 |
| | Eau et système racinaire | |

| | | | |
|-----------|---|-----------|---|
| A | <i>Ouvrage en bon état, sans défaut</i> | D2 | <i>Défauts qui indiquent une évolution avancée pour des parties d'ouvrages qui ne sont pas au contact des liquides</i> |
| B | <i>Défauts existants dès la naissance de l'ouvrage et sans conséquences importantes autres qu'esthétiques</i> | D3 | <i>Défauts qui indiquent une évolution avancée pour des parties d'ouvrages qui sont au contact des liquides</i> |
| C | <i>Défauts dont l'évolution risque de se faire anormalement</i> | E | <i>Défauts qui traduisent de façon très nette une modification du comportement de la structure et qui mettent en cause la durée de vie de l'ouvrage</i> |
| D | <i>Défauts révélateurs d'une évolution de la dégradation de l'ouvrage</i> | F | <i>Défauts indiquant la proximité d'un état limite et nécessitant soit une restriction d'utilisation de l'ouvrage, soit sa mise hors service</i> |
| D1 | <i>Défauts qui indiquent un début d'évolution</i> | | |

3.6.2. Conclusion à l'issu de la phase diagnostic du génie civil

Les désordres mis en évidence sur le réservoir sur tour de Bois Bourgeot présentent parfois une évolution avancée, notamment au niveau des voiles de la cuve et de la coupole de couverture. Ces derniers sont principalement des défauts d'exécution et de vieillissement. **Les désordres rencontrés ne vont globalement pas au-delà de la classe D2 selon l'échelle CEMAGREF, c'est-à-dire qu'ils ne sont pas révélateurs d'une modification du comportement de la structure.** En raison du caractère évolutif de ces désordres, il convient de les traiter. Néanmoins, le **décollement de l'isolation thermique en extérieur du voile de la cuve** traduit de façon très nette une modification du comportement de la structure qui **met en cause la durée de vie de l'ouvrage**. Ce désordre nécessite un traitement d'urgence.

Bâtiment technique

Les désordres semblent principalement trouver leur origine dans le vieillissement de l'ouvrage et l'effondrement de l'isolation thermique de la cuve sur sa dalle de couverture. Ne faisant pas partie intégrante de l'ouvrage, ils ne feront pas l'objet de proposition de travaux de réhabilitation.

Concernant l'extérieur de la cuve et la coupole de couverture

L'usure importante du revêtement d'étanchéité sur la coupole de couverture, et notamment son fort décollement au niveau du chéneau et des relevés sur l'acrotère, entraînent l'obstruction des barbacanes. Nous supposons également la présence de **circulation d'eau sous-jacente** au niveau du voile verticale de la cuve en provenance des eaux météoriques du chéneau, ce qui accentue la problématique de décollement du parement thermique. Une grande rétention d'eau dans le chéneau peut conduire à la submersion du relevé d'étanchéité sur l'acrotère. De plus, des infiltrations depuis le chéneau de la coupole engendrent une grande fissuration de l'enduit et son décollement au niveau du voile extérieur de la cuve. Ce phénomène explique en partie **l'effondrement de l'isolation thermique du voile nord-ouest, qui est en train de se reproduire au niveau des faces nord-est et sud-ouest**. Enfin, au niveau du voile, l'enrobage présent sous l'isolation est relativement faible. Le décollement du parement thermique trouve principalement son origine sur la **méthode de mise en œuvre** (collage), qui n'est pas adapté à la réalisation d'une ITE sur une paroi en dévers.

La présence de **très nombreux équipements de téléphonie sur l'ouvrage** entraîne un encombrement du chéneau et de la coupole, entraînant de nombreuses sollicitations préjudiciables sur l'acrotère et la ceinture haute de la cuve. Une note sur la présence des nombreux équipements de téléphonie est présentée en *Annexe 11*.

Concernant l'intérieur de la cuve

Pour rappel, la cuve dispose d'un revêtement d'étanchéité à base de liant de synthèse armé stratifié (CAD). Celui-ci est en bon état et ne nécessite pas d'être remplacé, excepté pour le traitement des traversées des canalisations qui peuvent faire l'objet d'une reprise ponctuelle.

Concernant **l'intrados de la coupole de couverture**, celle-ci a été réhabilitée en 2007. Néanmoins, de nombreuses traces d'**infiltration** et d'**épanchement de calcite** sont visibles. Celles-ci sont engendrées par l'usure de l'isolation extérieure de la coupole de couverture entraînant des infiltrations à travers cette dernière. De plus, l'enrobage des armatures est relativement faible engendrant un risque de corrosion de ces dernières. A noter que détail sur les modalités du traitement des armatures corrodées

réalisés en 2007 ne sont pas connus. Si ces désordres n'ont pas fait l'objet d'une reprise minutieuse, notamment concernant le dégagement des armatures corrodées jusqu'en zone saine, il se peut que les désordres réapparaissent à plus ou moins long terme (cf. figure 24).

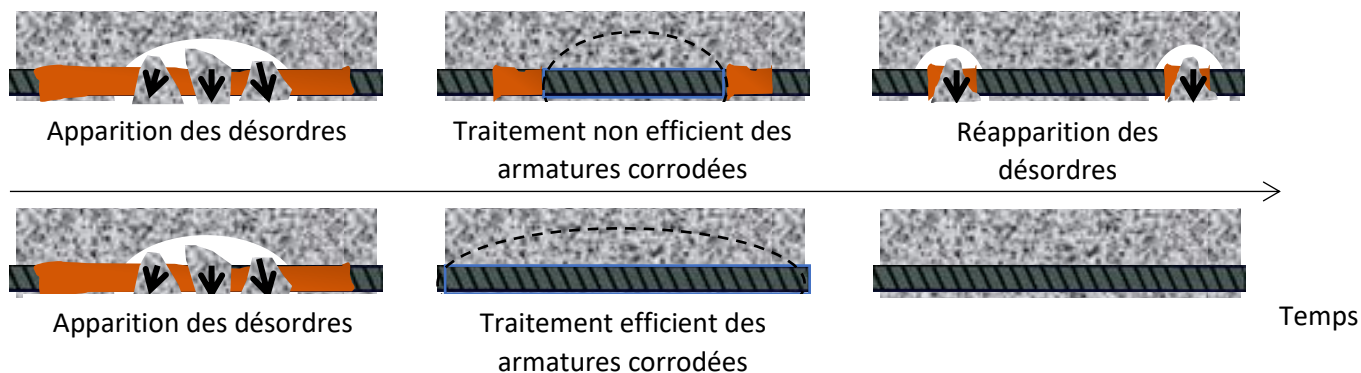


Figure 24 : Traitement des armatures apparentes corrodées

Concernant la tour

L'extérieur de la tour est en bon état et ne présente pas de désordres notables. L'intérieur de la tour est marqué par des défauts de mise en œuvre du béton entraînant de nombreux nids de cailloux. Il s'agit de défauts principalement esthétiques. Les différents paliers sont caractérisés par la présence de fissures principalement situées le long des poutres (présentes en sous-face des dalles). Celles-ci ne mettent pas en cause la stabilité de l'ouvrage. La tour est donc globalement en bon état.

Concernant la galerie technique

La galerie technique est caractérisée par un niveau d'eau d'environ 10 cm et le développement d'un système racinaire. Les traversées de parois des canalisations sont caractérisées par de grandes ouvertures permettant des échanges extérieurs. De plus, la dalle du plancher P0 souffre d'épaufrures avec armatures apparentes.

Concernant les équipements hydrauliques, les moyens d'accès permanent et les menuiseries

À noter que le dispositif de calorifugeage ne permet pas un diagnostic visuel des canalisations dans la tour. Néanmoins, les canalisations d'alimentation et de distribution dans la partie basse de la tour (galerie technique) sont fortement corrodées. L'état de la canalisation de vidange/ trop-plein n'est pas visible. Au niveau de la cuve, seule la canalisation de vidange est visible de par le revêtement d'étanchéité. L'intérieur de cette canalisation est fortement corrodé. La corrosion avancée constatée sur une partie de l'hydraulique dans la galerie technique implique le remplacement des canalisations d'alimentation, de distribution ainsi que les canalisations de trop-plein et de vidange dans le cadre de travaux de réhabilitation. De plus, la disposition des canalisations présentes au niveau du palier sous-cuve ne permet pas la mise en œuvre de moyens d'accès conforme. Il est donc nécessaire de changer leur disposition.

Les moyens d'accès permanents devront faire l'objet d'une mise aux normes conformément aux normes NF E85-015 [14] et NF E85-016 [15].

3.7. Préconisation des travaux de réhabilitation de l'ouvrage

3.7.1. Réflexion engagée sur les travaux

Extérieur de la cuve

Cuve

S'agissant des voiles en extérieur de la cuve, il est préconisé d'éliminer complètement l'isolation thermique existante afin de pouvoir d'une part traiter les fissures (le cas échéant) et permettre la mise en œuvre d'une isolation thermique par l'extérieur (ITE).

L'ITE est prévue avec un système composé d'un **matériau isolant léger de polystyrène extrudé** [17] d'une épaisseur de 70 mm, en pose fixé/calé, avec revêtement de protection multicouches en liant hydraulique armé et **revêtement d'imperméabilité de type I3** (résistant à une fissuration maximale du subjectile de 1mm) [18].

Le dimensionnement est basé sur les éléments suivants :

$$\text{Epaisseur (mm)} = \text{conductivité thermique } \lambda \text{ (W/m.K)} \times \text{résistance thermique R (m}^2\text{.K/W)} \times 1000$$

Tableau 21 : Paramètres du dimensionnement du revêtement d'imperméabilisation du voile

| Zone climatique [19] | Résistance thermique minimale souhaitée m ² .K/W | λ polystyrène expansé (W/m.K) | Epaisseur minimale |
|----------------------|---|-------------------------------|--------------------|
| H1b | 2 | 0,035 | 70 mm |

Coupole

Le revêtement d'étanchéité existant ne jouant plus son rôle, il est préconisé de l'éliminer complètement. Un **complexe de protection thermique et d'étanchéité en partie courante devra être mis en œuvre**. Les fissures non traversantes (le cas échéant) seront traitées par calfeutrement au mortier de liant hydraulique. Il s'agira également de prévoir le carottage du chéneau périphérique pour la mise en place de barbacanes en aluminium de DN100 mm.

Concernant le lanterneau, il est préconisé **la mise en œuvre d'un Système d'Etanchéité Liquide en extrados de la dalle de couverture** ainsi que le remplacement des grilles d'aération.

Acrotère

Pour l'acrotère, il est préconisé de le protéger en extérieur par l'application de l'ITE, sur l'arase par une couverture et sur sa face intérieure par une protection thermique sur sa totalité [20] et un revêtement de protection généralisée jusqu'à la bande solin des relevés d'étanchéité du chéneau.

Extérieur de la tour

En extérieur et dans la continuité de préconisations établies au niveau de la cuve, la mise en œuvre d'un **Revêtement de Protection Généralisée de type I3** sur les voiles devra être effectuée.

Intérieur de la cuve

L'intrados de la coupole a été réhabilité en 2007. Au vu du faible enrobage des armatures et des infiltrations, il est préconisé de manière optionnelle le traitement des armatures apparentes corrodées par repiquages jusqu'au béton sain, dégagement, brossage, passivation et réparation au mortier de classe R3. En complément, la mise en place d'un enduit, d'un inhibiteur de corrosion et d'un revêtement d'imperméabilisation de type liant hydraulique modifié est préconisée afin d'apporter une protection à cette partie d'ouvrage. Il est donc nécessaire d'éliminer l'ancien revêtement.

Intérieur de la tour

La création d'ouvertures/trappes permettant d'acheminer du matériel à travers les différents étages est préconisée.

En intérieur, il s'agira principalement d'engager des petits travaux de réparation au niveau des fissures présentes sur les différents paliers au mortier de liant hydraulique.

Au niveau de la galerie technique, les traversées des canalisations devront être rebouchées afin d'éviter des échanges extérieurs/intérieurs.

Moyen d'accès permanent, serrureries et menuiseries

De manière générale, l'ensemble des moyens d'accès doit être mis aux normes en référence aux normes **NF EN 85-015** [14] et **NF EN 85-016** [15].

La porte d'accès à la tour sera remplacée par une porte en aluminium thermo-laqué.

Au niveau des accès dans la tour :

- Les hauteurs et les entraxes mesurés sur site sont conformes. Il s'agira donc de prévoir la mise en œuvre d'une **plinthe** sur les garde-corps existants ;
- Remplacement des échelles d'accès par des **échelles inclinées en aluminium avec crinoline** ;
- Remplacement des **trappes** permettant le passage des canalisations au niveau des paliers P1 à P3 ;
- Création de trémie avec mise en œuvre de **trappe de manutention** au sud-est des paliers.

Au niveau de l'accès à la galerie technique :

- Traitement des armatures apparentes corrodées par repiquages jusqu'au béton sain, dégagement, brossage, passivation et réparation au mortier de classe R3 ;
- Remplacement de la trappe d'accès par une **trappe en aluminium assistée par vérin, y compris barre antichute** ;
- Remplacement de l'échelle d'accès par une **échelle droite en aluminium avec crosse escamotable**.

Au niveau de l'accès à la cheminée

- Mise en place d'**une échelle en acier inoxydable austénitique** du palier sous cuve au lanterneau, une **crinoline** doit être présente jusqu'à l'entrée de la cheminée depuis le palier sous cuve. Une proposition d'aménagement de l'hydraulique est proposée ci-après pour permettre une disposition simplifiée de l'échelle

Au niveau de l'accès au lanterneau :

L'accès au lanterneau s'effectuera par prolongement de l'échelle de la cheminée centrale, via une trappe en aluminium assistée par vérin. Le lanterneau sera équipé de garde-corps et de deux mains courantes pour faciliter la sortie.

Concernant le palier sommital :

- Mise en place d'une crinoline en périphérie de l'échelle et portillon d'accès permettant une sortie latérale sur le palier sommital ;
- Mise en place d'un **caillebotis circulaire autour de la cheminée d'accès d'environ 85 cm de largeur** (cf. figure 25), y compris garde-corps et portillon d'accès en acier inoxydable à l'échelle de descente de la cuve avec continuité des mains courantes entre les montants de l'échelle et la main courante des garde-corps ;

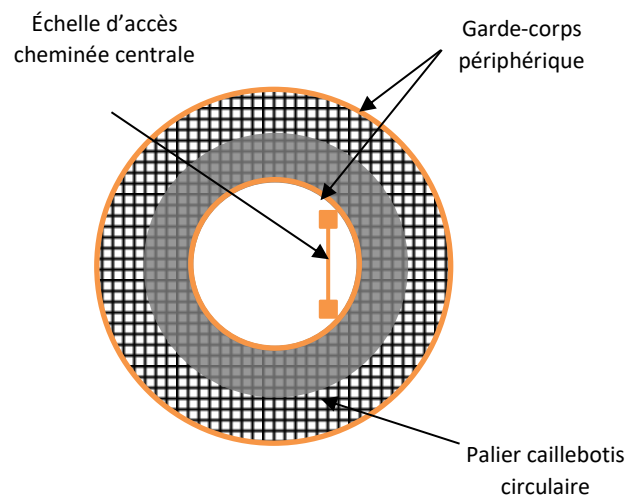


Figure 25 : Schéma de principe des équipements du palier sommital

Au niveau de l'accès à la cuve :

- Remplacement de l'échelle de descente dans la cuve par **une échelle en acier inoxydable austénitique avec crinoline**.

Enfin, au niveau de la coupole, la mise en place d'un garde-corps au niveau de l'acrotère est préconisé afin d'obtenir une hauteur de 1,10 m. L'installation de garde-corps nécessite la dépose des installations électriques et antennes présentes sur la coupole. Cette problématique est traitée en partie *Antennes opérateurs téléphonique*.

Hydraulique

Il est préconisé le remplacement des canalisations de distribution, alimentation et vidange/trop-plein par **des conduites en acier inoxydable austénitique** au niveau de la **galerie technique**.

La disposition des canalisations au niveau P4 rendant difficile l'accès à la cheminée de la cuve, le déplacement des coudes au niveau P3 devra être effectué, excepté le coude de la canalisation de trop-plein dont la position serait en conflit avec les trappes d'accès. Il est préconisé le remplacement des canalisations de distribution, alimentation et vidange/trop-plein au niveau des paliers **P3, P4 et de la cuve** par **des conduites en acier inoxydable austénitique**, y compris manchette de traversées du fond de cuve. Une schématisation de la disposition des canalisations est proposée en *Annexe 12*.

Une proposition optionnelle du remplacement de l'ensemble des canalisations est proposée c'est-à-dire l'ajout du remplacement des colonnes montantes au niveau des paliers P0, P1 et P2.

Concernant l'évacuation des eaux de pluie sur la coupole de couverture de la cuve, le remplacement des évacuations d'eau, par la mise en place de barbacanes d'un diamètre d'au moins 100 mm, devra être envisagé.

Environnement – Sécurisation du site

Concernant la sécurisation du site, il est préconisé (cf. figure 26) :

- La fourniture et la mise en œuvre de portes de condamnation d'échelle au niveau du palier P0 et du palier sous-cuve ;
- La mise en œuvre d'une signalétique adaptée à l'ouvrage (sécurité et restriction d'usage) ;
- La mise en œuvre d'une clôture périphérique en panneaux rigides avec portail d'accès 2 x 2 m.



Signalétique

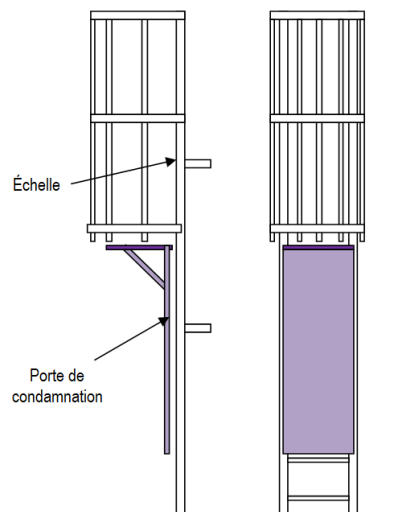


Schéma porte de condamnation d'échelle

Figure 26 : Sécurisation du site

3.7.2. Montant des travaux et coût global d'opération

Les Devis Quantitatifs et Estimatifs avec métrés correspondants sont présentés en *Annexe 13* du présent rapport.

Le tableau suivant synthétise le montant de l'opération (solution de base + travaux complémentaires) :

Tableau 22 : Montant des opérations

| Désignation | Montant € HT |
|---|---------------------|
| Travaux | |
| TITRE I - INSTALLATION ET PREPARATION DE CHANTIER | 163 860,00 € |
| TITRE II - TRAVAUX DE GENIE-CIVIL | 20 275,00 € |
| TITRE III - TRAVAUX D'ETANCHEITE EN INTERIEUR | 6 650,00 € |
| TITRE IV - TRAVAUX D'ETANCHEITE EN EXTERIEUR - PROTECTION GENERALISEE | 63 195,00 € |
| TITRE V - MOYENS D'ACCES PERMANENTS SERRURERIES ET MENUISERIES - EQUIPEMENTS DIVERS | 49 805,00 € |
| TITRE VI - HYDRAULIQUE | 32 240,00 € |
| TITRE VI - AMENAGEMENTS ET DIVERS | 7 425,00 € |
| TITRE IX - ESSAIS / RECOLEMENTS ET MISE EN SERVICE | 15 550,00 € |
| Divers et imprévus | 30 000,00 € |
| <i>Sous total Montant des Travaux :</i> | 389 000,00 € |
| Etudes et prestations connexes | |
| Maîtrise d'œuvre | 30 000,00 € |
| Coordination SPS | 2 000,00 € |
| Contrôleur Technique | 5 000,00 € |
| Diagnostic amiante | 1 000,00 € |
| Frais de publication et d'appel d'offre | 1 000,00 € |
| <i>Sous total Montant des Etudes et prestations connexes</i> | 39 000,00 € |
| TOTAL MONTANT DES TRAVAUX | |
| | 389 000,00 € |
| TOTAL MONTANT DES TRAVAUX + ETUDES + PRESTATIONS CONNEXES | |
| | 428 000,00 € |

S'agissant du réservoir sur tour, l'estimation des travaux et des études est la suivante :

- Travaux : 389 000 € HT ;
- Études : 39 000 € HT ;

Soit un montant total de 428 000 € HT.

La tranche optionnelle associée à l'hydraulique (comprise dans le montant total) représente un coût d'environ 19 000 € et celle associée à l'intrados de la coupole de couverture un coût d'environ 10 000 €.

Nota : Le montant ci-dessus ne prend pas en compte l'éventuelle plus-value liée à la présence de matériaux amiantés nécessitant la mise en place d'un plan de retrait spécifique ni les sujétions de maintien de la continuité de service pendant la durée de mise au chômage de l'ouvrage.

3.8. Première approche en phase travaux

3.8.1. Période de réalisation des travaux

La période de réalisation devra tenir compte de la nécessité de réaliser les travaux extérieurs lors d'une période favorable, les produits de réparation ne pouvant s'appliquer dans n'importe quelles conditions de température de vent ou d'hygrométrie. Ainsi, on évitera la période de début novembre à fin mars.

3.8.2. Continuité de service

La réalisation des travaux implique la mise au chômage de l'ouvrage pendant la durée de l'exécution. Il est à priori possible de bipasser l'ouvrage pendant une certaine durée. Une réflexion sur la continuité de service doit être établie afin de pouvoir réaliser les travaux sur l'hydraulique.

Les études de Maîtrise d'Œuvre devront comprendre une partie spécifique d'étude de la continuité de service avec, le cas échéant, une modélisation hydraulique des aménagements à réaliser afin de valider la solution retenue, en concertation avec l'exploitant.

3.8.3. Problématique amiante

Toute intervention sur un ouvrage de génie civil ou sur un bâtiment qui a été construit avant 1997 [21], **rend obligatoire le diagnostic amiante** sur l'ensemble de l'ouvrage.

La problématique amiante relève aujourd'hui d'un cadre réglementaire très strict selon trois axes principaux :

- la protection de la population avec notamment le repérage des matériaux contenant de l'amiante définis dans le Code de la Santé Publique
- la protection des travailleurs susceptibles d'être exposés (méthodologie d'évaluation des niveaux d'empoussièrement, modalités d'intervention sur des matériaux susceptibles de contenir de l'amiante) définis dans le Code du travail
- la protection de l'environnement avec en particulier les modalités d'élimination des déchets

L'annexe 13.9 de la partie Programme de repérage de l'amiante mentionnée à l'article R.1334-26 du Code de la Santé Publique établit les listes de matériaux susceptibles de contenir de l'amiante.

3.8.4. Antennes opérateurs téléphoniques

S'agissant des antennes présentes sur la coupole du réservoir, le Maître d'Ouvrage devra prévoir avec les concessionnaires concernés la dépose des équipements de téléphonie pendant la durée des travaux. La convention avec Orange n'étant pas renouvelée, la dépose des équipements doit être effectuée.

En cas de travaux, il est du devoir du maître d'ouvrage de proposer une solution de remplacement pour le bon fonctionnement des équipements techniques. La pose des antennes au niveau des échafaudages pendant la durée des travaux peut être envisagée ainsi que la mise en place d'un mat annexe.

A l'issue des travaux, nous préconisons la mise en place d'un mat annexe pour la mise en place des antennes afin de s'affranchir de la mise en place de ces équipements sur le réservoir.

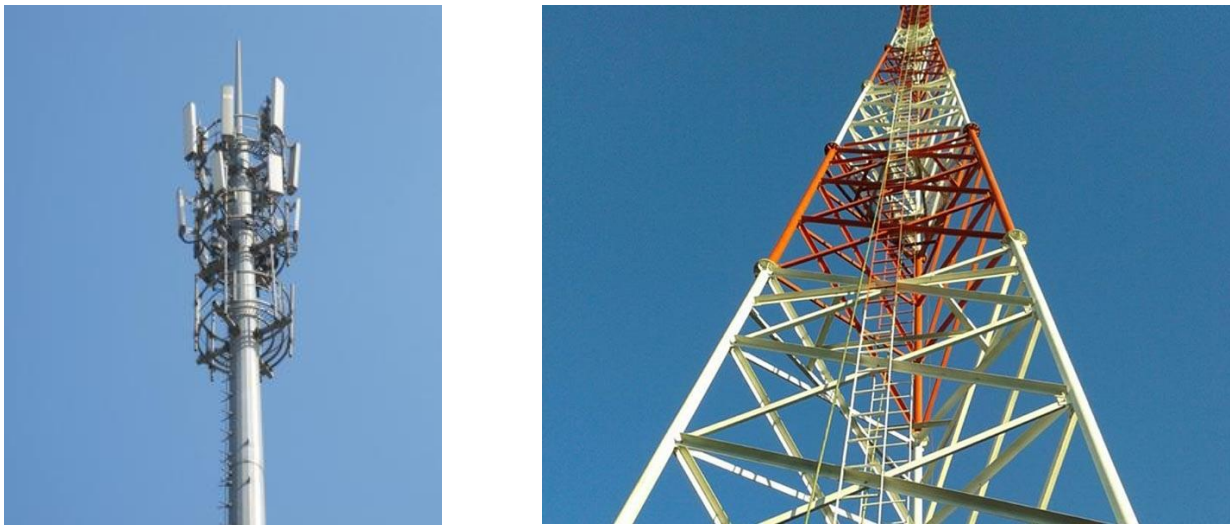


Figure 27 : Première approche en phase travaux – Mats pour antenne

Source : Altereo

Le réservoir sur tour de Bois Bourgeot n'a pas initialement été conçu pour la mise en œuvre de ces équipements (solllicitations supplémentaires, contraintes d'exploitation, ...). Il n'est pas exclu que ces installations aient participé à l'aggravation des désordres constatés au niveau de l'acrotère.

Néanmoins, s'il s'avérait indispensable que les antennes soient de nouveau mises en œuvre au niveau de l'ouvrage, il est nécessaire de mettre ces équipements plutôt en applique sur le haut de la tour que sur la cuve, en dessous de l'isolation thermique du voile de la cuve, et dans tous les cas d'établir une note de calcul de l'élément de structure sur lequel ils seront fixés.

4. Conclusion

Le Syndicat Intercommunal d'Adduction d'Eau Potable de DECIZE – SAINT LEGER DES VIGNES – CHAMPVERT, responsable de la distribution de l'eau potable sur l'ensemble de son territoire, est chargé de la gestion patrimoniale de ses ouvrages. En août 2019, un incident majeur est survenu sur le réservoir sur tour de Bois Bourgeot, situé au nord de Decize. Une partie de l'isolation thermique extérieure s'est effondrée, endommageant sérieusement l'auvent situé au pied du réservoir. Cette étude s'inscrit dans la réalisation du diagnostic approfondi du génie civil du réservoir permettant de déterminer les causes de cette détérioration et l'état du réservoir. Elle est réalisée dans l'optique d'accomplir par la suite des travaux de réhabilitation.

Cette étude s'appuie sur une méthodologie stricte de diagnostic d'ouvrage reposant sur une compilation des données existantes, une couverture photographique et un examen visuel détaillé, permettant de relever, d'identifier et de prioriser les désordres selon la méthode du CEMAGREF. Cette méthodologie permet d'analyser l'ouvrage dans son ensemble mais aussi par parties. Afin d'analyser véritablement les phénomènes en cause, des essais d'auscultations complémentaires sont associés, notamment des essais radar, des sondages et des carottages. Ces investigations sont optimisées et justifiées en fonction des désordres présents sur l'ouvrage.

La mise en œuvre de cette méthodologie a permis de mettre en avant les différents désordres du réservoir de Bois Bourgeot et de conclure sur des préconisations de travaux de réhabilitation. La majeure partie des désordres est située en extérieur du voile de cuve et au niveau de la coupole de couverture. Tout d'abord, le décollement de l'isolation thermique en extérieur du voile de la cuve traduit de façon très nette une modification du comportement de la structure qui met en cause la durée de vie de l'ouvrage. Ce désordre est principalement dû à un défaut de conception et nécessite un traitement d'urgence. Il est donc préconisé l'élimination complète de l'isolation au profit de la mise en place d'une isolation en polystyrène extrudé. Concernant les autres désordres rencontrés, ceux-ci sont principalement des défauts d'exécution et de vieillissement dont le caractère évolutif implique la mise en place d'un traitement. Au niveau de la coupole de couverture, un complexe de protection thermique et d'étanchéité devra être mis en œuvre. Au niveau de la tour, des petits travaux de réparation au niveau des fissures devront être effectués. L'intrados de la coupole de couverture pourra quant à lui être traité. Enfin, une partie des moyens d'accès devra être modifiée afin de garantir la sécurité de l'exploitation du réservoir et l'hydraulique vieillissante nécessitera d'être remplacée. Les travaux à effectuer représentent un coût total de **428 000 € HT**.

Cette étude m'a permis de découvrir la méthodologie applicable au diagnostic de génie civil mais aussi son adaptabilité. Si cette méthodologie permet de suivre un fil directeur, la conduite de prestation équivalente pour différents ouvrages est vouée à l'échec. De ce fait, l'utilisation des méthodes d'auscultations doit être liée aux différentes problématiques rencontrées et mécanismes d'apparitions des désordres dans l'optique d'optimiser les prestations, mais aussi de conduire à des résultats pertinents. Ces méthodes permettent avant toute chose de répondre aux questions dont le diagnostic visuel ne permet pas d'apporter de réponse. De plus, l'acquisition du vocabulaire spécifique au génie civil m'a permis d'apprendre à relever, désigner et identifier les désordres tout en facilitant ma compréhension des processus de dégradation du génie civil. Ainsi, les origines des différentes pathologies peuvent être déterminées permettant de réaliser des préconisations de travaux efficaces

traitant aussi bien le désordre que son origine lorsque cela est possible. En effet, l'absence de prise en compte de l'origine d'un désordre risque d'entraîner une réparation non efficiente.

Bibliographie

- [1] «eaufrance,» 2019. [En ligne]. Available: <http://www.services.eaufrance.fr>.
- [2] Ministère de l'équipement des transports et du logement, Fascicule 74, Cahier des clauses techniques générale, Construction des réservoirs en béton et réhabilitation des réservoirs en béton ou en maçonnerie, 2019.
- [3] AFNOR, NF EN 13670/CN, Exécution des structures en béton, Février 2013.
- [4] R. française, «Article R1321-56 Entretien et fonctionnement des installations,» chez *Code de la santé publique*, 31 mars 2010.
- [5] D. Savoye, Pathologie, diagnostic et réhabilitation des ouvrages de la filière eau, 2016.
- [6] D. Savoye, «Mémoire technique du diagnostic approfondi du génie civil du réservoir sur tour de Bois Bourgeot,» Décembre 2020.
- [7] BAEL, «Règles techniques de conception et de calcul des ouvrages et constructions en béton armé suivant la méthode des états limites, Fascicule 62, titre 1er du CCTG, Travaux section1 : béton armé,» Février 2000.
- [8] CEMAGREF, Pathologie et réparation des ouvrages en béton de stockage et de transport des liquides, ITBTP, 1995-1996.
- [9] Ifsttar, Méthode d'auscultation du matériau en place béton, Mesure de la cohésion superficielle du béton, Les collections de l'Ifsttar, Janvier 2017.
- [10] STRRES, FABEM 4-V2 Protection des bétons, 2017.
- [11] AQC, Corrosion des armatures du béton armé en façades des bâtiments, Fiches pathologie bâtiment, Structures et gros oeuvre, 2019.
- [12] AFNOR, NF EN 13791/CN, Évaluation de la résistance à la compression sur site des structures et des éléments préfabriqués en béton, Mars 2013.
- [13] AFNOR, NF EN 206/CN, Béton - Spécification, performance, production et conformité - Complément national à la norme NF EN 206, Décembre 2014.
- [14] AFNOR, NF EN 85-015 ; Éléments d'installations industrielles - Moyens d'accès permanents - Escaliers, échelles à marches et garde-corps, Juillet 2019.
- [15] AFNOR, NF EN 85-016 : Éléments d'installations industrielles - Moyens d'accès permanents - Echelles fixes - Éléments d'installations industrielles - Moyens d'accès permanents - Échelles fixes, Novembre 2020.
- [16] ASTEE, Guide de recommandations Protection des installations d'eau potable vis-à-vis des actes de malveillance, 2017.

- [17] CCFAT, Systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur polystyrène expansé, Cahier des Prescriptions Techniques d'emploi et de Mise en oeuvre, CSTB, Juillet 2013.
- [18] AFNOR, NF DTU 42.1, Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères.
- [19] Ademe, La réglementation thermique, Travaux de rénovation dans le logement, Novembre 2018.
- [20] G. Environnement, Recommandations professionnelles, Isolation thermique des points singuliers de toitures avec éléments porteurs en maçonnerie, Mars 2014.
- [21] Arrêté du 16 juillet 2019 relatif au repérage de l'amiante avant certaines opérations réalisées dans les immeubles bâtis.

Annexe

Annexe 1 : Lexique

Armature corrodée : Acier présent dans la pièce en béton armé et dont le fer subit une corrosion avec formation d'hydroxyde ferrique. Une armature qui se corrode augmente son volume dans des proportions non négligeables.

Calcite : Trace blanche de carbonate de calcium provenant de la réaction entre la chaux libre du béton et le gaz carbonique de l'air ambiant à l'occasion de fuites ou suintements.

Cloquage : Apparition de boursouflures sur un revêtement dont les causes peuvent être très variées. Le plus souvent les cloques renferment de l'eau.

Confortement : Opération de réparation structurale consistant à redonner à l'ouvrage son niveau de service initial.

Décollement : Se dit d'un revêtement qui n'est plus adhérent au support sur lequel il a été initialement mis en place. Peut se manifester par des cassures localisées, des chutes de morceaux de revêtement.

Epaufrure : Eclat localisé de béton. Souvent sur les arêtes vives ou le long des armatures corrodées et situées trop près de la peau du béton.

Fissure : Ouverture plus ou moins linéaire dans une pièce en béton. Elle peut être horizontale, verticale ou inclinée ses origines peuvent être très diverses. L'ouverture peut varier au cours du temps sous l'effet de causes externes. Elle est conventionnellement comprise entre 0,2 et 2 mm.

Lézarde : Fissure présentant spécifiquement une ouverture supérieure à 2 mm.

Liant hydraulique : Liant dont le constituant principal est du ciment.

Liant de synthèse : Liant dont le constituant principal est une résine organique (époxydique, polyester, polyuréthane, vinylique, acrylique ...).

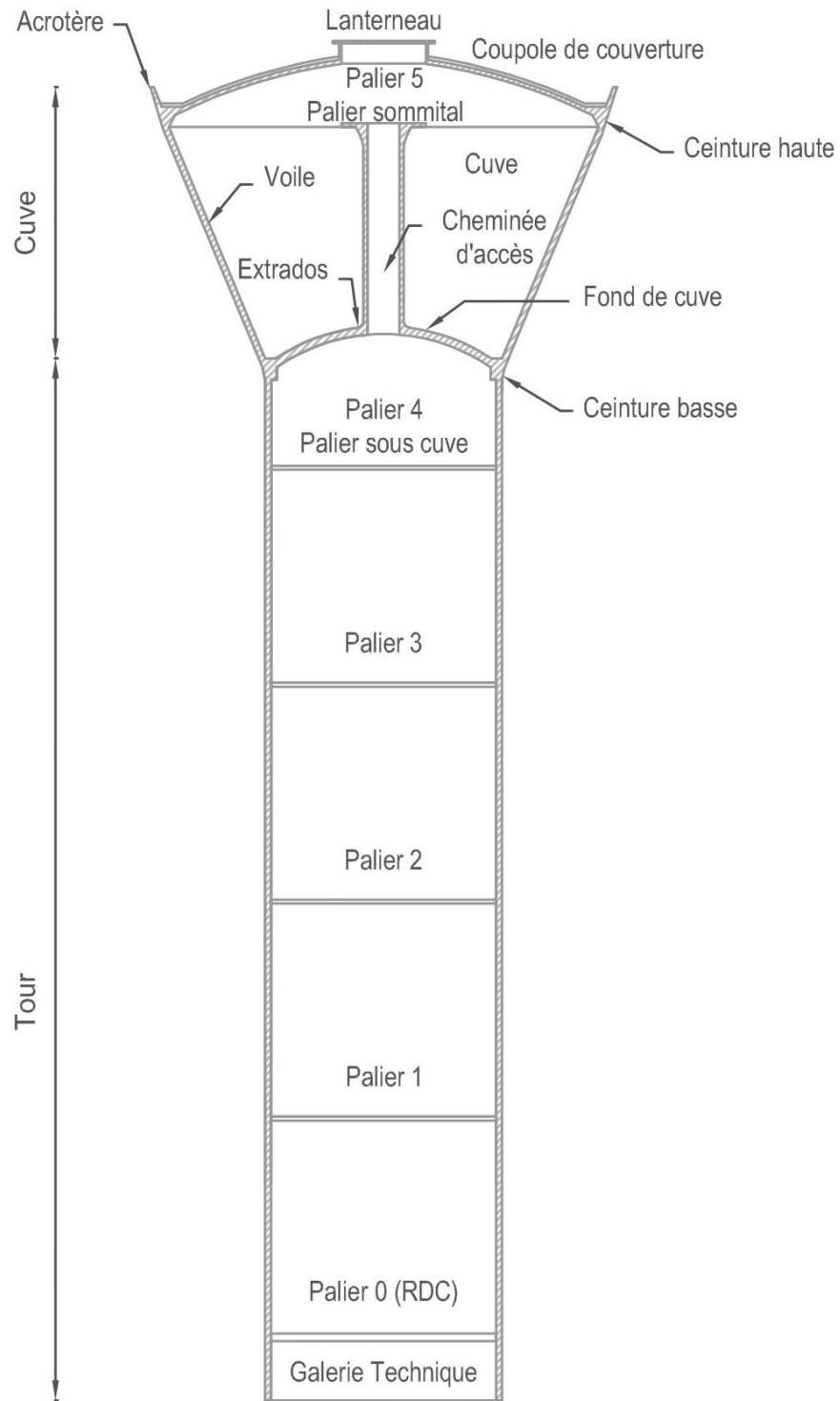
Renforcement : Opération de réparation structurale consistant à donner à l'ouvrage un niveau de service supérieur à celui pour lequel il a été conçu initialement.

Revêtement : Matériau appliqué en une ou plusieurs couches sur un support et destiné à réaliser une imperméabilisation ou une étanchéité.

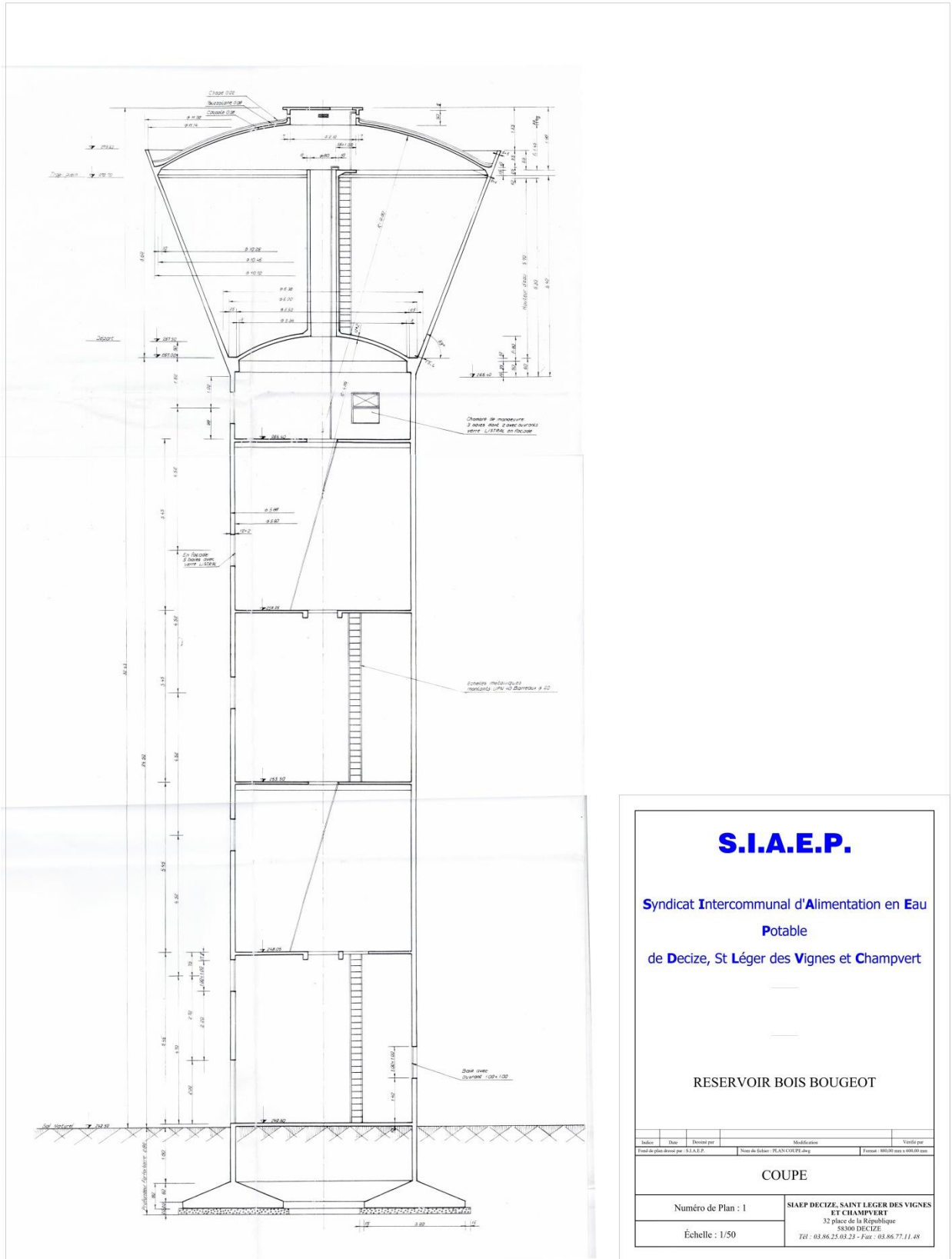
Annexe 2 : Classes d'exposition des bétons selon la norme NF EN 206/CN

| CLASSE D'EXPOSITION | DESCRIPTION DE L'ENVIRONNEMENT | BETON CONCERNE |
|---------------------|---|--|
| XO | Aucun risque de corrosion ou d'attaque | Béton non armé ou béton armé en environnement très sec |
| XC | Corrosion induite par carbonatation | Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées exposé à l'air et à l'humidité |
| XC1 | Sec ou humide en permanence | |
| XC2 | Humide, rarement sec | |
| XC3 | Humidité modérée | |
| XC4 | Alternance d'humidité et de séchage | |
| XD | Corrosion induite par les chlorures ayant une origine autre que marine | Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées soumis au contact d'une eau ayant une origine autre que marine contenant des chlorures, y compris des sels de déverglaçage |
| XD1 | Humidité modérée | |
| XD2 | Humide, rarement sec | |
| XD3 | Alternance d'humidité et de séchage | |
| XS | Corrosion induite par les chlorures présents dans l'eau de mer | Béton contenant des armatures ou des pièces métalliques noyées soumis au contact des chlorures présents dans l'eau de mer ou à l'action de l'air véhiculant du sel marin |
| XS1 | Exposé à l'air véhiculant du sel marin mais pas en contact direct avec l'eau de mer | |
| XS2 | Immergé en permanence | |
| XS3 | Zone de marnage, zone soumise à des projections ou des embruns | |
| XF | Attaque gel/dégel avec ou sans agent de déverglaçage | Béton soumis à une attaque significative due à des cycles gel/dégel alors qu'il est mouillé |
| XF1 | Saturation modérée en eau sans agent de déverglaçage | |
| XF2 | Saturation modérée en eau avec agent de déverglaçage | |
| XF3 | Forte saturation en eau sans agent de déverglaçage | |
| XF4 | Forte saturation en eau avec agent de déverglaçage | |
| XA | Attaques chimiques | Béton exposé aux attaques chimiques se produisant dans les sols naturels, les eaux de surface et / les eaux souterraines |
| XA1 | Environnement à faible agressivité chimique | |
| XA2 | Environnement d'agressivité chimique modérée | |
| XA3 | Environnement à forte agressivité chimique | |

Annexe 3 : Dénomination des parties d'ouvrages – terminologie



Annexe 4 : Plan en coupe 1/50 du réservoir de Bois



Annexe 5 : Plans de récolement et plans de cartographie des désordres

Annexe 6 : Récolement de l'ouvrage - Données dimensionnelles

Tour

| | |
|---|---------|
| Diamètre intérieur de la tour au pied | 5,60 m |
| Épaisseur du voile au niveau P0 (RDC) | 0,15 m |
| Épaisseur du voile aux paliers intermédiaires et palier sous cuve (P1 à P4) | 0,15 m |
| Nombre de paliers au-delà du plancher P0 | 4 |
| Hauteur entre 1 ^{er} palier intermédiaire (P1) et Plancher (P0) | 5,30 m |
| Hauteur entre 2 ^{ème} palier intermédiaire (P2) et Plancher (P0) | 10,70 m |
| Hauteur entre 3 ^{ème} palier intermédiaire (P3) et Plancher (P0) | 16,10 m |
| Hauteur entre palier sous cuve (P4) et Plancher (P0) | 21,50 m |
| Épaisseur des dalles des paliers | 0,10 m |

Cuve

| | |
|---|---------------|
| Diamètre intérieur cheminée centrale d'accès | 0,80 m |
| Épaisseur voile cheminée centrale d'accès | 0,10 m |
| Hauteur entre le sommet palier sommital et Palier sous-cuve P4 | 3,30 m |
| Hauteur du voile (longueur droite) | 5,80 m |
| Hauteur entre palier sommital et intrados coupole de couverture (minimum) | 1,50 m |
| Hauteur entre palier sommital et intrados dalle du lanterneau | 2,00 m |
| Diamètre de la cuve en partie basse | 6,00 m |
| Diamètre de la cuve en partie haute | 10,6 m |
| Diamètre intérieur du lanterneau sur coupole | 2,10 m |
| Diamètre extérieur du lanterneau sur coupole | 2,50 m |
| Largeur du chéneau périphérique dans la cuve | 0,25 m |
| Épaisseur de la coupole et du revêtement d'étanchéité | 0,18 m |
| Épaisseur du fond de cuve | 0,20 m |
| Épaisseur du voile périphérique de la cuve | 0,15 à 0,20 m |
| Largueur du chéneau en pied de coupole | 0,50 m |

| | |
|-------------------|---------------------------------|
| Volume de la cuve | 300 m³ estimé |
|-------------------|---------------------------------|

Moyen d'accès permanent – serrurerie et menuiserie

| | |
|--|------------------------|
| Porte d'accès | 0,90 m x 2,20 m |
| Longueur échelle entre galerie technique et P0 | 1,50 m |
| Longueur échelle entre P0 et P1 | 5,55 m |
| Longueur échelle entre P1 et P2 | 5,55 m |
| Longueur échelle entre P2 et P3 | 5,55 m |
| Longueur échelle entre P3 et palier sous-cuve P4 | 5,55 m |
| Longueur échelle entre palier sous cuve P4 et palier intermédiaire du palier sous cuve | 1,95 m |
| Longueur échelle entre palier intermédiaire du palier sous cuve et palier sommital P5 | 6,70 m |
| Longueur échelle entre Palier sommital P5 et fond de cuve | 6,00 m |
| Longueur échelle entre Palier sommital P5 et Lanterneau | 1,90 m |
| Dimensions trappe d'accès lanterneau (intérieur) | 0,65 x 0,65 m |
| Dimensions trappe d'accès à la galerie technique | 1,00 x 1,00 m |

Hydraulique

| | |
|---|------------------------|
| Adduction | DN 150 mm FONTE |
| Distribution | DN 150 mm FONTE |
| Adduction/distribution (palier sous cuve) | DN 200 mm FONTE |
| Trop plein / vidange | DN 150 mm FONTE |

Annexe 7 : Couvertures photographiques de l'ouvrage

Extérieur de l'ouvrage

- **Site**



Vue de la parcelle depuis la nacelle



Vue de l'accès à la parcelle



Vue de la parcelle et du réservoir semi-enterré depuis la nacelle



Vue de la clôture extérieure à l'angle nord-ouest

- **Tour**



Voile tour orienté nord-est



Voile tour orienté sud



Voile tour orienté ouest



Voile tour orienté nord-ouest

- **Cuve**



Voile cuve extérieur orienté sud-est



Voile cuve extérieur orienté nord-est



Voile cuve extérieur orienté nord-ouest



Voile cuve extérieur orienté ouest

Extérieur de l'ouvrage

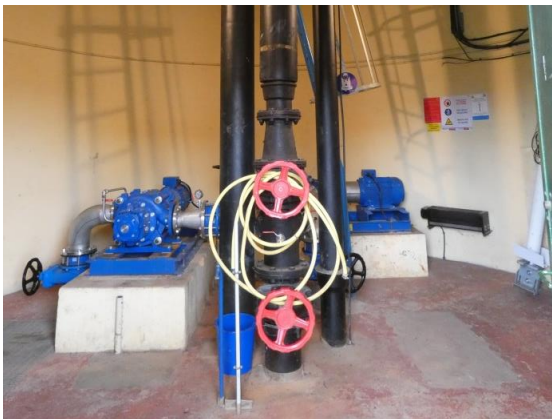
- Tour



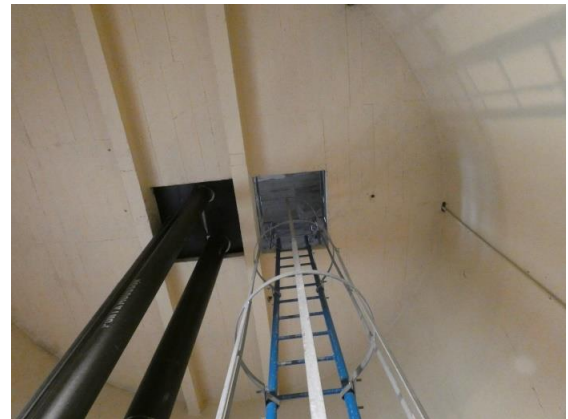
Galerie technique



Trappe d'accès à la galerie technique – P0



P0



Accès palier P1



Moyens d'accès sur niveau P1



Accès palier P4



Palier sous cuve – P4



Accès cheminée centrale – P4

- Cuve



Palier sommital



Intrados coupole



Voile et échelle d'accès



Cheminée d'accès, canalisations de distribution et trop plein



Fond de cuve



Crépine de distribution

Bâtiments techniques



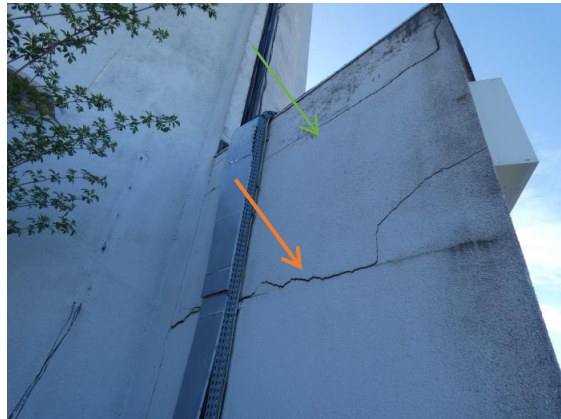
Effondrement de l'auvent (Efect_1)



Fissure verticale au droit d'un raidisseur (Fext_21)



Fissures au droit de la ventilation (Fext_12)



Fissures horizontales (Fext_10 et Fext_11)

Extérieur de l'ouvrage

- Cuve



Usure du revêtement d'étanchéité de la coupole (DECext_1)



Encombrement du chéneau



Faiçonnage de l'enduit de l'acrotère (Fext_5) – voile nord



Décollement de l'isolation thermique (DECext_2) – voile nord-ouest



Fissuration horizontale avec épanchements de calcite (Fext_1) – voile est



Fissure réparée (Fext_6) - voile nord-est



Fissure horizontale « réparée » et nombreuses fissures avec décollement de l'enduit (Fext_17) – voile sud-ouest



Fissure horizontale (Fext_19) – voile sud-ouest

Intérieur de l'ouvrage

- Tour



Présence d'eau et de racines (DESint_1 et DESint_2) – galerie technique



Epaufures avec armatures apparentes corrodées (EPAAint_1) – intrados P0



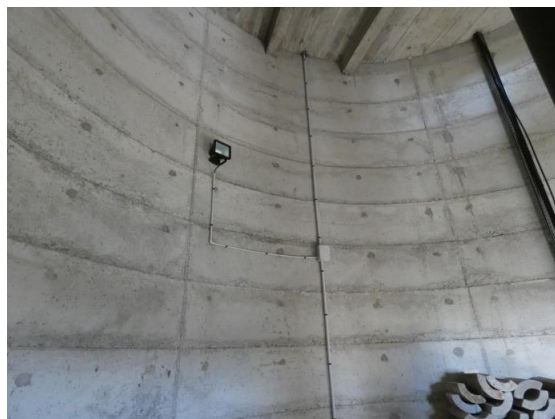
Fissuration (Fint_1) – palier P1



Fissuration (Fint_3) – palier P3



Epaufures avec armatures apparentes corrodées (EPAaint_4) – intrados P4



Nids de Cailloux et reprises de bétonnage – P1



Nids de Cailloux et reprises de bétonnage – P1



Epanchement de calcite (Fint_7) – P4

- Cuve



Faïençage (Fint_6) et épanchement de calcite (Fint_5) – intrados fond de cuve



Epanchement de calcite (Fint_5) – intrados fond de cuve



Epaufures avec armatures apparentes corrodées (EPPAint_5) – cheminée d'accès



Epaufure avec armatures apparentes corrodées (EPPAint_5) – cheminée d'accès



Fissuration avec épanchement de calcite (Fint_8) – intrados coupole de couverture



Fissuration avec épanchement de calcite (Fint_8) – intrados coupole de couverture



Epaufure avec armatures apparentes corrodées (EPPAint_6) – intrados dalle lanterneau



Epaufure avec armatures apparentes corrodées (EPPAint_6) – intrados coupole de couverture

Autres équipements

- Hydraulique



Corrosion des canalisations – galerie technique



Canalisations calorifugées, état non vérifiable



Canalisations calorifugées, état non vérifiable



Crépine et canalisation de distribution légèrement corrodées



Etat de corrosion de la canalisation de trop-plein non vérifiable



Corrosion de la canalisation de vidange

- Moyens d'accès permanents – serrurerie et menuiserie



Echelle d'accès P0 - P1



Légère corrosion trappe et échelle d'accès galerie technique



Absence de plinthes sur les garde-corps



Corrosion du palier d'accès à la cheminée de la cuve



Corrosion des garde-corps du palier sommital



Crinoline non montante sur l'échelle d'accès cuve



Corrosion de l'échelle d'accès à la coupole de couverture



Détérioration des grilles d'aération du lanterneau

- **Sécurisation du site**

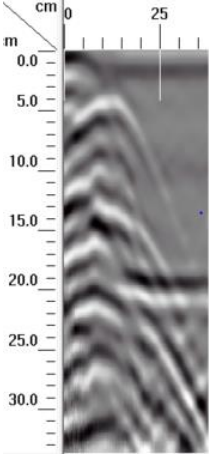
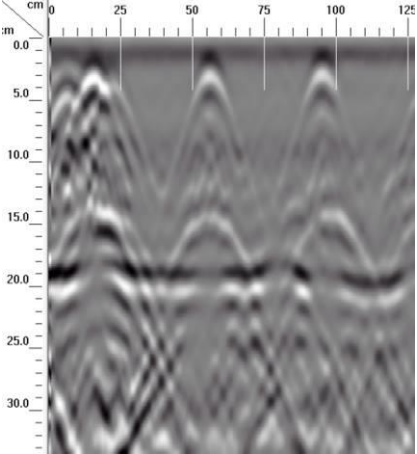


Clôture manquante



Portail d'accès inférieur à 2 m

Annexe 9 : Auscultation radar

| Profil n°1 : Raidisseur au droit de la cuve– Depuis l'extérieur - Nord | |
|--|---|
| Epaisseur totale détectée = 192 mm environ | |
| Profil horizontal | Profil vertical |
| Enrobage moyen détecté = 43,6 mm | Enrobage de la première nappe = 32,4 mm |
| Espacement moyen détecté = (La largeur du raidisseur ne permet pas de détecter la présence d'autres armatures) | Espacement moyen détecté = 400,0 mm |
| Enrobage de la seconde nappe = 134 mm | Enrobage de la seconde nappe = 144,3 mm |
| Espacement moyen détecté = (La largeur du raidisseur ne permet pas de détecter la présence d'autres armatures) | Espacement moyen détecté = 400,0 mm |
|  |  |

E20391 Decize

FICHE SONDAGE

| Identification et localisation | Caractéristiques générales | Identification essai |
|--------------------------------|----------------------------|--|
| | | <p>Maître d'ouvrage : Decize</p> <p>Ouvrage : Bois Bourgeot</p> <p>Date essai : 2021-04-06</p> <p>Opérateur : JM</p> |

| Photographies et front de carbonatation | Front de carbonatation: | |
|---|--|---|
| |  |  |

| Relevés in situ | Sens horizontal | 1er lit d'armatures : |
|-----------------|---|---|
| | | |
| | Sens vertical | 1er lit d'armatures : |
| | | <p>Diamètre = 18 mm - Type Lisse</p> <p>Enrobage= 32 mm</p> |
| | Absence de corrosion : armatures saines | |

Annexe 11 : Note spécifique à la présence d'équipement de téléphonie sur l'ouvrage

L'installation d'équipements de radio-émission sur des réservoirs d'eau potable constitue à ce jour une problématique fondamentale dans la préservation des structures de génie civil.

La plupart du temps, ces équipements sont installés sans vérification de la capacité portante des éléments de structure du réservoir sur lesquels ils sont fixés.

Les surcharges d'exploitation apportées par ces équipements sont parfois significatives et bien supérieures aux surcharges d'exploitation conventionnelles retenues pour les toitures dites « inaccessibles » (pour mémoire 1 kN/m²).

Le caractère « inaccessible » des toitures (non accessible en dehors de l'entretien de la toiture elle-même) est la plupart du temps abandonné au profit d'un caractère de toiture dite « technique » sans pour autant que la structure soit renforcée malgré des surcharges d'exploitation beaucoup plus importantes (de 2,5 à 5 kN/m²).

La rédaction des conventions d'installation signées entre les opérateurs et les propriétaires d'ouvrage sont bien souvent muettes en ce qui concerne les conditions techniques de pose ou de dépose/repose à l'occasion de travaux.

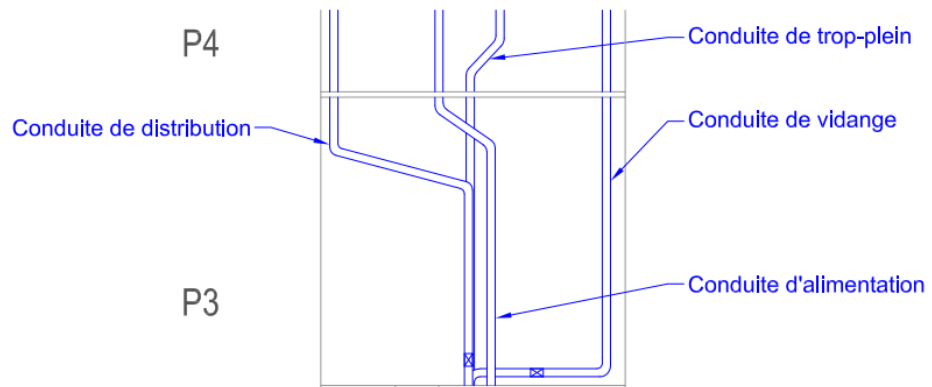
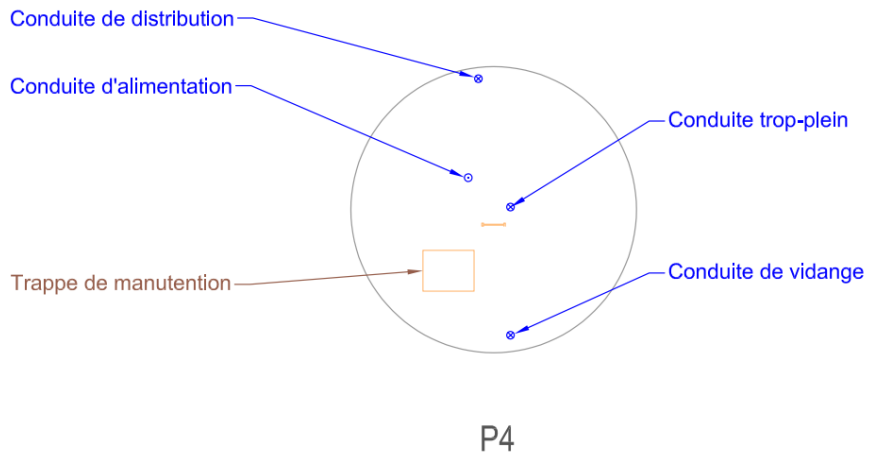
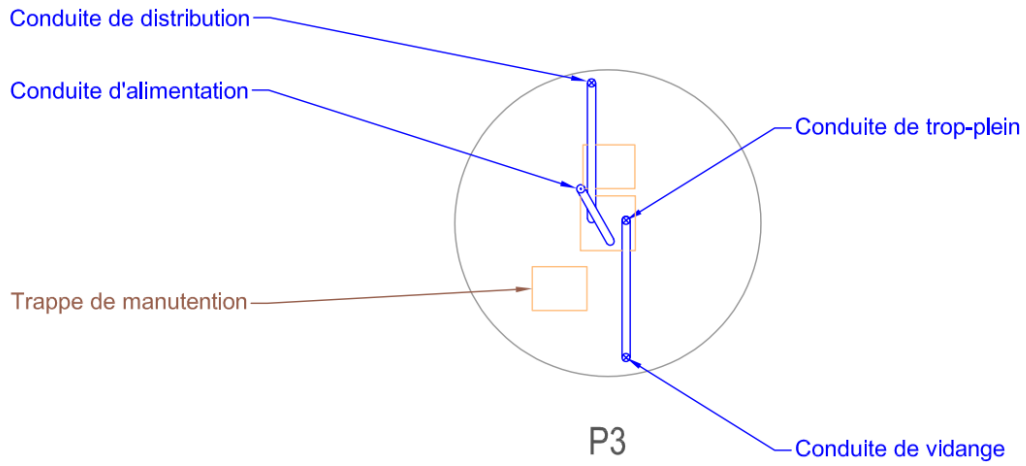
Lorsque l'accès aux équipements s'effectue par l'intérieur de l'ouvrage (réservoirs sur tour notamment), les exploitants ont de réelles difficultés à maîtriser les nombreuses allées et venues des intervenants (opérateurs ou prestataires sous-traitants). Le risque d'accès par des personnes malveillantes ne peut être exclu. En application de l'action 6 de l'annexe II de la circulaire n° 524 / DE n° 19-03 du 7 novembre 2003 relative aux mesures à mettre en œuvre en matière de protection des systèmes d'alimentation en eau destinée à la consommation humaine, y compris les eaux conditionnées, dans le cadre de l'application du plan VIGIPIRATE, des mesures de sécurisation doivent être appliquées concernant l'eau destinée à la consommation humaine. **Ces mesures restreignent en particulier l'accessibilité des ouvrages de distribution d'eau potable aux personnes étrangères aux services des eaux.**

L'implantation d'équipements sur les voiles de cuve, les acrotères, les lanterneaux ou dans les chéneaux provoquent des désordres de type fissures, épaufrures, écaillage, déchirure, décollement ou percement de revêtement de toiture. Bien souvent, on constate également la dégradation des dispositifs de protection (portes, capots, cuvelage,...) à cause du passage des câbles et de l'intervention régulière des opérateurs dans les ouvrages avec un risque de pollution de l'eau et de vieillissement accéléré.

Il est extrêmement IMPORTANT de signaler que le projet du nouveau fascicule 74 du CCTG « Construction et réhabilitation des réservoirs en béton » consacre un article entier à ces équipements :

Dans ce contexte, le maintien des installations de radio émissions sur la coupole du réservoir du Tarte semble compromis et il conviendra d'étudier soit le déplacement des équipements en dehors de l'ouvrage sur un mât séparé soit l'abandon total de l'implantation des équipements sur cet ouvrage.

Annexe 12 : Proposition de disposition de l'hydraulique



SIAEP de DECIZE - ST LEGER DES VIGNES - CHAMPVERT

Diagnostic génie-civil détaillé du réservoir de Bois Bourgeot

DEVIS QUANTITATIF ESTIMATIF

| Numéro | Désignation | Quantité | Unité | Prix Unitaire € H.T. | Prix Global € H.T. |
|------------|--|----------|-------|-------------------------|-----------------------|
| 1 | TITRE I - INSTALLATION ET PREPARATION DE CHANTIER | | | | |
| 11 | CHAPITRE 11 – INSTALLATION ET PREPARATION | | | | |
| 111 | <u>IMPLANTATION DU CHANTIER ET DES TRAVAUX</u> | | | | |
| 11101 | Études d'Exécution | 1,00 | FFT | 8 000,00 € | 8 000,00 € |
| 11102 | Installation et repli du matériel de chantier - signalisation | 1,00 | FFT | 15 000,00 € | 15 000,00 € |
| 11103 | Échafaudage intérieur | | | | |
| 1110303 | Échafaudage cuve | 1,00 | FFT | 7 000,00 € | 7 000,00 € |
| 11104 | Moyen permettant la réalisation des travaux en hauteur | | | | |
| 1110401 | de type échafaudage le long de la tour et du voile de la cuve | 1,00 | FFT | 120 000,00 € | 120 000,00 € |
| 11107 | Système de maintien des conditions de température et d'hygrométrie | 1,00 | FFT | 5 000,00 € | 5 000,00 € |
| 11110 | Panneau de chantier | 1,00 | FFT | 860,00 € | 860,00 € |
| 112 | <u>TRAVAUX PREPARATOIRES</u> | | | | |
| 11201 | Démontage et évacuation des huisseries et serrureries existantes | 1,00 | FFT | 4 000,00 € | 4 000,00 € |
| 11202 | Démontage et évacuation des canalisations et équipements hydrauliques existants | 1,00 | FFT | 4 000,00 € | 4 000,00 € |
| 2 | TITRE II - TRAVAUX DE GENIE-CIVIL | | | | |
| 21 | CHAPITRE 21 – TRAVAUX PREPARATOIRES ET PREPARATION DES SUPPORTS | | | | |

| | | | | | |
|------------|--|--------|----|----------|------------|
| 211 | <u>DECAPAGE DU SUPPORT / ELIMINATION DES REVETEMENTS EXISTANTS/ ELIMINATION DES BETONS</u> | | | | |
| 21102 | Élimination des revêtements et préparation des supports | | | | |
| 2110201 | <i>En extérieur, au niveau du voile de la cuve</i> | 155,00 | M2 | 30,00 € | 4 650,00 € |
| 2110203 | <i>En extérieur, au niveau de la dalle de couverture du lanterneau</i> | 5,00 | M2 | 30,00 € | 150,00 € |
| 2110205 | <i>En Intérieur, au niveau de l'intrados de la coupole de couverture</i> | 90,00 | M2 | 30,00 € | 2 700,00 € |
| 213 | <u>RAGREAGE / PREPARATION DES SUPPORTS</u> | | | | |
| 21302 | Préparation des supports par ponçage et surfacage éventuels | | | | |
| 2130201 | <i>En extérieur, sur le voile de la cuve</i> | 155,00 | M2 | 5,00 € | 775,00 € |
| 2130202 | <i>En extérieur, sur la coupole de couverture, le chéneau périphérique et la partie basse de l'acrotère</i> | 90,00 | M2 | 10,00 € | 900,00 € |
| 21303 | Fourniture et mise en œuvre d'un enduit épais sur 30 mm | | | | |
| 2130304 | <i>En extérieur au niveau de la coupole</i> | 90,00 | M2 | 20,00 € | 1 800,00 € |
| 22 | CHAPITRE 22 – REPARATIONS NON STRUCTURALES | | | | |
| 221 | <u>TRAITEMENT DES FISSURES</u> | | | | |
| 22101 | Calfeutrement des fissures au mortier de liant hydraulique | | | | |
| 2210104 | <i>En intérieur de la tour, au niveau des paliers concernés</i> | 20,00 | ML | 60,00 € | 1 200,00 € |
| 222 | <u>TRAITEMENT DES EPAUFRURES ET ARMATURES CORRODEES</u> | | | | |
| 22204 | Traitement des épaufrures avec armatures apparentes corrodées par repiquage jusqu'au béton sain, dégagement, sablage et passivation des armatures et ragréage au mortier de réparation | | | | |
| 2220402 | <i>En intérieur de la cuve, au niveau de l'intrados de coupole de couverture et du lanterneau</i> | 1,00 | M2 | 250,00 € | 250,00 € |
| 2220403 | <i>En intérieur, au niveau de l'intrados du palier 0 dans la galerie technique</i> | 2,00 | M2 | 250,00 € | 500,00 € |
| 22206 | Fourniture et mise en œuvre d'un inhibiteur de | | | | |

| | | | | | |
|------------|--|-------|----|----------|------------|
| | corrosion | | | | |
| 2220602 | En intérieur, au niveau de l'intrados de la coupole de couverture | 90,00 | M2 | 25,00 € | 2 250,00 € |
| 25 | CHAPITRE 25 – DIVERS | | | | |
| 251 | <u>TRAVERSES DE PAROIE</u> | | | | |
| 25101 | Pose et scellement des manchettes de traversée de la cuve | 4,00 | U | 400,00 € | 1 600,00 € |
| 25102 | Création de réservation au niveau de l'acrotère pour entrée EP | 4,00 | U | 200,00 € | 800,00 € |
| 25104 | Création de réservation pour trappe de manutention | 4,00 | U | 600,00 € | 2 400,00 € |
| 252 | <u>COMPLEMENT D'ANCIENNE TRAVERSEE</u> | | | | |
| 25201 | Comblement d'ancienne traversée de paroi | | | | |
| 2520103 | Comblement galerie technique | 3,00 | U | 100,00 € | 300,00 € |
| 3 | TITRE III - TRAVAUX D'ETANCHEITE EN INTERIEUR | | | | |
| 32 | CHAPITRE 32 – REVETEMENTS | | | | |
| 321 | <u>REVETEMENT D'ETANCHEITE DANS CUVE</u> | | | | |
| 32101 | Revêtement étanche adhérent stratifié de liant de synthèse avec ACS | | | | |
| 3210101 | résistant à une fissuration instantanée de 2 mm | 4,00 | M2 | 200,00 € | 800,00 € |
| 322 | <u>REVETEMENT D'IMPERMEABILISATION</u> | | | | |
| 32202 | Revêtement d'imperméabilisation de type liant hydraulique modifié | | | | |
| 3220201 | Revêtement mince en intrados de la coupole de couverture de la cuve | 90,00 | M2 | 65,00 € | 5 850,00 € |
| 4 | TITRE IV - TRAVAUX D'ETANCHEITE EN EXTERIEUR - PROTECTION GENERALISEE | | | | |
| 42 | CHAPITRE 42 – REVETEMENTS | | | | |
| 421 | <u>REVETEMENT D'ETANCHEITE</u> | | | | |

| | | | | | |
|------------|--|--------|----|----------|-------------|
| 42101 | Fourniture et mise en œuvre d'un revêtement d'étanchéité de type membrane bitume SBS | | | | |
| 4210101 | <i>Sur l'extrados de la coupole de couverture, chéneau périphérique et l'acrotère</i> | 90,00 | M2 | 50,00 € | 4 500,00 € |
| 42102 | Traitement des points singuliers sur revêtement d'étanchéité | | | | |
| 4210201 | <i>Traitement de relevées sur l'acrotère et sur le voile du lanterneau</i> | 42,00 | ML | 50,00 € | 2 100,00 € |
| 4210208 | <i>Façon de réservation pour évacuation eaux pluviales</i> | 4,00 | U | 100,00 € | 400,00 € |
| 4210209 | <i>Couvertine aluminium en partie courante de l'acrotère</i> | 35,00 | ML | 50,00 € | 1 750,00 € |
| 42103 | Plus-value au prix 42101 et 42102 pour mise en œuvre d'un pare-vapeur + isolant | | | | |
| 4210202 | <i>Isolant type laine de roche 70 mm d'épaisseur</i> | 95,00 | M2 | 60,00 € | 5 700,00 € |
| 4210204 | <i>Traitement de relevées sur l'acrotère et sur le voile du lanterneau</i> | 42,00 | ML | 60,00 € | 2 520,00 € |
| 42104 | Fourniture et mise en œuvre d'un système d'étanchéité liquide (SEL) | | | | |
| 4210401 | <i>En extérieur, au niveau de l'extrados de la dalle de couverture du lanterneau</i> | 5,00 | M2 | 60,00 € | 300,00 € |
| 422 | <u>PROTECTION THERMIQUE RAPPORTEE</u> | | | | |
| 42201 | Fourniture et mise en œuvre d'un système d'Isolation Thermique par l'Extérieur (ITE) | | | | |
| 4220101 | <i>par panneaux de type polystyrène fixés mécaniquement sur voile de la cuve et l'acrotère</i> | 155,00 | M2 | 120,00 € | 18 600,00 € |
| 4220103 | <i>Plus-value au prix 33203 pour mise en œuvre d'un support en aluminium en partie basse du voile pour calage du système d'isolation thermique</i> | 35,00 | ML | 80,00 € | 2 800,00 € |
| 42204 | Fourniture et mis en œuvre d'un enduit armé sur voile de la cuve et acrotère | 155,00 | M2 | 30,00 € | 4 650,00 € |
| 423 | <u>REVETEMENT D'IMPERMEABILISATION GENERALISE</u> | | | | |
| 42301 | Fourniture et mise en œuvre d'un revêtement d'imperméabilisation généralisé sur l'ouvrage de type I3 | | | | |
| 4230101 | <i>Sur le voile de la cuve et l'acrotère</i> | 155,00 | M2 | 25,00 € | 3 875,00 € |
| 4230103 | <i>sur le voile de la Tour</i> | 640,00 | M2 | 25,00 € | 16 000,00 € |

| TITRE V - MOYENS D'ACCES PERMANENTS SERRURERIES ET MENUISERIES - EQUIPEMENTS DIVERS | | | | | |
|--|--|-------|-----|------------|------------|
| 5 | | | | | |
| 51 | CHAPITRE 51 – ECHELLES, ESCALIERS ET GARDE CORPS | | | | |
| 511 | <u>ECHELLES</u> | | | | |
| 51101 | Échelles en aluminium avec crinoline | | | | |
| 5110103 | Échelles inclinées dans la tour | 23,00 | ML | 350,00 € | 8 050,00 € |
| 51103 | Échelles en aluminium sans crinoline | | | | |
| 5110301 | Echelle entre la galerie technique et P0 | 1,50 | ML | 270,00 € | 405,00 € |
| 51105 | Échelles d'accès avec ACS en acier inoxydable austénitique de nuance 1.4404, avec crinoline | | | | |
| 5110501 | Pour descente dans la cuve | 6,00 | ML | 500,00 € | 3 000,00 € |
| 5110502 | Accès palier sous cuve / lanterneau | 10,50 | ML | 500,00 € | 5 250,00 € |
| 512 | <u>ESCALIERS</u> | | | | |
| 51205 | Plus-value aux prix 51201 à 51203 pour mise en œuvre d'une main courante | | | | |
| 5120501 | Sortie de la cuve au lanterneau | 2,00 | ML | 100,00 € | 200,00 € |
| 513 | <u>PALIER INTERMEDIAIRES</u> | | | | |
| 51303 | Fourniture et mise en œuvre d'un palier intermédiaire de type caillebotis en acier INOX 304L | | | | |
| 5130301 | au niveau du palier sommital dans la cuve de 0,85 m de large en périphérie de la cheminée | 1,00 | FFT | 2 500,00 € | 2 500,00 € |
| 514 | <u>AUTRES TRAVAUX</u> | | | | |
| 41506 | Fourniture et mise en œuvre d'une condamnation d'accès sur échelle à crinoline | 2,00 | U | 1 500,00 € | 3 000,00 € |
| 52 | CHAPITRE 52 – GARDE-CORPS ET PROTECTION | | | | |
| 521 | <u>GARDE CORPS</u> | | | | |
| 52101 | Garde-corps en aluminium | | | | |
| 5210102 | au niveau du lanterneau sur la coupole | 8,00 | ML | 350,00 € | 2 800,00 € |
| 52103 | Garde-corps en acier inoxydable austénitique de nuance 1.4404 | | | | |
| 5210301 | au niveau du palier sommital | 6,50 | ML | 480,00 € | 3 120,00 € |
| 522 | <u>PORTILLONS</u> | | | | |

| | | | | | |
|------------|--|-------|----|------------|------------|
| 52101 | Portillon d'accès en aluminium | | | | |
| 5210104 | au niveau de l'aire d'arrivée de l'échelle sur le lanterneau | 1,00 | U | 200,00 € | 200,00 € |
| 52103 | Portillon d'accès en acier inoxydable austénitique de nuance 1.4404 | | | | |
| 5210301 | au niveau du palier sommital | 2,00 | U | 250,00 € | 500,00 € |
| 523 | <u>AUTRES TRAVAUX</u> | | | | |
| 52301 | Mise en conformité de garde-corps existant | | | | |
| 5230101 | Mise en œuvre d'une sous-plinthe sur garde-corps existant | 12,00 | ML | 20,00 € | 240,00 € |
| 53 | CHAPITRE 53 – TRAPPES, PORTES ET FENETRES | | | | |
| 531 | <u>TRAPPES</u> | | | | |
| 53101 | Fourniture et mise en œuvre de trappe d'accès en aluminium verrouillable et assistée par vérin hydraulique | | | | |
| 5310101 | Trappe d'accès à la coupole de la cuve | 1,00 | U | 2 000,00 € | 2 000,00 € |
| 5310102 | Trappe d'accès en aluminium au niveau de la galerie technique | 1,00 | U | 2 000,00 € | 2 000,00 € |
| 5310103 | Trappe de manutention en aluminium au niveau de la tour | 4,00 | U | 2 000,00 € | 8 000,00 € |
| 53204 | Plus-value aux prix 53201 à 53204 pour barre anti-chute | | | | |
| 5320401 | Système anti-chute en aluminium sur les trappes de manutentions dans la tour | 4,00 | U | 700,00 € | 2 800,00 € |
| 53205 | Fourniture et mise en œuvre de couverture de type caillebotis au droit des canalisations | 3,00 | U | 700,00 € | 2 100,00 € |
| 533 | <u>PORTES</u> | | | | |
| 53301 | Fourniture et mise en œuvre d'une porte d'accès en aluminium isolée et revêtement thermo-laquée | | | | |
| 5330101 | Porte d'accès à la tour | 1,00 | U | 3 000,00 € | 3 000,00 € |
| 54 | CHAPITRE 54 – AUTRES EQUIPEMENTS | | | | |
| 541 | <u>VENTILATION</u> | | | | |
| 54101 | Fourniture et mise en œuvre de grilles de ventilation en aluminium | | | | |

| | | | | | |
|------------|--|--------|----|----------|-------------|
| 5410102 | Grille 0,30 x 0,90 m sur lanterneau | 3,00 | U | 80,00 € | 240,00 € |
| 542 | <u>EVACUATION EP</u> | | | | |
| 54201 | Fourniture et mise en œuvre de sortie EP DN100 mm en Aluminium sur cuve | 4,00 | U | 100,00 € | 400,00 € |
| 6 | TITRE VI - HYDRAULIQUE | | | | |
| 61 | CHAPITRE 61 – CANALISATIONS ET PIECES | | | | |
| 611 | <u>CANALISATIONS</u> | | | | |
| 61102 | Canalisations en acier inoxydable austénitique de nuance 1.4404 , y compris pièces types coudes ,tés, réductions, adaptateurs, ... | | | | |
| 6110207 | Diamètre 168,30 mm | 103,00 | ML | 200,00 € | 20 600,00 € |
| 6110208 | Diamètre 219,10 mm | 7,00 | ML | 220,00 € | 1 540,00 € |
| 61103 | Système fixe de lavage de la cuve | | | | |
| 6110301 | Tuyau DN20 mm extérieur pour réseau haute pression, y compris raccord intermédiaire, et système de rallonge et éléments de fixations | 30,00 | ML | 20,00 € | 600,00 € |
| 6110302 | Tuyau DN19 mm extérieur pour réseau basse pression, y compris raccords intermédiaires et rallonges et éléments de fixations | 30,00 | ML | 20,00 € | 600,00 € |
| 6110303 | Plus-value aux prix 6110301 et 6110302 pour pose en fourreau PVC rigide DN60 mm y compris fixation au Génie-Civil | 30,00 | ML | 30,00 € | 900,00 € |
| 612 | <u>PLUS-VALUE EN CANALISATION</u> | | | | |
| 61201 | Plus-value au prix n° 611 pour protection calorifugée | | | | |
| 6120106 | Pour un diamètre nominal Ø 150 mm | 49,00 | ML | 60,00 € | 2 940,00 € |
| 6120107 | Pour un diamètre nominal Ø 200 mm | 1,00 | ML | 60,00 € | 60,00 € |
| 613 | <u>PIECES ET RACCORDS</u> | | | | |
| 61302 | Manchette de traversé de paroi acier inoxydable austénitique de nuance 1.4404 | | | | |
| 6130208 | Diamètre 219,10 mm | 4,00 | U | 600,00 € | 2 400,00 € |
| 62 | CHAPITRE 62 – ROBINETTERIES ET EQUIPEMENTS DE PROTECTION DES RESEAUX | | | | |
| 621 | <u>VANNES</u> | | | | |

| | | | | | |
|------------|--|--------|-----|----------|------------|
| 62101 | Robinet-vanne à opercule PN 16 bars | | | | |
| 6210106 | De Ø 150 mm | 4,00 | U | 350,00 € | 1 400,00 € |
| 6210107 | De Ø 200 mm | 2,00 | U | 375,00 € | 750,00 € |
| 632 | <u>AUTRE EQUIPEMENTS</u> | | | | |
| 63206 | Crépine de distribution en INOX | | | | |
| 6320607 | Diamètre 168,30 mm | 1,00 | U | 450,00 € | 450,00 € |
| 7 | TITRE VI - AMENAGEMENTS ET DIVERS | | | | |
| 71 | CHAPITRE 71 – EQUIPEMENTS ELECTRIQUES | | | | |
| 711 | <u>ECLAIRAGE ARTIFICIEL</u> | | | | |
| 71101 | Fourniture et mise en œuvre d'un point d'éclairage artificiel, y compris raccordement au niveau de l'armoire électrique - branchement en 220 V | | | | |
| 7110101 | Au niveau du palier sous-cuve | 1,00 | U | 100,00 € | 100,00 € |
| 7110103 | Au niveau de la tour | 3,00 | U | 100,00 € | 300,00 € |
| 7110110 | Chemin de câble pour raccordement | 25,00 | ML | 5,00 € | 125,00 € |
| 712 | <u>ALARME ET TELESURVEILLANCE</u> | | | | |
| 71202 | Fourniture et mise en œuvre d'une alarme anti-intrusion | | | | |
| 7120202 | Accès à l'eau - palier sous cuve | 1,00 | FFT | 300,00 € | 300,00 € |
| 732 | <u>CLOTURE ET PORTAIL</u> | | | | |
| 73201 | Clôture simple torsion 2,00 m de hauteur | 230,00 | ML | 25,00 € | 5 750,00 € |
| 74 | CHAPITRE 64 – DIVERS | | | | |
| 741 | <u>DIVERS</u> | | | | |
| 74102 | Mise en place d'un panneau d'information sur la porte d'accès | 1,00 | U | 350,00 € | 350,00 € |
| 74103 | Mise en œuvre des panneaux signalétiques de sécurités | 1,00 | U | 500,00 € | 500,00 € |
| 9 | TITRE IX - ESSAIS / RECOLEMENTS ET MISE EN SERVICE | | | | |
| 91 | CHAPITRE 81 : ESSAIS ET RECOLEMENTS | | | | |

| | | | | | |
|--|---|------|-----|---------------------|-------------|
| 911 | <u>ESSAIS ET RECOLEMENTS</u> | | | | |
| 91101 | Élaboration et mise en œuvre PAQ - Contrôles internes et externes | 1,00 | FFT | 10 600,00 € | 10 600,00 € |
| 91103 | Dossier de récolement | 1,00 | FFT | 2 000,00 € | 2 000,00 € |
| 92 | CHAPITRE 82 : MISE EN SERVICE | | | | |
| 921 | <u>MISE EN SERVICE</u> | | | | |
| 92101 | Prélèvement et analyse d'eau pour mise en service | 1,00 | FFT | 350,00 € | 350,00 € |
| 92102 | Nettoyage et désinfection des canalisations | 1,00 | FFT | 1 300,00 € | 1 300,00 € |
| 92103 | Nettoyage et désinfection de la cuve | 1,00 | FFT | 1 300,00 € | 1 300,00 € |
| TOTAL en euros Hors Taxe | | | | 359 000,00 € | |
| T.V.A. 20,0% | | | | 71 800,00 € | |
| TOTAL en euros Toutes Taxes Comprises | | | | 430 800,00 € | |

| Numéro | Désignation | Prix € HT |
|--------|---|--------------|
| 1 | TITRE I - INSTALLATION ET PREPARATION DE CHANTIER | 163 860,00 € |
| 2 | TITRE II - TRAVAUX DE GENIE-CIVIL | 20 275,00 € |
| 3 | TITRE III - TRAVAUX D'ETANCHEITE EN INTERIEUR | 6 650,00 € |
| 4 | TITRE IV - TRAVAUX D'ETANCHEITE EN EXTERIEUR - PROTECTION GENERALISEE | 63 195,00 € |
| 5 | TITRE V - MOYENS D'ACCES PERMANENTS SERRURERIES ET MENUISERIES - EQUIPEMENTS DIVERS | 49 805,00 € |
| 6 | TITRE VI - HYDRAULIQUE | 32 240,00 € |
| 7 | TITRE VI - AMENAGEMENTS ET DIVERS | 7 425,00 € |
| 9 | TITRE IX - ESSAIS / RECOLEMENTS ET MISE EN SERVICE | 15 550,00 € |

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Diplôme(s): Ingénieur de l'ENGEES

Spécialité : Travaux et exploitation

Auteur : MARINHO Angèle

Année : 2021

Titre : Diagnostic approfondi du génie civil du réservoir sur tour de Bois Bourgeot

Nombre de pages 62 texte 33 annexes (33 p. + 6 plan)

Nombre de références bibliographiques 21

Structure d'accueil : Altereo / Maxéville / 54

Maître de stage : BRUNET Nicolas

Résumé

Suite à l'effondrement d'une partie de l'isolation thermique extérieure du réservoir de Bois Bourgeot, le SIAEP de DECIZE – SAINT LEGER DES VIGNES – CHAMPVERT a souhaité engager un diagnostic approfondi de son réservoir. Cette étude s'appuie sur une méthodologie stricte de diagnostic d'ouvrage reposant sur une compilation des données existantes, une couverture photographique et un examen visuel détaillé, permettant de relever, d'identifier et de prioriser les désordres selon la méthode du CEMAGREF. La mise en œuvre de cette méthodologie a permis de mettre en avant les différents désordres du réservoir et de conclure sur des préconisations de travaux de réhabilitation.

Mots-clés

Diagnostic, réservoir, auscultations, réhabilitation, génie civil, pathologie, désordres