



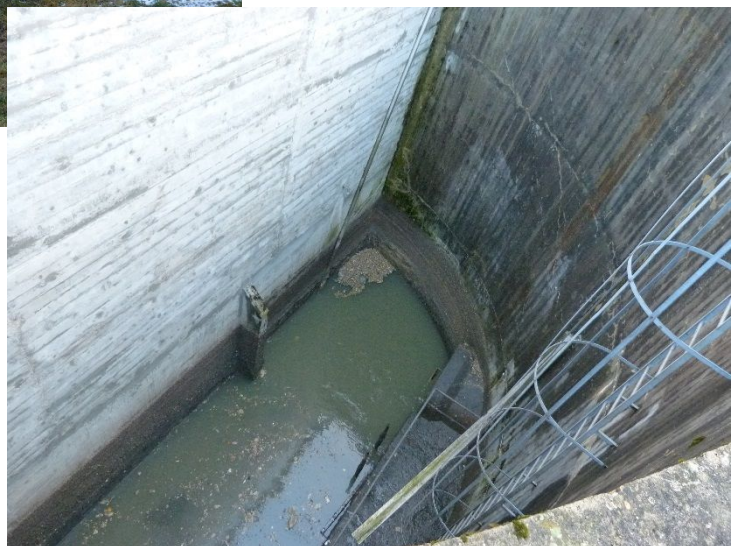
72127.02-RN003-A-Rapport diagnostic des ouvrages

14 octobre 2016

Ville du Locle
M. Cédric Dupraz
Hôtel de Ville 1,
Case Postale 656
2400 LE LOCLE

STEP LE LOCLE

DIAGNOSTIC STRUCTURELS DES OUVRAGES EXISTANTS





BG Ingénieurs Conseils SA
ARCenter - Route de Montfleury 3 – Case postale 435 - CH-1214 Vernier
T +41 58 424 23 10 – F +41 58 424 23 37 – geneve@bg-21.com – www.bg-21.com
CHE-116.329.587 TVA

n INGENIOUS SOLUTIONS



STEP LE LOCLE

DIAGNOSTIC STRUCTURELS DES OUVRAGES EXISTANTS

VERSION	-	a	b
DOCUMENT	72127.02-RN003-Rap- port diagnostic des ou- vrages	72127.02-RN003-A-Rap- port diagnostic des ou- vrages	
DATE	19 juillet 2016	14 octobre 2016	
ELABORATION	 Nicolas Brun	 Nicolas Brun	
VISA	Cyrille Michel	Cyrille Michel	
COLLABORATION	Morgan Perrier	Morgan Perrier	
DISTRIBUTION	Ville du Locle - M. Dupraz ALPHA Wassertechnik - M. Lambert	Ville du Locle - M. Dupraz ALPHA Wassertechnik - M. Lambert	



RAPPORT DE DIAGNOSTIC DES OUVRAGES EXISTANTS

TABLE DES MATIÈRES		Page
1.	Introduction	1
2.	Historique et implantation des ouvrages	1
2.1	Rappel généraux vis-à-vis de la norme SIA 272 et SIA 262/1	2
3.	Poste de pompage	3
3.1	Caractéristiques générales de l'ouvrage	3
3.2	Nomenclature des parties d'ouvrage	5
3.3	Relevé visuel de l'ouvrage	6
3.4	Auscultations complémentaires	7
3.4.1	Critères pour la construction en béton étanche suivant SIA 272	7
3.4.2	Résistance à la compression	7
3.4.3	Front de carbonatation	8
3.4.4	Teneur en chlorure	8
3.4.5	Perméabilité à l'eau	8
3.5	Analyse détaillée et évaluation finale	8
4.	Local de prétraitement	9
4.1	Nomenclature des parties d'ouvrage	9
4.2	Relevé visuel de l'ouvrage	11
4.3	Auscultations complémentaires	13
4.3.1	Critères pour la construction en béton étanche suivant SIA 272	13
4.3.2	Résistance à la compression	13
4.3.3	Front de carbonatation	14
4.3.4	Teneur en chlorure	14
4.3.5	Perméabilité à l'eau	14
4.3.6	Essai de traction d'armature	14
4.4	Analyse détaillée et évaluation finale	15
5.	Monoblocs	16
5.1	Nomenclature des parties d'ouvrage	16
5.2	Relevé visuel de l'ouvrage	17
5.3	Auscultations complémentaires	18
5.3.1	Critères pour la construction en béton étanche suivant SIA 272	18
5.3.2	Résistance à la compression	18
5.3.3	Front de carbonatation	19
5.3.4	Teneur en chlorure	19
5.3.5	Perméabilité à l'eau	19
5.3.6	Essai de traction d'armature	19



RAPPORT DE DIAGNOSTIC DES OUVRAGES EXISTANTS

5.4	Analyse détaillée et évaluation finale	20
6.	Local chlorure ferrique	21
6.1	Nomenclature des parties d'ouvrage	21
6.2	Relevé visuel de l'ouvrage	22
6.3	Auscultations complémentaires	23
6.3.1	Résistance à la compression	23
6.3.2	Front de carbonatation	23
6.3.3	Teneur en chlorure	23
6.4	Analyse détaillée et évaluation finale	23
7.	Bâtiment d'exploitation	24
7.1	Nomenclature des parties d'ouvrage	25
7.2	Relevé visuel de l'ouvrage	26
7.3	Schéma statique du local "atelier"	28
7.4	Causes probables	29
7.5	Analyse détaillée et évaluation finale	29
8.	Réhabilitation des différents ouvrages auscultés	30



1. Introduction

Dans le cadre de l'étude d'avant-projet de la nouvelle STEP au Locle, le bureau BG Ingénieurs Conseils SA a été mandaté par la Commune du Locle (M. Perez, le 27.01.2016) pour effectuer un diagnostic des ouvrages existants.

Le présent rapport synthétise les travaux de reconnaissance et les essais de laboratoire effectués. Il a pour but d'établir un diagnostic des ouvrages existants de la station d'épuration du Locle.

Conformément au cahier des charges établi par ALPHA Wassertechnik, les ouvrages diagnostiqués sont les suivants :

- Poste de pompage
- Local de prétraitement
- Monoblocs
- Bâtiment chlorure ferrique
- Bâtiment d'exploitation

Ce présent document présente l'état actuel des ouvrages au jour de la rédaction de ce rapport et indique les différentes solutions d'assainissement à réaliser pour prolonger la durée de vie des ouvrages.

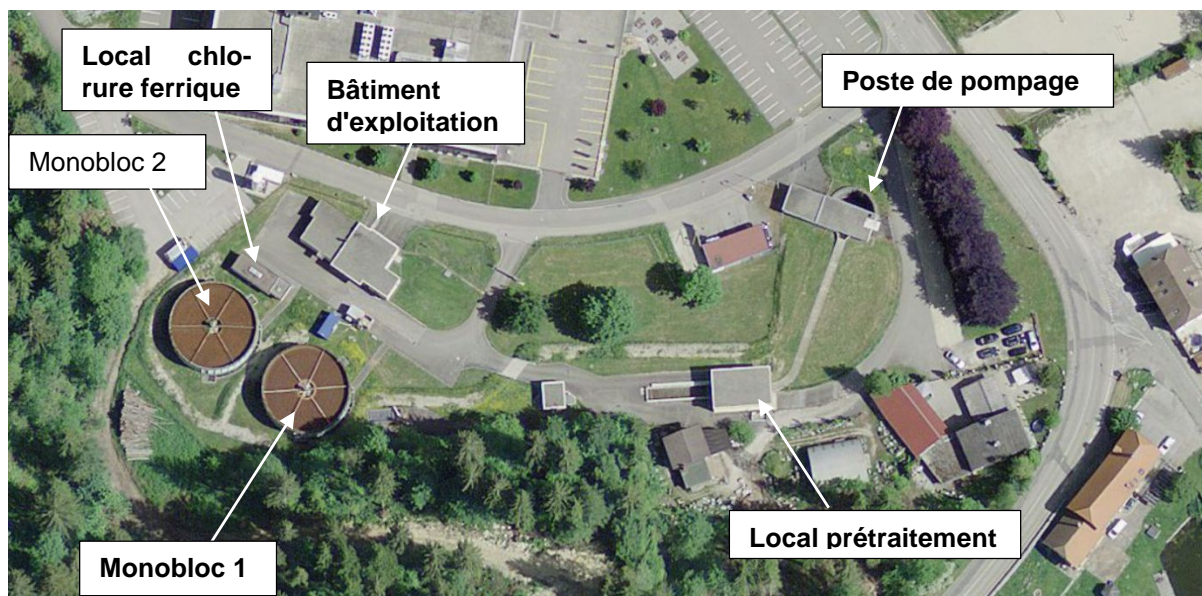
Il est à noter que, suivant la norme SIA 260 actuelle, les ouvrages existants réhabilités devront obtenir une durée d'utilisation en service de :

- structure porteuse : 50 ans (SIA 260, § 2.3.2)
- étanchéité, revêtements et joints : 25 ans (SIA 260, § 2.3.2)

2. Historique et implantation des ouvrages

Le site étudié constitue le bien-fonds n° 9061. Il se situe dans le canton de Neuchâtel sur la commune du Locle au Col des Roches à l'extrémité ouest de la commune en direction de la frontière française. Le site est situé non loin des Moulins souterrains du Col des Roches, espace culturel et touristique restauré dans les années 1980 par un groupe d'amateurs d'histoire et de spéléologie. L'accès au bien-fonds se fait par la route du Col des Roches.

Par le biais du site SITN, nous avons pu obtenir l'orthophotographie de l'année 2014. Nous indiquons sur la photo ci-dessous le positionnement des différents ouvrages auscultés (en gras).



Les aménagements existants sont les suivants :

- 1 poste de pompage de diamètre intérieur 10,60 m environ, avec un local technique en surplomb ;
- 1 local de prétraitement d'emprise au sol 13,30 m x 8,60 m
- 2 monoblocs de diamètre intérieur 20,00 m et d'une profondeur de 18,00 m environ ;
- 1 local chlorure ferrique d'emprise au sol 13,00 m x 4,00 m
- 1 bâtiment d'exploitation d'emprise au sol 26,00 m x 12,00 m

La station d'épuration du Locle a été construite en 1968 et mise en service en 1971, ce qui nous amène à un âge des structures de 48 ans.

En 2010, un ouvrage annexe a été créé à proximité de la STEP existante, et dénommé l'Actiflo, qui est nécessaire pour palier à l'absence d'un réseau d'évacuation séparatif en Ville du Locle.

En cas de pluie, lorsque la STEP a atteint son débit maximum, les eaux usées mixtes excédentaires sont prétraitées par l'Actiflo avant d'être rejetées vers le milieu naturel.

2.1 Rappel généraux vis-à-vis de la norme SIA 272 et SIA 262/1

Les ouvrages existants doivent être et seront de classe d'étanchéité 2.

Les constructions en béton étanches sont soumises aux spécifications suivantes :

- La dimension d'un élément de construction en béton doit rester aussi constant que possible et être d'au moins 250 mm ;
- Perméabilité du béton $< 10 \text{ g} / \text{m}^2 \text{ h}$ (SIA 262/1) ;
- Les espacements des armatures ne doivent pas dépasser 150 mm pour les classes d'étanchéités 1 à 3 ;
- Enrobage d'armatures $c_{\text{nom}} > 40 \text{ mm}$

3. Poste de pompage

3.1 Caractéristiques générales de l'ouvrage

Année de construction :	1968	
Matériau :	Béton armé étanche dans la masse	
Système statique :	ouvrage circulaire (en compression)	
Géométrie :	diamètre intérieur :	10,60 m
	profondeur :	12,00 m
	mur béton armé extérieur :	50 cm
	radier béton armé :	50 cm
	dalles béton armé sur fosse :	20 cm
Fondations :	niveau sous radier :	904,00 msm
	sol de fondations :	limons argileux brun

Les plans suivants ont pu être retrouvés pour cet ouvrage :

- Plan d'installation – vue en plan et coupes ;
- Transformation – vue en plan et coupes ;

Le poste de relevage est fondé vers le niveau 904,00 msm.

Les calcaires sont présents entre les niveaux 902,27 msm sur PZ7 et 910,00 vers PZ6. Il est possible et probable que cet ouvrage soit fondé sur le toit des calcaires.





3.2 Nomenclature des parties d'ouvrage

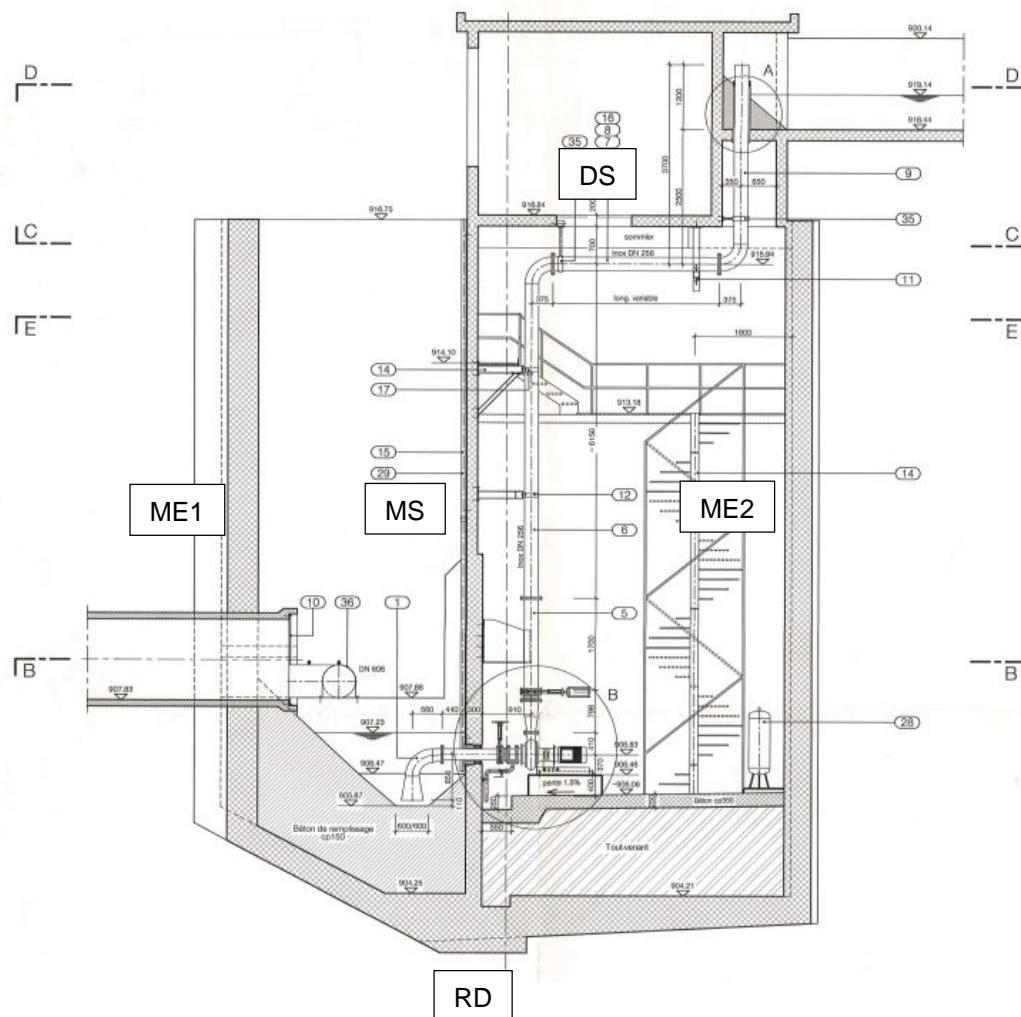


Figure 2 : repérage des parties d'ouvrage

ME1 = mur externe, face extérieure
 ME2 = mur externe, face intérieure
 MS = mur de séparation
 RD = radier
 DS = dalle supérieure

3.3 Relevé visuel de l'ouvrage



Photo 1 : Vue du fond de la fosse, quelques traces d'humidité/suintements sont présentes au droit de fissurations sur le mur externe ME1. Présence de traces de calcite sur ME1. Le mur intérieur de séparation MS est en bon état général.



Photo 2 : Vue de l'intérieur de l'ouvrage, quelques traces de corrosion sont présentes au droit des reprises de bétonnage sur le mur externe ME1. DS en bon état général, pas de dégradation relevée.



Photo 3 : Vue de l'intérieur de l'ouvrage en fond de fosse, quelques traces de suintements/calclites sont présentes au droit des reprises de bétonnage sur le mur externe ME1, pas de traces de corrosion.

3.4 Auscultations complémentaires

Dans le but de compléter les observations faites lors de l'examen visuel, des analyses du béton ont été effectuées, les résultats sont résumés dans les chapitres qui suivent.

3.4.1 Critères pour la construction en béton étanche suivant SIA 272

Critères SIA 272	Epaisseur béton > 250 mm	Espacements d'armatures < 150 mm	Perméabilité < 10 g / m ² h	Enrobage d'armatures $C_{nom} > 40$ mm
	OUI	NON (260 mm)	NON	NON (ev = 13 mm eh = 24 mm)

Selon la norme SIA 260, la durée résiduelle d'usage des structures en l'état est de 50 ans environ pour la structure porteuse et de 25 ans pour les revêtements, joints.
Les joints du poste de pompage seront donc à remplacer.

3.4.2 Résistance à la compression

Résultats essais de résistance à la compression sur site (f_{is})	$F_{ck, is}$ cube (MPa)	Classe de résistance caractéristique sur site
mur extérieur ME1	75,00	C70/85
mur intérieur ME2	68,00	C60/75

Les résistances à la compression sur les murs extérieurs de la fosse de pompage sont très satisfaisantes vis-à-vis des bétons actuels utilisés pour la création d'ouvrages neufs.

3.4.3 Front de carbonatation

Désignation	Front de carbonatation (mm)	Profondeur d'enrobage (mm)	Avancement (%)
VD16.1575-4	3,00	40 mm	7,5%
VD16.1575-5	10,00	40 mm	2,5%
VD16.1575-6	3,00	40 mm	7,5%

La carbonatation du béton mesurée est très faible.

3.4.4 Teneur en chlorure

Désignation	Teneur en chlorures / ciment (%)
VD16.1575 0-1 cm	0,00
VD16.1575 1-2 cm	0,00
VD16.1575 2-3 cm	0,02

La teneur en chlorure doit être inférieure à 0,20%.

3.4.5 Perméabilité à l'eau

Désignation	Perméabilité à l'eau (g / m ² h)
VD16.1575	13,0

À titre indicatif pour les ouvrages neufs, la norme SIA 262/1 établit la valeur limite inférieure de perméabilité à 10 g/m²h. Il sera donc nécessaire de faire un revêtement de protection étanche sur les parois en contact avec l'eau.

3.5 Analyse détaillée et évaluation finale

Élément	Évaluation de l'état*	Degré de corrosion*	Assainissement
ME1	1 – Bon état	1	Nettoyage par eau sous pression et sablage du béton existant, ragréages ponctuels, injections de fissures, et application d'un revêtement étanche sur les parois en contact avec l'eau.
ME2	1 – Bon état	1	Injection de fissures, ragréages ponctuels.
MS	1 – Bon état	1	
RD	1 – Bon état	0	Nettoyage par eau sous pression et sablage du béton existant, ragréages ponctuels, injections de fissures, et application d'un revêtement étanche sur les parois en contact avec l'eau.
DS	1 – Bon état	0	
État général de l'ouvrage	1 – Bon état		

*Descriptif des différents degrés de l'état de l'ouvrage en annexe au présent rapport.

Les bétons observés ainsi que les armatures auscultées malgré les 48 années de service sont en bon état de conservation.

4. Local de prétraitement

Année de construction : 1968 réhabilité dans les années 2000

Matériau : Béton armé étanche dans la masse

Système statique : bâtiment standard sur radier général

Géométrie :

longueur :	13,30 m
largeur :	12,00 m
hauteur hors sol :	4,70 m
hauteur sous sol :	2,30 m
mur béton armé extérieur :	20 cm
radier béton armé :	40 cm
murs canaux :	20 cm
dalles béton armé sur canaux :	20 cm

Fondations :

niveau sous radier :	918,08 msm
sol de fondations :	limons argileux brun

Les plans suivants ont pu être retrouvés pour cet ouvrage :

- Plan d'installation – vue en plan et coupes ;
- Plan de coffrage et d'armatures de la transformation – vue en plan et coupes ;
- Plan de démolition de la transformation – vue en plan et coupes ;

4.1 Nomenclature des parties d'ouvrage

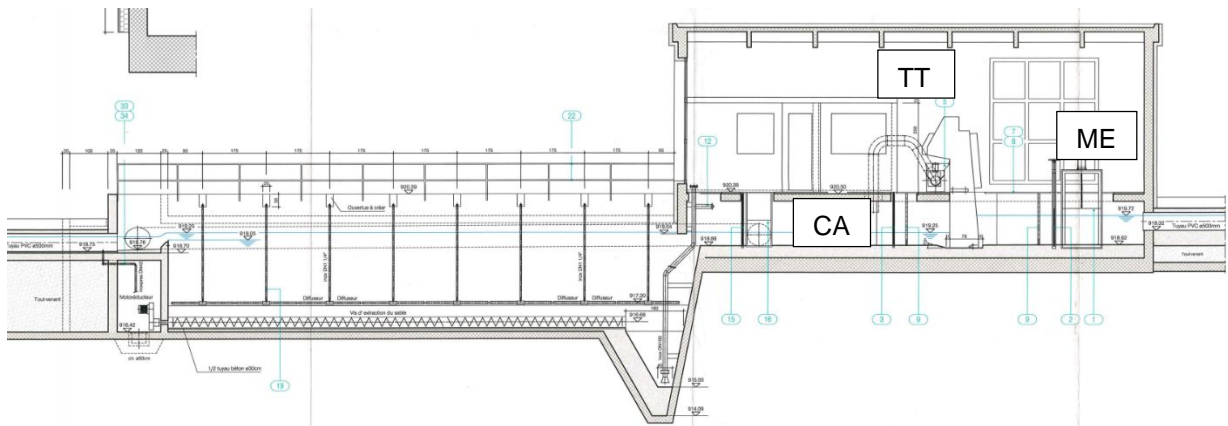


Figure 3 : coupe longitudinale de l'ouvrage

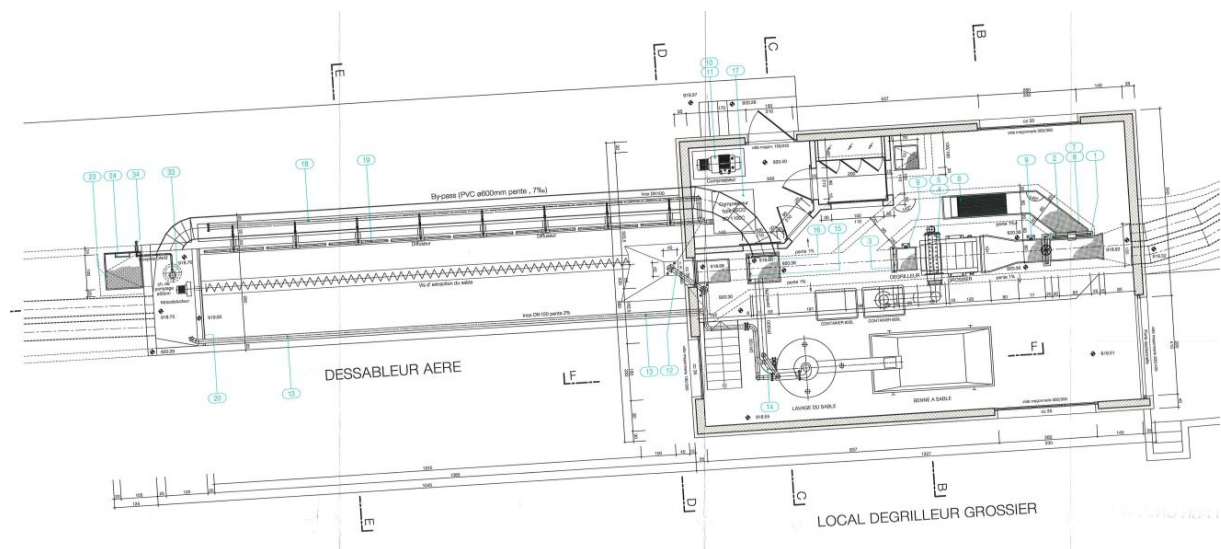


Figure 4 : vue en plan du rez de chaussée

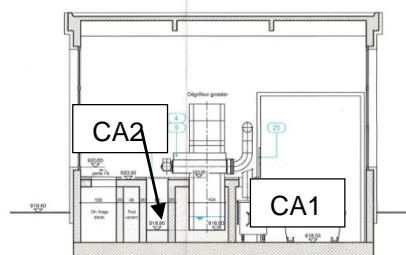


Figure 5 : coupe transversale de l'ouvrage

CA1 = murs canaux de circulation des eaux

CA2 = murs canaux de circulation des eaux

ME = murs extérieurs

TT = dalle toiture

4.2 Relevé visuel de l'ouvrage



Photo 4 : mur extérieur de l'ouvrage ME, aucunes dégradations visibles.



Photo 5 : mur contre les canaux de circulation des eaux CA1, pas de dégradations visibles.



Photo 6 : pas de dégradations visible en sous face de la dalle toiture TT de cet ouvrage.



Photo 7 : reconnaissance de fondation contre le mur extérieur ME, épaisseur de radier de 40 cm et débord de 50 cm par rapport à l'isolant.



Photo 8 : canal de sortie du local de prétraitement, légère érosion des murs en contact avec l'eau.

4.3 Auscultations complémentaires

Dans le but de compléter les observations faites lors de l'examen visuel, des analyses du béton ont été effectuées, dont les résultats sont résumés dans les chapitres qui suivent.

4.3.1 Critères pour la construction en béton étanche suivant SIA 272

Critères SIA 272	Épaisseur béton > 250 mm	Espacements d'armatures < 150 mm	Perméabilité < 10 g / m ² h	Enrobage d'armatures $c_{nom} > 40$ mm
	NON	NON (200 mm)	NON	NON (ev = 29 mm eh = 39 mm)

Selon la norme SIA 260, la durée résiduelle d'usage des structures en l'état est de 50 ans environ pour la structure porteuse et de 25 ans pour les revêtements, joints. Les joints du local de prétraitement seront donc à remplacer.

4.3.2 Résistance à la compression

Désignation	$F_{ck, is}$ cube (MPa)	Classe de résistance caractéristique sur site
mur extérieur ME	67,00	C60/75
dalle canaux CA	51,00	C50/60

Les résistances à la compression sur les murs extérieurs de la fosse de pompage sont très satisfaisantes vis-à-vis des bétons actuels utilisés pour la création d'ouvrages neufs.

4.3.3 Front de carbonatation

Désignation	Front de carbonatation (mm)	Profondeur d'enrobage (mm)	Avancement (%)
VD16.1159-8	3,00	29 mm	10%
VD16.1159-9	5,00	29 mm	17%
VD16.1159-10	0,00	29 mm	0%

La carbonatation du béton mesurée est très faible.

4.3.4 Teneur en chlorure

Désignation	Teneur en chlorures / ciment (%)
VD16.1159-5 0-1 cm	0,05
VD16.1159-5 1-2 cm	0,03
VD16.1159-5 2-3 cm	0,00

La teneur en chlorure doit être inférieure à 0,20%.

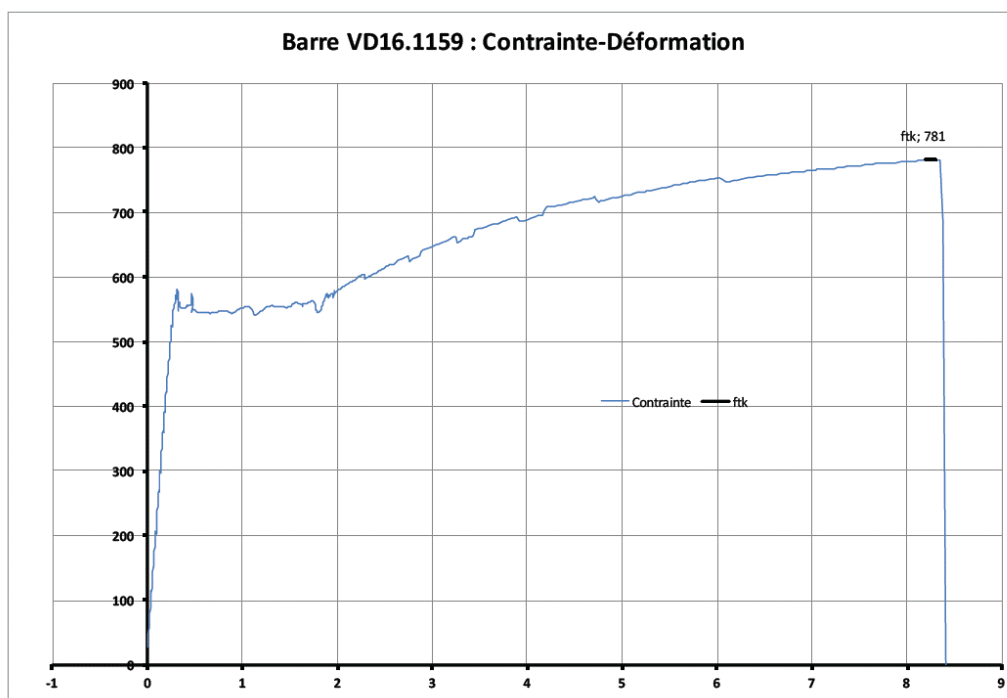
4.3.5 Perméabilité à l'eau

Désignation	Perméabilité à l'eau (g / m ² h)
VD16.1575	15,4

À titre indicatif pour les ouvrages neufs, la norme SIA 262/1 établit la valeur limite inférieure de perméabilité à 10 g/m²h. Il sera donc nécessaire de faire un revêtement de protection étanche sur les parois en contact avec l'eau.

4.3.6 Essai de traction d'armature

	D	f _{sk0.2}	R _{eH}	f _{tk}	E	Allongement de rupture A5 sans striction	Allongement de rupture A5 avec striction	Coeff. striction
	mm	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%	%
VD16.1159	7	543	580	781	198224	6.4	14.3	24.1



4.4 Analyse détaillée et évaluation finale

Élément	Évaluation de l'état*	Degré de corrosion*	Assainissement
ME	1 – Bon état	0	
CA	2 – État acceptable	1	Nettoyage par eau sous pression et sablage du béton existant, ragréages ponctuels, injections de fissures, et application d'un revêtement étanche sur les parois en contact avec l'eau.
TT	1 – Bon état	0	
État général de l'ouvrage	1 – Bon état		

*Descriptif des différents degrés de l'état de l'ouvrage en annexe au présent rapport.

Les bétons observés ainsi que les armatures auscultées malgré les 48 années de service sont en bon état de conservation.

5. Monoblocs

Année de construction : 1968

Matériau : Béton armé étanche dans la masse et superstructure en maçonnerie

Système statique : réservoir fondé sur radier général

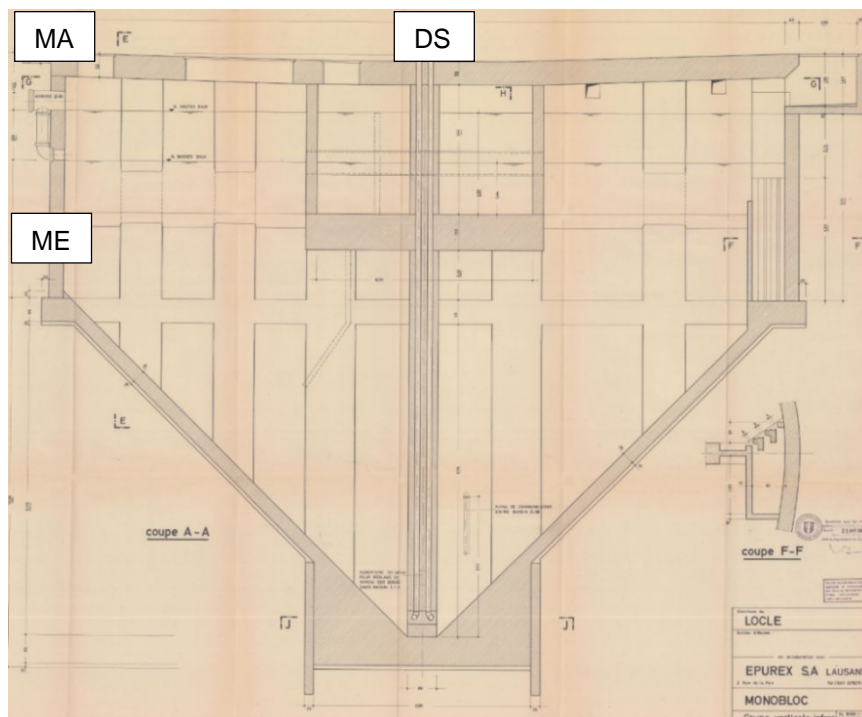
Géométrie :
diamètre intérieur : 20,00 m
profondeur : 18,89 m
hauteur hors sol : 5,45 m
mur béton armé extérieur : 40 cm
radier béton armé : 35 cm
dalle béton armé : 55 cm

Fondations :
niveau sous radier : 900,21 msm
sol de fondations : bloc calcaire facturé

Les plans suivants ont pu être retrouvés pour cet ouvrage :

- Coupe horizontale infrastructure ;
- Coupe horizontale infrastructure partie conique ;
- Coupe verticale décanteur final ;
- Coupe verticale infrastructure ;
- Coupe verticale superstructure ;
- Détail des fentes verticales ;

5.1 Nomenclature des parties d'ouvrage



MA = mur annexe
ME = mur externe
DS = dalle supérieure

Figure 6 : coupe type sur le monobloc

5.2 Relevé visuel de l'ouvrage



Photo 9 : dégradation visible en partie basse des murs maçonnerie, structure externe dégradée, cette partie d'ouvrage est en mauvais état général.



Photo 10 : intérieur du monobloc 2, lors de la vidange partielle de l'ouvrage en septembre 2013. Pas de dégradations significatives visibles sur la photo.

5.3 Auscultations complémentaires

Dans le but de compléter les observations faites lors de l'examen visuel, des analyses du béton ont été effectuées, dont les résultats sont résumés dans les chapitres qui suivent.

5.3.1 Critères pour la construction en béton étanche suivant SIA 272

Critères SIA 272	Epaisseur béton > 250 mm	Espacements d'armatures < 150 mm	Perméabilité < 10 g / m ² h	Enrobage d'armatures $C_{nom} > 40$ mm
	OUI	NON (200 mm)	NON	NON (ev = 32 mm eh = 42 mm)

Selon la norme SIA 260, la durée résiduelle d'usage des structures en l'état est de 50 ans environ pour la structure porteuse et de 25 ans pour les revêtements, joints. Ces derniers éléments seront donc à remplacer.

5.3.2 Résistance à la compression

Désignation	$F_{ck, is}$ cube (MPa)	Classe de résistance caractéristique sur site
mur extérieur ME	76,50	C70/85

Les résistances à la compression sur les murs extérieurs de la fosse de pompage sont très satisfaisantes vis-à-vis des bétons actuels utilisés pour la création d'ouvrages neufs.

5.3.3 Front de carbonatation

Désignation	Front de carbonatation (mm)	Profondeur d'enrobage (mm)	Avancement (%)
VD16.1154-2	0,00	32 mm	0%
VD16.1154-6	0,00	32 mm	0%
VD16.1154-8	3,00	32 mm	9,4%

La carbonatation du béton mesurée est très faible voire nulle.

5.3.4 Teneur en chlorure

Désignation	Teneur en chlorures / ciment (%)
VD16.1154-7 0-1 cm	0,02
VD16.1154-7 1-2 cm	0,01
VD16.1154-7 2-3 cm	0,01

La teneur en chlorure doit être inférieure à 0,20%.

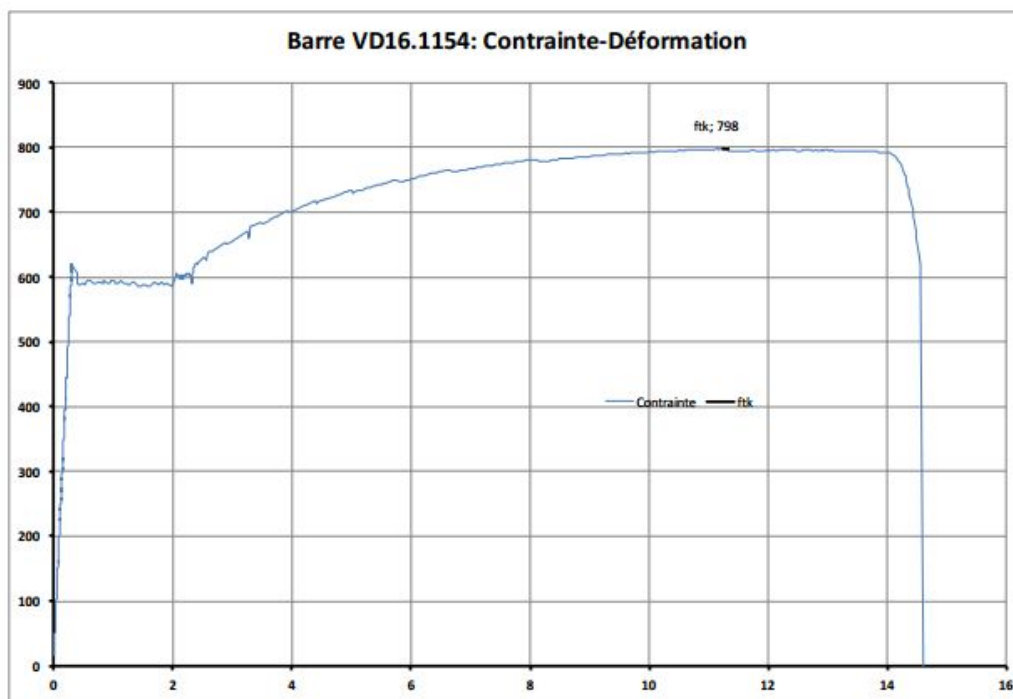
5.3.5 Perméabilité à l'eau

Désignation	Perméabilité à l'eau (g / m ² h)
VD16.1575	21,5

À titre indicatif pour les ouvrages neufs, la norme SIA 262/1 établit la valeur limite inférieure de perméabilité de 10 g/m²h. Il sera donc nécessaire de faire un revêtement de protection étanche sur les parois en contact avec l'eau.

5.3.6 Essai de traction d'armature

	D	f _{sk0.2}	R _{eH}	f _{tk}	E	Allongement de rupture A5 sans striction	Allongement de rupture A5 avec striction	Coeff. striction
	mm	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	N/mm ²	%	%	%
VD16.1154	10	588	620	798	199113	11.9	26	52.4



5.4 Analyse détaillée et évaluation finale

Élément	Évaluation de l'état*	Degré de corrosion*	Assainissement
ME	1 – Bon état	1	Nettoyage par eau sous pression et sablage du béton existant, ragréages ponctuels, injections de fissures, et application d'un revêtement étanche sur les parois en contact avec l'eau.
DS	1 – Bon état	1	
MA	3 – État défectueux	0	Blocs de maçonnerie en mauvais état (structure hors sol), la structure doit être démolie puis être refaite à neuf.
État général de l'ouvrage	1 – Bon état		

*Descriptif des différents degrés de l'état de l'ouvrage en annexe au présent rapport.

Les bétons observés (issues des photos de la vidange partielle de 2013) ainsi que les armatures auscultées malgré les 48 années de service sont en bon état de conservation.

Pour ce qui est de la partie supérieure en maçonnerie, la structure devra être démolie puis être refaite à neuf.

6. Local chlorure ferrique

Année de construction : 2002

Matériau : Béton armé étanche dans la masse

Système statique : bâtiment standard sur micropieux

Géométrie :	longueur :	10,20 m
	largeur :	4,10 m
	hauteur hors sol :	4,00 m
	mur béton armé extérieur :	20 cm
	radier béton armé :	25 cm

Fondations :	niveau sous radier :	917,90 msm
	sol de fondations :	micropieux

Les plans suivants ont pu être retrouvés pour cet ouvrage :

- Plan d'armatures de la toiture ;
- Plan d'armatures du radier ;
- Plan d'implantation des micropieux ;
- Vue en plan et coupes du local ;

6.1 Nomenclature des parties d'ouvrage

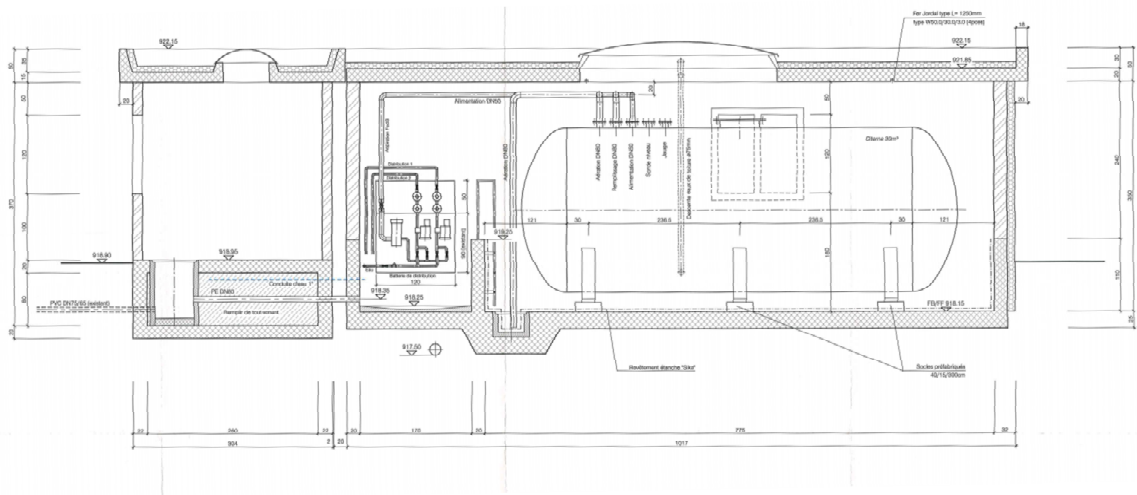


Figure 7 : coupe type sur local chlorure ferrique (OG)

6.2 Relevé visuel de l'ouvrage



Photo 11 : pas de dégradation extérieure visible

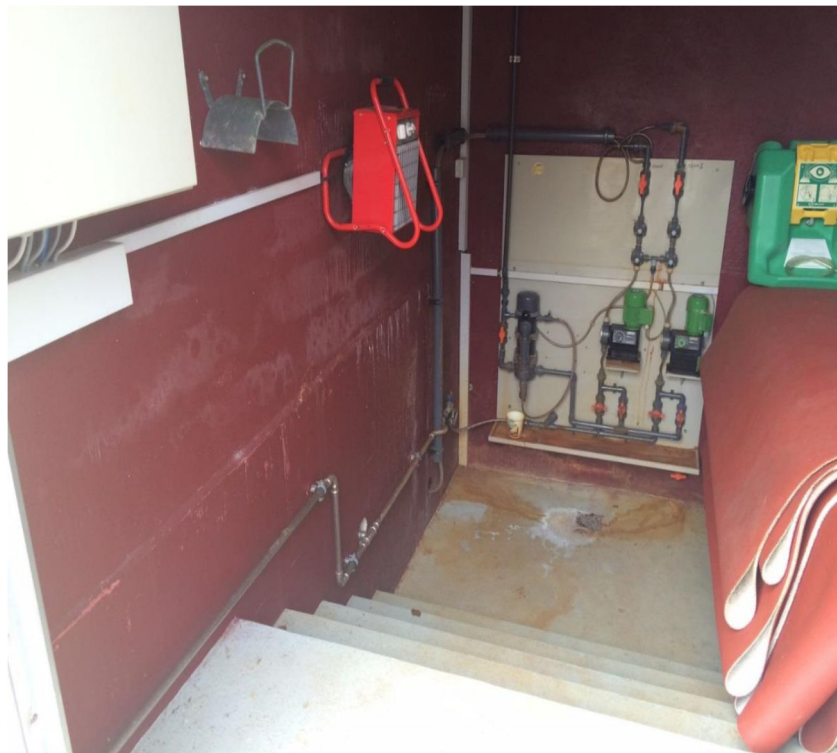


Photo 12 : aucune dégradation visible

6.3 Auscultations complémentaires

Dans le but de compléter les observations faites lors de l'examen visuel, des analyses du béton ont été effectué, dont les résultats sont résumés dans les chapitres qui suivent.

6.3.1 Résistance à la compression

Désignation	F _{ck, is} cube (MPa)	Classe de résistance caractéristique sur site
mur extérieur ME	52,00	C50/60

Les résistances à la compression sur les murs extérieurs de la fosse de pompage sont très satisfaisantes vis-à-vis des bétons actuels utilisés pour la création d'ouvrages neufs.

6.3.2 Front de carbonatation

Désignation	Front de carbonatation (mm)	Profondeur d'enrobage (mm)	Avancement (%)
VD16.1160-1	8,00	39 mm	20,5%
VD16.1160-2	0,00	39 mm	0%
VD16.1160-3	3,00	39 mm	7,7%

La carbonatation du béton mesurée est faible.

6.3.3 Teneur en chlorure

Désignation	Teneur en chlorures / ciment (%)
VD16.1160-4 0-1 cm	0,08
VD16.1160-4 1-2 cm	0,10
VD16.1160-4 2-3 cm	0,07

La teneur en chlorure doit être inférieure à 0,20%.

6.4 Analyse détaillée et évaluation finale

Élément	Évaluation de l'état*	Degré de corrosion*	Assainissement
OG	1 – Bon état		
État général de l'ouvrage	1 – Bon état		

*Descriptif des différents degrés de l'état de l'ouvrage en annexe au présent rapport.

7. Bâtiment d'exploitation

Année de construction : 1968 réhabilité en 1998

Matériau : Béton armé étanche dans la masse

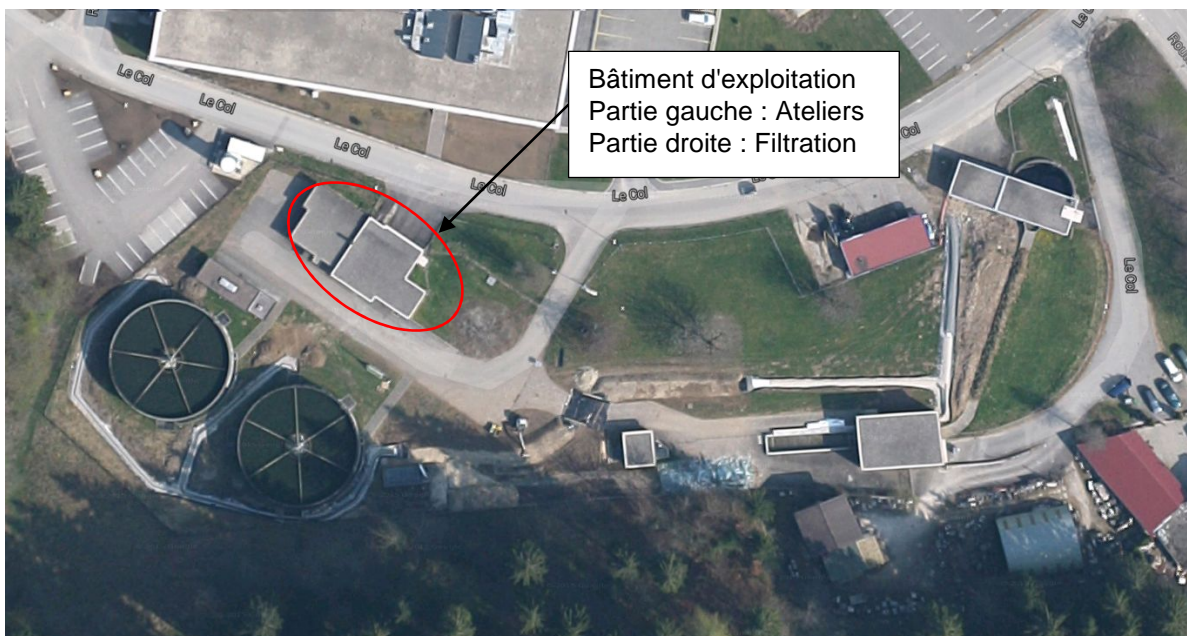
Système statique :
partie ateliers : bâtiment standard sur fondations superficielles
partie filtration : bâtiment réhabilité sur micropieux

Géométrie :
longueur : 14,80 m
largeur : 10,70 m
hauteur hors sol : 4,20 m
hauteur sous sol : 2,30 m
mur béton armé extérieur : 20 cm
radier béton armé : 40 cm
dalles béton armé sur canaux : 20 cm

Fondations :
niveau sous radier : 918,00 msm
sol de fondations : limons argileux brun

Les plans suivants ont pu être retrouvés pour cet ouvrage :

- Plan de coffrage et d'armatures – vue en plan et coupes ;
- Plan de démolition-terrassement – vue en plan et coupes ;
- Plan d'implantation des pieux – vue en plan;



Vue en plan du local d'exploitation

7.1 Nomenclature des parties d'ouvrage

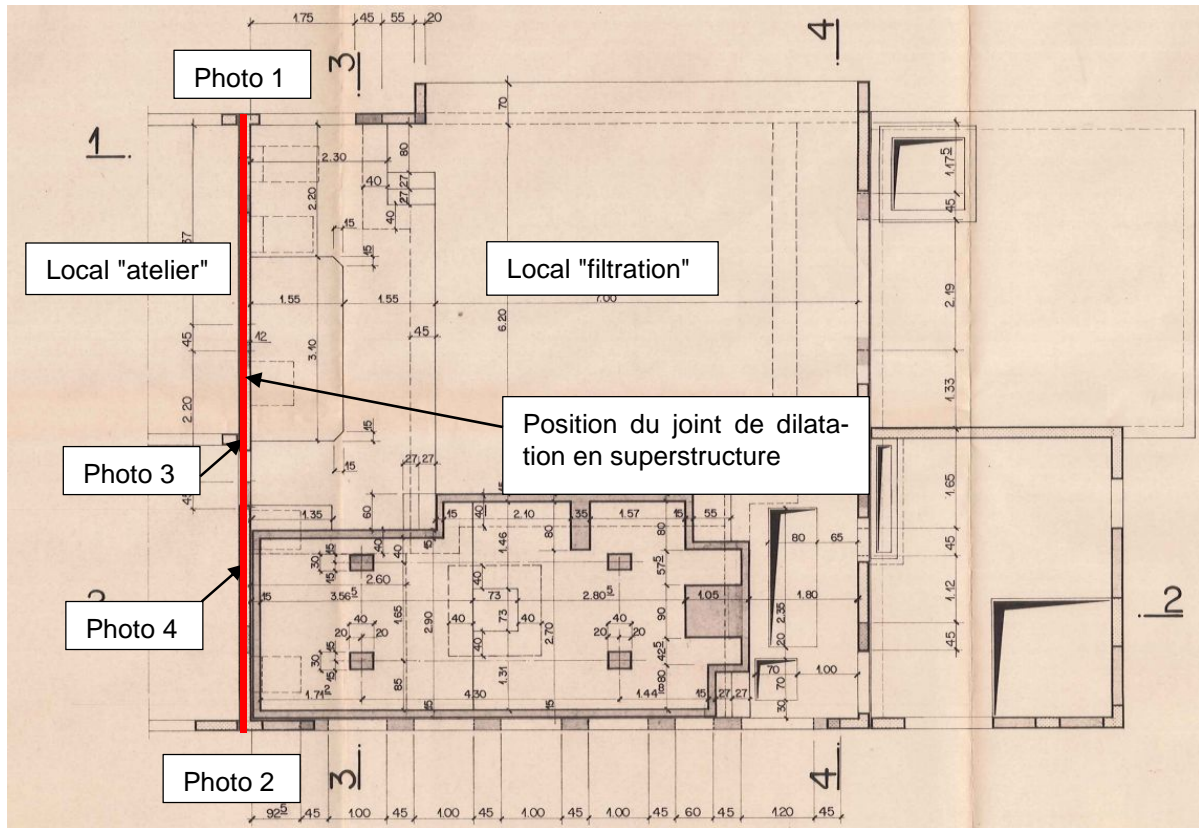


Figure 8 : Local "filtration" et repérage des principales ouvertures et/ou fissures observées

7.2 Relevé visuel de l'ouvrage



Photo 13 : Façade Nord-Est du bâtiment entre la zone "filtration" et la zone "atelier" (à droite)
 Cette photo nous montre la présence du joint de dilatation entre les deux locaux, il présente une ouverture plus prononcée en partie supérieure du bâtiment. Il ne s'agit donc pas d'une fissure puisque ce joint avait été prévu au moment de la construction du bâtiment.

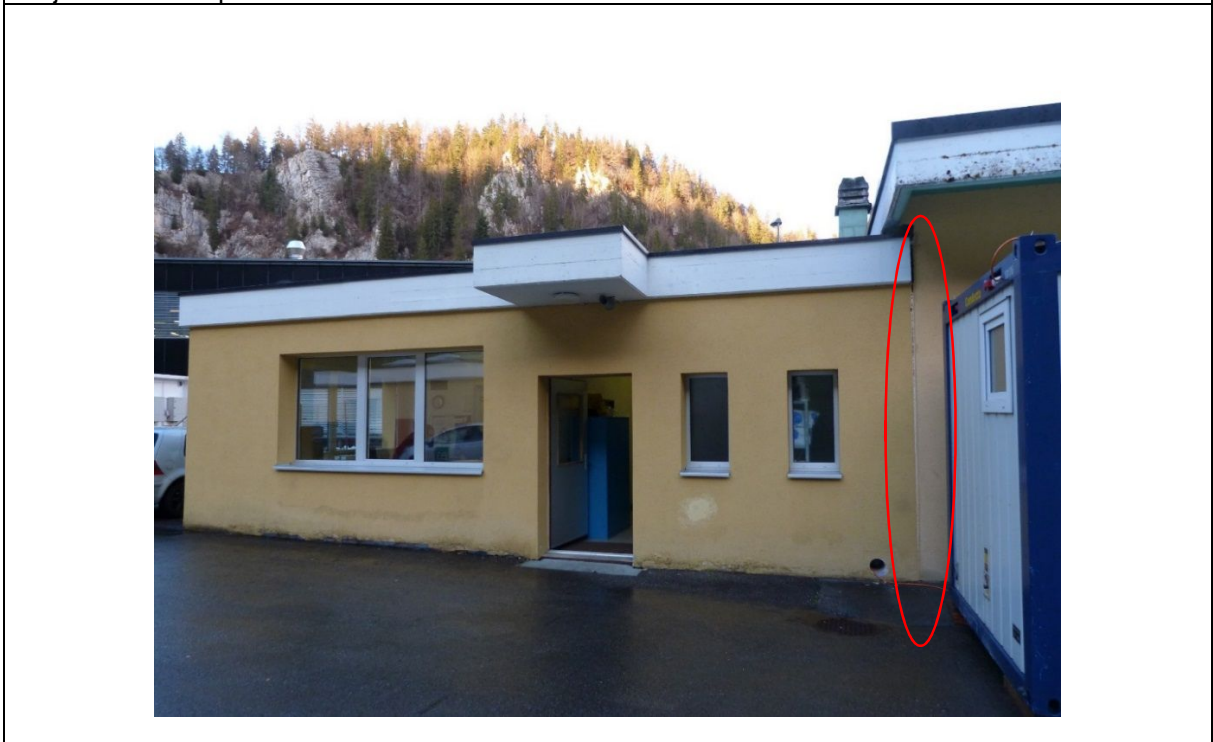


Photo 14 : Façade Sud-Ouest du bâtiment entre la zone "filtration" et la zone "atelier" (à gauche)
 Cette photo correspond à la façade opposée à celle montrée précédemment et nous montre donc la présence du joint de dilatation entre les deux locaux, il présente toujours une ouverture plus prononcée en partie supérieure du bâtiment. Il ne s'agit donc pas d'une fissure puisque ce joint avait été prévu au moment de la construction du bâtiment.



Photo 15 : Mur intérieur perpendiculaire à la zone "filtration" et la zone "atelier" (à gauche)
 Cette photo correspond au mur intérieur perpendiculaire au local de filtration, nous pouvons nous apercevoir que le joint de dilatation a été obturé et que **le revêtement** qui a été mis en place sur le mur maçonné **s'est fissuré**, il présente une ouverture plus prononcée en partie supérieure du bâtiment. Il ne s'agit donc pas d'une fissure en soit puisque ce joint avait été prévu au moment de la construction du bâtiment, mais a été enduit par la suite.



Photo 16 : Mur intérieur entre "atelier" et "filtration"

Photo similaire à la précédente mais montrant le joint de dilatation au niveau de la dalle en toiture, présentant une fissuration du revêtement appliqué sur les murs.

7.3 Schéma statique du local "atelier"

Le schéma statique supposé de la structure du local est le suivant :

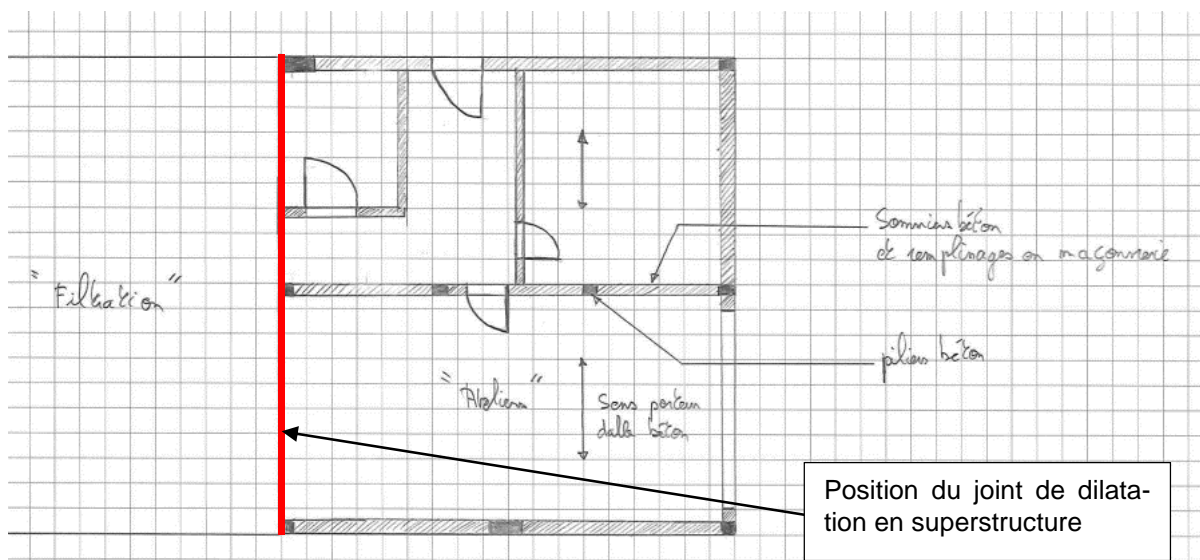


Figure 9 : vue en plan des ateliers attendant à la filtration

Il s'agit d'une structure simple poteaux poutres, avec remplissage en maçonnerie, la dalle étant portée par des sommiers béton armés.

7.4 Causes probables

Après lecture des différents plans en notre possession, nous avons pu constater que :

- Le radier du bâtiment de filtration a été refait en 1998, et que celui-ci a été fondé sur des micro-pieux, ce même radier a été liaisonné aux murs existants par l'intermédiaire d'empochements ;
- Ce bâtiment était donc fondé superficiellement jusqu'en 1998, c'est-à-dire au moyen de semelles filantes jusqu'à la réalisation des travaux indiqués au point précédent ;
- L'atelier est à priori toujours fondé sur semelles superficielles.

Nous tenons à rappeler qu'il faut tout de même différencier, comme indiqué dans les commentaires sous les photos, les ouvertures joints de dilatations des fissures observées dans les maçonneries et/ou enduits.

Comme nous pouvons l'apercevoir sur les photos n°1 et 2, le joint de dilatation séparant les deux locaux, présente une ouverture plus marquée en partie haute qu'au niveau du rez de chaussée, cela signifie qu'il y a un léger basculement de celui-ci par rapport au bâtiment de filtration.

Ceci est tout à fait explicable par les précisions que nous avons données dans les lignes ci-dessus, en effet la partie de bâtiment ayant été confortée par des fondations spéciales, soutient une partie du mur de l'atelier en contact direct avec la filtration. La partie Ouest du bâtiment étant fondée superficiellement, celle-ci a donc subi un tassement de son sol support.

Les quelques fissurations obtenues dans la maçonnerie résultent des mouvements que la structure a subi au cours de la vie de l'ouvrage.

Le tassement peut provenir des caractéristiques du sol, à savoir, des tourbes ligneuses, qui peuvent être susceptibles de désagrégation par pourrissement en cas de variation du niveau de la nappe phréatique lors de sécheresses.

En effet celles-ci pourraient perdre jusqu'à 80% de leur volume suivant les indications données dans le rapport de sol du bureau Brechbülher Ingénieur Conseil.

La sécheresse marquée de cet été 2015 est donc une cause probable de l'ouverture des différents joints de dilatations (photos 1, 2 et 3).

7.5 Analyse détaillée et évaluation finale

Élément	Évaluation de l'état*	Degré de corrosion*	Assainissement
Local "ateliers"	3 – État défectueux	NA	La réutilisation de ce local ne sera possible qu'avec la réalisation de travaux de confortement des fondations de l'ouvrage.
Local "filtration"	2 – État acceptable	1	

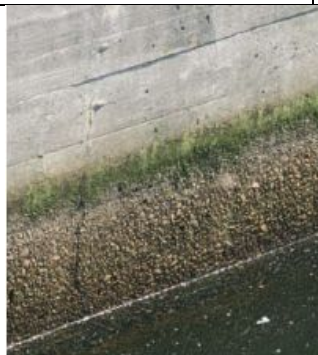


*Descriptif des différents degrés de l'état de l'ouvrage en annexe au présent rapport.


8. Réhabilitation des différents ouvrages auscultés

Les investigations réalisées sur les différents ouvrages permettent de constater qu'ils sont dans un bon état de conservation. Mais malgré des états généraux structurels ne portant pas atteinte à leur stabilité, les différents ouvrages doivent impérativement subir des réparations pour maintenir les caractéristiques mécaniques des éléments, aujourd'hui ponctuellement amoindries.

Le tableau ci-dessous décrit les réfections qu'il est recommandé de faire selon les différents dommages observés.

Concernant la partie hors sol des monoblocs, il n'existe pas de réparation pérenne possible. À terme, cette partie d'ouvrage devra être démolie.

Ouvrage	Dommages typiques	Réfection	Exemple	Produits proposés
Fosse de pompage Canaux (local prétraitement)	Érosions	Ces endroits doivent être reprofilés avec du mortier au ciment et protégés par des revêtements de surface étanches et résistants.		Sika MonoTop-613 ou équivalent Sikagard-720 EpoCem ou équivalent Membrane Sikalastic ou équivalent
Fosse de pompage Local de prétraitement Monoblocs	Attaque chimique	La construction en béton à l'intérieur des digesteurs est soumise à de multiples et fortes sollicitations chimiques (par ex. acides sulfuriques). Un revêtement de protection avec une résistance chimique élevée assure dans ce cas une protection fiable contre des dommages futurs.		Sikagard-720 EpoCem ou équivalent Membrane Sikalastic ou équivalent
Tous les ouvrages étanches avec joints de dilata-tions	Joints de raccorde-ment	Les joints de raccordement et points de rupture définis risquent d'être fortement endommagés par des infiltrations d'eau et du gel. Il faut donc les étancher avec une masse d'étanchéité appropriée.		Bandes Com-biflex Sika ou équivalent.

Tous les ouvrages étanches	Fissures	Ces éléments doivent être reprofilés soigneusement pour éviter des dommages consécutifs de l'armature. Pour empêcher des dommages futurs, il faut assurer le pontage des fissures par un revêtement adéquat.		Injection des fissures avec produit Sika Injection ou équivalent.
----------------------------	----------	--	--	---

ANNEXE 1 : DÉTERMINATION DU DEGRÉ DE CORROSION SELON LA SIA 269/2

Degré de corrosion (KG)	Description en cas de corrosion due à la carbonatation du béton	Description en cas de corrosion due à la pénétration des chlorures	Description relative aux gaines métalliques des unités de précontrainte
0	inaltéré	inaltéré	inaltéré
1	quelques points de rouille superficiels	quelques points et taches de rouille superficiels	quelques points et taches de rouille superficiels
2	taches de rouille, petites érosions locales du matériau	nombreuses taches de rouille, petites érosions locales du matériau	nombreuses taches de rouille, perforation locale possible
3	complètement rouillé avec petite érosion du matériau (au maximum, destruction des nervures par la corrosion)	début de corrosion par piqûre, diminution de la section $\leq 5\%$	perforé
4	complètement rouillé avec des cuvettes évidentes, indication de la perte de section ¹⁾	corrosion par piqûre avec diminution évidente de la section ¹⁾	complètement corrodé
¹⁾ indication de la perte de section en % de la section initiale.			

ANNEXE 2 : ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION EN BÉTON ARMÉ

Degré de l'état (ou de gravité)	Évaluation de l'état	Description de l'état
1	Bon état	<p>L'observation de l'ouvrage ne montre pas de défauts notables ni de dégâts ou de problèmes particuliers. Il se peut toutefois qu'il existe de petites fissures sans éclatements, des épaufrures ou des efflorescences. Des tâches provenant de variations d'humidité sont insignifiantes.</p> <p>Des fines fissures dues à des sollicitations en flexion ou au retrait sont admissibles pour autant que l'armature ne soit pas mise à nu. Les constatations faites doivent faire l'objet d'un protocole.</p> <p>La teneur en chlorures, au niveau des armatures, doit être inférieure à 0.20%.</p>
2	État acceptable	<p>Il existe quelques dégâts tels que des fissures, légère érosion du béton, quelques légers éclats qui peuvent être réparés à l'occasion des travaux d'entretien courant. Il faut toutefois que le total des éléments de structure touché (y compris les surfaces déjà réparées) reste inférieur à 10%.</p> <p>Il n'y a pas de dommage au béton dans les zones de fissures capillaires. Là aussi peuvent se présenter des taches dues à des variations d'humidité; l'étendue de ces taches étant très limitée, elles ne peuvent encore être considérées comme étant graves, mais en raison du danger présenté par le gel, elles peuvent être un signe annonciateur de dégâts futurs. En outre, il se peut qu'il existe des fissures avec efflorescences.</p> <p>La teneur en chlorures, au niveau des armatures, doit être inférieure à 0.20%.</p>
3	État défectueux	<p>Il existe une forte fissuration et des écaillages qui peuvent atteindre 20 à 40% de la surface de l'ouvrage (y compris les surfaces déjà réparées). Il existe quelques fissures traversantes avec une forte efflorescence. L'armature passive présente quelques points de corrosion mais il n'y a pas de dégâts sur les aciers de précontrainte.</p> <p>Tous les éléments porteurs sont encore aptes au service, mais présentes des fissures, des éclatements ou un fort écaillage.</p> <p>Les appuis, en raison de leur encrassement, ne sont plus tout à fait aptes à remplir leurs fonctions.</p>
4	Mauvais état	<p>Il existe des dégâts de corrosion avancés de l'armature principale, ainsi que des dégâts ou éclatements du béton. L'armature principale est toutefois encore suffisamment enrobée, mais elle est mise à nu par endroits. Dans les éléments de construction</p>

		<p>sollicités à la fatigue, il faut particulièrement tenir compte des effets d'entailles dans les zones de corrosion par piqures.</p> <p>40 60% des surfaces de béton sont endommagées ou attaquées, y compris les zones déjà réparées. Il existe de nombreuses fissures traversantes avec des efflorescences sur l'ensemble des surfaces de béton. Il existe aussi bien des fissures dues à la flexion que des fissures dues aux efforts tranchants.</p> <p>Dans les éléments comprimés, le noyau de béton délimité par les étriers n'est pas encore fissuré ni affaibli par une diminution de la section.</p> <p>Il est peut-être déjà possible de déceler de légers tassements dans la superstructure.</p>
5	État alarmant	<p>Une grande partie de l'ouvrage est fortement attaquée : les dégâts de l'armature principale sont fortement avancés. Il existe de larges fissures de flexion et d'efforts tranchant (fissures de plus de 0.5mm d'ouverture). L'armature de traction est en partie mise à nu. Les éléments porteurs principaux présentent des déformations permanentes anormales bien visibles.</p> <p>Des tassements importants peuvent mettre en danger la stabilité et la sécurité de l'ouvrage.</p> <p>Il peut être nécessaire de limiter, même éventuellement d'arrêter temporairement l'exploitation de l'ouvrage, et ceci jusqu'à l'obtention des résultats d'une auscultation plus détaillée.</p>

ANNEXE 3 : ÉVALUATION DE L'ÉTAT DES ÉLÉMENTS DE CONSTRUCTION EN MAÇONNERIE

Degré de l'état (ou de gravité)	Évaluation de l'état	Description de l'état
1	Bon état	L'observation de l'ouvrage ne montre pas de défaut notable, sauf peut-être de petits éclats ou efflorescences, ainsi que quelques petites détériorations superficielles des briques. Dans les joints il se peut qu'il existe aussi quelques fissures isolées, ou très localement quelques petits éclats. Le mortier des joints est toutefois encore dur. Des taches provenant de variations d'humidité sont insignifiantes.
2	État acceptable	<p>Il existe quelques petits dégâts (tels que faibles éclatements et dégradations par les intempéries) qui peuvent être réparés à l'occasion des travaux d'entretien courant. Les surfaces touchées ou abîmées doivent toutefois rester inférieures à 10% de la construction.</p> <p>Des taches sur les briques proviennent de variations d'humidité; l'étendue de ces taches étant limitée, elles ne peuvent encore être considérées comme étant graves, mais en raison du danger présenté par le gel, elles peuvent être un signe annonciateur de dégâts futurs.</p> <p>Il existe des fissures avec des efflorescences ou des zones d'éclats.</p>
3	État défectueux	<p>Il existe une forte fissuration, des dégâts dus aux intempéries, des éclatements, des fentes et attaques chimiques qui peuvent atteindre des zones profondes des briques. En conséquence d'un fort écaillage, il arrive que 20 à 40% des surfaces soient détruites ou attaquées. Les zones humides sont nombreuses.</p> <p>Il existe quelques fissures traversantes avec des efflorescences importantes.</p> <p>Le mortier des joints est disloqué dans de larges zones, les briques sont en parties branlants.</p>
4	Mauvais état	<p>Il existe un état avancé de dégâts dus aux intempéries ou à des éclatements. Les surfaces avec éclatements ou attaquées sont supérieures à 25%.</p> <p>Des efflorescences peuvent couvrir des éléments entiers, il en est de même pour l'humidité.</p> <p>Il existe des briques branlants et des joints disloqués en nombre important. Des algues et de la mousse se sont implantés dans les zones détrempées.</p> <p>Il existe de nombreuses fissures traversantes avec efflorescences sur l'ensemble des surfaces.</p>

5	État alarmant	<p>Par endroit des briques se sont détachés de l'appareillage, ce qui peut conduire à des déformations. Des dommages dus aux intempéries, des éclatements, des efflorescences et des zones humiques affectent plus de 50% des surfaces.</p> <p>La présence de larges fissures cheminant à travers les joints et/ou les briques montre que certains éléments entiers d'ouvrage se sont dissociés. Des briques isolés ou des parties de briques se sont détachés sur plus de 15% de la surface. Par ailleurs de larges fissures montrent que des charges excessives agissent dans l'ouvrage.</p> <p>En cas de présence de pièces métalliques, on peut constater des éclatements liés à la corrosion de ces pièces. Par ailleurs, des plantes avec leurs racines, se sont développées dans les joints et disloquent ceux-ci.</p> <p>Il existe des déformations permanentes anormales bien visibles.</p> <p>Plus de 50% des joints de mortier sont cassés ou disloqués.</p> <p>Des tassements importants peuvent mettre en danger la stabilité et la sécurité de l'ouvrage.</p> <p>Il peut être nécessaire de limiter, même éventuellement d'arrêter temporairement l'exploitation de l'ouvrage, et ceci jusqu'à l'obtention des résultats d'une auscultation plus détaillée.</p>