

**STEP
ASSAINISSEMENT DES CANAUX
AMONT ET AVAL**

CANAL AMONT | REMISE EN ETAT

**CANAL AVAL | REMISE EN ETAT ET MISE EN CONFORMITE DE LA
DALLE POUR ASSURER LE PASSAGE DE VEHICULES DE
QUARANTE TONNES**



Notice technique

Neuchâtel, le 8 décembre 2021

MAULER SA

Quai Philippe Suchard 20, CH-2000

Neuchâtel

Téléphone +41 32 732 55 55

msa@mauler-ing.ch

Version	Date	Rédaction	Validation	Distribution
1.0	8.12.2021	Ioannis Drakatos	Olivier Mauler	P. Schneider, J. Vidal

TABLE DES MATIÈRES

1	CONTEXTE ET MOTIVATIONS DU PROJET	4
1.1	CONTEXTE, PROBLÉMATIQUE	4
1.2	OBJECTIFS DU PROJET	6
1.3	CONDITIONS CADRES	6
2	CONCEPT D'ASSAINISSEMENT	7
2.1	CANAL AMONT	7
2.2	CANAL AVAL	8
3	COÛTS D'INVESTISSEMENT	9
3.1	CANAL AMONT	9
3.2	CANAL AVAL	9
4	PLANNING DES TRAVAUX	10
4.1	CANAL AMONT	10
4.2	CANAL AVAL	10
5	ANNEXE	12
5.1	PLAN D'ASSAINISSEMENT DU CANAL AMONT	12
5.2	PLAN D'ASSAINISSEMENT DU CANAL AVAL	13

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1</i>	Canal amont - présence de fissure longitudinale et transversale au niveau des joints de dilatation (partie gauche).	4
<i>Figure 2</i>	Canal aval – dégâts constatés lors de la dernière inspection : (a) usure de surface du radier, (b) forte érosion du radier vers l'exutoire (armatures apparentes), (c) diverses fissures au niveau de la dalle, (d) zones localisées au niveau des murs avec des tâches de rouille et (e) fissures et zones humides au niveau des joints de dilatation.	5
<i>Figure 3</i>	Concept de remplacement de la dalle du canal amont (dimensions en cm).	7
<i>Figure 4</i>	Concept de réfection du radier du canal aval (dimensions en cm).	8
<i>Figure 5</i>	Dégâts typiques du canal aval à réfectionner en surface et en profondeur : (a) murs et (b) dalle de couverture.	8

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Canal amont - devis estimatif	9
Tableau 2 : Canal aval - devis estimatif	9
Tableau 3 : Canal amont - planning intentionnel des travaux	10
Tableau 4 : Canal aval - planning intentionnel des travaux	10

1 CONTEXTE ET MOTIVATIONS DU PROJET

1.1 CONTEXTE, PROBLÉMATIQUE

Le réseau d'évacuation des eaux de la Ville de la Chaux-de-Fonds aboutit à la STEP (station d'épuration), située à la Combe des Moulins. Il collecte non seulement les eaux usées de la Ville, mais également les eaux de ruissellement générées par les surfaces imperméables (routes, toits, etc.) par temps de pluie. L'arrivée des eaux à la STEP se fait à travers un canal qui se trouve sous la route d'accès à la STEP (ci-après dénommé « canal amont »).

Le déversement dans le ruisseau de la Ronde des eaux traitées de la STEP, des eaux dégrillées par le BEP, ainsi que des eaux pluviales excédentaires, se fait à travers le canal de décharge (ci-après dénommé « canal aval »).

Canal amont

Le canal amont a une section rectangulaire sans aucun appui intermédiaire, sauf sur un tronçon de 257 m situé juste en amont du bassin de clarification, zone dans laquelle les eaux usées et les eaux pluviales coexistent, séparées d'un muret et de piliers intermédiaires. La première phase des travaux de remise en état réalisés en 2016/2017 consistait à injecter des fissures ainsi qu'à construire des murets entre les piliers (cf. Figure 1) pour éliminer le risque de poinçonnement de la dalle.

Les dernières inspections ont montré que les injections de fissures de la face inférieure de la dalle n'ont pas apporté une amélioration durable de son état. Actuellement, une fissure longitudinale significativement ouverte est constatée le long de la dalle à une distance de 50 cm des piliers / murets (Figure 1). La présence de cette fissure est attribuée à la faible résistance de cette zone à la flexion (faible contenu d'armatures). De plus, des fissures importantes sont constatées au niveau des joints de dilatation (Figure 1 – gauche).

L'évaluation statique de l'ouvrage pour le passage de véhicules de 40 tonnes a montré que malgré la présence des murets qui élimine le risque de poinçonnement, ni les armatures inférieures ni les armatures supérieures actuellement posées peuvent assurer la sécurité structurale à la flexion.



Figure 1 : Canal amont - présence de fissure longitudinale et transversale au niveau des joints de dilatation (partie gauche).

Canal aval

Le canal aval a une section rectangulaire et une longueur totale de 190 m. Les derniers travaux de remise en état réalisés en 2017 consistaient à réfectionner une zone caverneuse retrouvée dans le mur Est ainsi qu'à injecter partiellement des fissures dans la dalle de couverture.

La dernière inspection a montré une usure de surface sur une partie importante du radier

(Figure 2a – aire totale $\approx 680 \text{ m}^2$). De plus, la zone du radier à proximité de l'exutoire ($\approx 15 \text{ m}^2$) est marquée par une forte érosion avec des éclats de béton ainsi que des armatures apparentes et fortement corrodées (Figure 2b). Pour ce qui concerne la dalle de couverture du canal, des multiples fissures longitudinales et transversales ont été constatées (longueur totale $\approx 340 \text{ m}$). Les murs du canal sont caractérisés par des nids de gravier sur une surface approximative de 180 m^2 ainsi que par des zones localisées avec des taches de rouille et armature corrodée (Figure 2d – aire totale $\approx 30 \text{ m}^2$). Par ailleurs, au niveau des joints de dilatation/reprise, on note une détérioration importante du béton accompagnée par la présence de zones humides (Figure 2e - longueur totale $\approx 40 \text{ m}$).



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)

Figure 2 : Canal aval – dégâts constatés lors de la dernière inspection : (a) usure de surface du radier, (b) forte érosion du radier vers l'exutoire (armatures apparentes), (c) diverses fissures au niveau de la dalle, (d) zones localisées au niveau des murs avec des taches de rouille et (e) fissures et zones humides au niveau des joints de dilatation.

1.2 OBJECTIFS DU PROJET

Pour l'assainissement des canaux amont et aval, les objectifs à atteindre ont été fixés d'entente avec le maître d'ouvrage de la manière suivante :

- Objectif principal : améliorer la durabilité des canaux amont et aval en conservant leur capacité hydraulique ;
- Valoriser au mieux les réfections effectuées en 2016/2017.

Spécifiquement pour le canal amont :

- Assurer la sécurité structurale aux 40 tonnes pour la dalle et en conséquence pour la route d'accès à la STEP.

1.3 CONDITIONS CADRES

Les conditions cadres ont été fixés d'entente avec le maître d'ouvrage.

Pour l'assainissement du canal amont :

- Gestion de trafic : l'accès à la STEP ainsi que l'accès aux parcelles limitrophes (N° 16'466 et N° 17'786) doivent être garantis en tout temps ; particulièrement, l'accès et le stationnement de sapeurs-pompiers à la parcelle N° 16'466 (Thommen Furler AG) ;
- Privilégier une méthode d'assainissement de la dalle qui entraînera le moins possible d'entraves au flux hydraulique du canal.

Pour l'assainissement du canal aval :

- Les travaux de réfection devront être achevés avant la mise en service du bâtiment micropolluants de la STEP (juillet 2022), car l'utilisation du canal aval est dès lors impérative pour l'exploitation.

Enfin, pour les deux canaux :

- Des mesures de sécurité adéquates devront être mises en place lors des interventions.

2 CONCEPT D'ASSAINISSEMENT

2.1 CANAL AMONT

Le projet d'assainissement vise à augmenter la durabilité du canal au moyen des mesures suivantes :

- Assainissement du béton du radier et des murs par injection de fissures, réparation en profondeur des surfaces en béton, ainsi que par l'hydrodémolition et traitement des armatures corrodées ;
- Remplacement de la dalle de couverture existante par une nouvelle dalle en béton coulé en place (voir aussi Annexe 5.1 - Plan de reconstruction de la dalle du canal amenée).

La construction de la nouvelle dalle se fera à l'aide de prédalles appuyées sur les murs du canal. Aucun étau ne sera posé sur le radier du canal, préservant ainsi la capacité hydraulique lors de la mise en œuvre. La pose d'étais verticaux sur le muret entre le canal des eaux usées (figure ci-dessous à gauche) et le canal des eaux pluviales (figure ci-dessous à droite) assurera une uniformité des conditions d'appui le long du tronçon, ce qui permettra d'adopter un seul type de prédalles pour la phase de réalisation. Sur les prédalles, une dalle en béton sera coulée avec une épaisseur variable pour permettre l'évacuation des eaux de chaussée (pente transversale). Les travaux de construction seront suivis par la pose d'une étanchéité et de deux couches de revêtement bitumineux sur la dalle, d'une épaisseur totale de 9 cm.

La stabilité des murs pendant la phase de construction sera assurée par la pose d'étais horizontaux (cf. Figure 3). Ces éléments seront posés le plus haut possible de sorte qu'ils entravent le moins possible le flux hydraulique dans le canal.

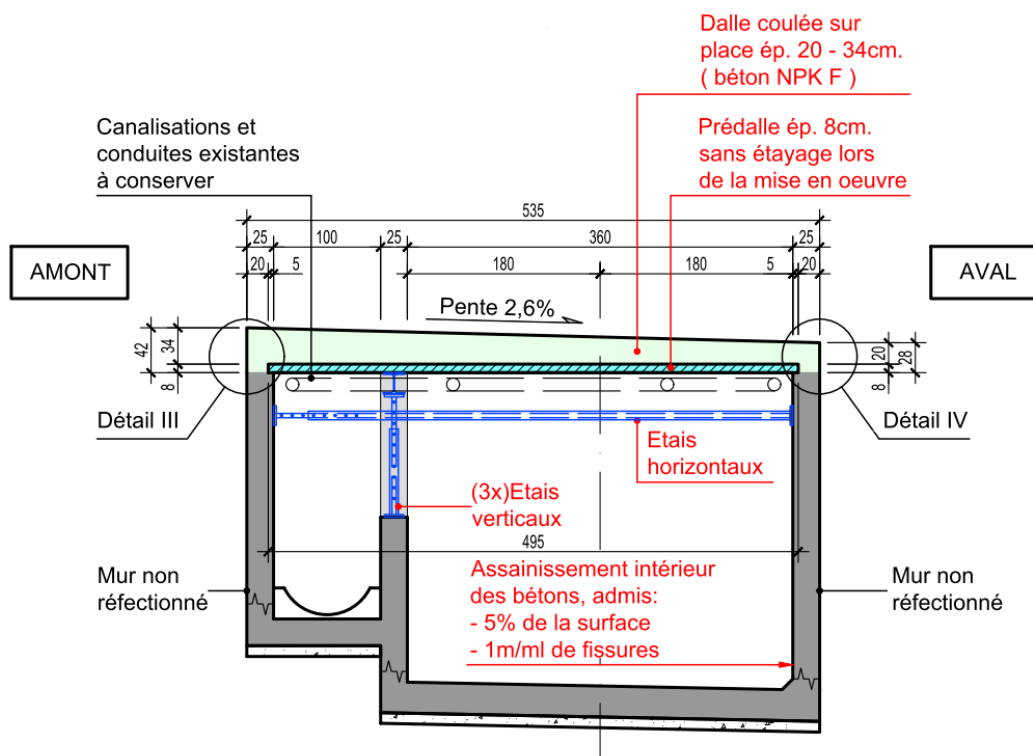


Figure 3 : Concept de remplacement de la dalle du canal amont (dimensions en cm).

2.2 CANAL AVAL

Le projet d'assainissement du canal aval vise à la réfection des dégâts constatés lors de la dernière inspection ainsi qu'à l'augmentation de la durabilité du canal à l'aide des mesures suivantes (voir aussi Annexe 5.2 - Plan des dégâts et des interventions) :

- Radier : réparation du béton en surface sur 680 m², avec reprofilage du béton pour restituer la pente transversale (cf. Figure 4), réparation en profondeur sur 15 m² avec remplacement des armatures corrodées (tronçon à proximité de l'exutoire) ;
- Murs : réparation en surface des nids de gravier (≈ 180 m²), réparation en profondeur des zones avec taches et traces des rouille et armatures corrodées sur 30 m² (cf. Figure 5a) ;
- Dalle : injection de multiples fissures longitudinales et transversales sur 340 m (cf. Figure 5b) ;
- Joints de dilatation / reprise : réparation en surface (≈ 40 m) et en profondeur (≈ 40 m) des zones avec une forte détérioration du béton (cf. Figure 5b).

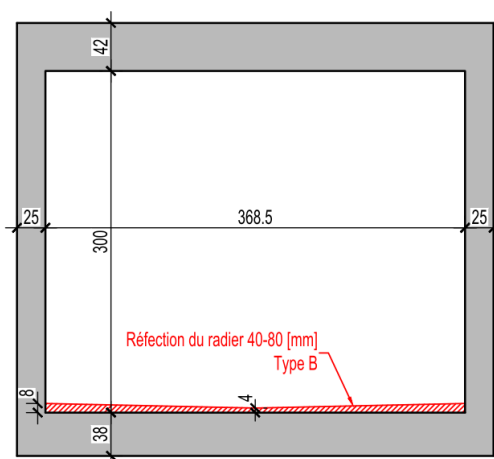


Figure 4 : Concept de réfection du radier du canal aval (dimensions en cm).

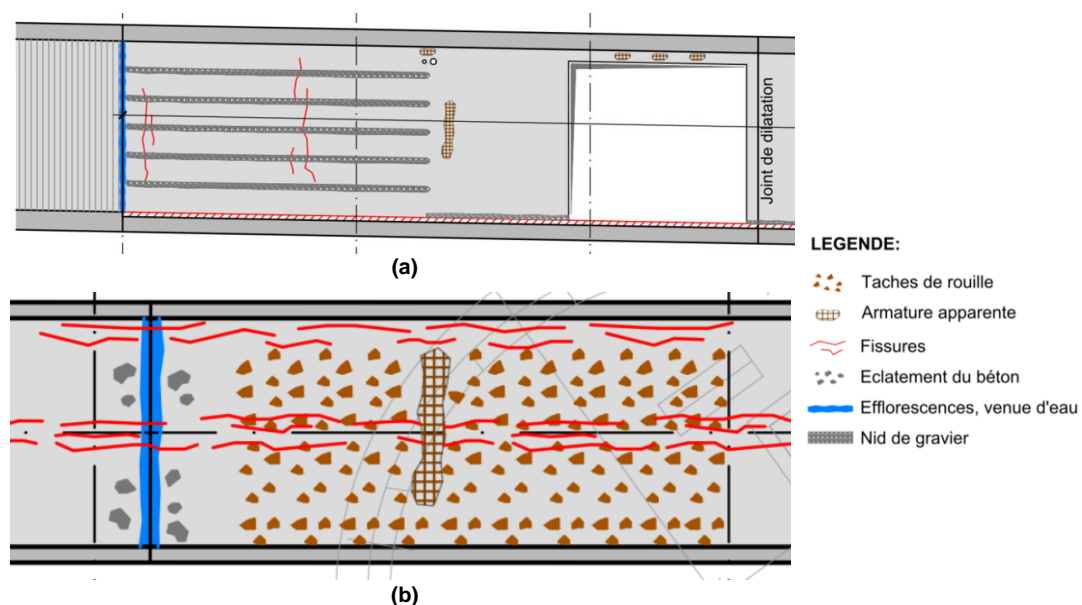


Figure 5 : Dégâts typiques du canal aval à réfectionner en surface et en profondeur : (a) murs et (b) dalle de couverture.

3 COÛTS D'INVESTISSEMENT

Les coûts pour l'assainissement des deux canaux ont été estimés dans le cadre de l'avant-projet. Ils comprennent le coût des travaux, les honoraires, ainsi que les divers et imprévus.

3.1 CANAL AMONT

Tableau 1 : Canal amont - devis estimatif

STEP La Chaux-de-Fonds		Somme
Reconstruction de la dalle du canal amont et assainissement intérieur du canal		[CHF]
AVANT-PROJET – COÛTS DES TRAVAUX & HONORAIRES		
Travaux préparatoires		134'450
Canal : travaux de construction et assainissement		932'950
Aménagements extérieurs		185'715
Divers et imprévus (10%)		125'310
	Total BRUT HT	1'378'425
	TVA 7.7%	106'140
	TOTAL GENERAL TTC	1'484'565

3.2 CANAL AVAL

Tableau 2 : Canal aval - devis estimatif

STEP La Chaux-de-Fonds		Somme
Assainissement intérieur du canal		[CHF]
AVANT-PROJET – COÛTS DES TRAVAUX & HONORAIRES		
Assainissement du canal		398'400
Divers et imprévus (10%)		39'840
	Total BRUT HT	438'240
	TVA 7.7%	33'745
	TOTAL GENERAL TTC	471'985

4 PLANNING DES TRAVAUX

Le planning intentionnel des travaux pour l'assainissement des deux canaux est montré dans les sections ci-dessous.

4.1 CANAL AMONT

Tableau 3 : Canal amont - planning intentionnel des travaux

STEP La Chaux-de-Fonds Reconstruction de la dalle du canal amont et assainissement intérieur du canal		
PLANNING INTENTIONNEL DES TRAVAUX		
Prestations	Début	Fin
Projet d'ouvrage GC (SIA 32)	mai 22	août 22
Dossier d'appel d'offres (SIA 41)	août 22	nov 22
Projet d'exécution (SIA 51)	jan 23	mars 23
Réalisation (SIA 52)	avril 23	août 23

4.2 CANAL AVAL

Tableau 4 : Canal aval - planning intentionnel des travaux

STEP La Chaux-de-Fonds Assainissement intérieur du canal		
PLANNING INTENTIONNEL DES TRAVAUX		
Prestations	Début	Fin
Projet d'ouvrage GC (SIA 32)	03.01.22	03.02.22
Dossier d'appel d'offres (SIA 41)	15.11.21	28.04.22
Projet d'exécution (SIA 51)	04.02.22	22.04.22
Réalisation (SIA 52)	25.04.22	01.07.22

Neuchâtel, le 8 décembre 2021

Mauler SA

Olivier Mauler
Chef de projet

Dr. Ioannis Drakatos
Collaborateur de projet

5 ANNEXE

5.1 PLAN D'ASSAINISSEMENT DU CANAL AMONT

La Chaux-de-Fonds
MÉTROPOLÉ HORLOGÈRE

Projet: STEP - Reconstruction de la dalle du canal d'amenée
Projet partiel: 31 - AVANT-PROJET 001A

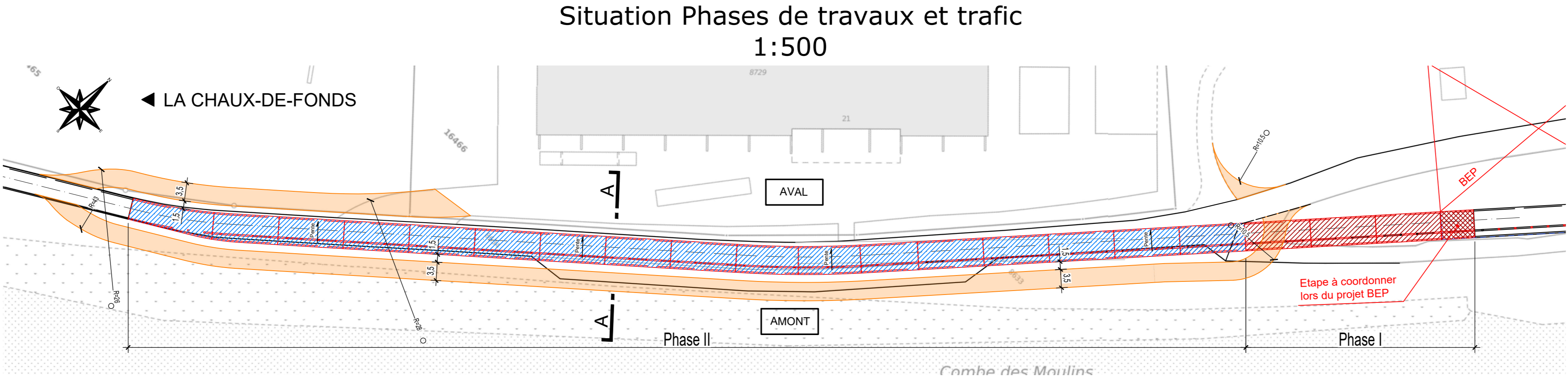
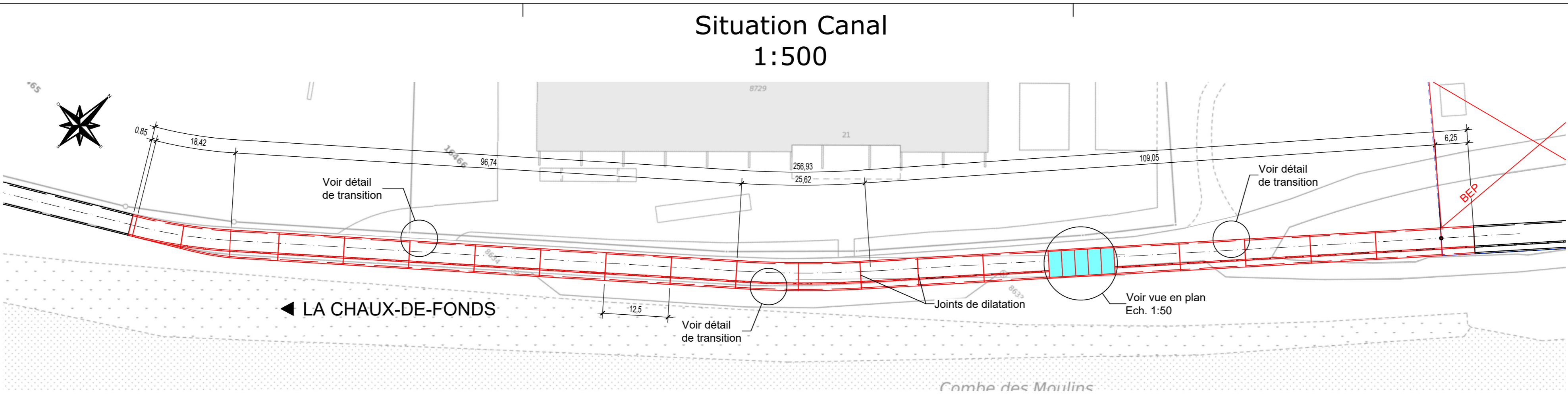
Station d'épuration
Combe des Moulins 27
Case postale 1386
CH-2001 LA CHAUX-DE-FONDS

N° de plan: 2314 - 001A
Echelles: 1:500/1:50/1:10
Format: 594 x 1260

Mandataires:
MAULER SA
Mauler SA
Quai Ph. Scharard 20
2000 Neuchâtel

Titre: Situation, vue en plan, coupe-type et détails

PROVISOIRE



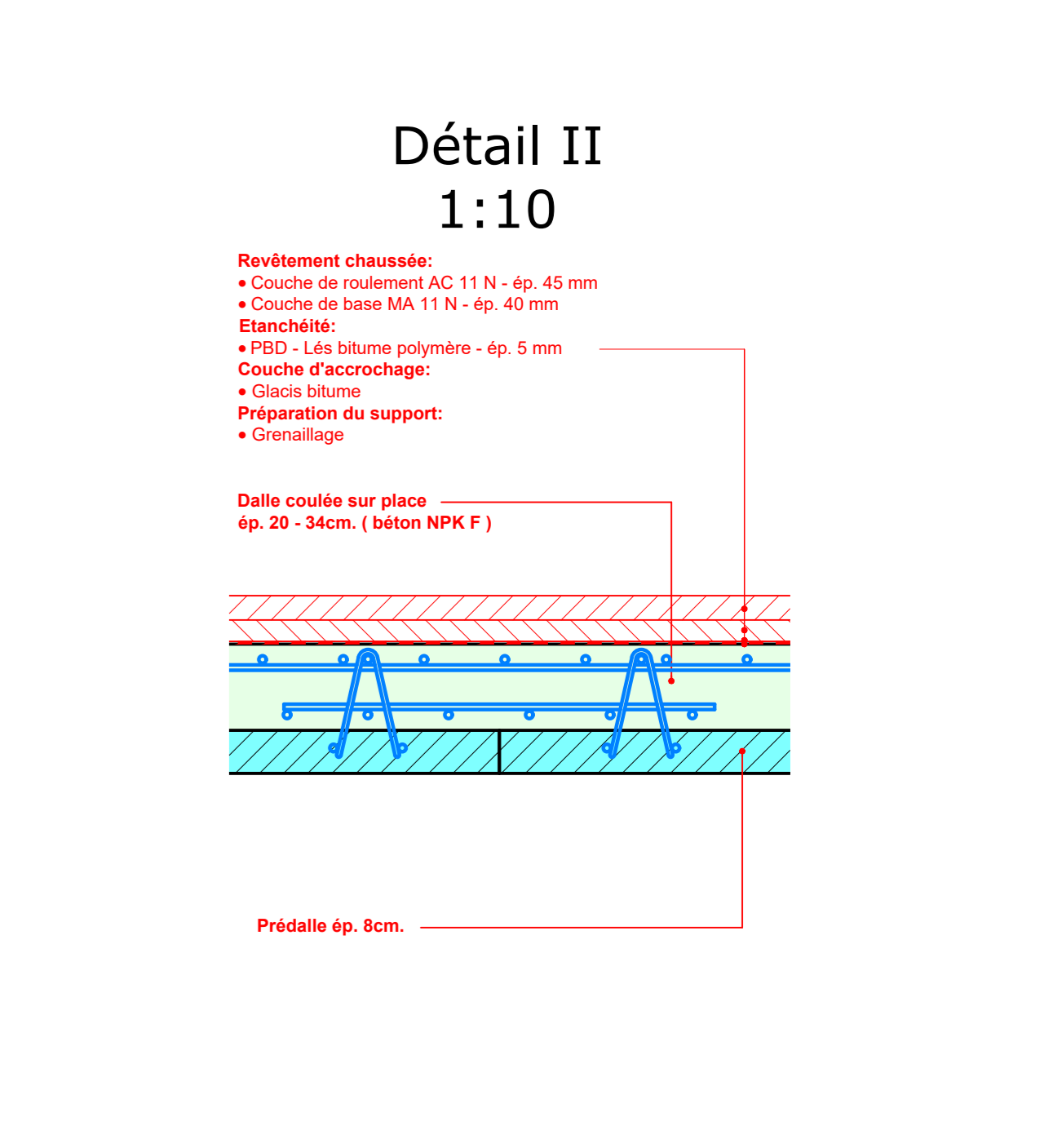
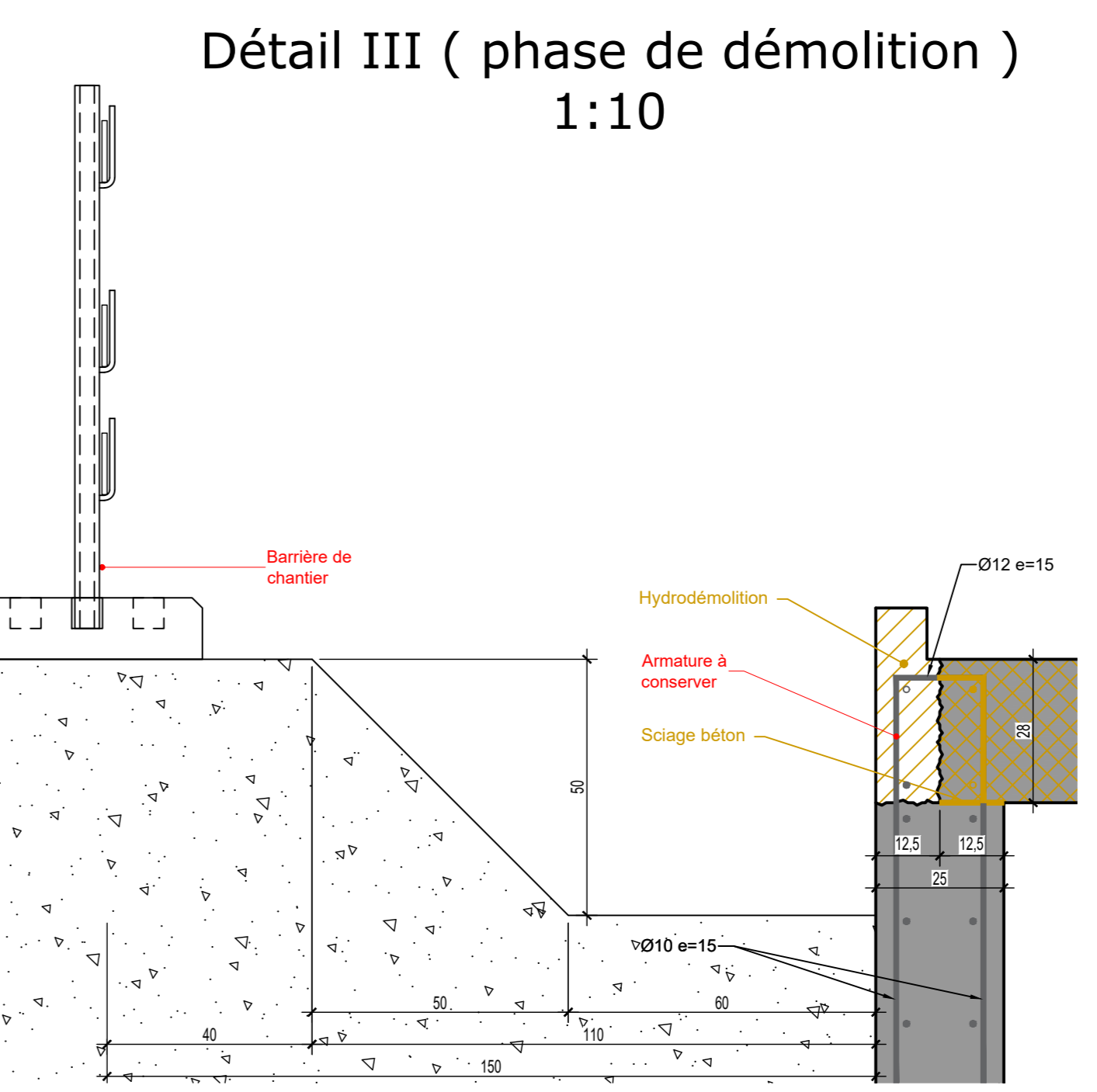
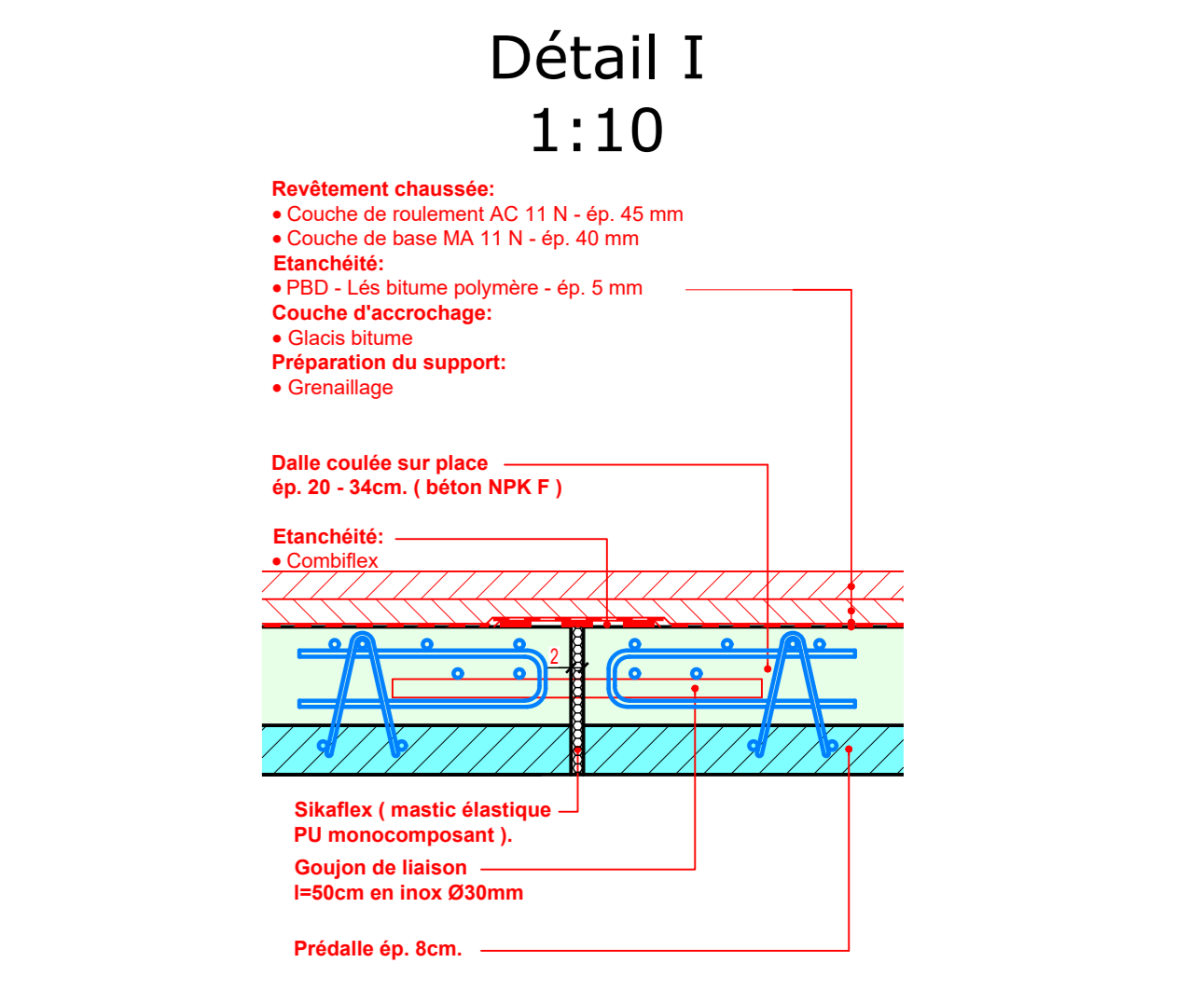
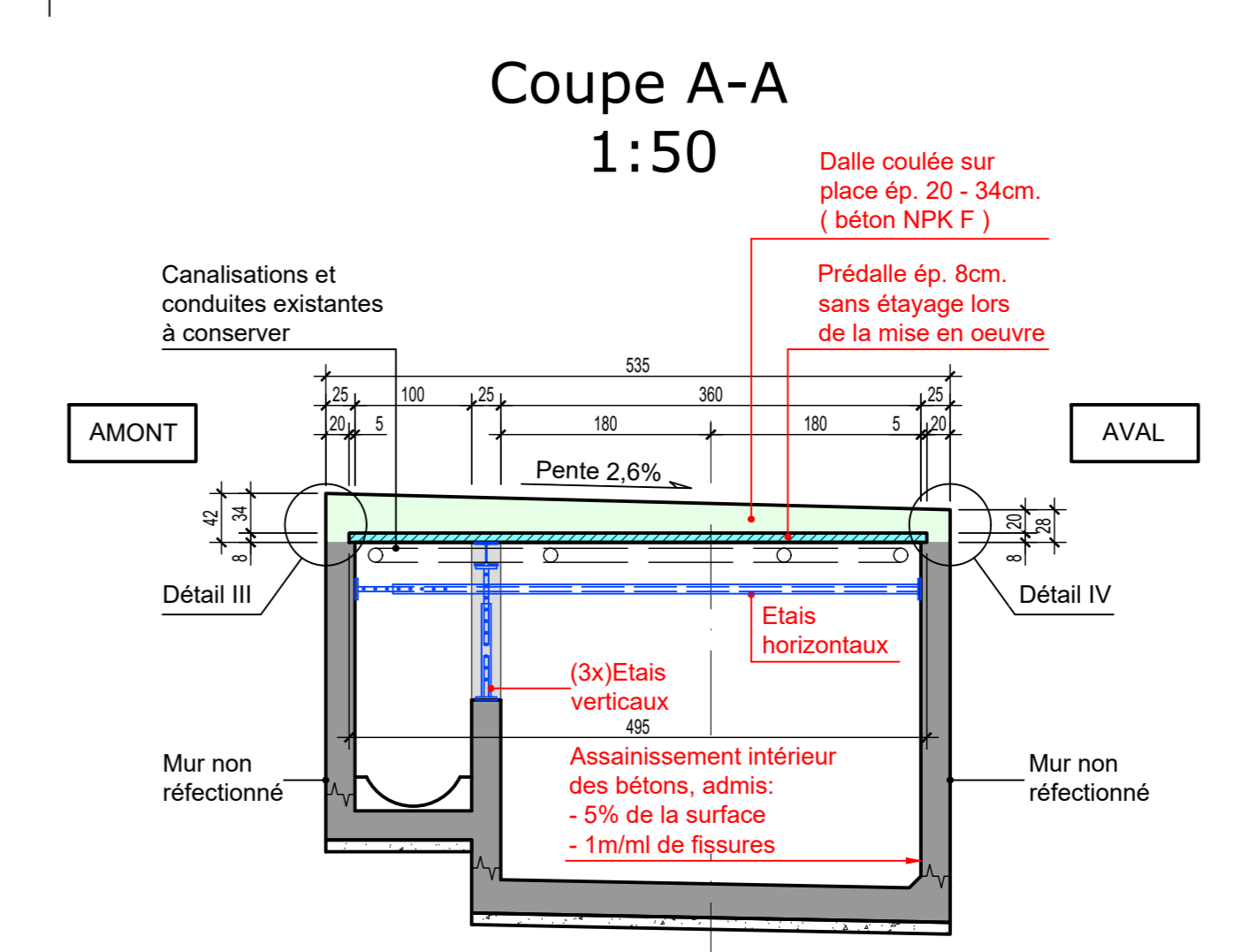
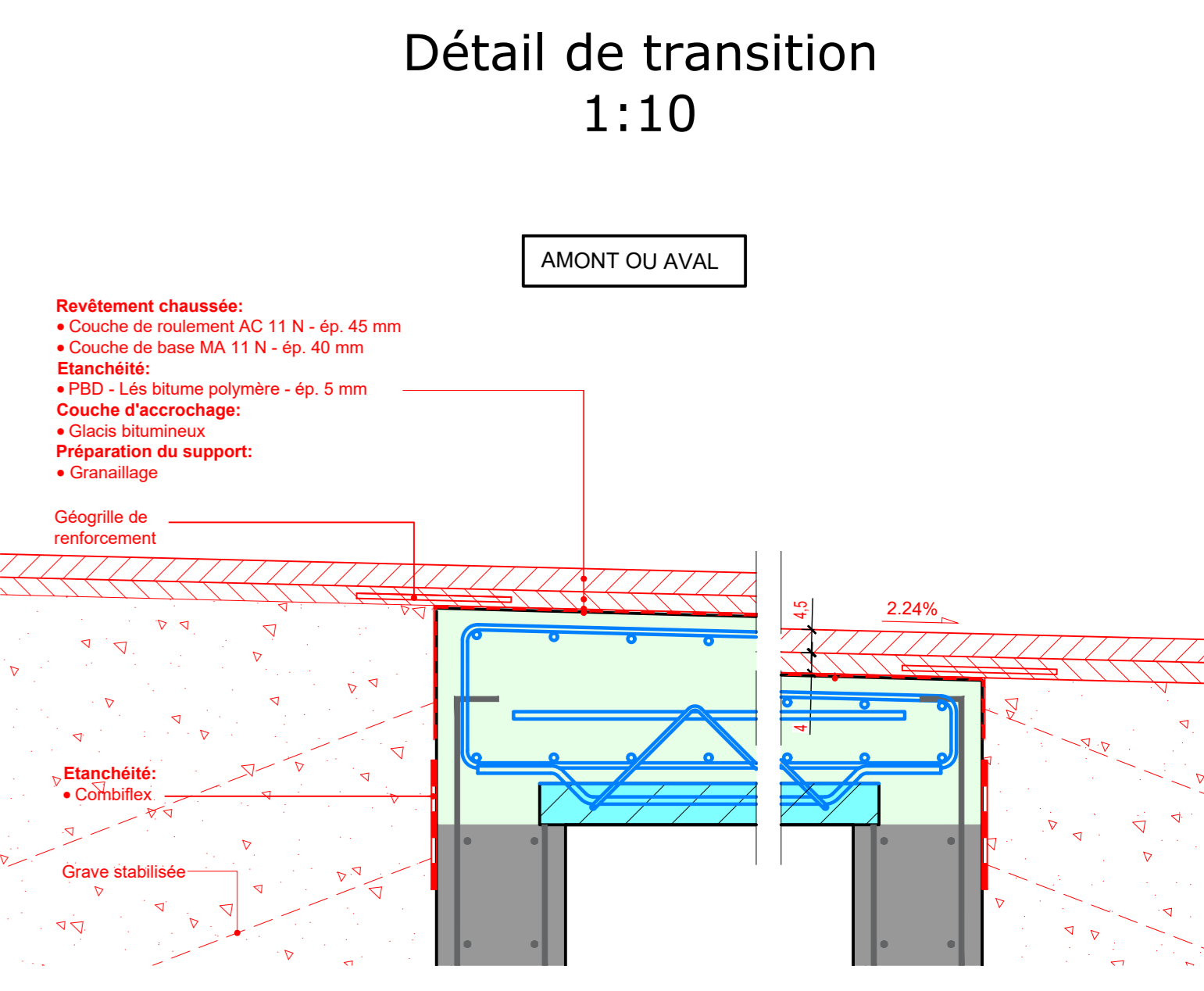
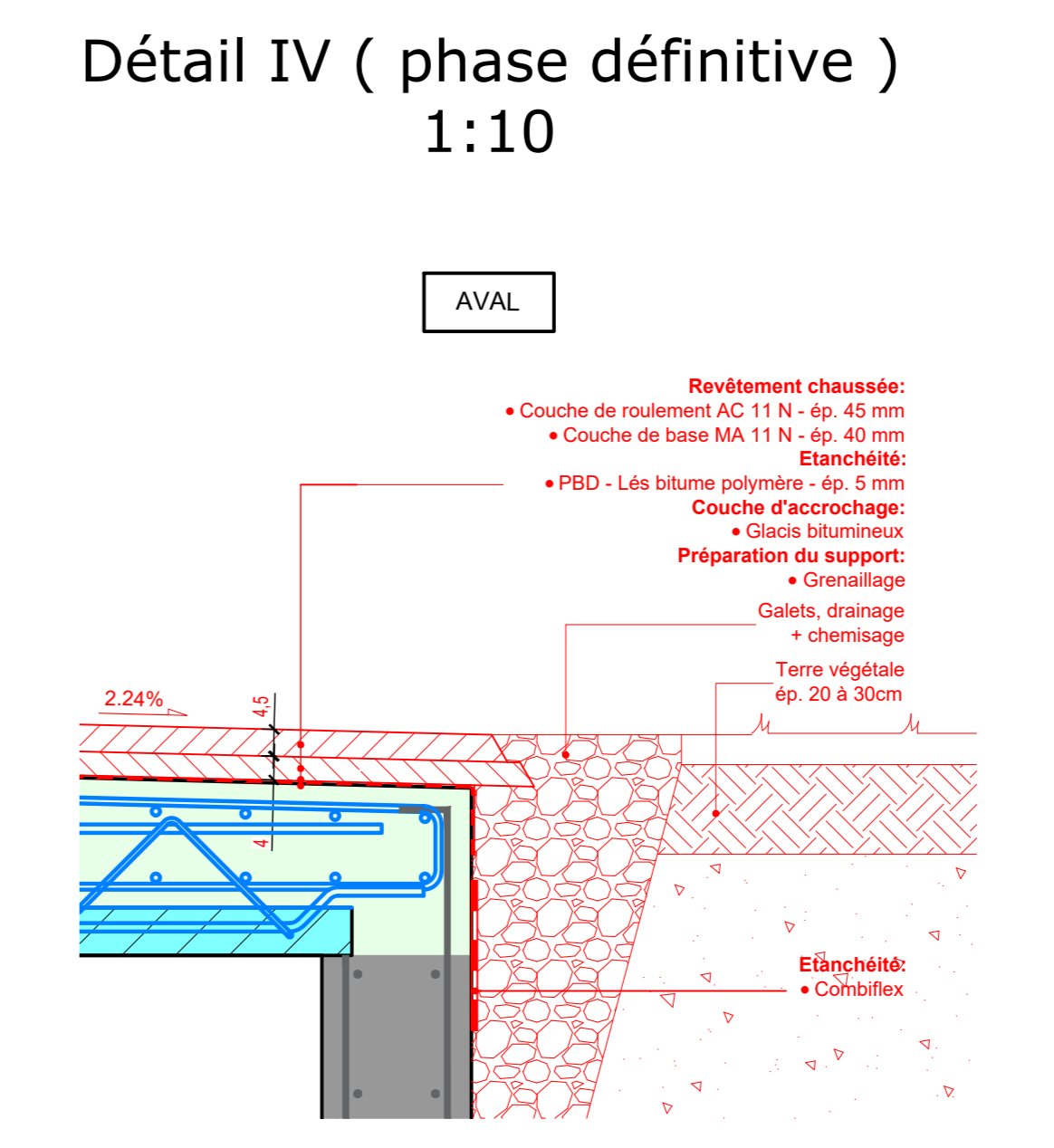
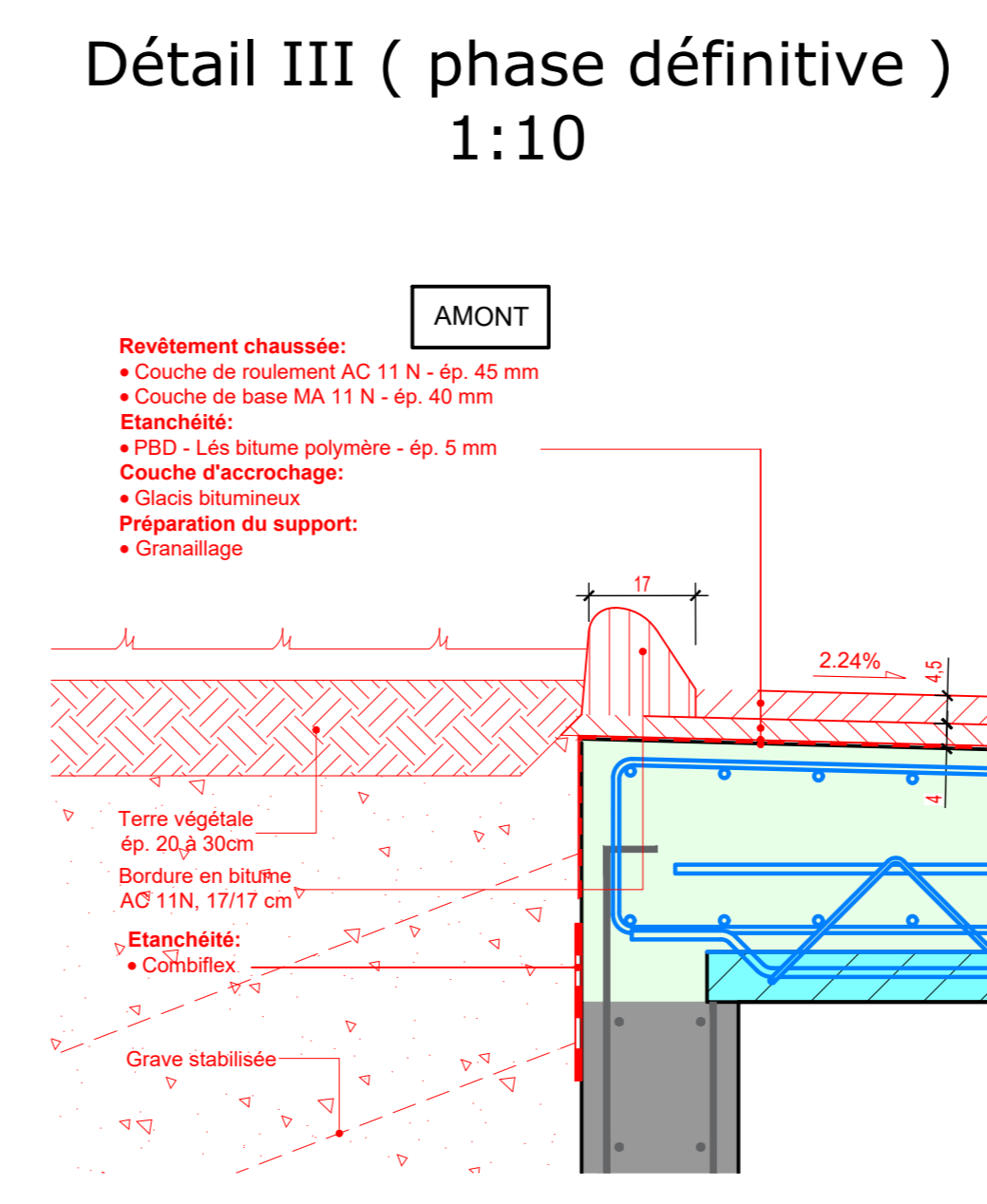
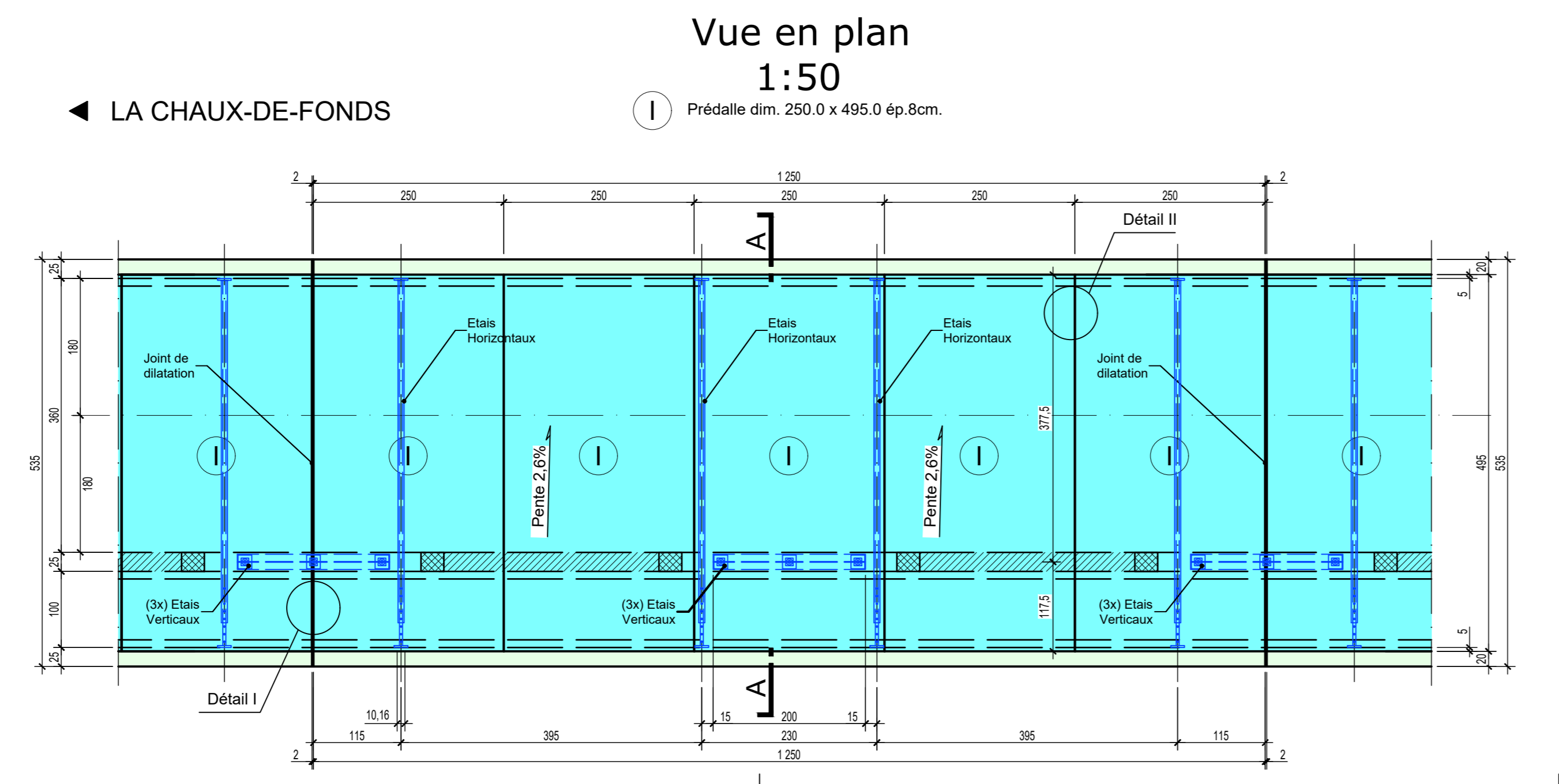
Béton pour:	Béton pour: Dalle	Béton pour:
Béton selon la norme SN EN 206-1	Béton selon la norme SN EN 206-1	Béton selon la norme SN EN 206-1
Résistance: C30/37 (Bons F)	Résistance: C30/37 (Bons F)	Résistance: C30/37 (Bons F)
Classe d'exposition: XC4, XD3, XF2	Classe d'exposition: XC4, XD3, XF2	Classe d'exposition: XC4, XD3, XF2
Diam. max. du granulât: D max 32 mm	Diam. max. du granulât: D max 32 mm	Diam. max. du granulât: D max 32 mm
Classe de chlorures: C1 0.19	Classe de chlorures: C1 0.19	Classe de chlorures: C1 0.19
Consistance: C3	Consistance: C3	Consistance: C3
Etanche selon SIA 262-1 annexe A:	Etanche selon SIA 262-1 annexe A: Oui	Etanche selon SIA 262-1 annexe A:
Résistance RAG: Oui	Résistance RAG: Oui	Résistance RAG: Oui
Classe de cure: NBK4	Classe de cure: NBK4	Classe de cure: NBK4
ACIER: B500B selon norme SIA 262	ACIER: B500B selon norme SIA 262	ACIER: B500B selon norme SIA 262
Enrobage inférieur (en mm): voir schéma	Enrobage inférieur (en mm): 40 mm	Enrobage inférieur (en mm): voir schéma
Enrobage supérieur (en mm): 40 mm	Enrobage supérieur (en mm): 40 mm	Enrobage supérieur (en mm): 40 mm
Enrobage intérieur (en mm): 40 mm	Enrobage intérieur (en mm): 40 mm	Enrobage intérieur (en mm): 40 mm
Enrobage extérieur (en mm): 40 mm	Enrobage extérieur (en mm): 40 mm	Enrobage extérieur (en mm): 40 mm

CHARGES: Permanentes (en kNm2): Utiles (en kNm2): Spéciales (en kNm2):

REFERENCES:

Légende(s)

- = Piste provisoire
- = Etape à coordonner lors du projet BEP
- = Phase I
- = Phase II
- = Hydrodémolition
- = Prédalles
- = Béton coulé sur place



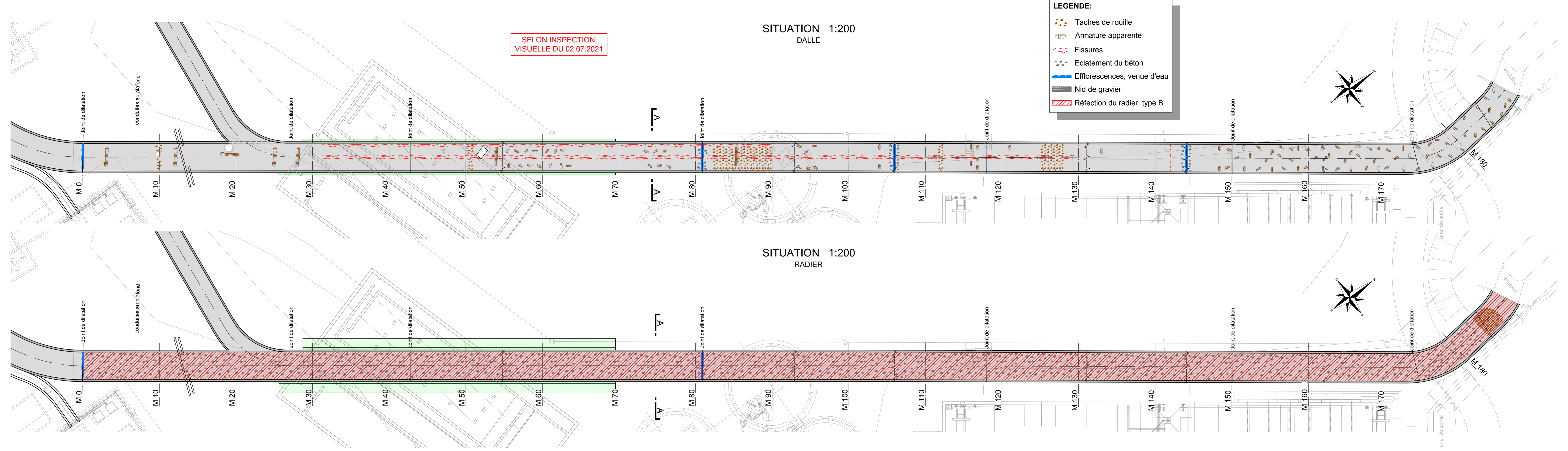
5.2 PLAN D'ASSAINISSEMENT DU CANAL AVAL

Description des travaux

- Refectif type A - Injection de fissures**
 (w = 0.8mm avec infiltrations ou sousses à des projections d'eau saie ou de brouillard salin)
- Forage, à 6 pièces par mètre avec désalignement latéral.
 - Mise en place des injecteurs et humidification du support.
 - Les fissures sont jointoyées entre les points d'injection par la résine PUR / époxy à durcissement rapide.
 - Fissures superficielles - Protection contre toutes pénétrations (P) selon la méthode de protection 1.3 de la norme SIA 269/2: injection à haute pression de résine polyuréthane à faible viscosité, sans solvant (-1.1 kg/l).
 - Fissures statiques - Renforcement structurel (SS) selon la méthode de protection 4.2 de la norme SIA 269/2: injection à haute pression de résine époxy sans solvant (-1.1 kg/l).
 - Retrait des injecteurs et colmatage à l'aide d'une résine PUR / époxy.
 - Traitement de surface, ponçage manuel par sablage du surplus de résine.
- Refectif type B - Réparation en surface**
 (Restauration du béton (R4) selon la méthode de protection 3.1 de la norme SIA 269/2)
- Hydrodémolition à la lance manuelle à très haute pression 1000-2500 bar, env. 20 mm (évent piçage et soilage pour les dégâts ponctuels de petites dim.).
 - Humidification du support jusqu'à saturation des pores, 1-3 jours.
 - Application d'un enduit d'adhérence à 3 composants à base de ciment amélioré de résine époxy comme protection de l'armature et comme couche d'adhérence pour les mortiers à base de ciment.
 - Rhabillage local avec mortier de reprofilage monocomposant R4, à base de ciment, à faible retrait, avec fibres synthétiques, 18 kg/m³ par cm d'épaisseur (application par projection humide ou à la main, frais sur frais sur \$3).
- Refectif type C - Réparation en profondeur**
 (Restauration du béton (R4) selon la méthode de protection 3.1 de la norme SIA 269/2)
- Hydrodémolition à la lance manuelle à très haute pression 1000-2500 bar, 20 à 50 mm, rugosité min. 10 mm.
 - Coupe de lers éventuelle (évent piçage et soilage pour les dégâts ponctuels de petites dim.).
 - Humidification du support jusqu'à saturation des pores, 1-3 jours.
 - Application d'un enduit d'adhérence à 3 composants à base de ciment amélioré de résine époxy comme protection de l'armature et comme couche d'adhérence pour les mortiers à base de ciment.
 - Rhabillage avec mortier de reprofilage monocomposant R4, à base de ciment, à faible retrait, avec fibres synthétiques 18 kg/m³ par cm d'épaisseur (application par projection humide ou à la main, frais sur frais sur \$3).
- Refectif type D - Réfection de joints**
- Nettoyage support à haute pression 300 bar (support propre, sec, exempt de poussière et de matériaux non adhérents).
 - Mise en place d'un joint de joint circulaire creux en mousse de polyéthylène à cellules fermées (dim. selon ouverture du joint).
 - Application au processus d'un primer liquide à base de résine époxy en phase solvant.
 - 250 ml de joint pour 2 heures d'un joint de 10 mm de prof. ; Application d'un mastic de jointement monocomposant à base de PU pour joints souples à hautes performances et résistances chimiques.

LEGENDE:

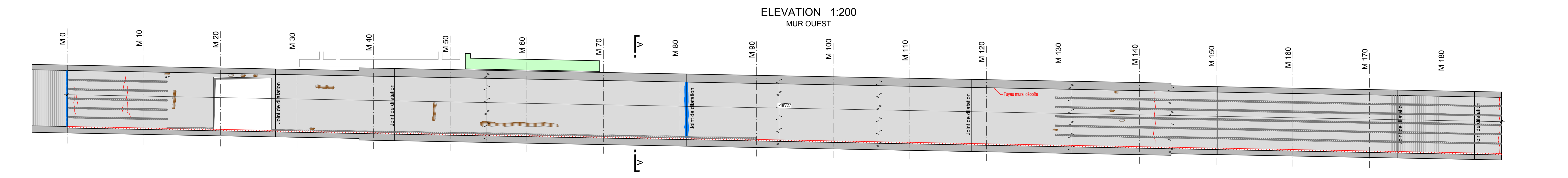
- Taches de rouille
- Armature apparente
- Fissures
- Eclatement du béton
- Efflorescences, venue d'eau
- Nid de gravier
- Réfection du radier, type B



Catégorie	Quantité totale des dégâts	Partie d'ouvrage	Quantité	Unité	Type d'intervention
Corrosion	Vaches et traces de rouille / corrosion locale	Murs	11	m ²	Type C
		Radier	15	m ²	
		Murs	15	m ²	
		Sol/mur	2	m ²	
Fissures	Armatures légèrement corrodées	Murs	5	m ²	Type A
		Murs	32	m	
		Radier	200	m ²	
Dégradation du béton	Boue de surface (Boue d'érosion avec éclats de béton)	Radier	675	m ²	Type B
		Boues Monocomposants (Type B)	1	m	Type A
Humidité (venue d'eau)	Nids de gravier	Joints de dilatation (Type B)	40	m	Type A
		Joints de dilatation (Type B)	60	m	Type B
Autres	Trous de gravier	Murs	178	m ²	Type B
		Trous de gravier	1	pos	Type B

Remarques :

- Les références aux produits sont indicatives
- Tout produit équivalent peut être utilisé
- Toutes les dimensions doivent être prises et/ou vérifiées par l'entreprise



COUPE A-A 1:50

