



# TRIDEL SA

## Extension de la gare souterraine

### Avant-projet

#### Rapport technique

Lausanne, le 18 décembre 2020/ FB01795/ar



USINE DE VALORISATION THERMIQUE  
ET ÉLECTRIQUE DE DÉCHETS

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>4</b>
1.1	Généralités .....	4
1.2	Objectifs généraux .....	4
1.3	Documents de base .....	4
1.3.1	Bases légales .....	4
1.3.2	Normes .....	4
1.3.3	Documents spécifiques .....	5
1.4	Localisation .....	5
<b>2</b>	<b>Situation actuelle.....</b>	<b>6</b>
2.1	Principales caractéristiques de l'usine .....	6
2.2	Contexte géologique .....	6
2.3	Contexte géotechnique .....	7
2.4	Protection des eaux et pollution .....	8
2.5	Aménagements .....	9
<b>3</b>	<b>Analyse des variantes.....</b>	<b>11</b>
3.1	Généralités .....	11
3.2	Structures et fondations profondes .....	13
3.3	Soutènements provisoires.....	13
3.4	Variante V10 : Soutènement double .....	14
3.5	Variante V20 : Soutènement simple étroit .....	14
3.6	Variante V30 : Soutènement simple large .....	15
3.7	Variante V40 : Soutènement simple, collecteur dans l'extension .....	15
3.8	Locaux sur l'extension de la gare.....	16
<b>4</b>	<b>Estimation des coûts .....</b>	<b>17</b>
4.1	Hypothèses de base.....	17
4.2	Devis estimatif des variantes .....	18
4.3	Comparaison multicritères des variantes .....	19
<b>5</b>	<b>Planification générale .....</b>	<b>20</b>
5.1	Programme intentionnel .....	20
5.2	Suite des études du projet .....	20

## Liste des figures

Figure 1 : Extrait du plan situation de la cartographie cantonale (géoplanet) .....	5
Figure 2 : Extrait carte géologique de la cartographie cantonale (géoplanet).....	6
Figure 3 : Extrait carte sondages de la cartographie cantonale (géoplanet).....	7
Figure 4 : Extrait carte eaux et sites pollués de la cartographie cantonale (géoplanet) .....	8
Figure 5 : Extrait situation de la cartographie cantonale (géoplanet) .....	9
Figure 6 : Situation collecteur de la route de Berne .....	9
Figure 7 : Profil en long de la route de Berne.....	10
Figure 8 : Extrait du plan du mur du fond de la gare actuelle.....	10
Figure 9 : Vue de la gare souterraine en direction du tunnel avec les deux voies.....	11
Figure 10 : Coupe au départ de la gare souterraine .....	12
Figure 11 : Vue en direction de l'extension, mur du fond en double paroi pour la ventilation.....	12
Figure 12 : Situation des pieux .....	13
Figure 13 : Schéma locaux sur l'extension.....	16
Figure 14 : Coupe schématique de la gare souterraine .....	16
Figure 15 : Coûts des variantes.....	18
Figure 16 : Comparaison multicritères des variantes .....	19

---

## 1 Introduction

---

### 1.1 Généralités

---

Afin d'améliorer et d'augmenter la capacité d'amenée des déchets et d'évacuation des résidus par des moyens de transport ferroviaires, TRIDEL SA envisage d'agrandir la gare souterraine, par un prolongement des voies ferroviaires d'environ 20 m.

Dans ce contexte, TRIDEL SA a mandaté CSD Ingénieurs SA pour les études d'avant-projet du génie civil, objets du présent rapport. Les principaux éléments d'études sont les suivants :

- Définition du projet de construction et étude de faisabilité
- Optimisation du projet du point de vue de la conception et de la rentabilité
- Analyse et comparaison des variantes envisageables
- Éclaircissements préalables en vue de l'octroi des autorisations nécessaires et de l'approbation du projet
- Choix de la variante à poursuivre

### 1.2 Objectifs généraux

---

Les principaux objectifs généraux de TRIDEL SA sont les suivants :

1. Amener le plus possible de déchets par train (stratégie 2030)
2. Évacuer séparément les cendres lavées des mâchefers par trains vers les décharges cantonales
3. Évacuer par trains les boues d'hydroxydes vers les centres de traitement
4. Augmenter la capacité et le nombre de wagons en gare de 4 à 5
5. Soit prolonger les deux voies ferroviaires sur une longueur de 20 m
6. Améliorer les conditions d'exploitation et de transbordements des trains

### 1.3 Documents de base

---

#### 1.3.1 Bases légales

---

LCdF Loi sur les chemins de fer

Lois ainsi que les directives et instructions fédérales, cantonales et communales

#### 1.3.2 Normes

---

SIA Société suisse des ingénieurs et des architectes

VSS Association suisse des professionnels de la route et des transports

## 1.3.3 Documents spécifiques

Archives : Dossier de construction de l'usine TRIDEL SA disponible chez CSD

Sondages carottés selon rapport CSD VD1566, mars 1992

Cartographie cantonale disponible sur le site internet géoplanet

## 1.4 Localisation

L'Usine TRIDEL se trouve sur la parcelle 20'283 à Lausanne, entre le bois de Sauvablin à l'Ouest plateau de la Sallaz à l'Est. L'accès routier se fait par la rue du Vallon et un tunnel ferroviaire de 3.8 km permet une liaison au réseau CFF à Sébeillon.

Le chemin périphérique est situé à une altitude d'environ 608 msm et la gare souterraine à un niveau de l'ordre de 595 msm, ce qui représente un dénivelé de 13 à 15 m.

L'extension de la gare souterraine en direction de l'Est d'environ 20 m est représentée en rouge et est située en bordure de la rue du Vallon

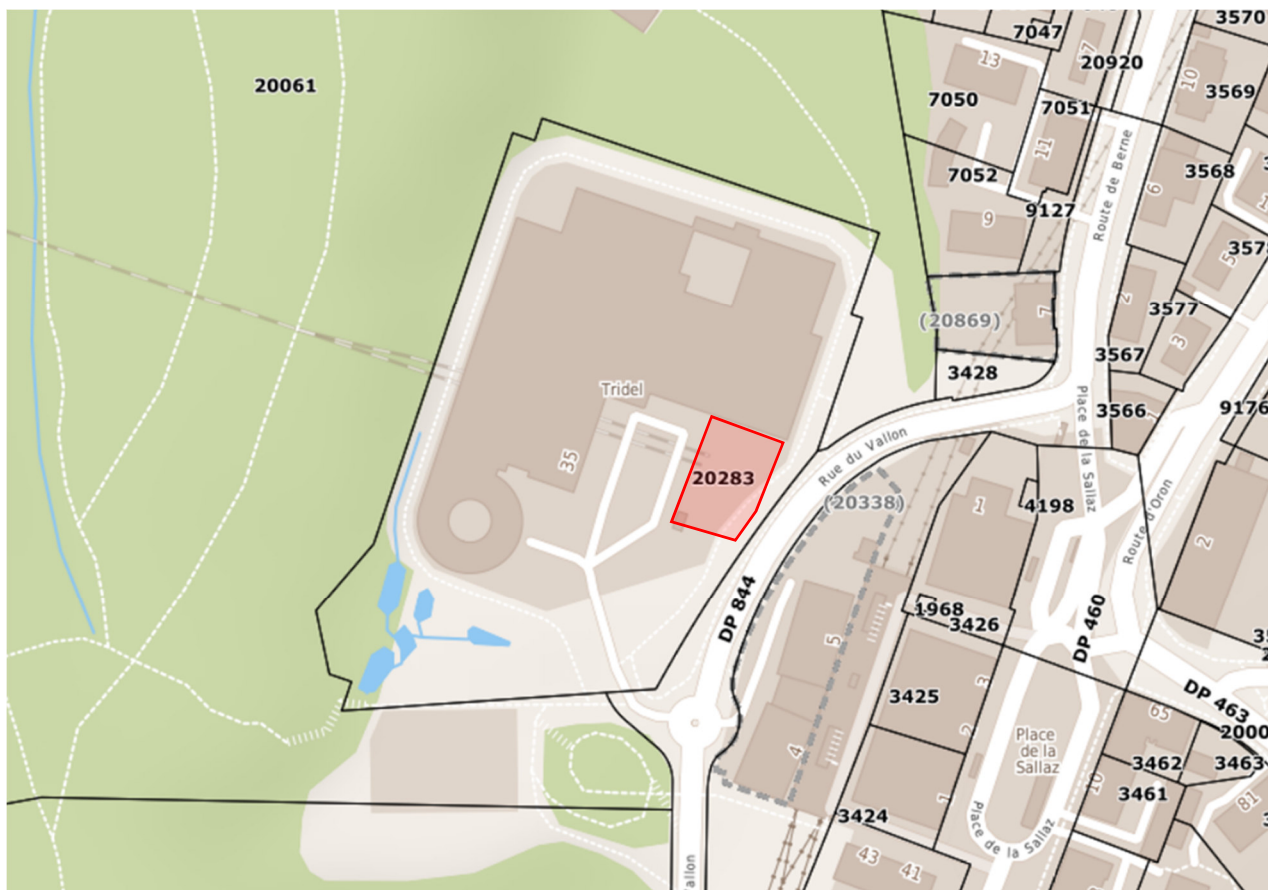


Figure 1 : Extrait du plan situation de la cartographie cantonale (géoplanet)



## 2 Situation actuelle

### 2.1 Principales caractéristiques de l'usine

À titre d'information, les principales caractéristiques de l'usine TRIDEL SA sont les suivantes :

- Construction de décembre 2002 à janvier 2006
- Liaison ferroviaire de 3.8 km avec la gare de Sébeillon (réseaux CFF)
- Capacité actuelle de traitement de déchets: 180'000 to/an
- Livraison des déchets par rail 43% et par la route 57%
- Production thermique 317 GWh et électricité 86 GWh

### 2.2 Contexte géologique

L'usine est implantée dans le vallon du Flon, qui a été entaillé dans la molasse grise de Lausanne. Dans une période récente, le vallon a été comblé avec des remblais divers (de 20 à 40 m de profondeur), contenant des déchets, des mâchefers et des scories. Un voûtage canalise les eaux du Flon dans l'ancien «talweg».

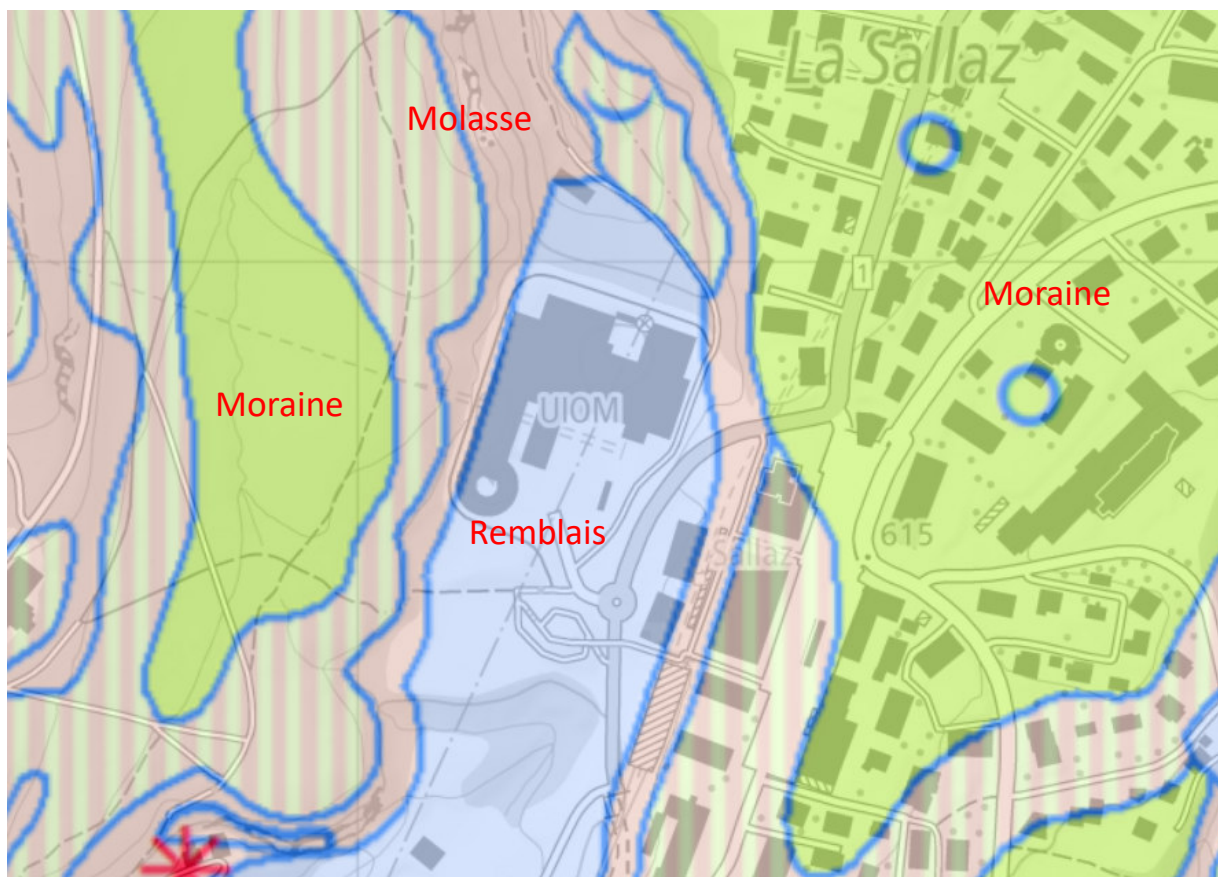


Figure 2 : Extrait carte géologique de la cartographie cantonale (géoplanet)

## 2.3 Contexte géotechnique

Dans le cadre du projet de construction de l'usine, des sondages carottés (SC1 à SC5) ont été réalisés jusque dans la molasse pour qualifier notamment les remblais. Les résultats des investigations et les recommandations figurent dans le rapport géotechnique CSD VD1566 de mars 1992

En résumé, les remblais ont des caractéristiques très hétérogènes, plutôt faibles et sont sensibles aux déformations. Des nouvelles investigations sont nécessaires dans la zone du projet, idéalement à faire avant les études du projet de construction

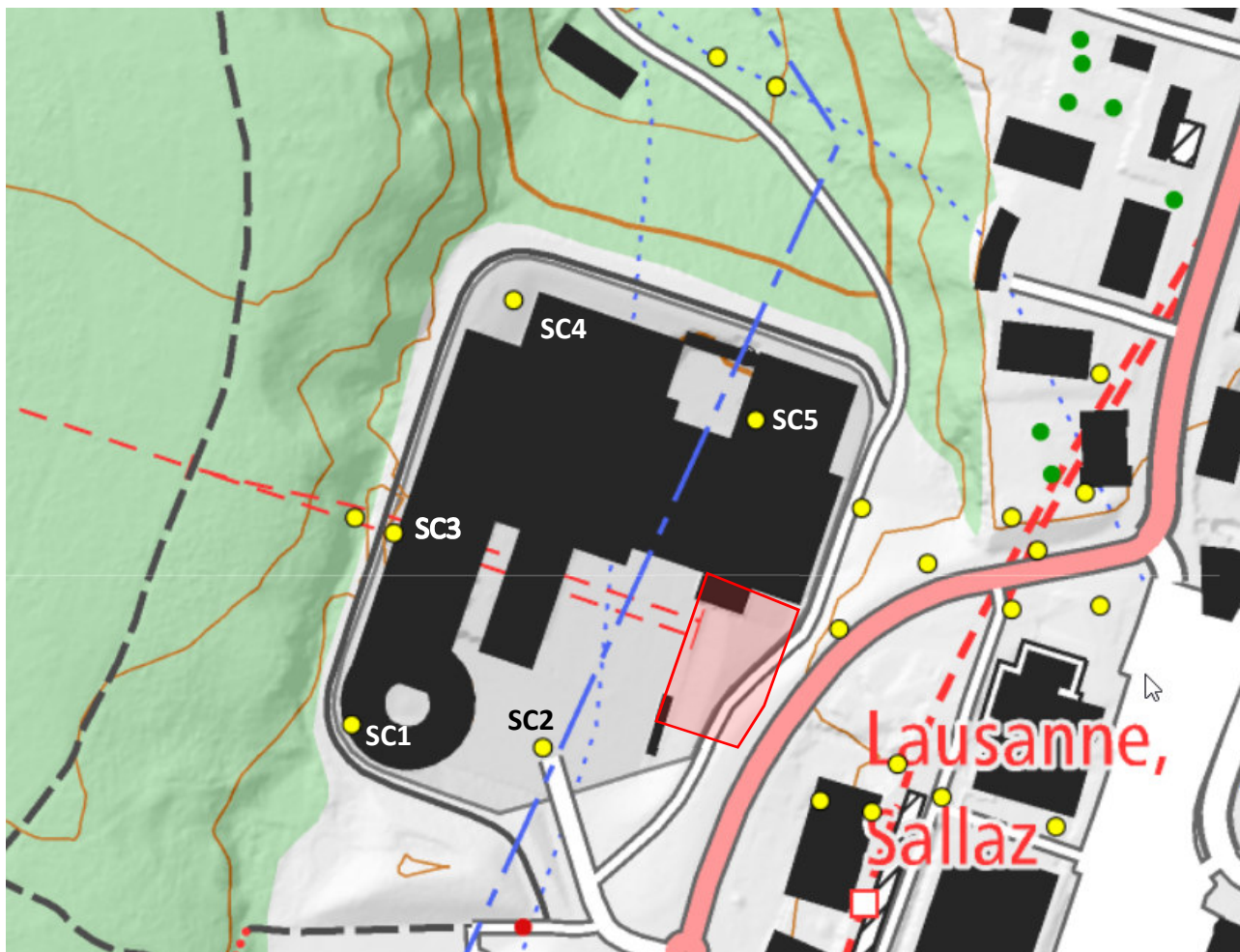


Figure 3 : Extrait carte sondages de la cartographie cantonale (géoplanet)

Du point de vue hydrogéologique, il n'y a pas de nappe phréatique à proprement parler, car le voûtage du Flon posé au fond du vallon avant remblayage, fait office de drainage.

## 2.4 Protection des eaux et pollution

Selon la cartographie cantonale, il s'agit d'un site pollué, qui nécessite une surveillance. Du point de vue protection des eaux, le site est classé en secteur ũB, ne comprenant pas des réserves d'eaux souterraines nécessitant une protection.

Des nouvelles investigations sont à prévoir dans la zone du projet pour préciser l'ampleur de la pollution des remblais et définir les filières d'évacuation des matériaux (remblais avec déchets) les mieux adaptées, selon les dispositions de l'ordonnance sur la limitation et l'élimination des déchets (OLED). En effet, les enjeux financiers pour l'évacuation des matériaux d'excavation sont significatifs pour le projet.

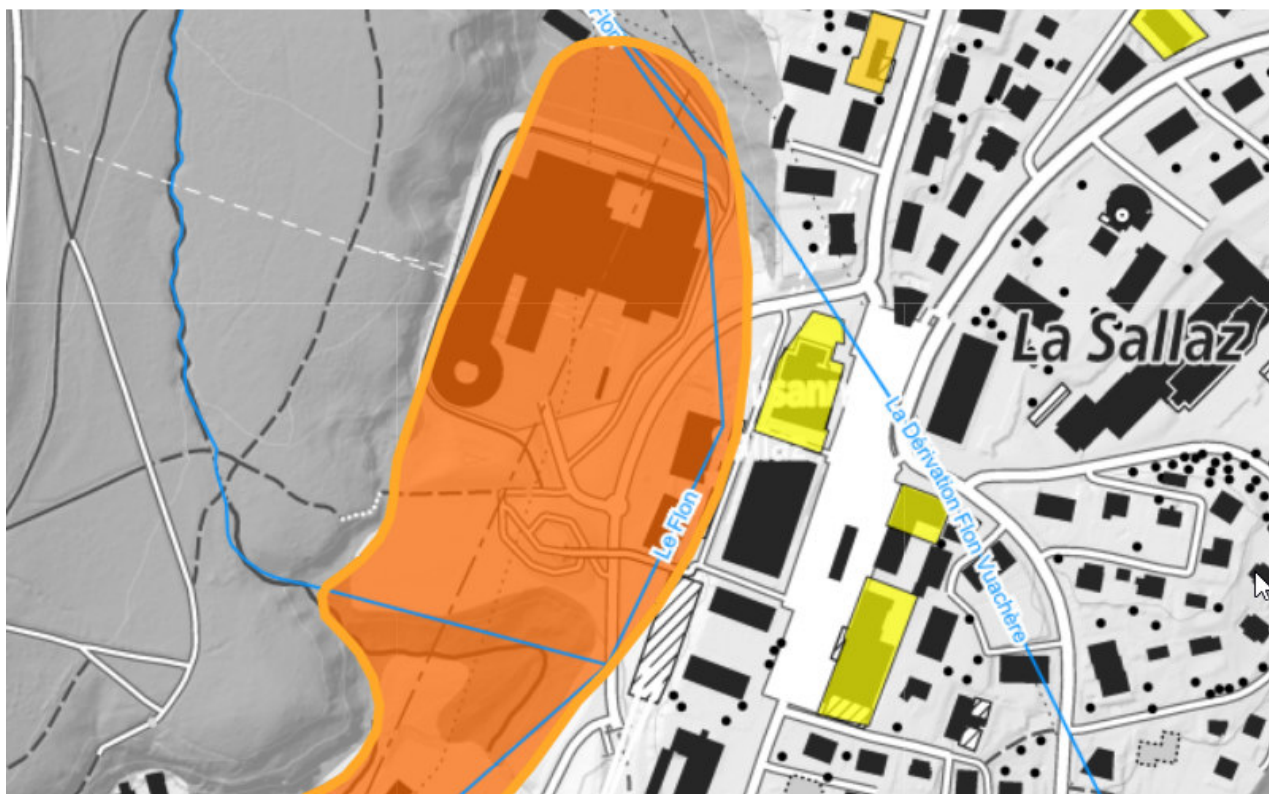


Figure 4 : Extrait carte eaux et sites pollués de la cartographie cantonale (géoplanet)





Projet du prolongement de la gare (en orange) reporté sur le profil en long du collecteur de la route de Berne

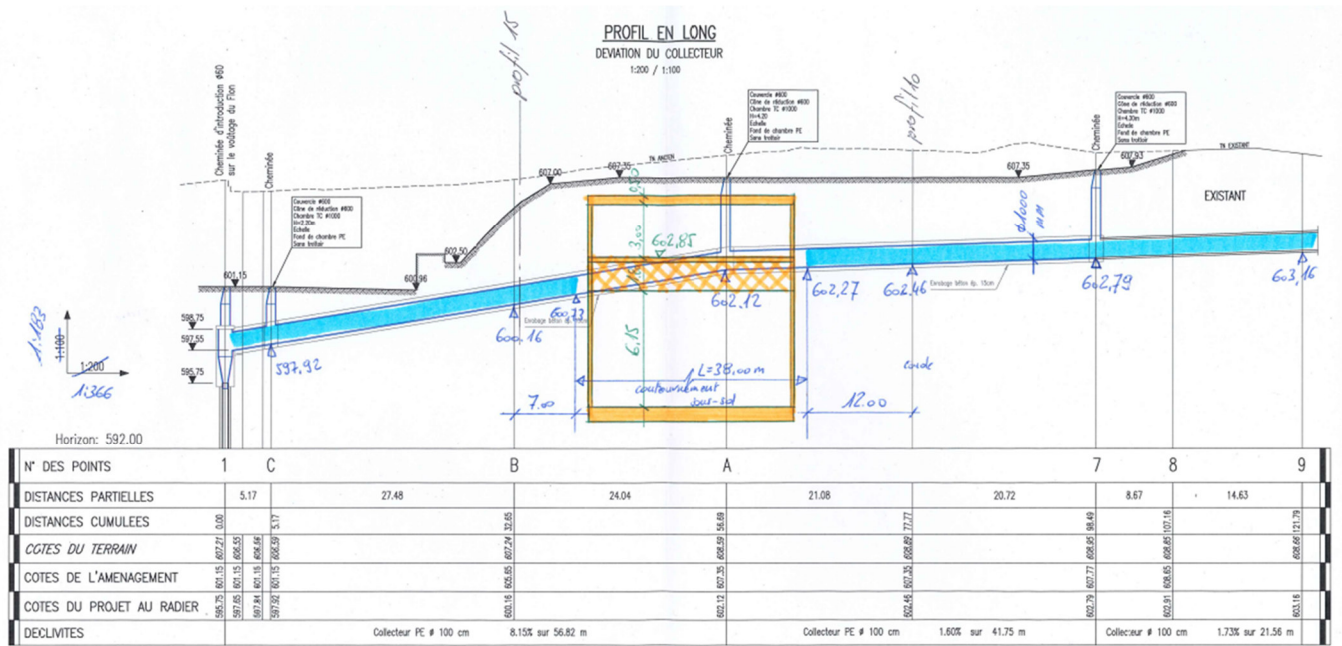


Figure 7 : Profil en long de la route de Berne

Le mur du fond de la gare est une double paroi de ventilation qui permet l'apport d'air frais dans l'ensemble de la gare et des avec circulations routières.

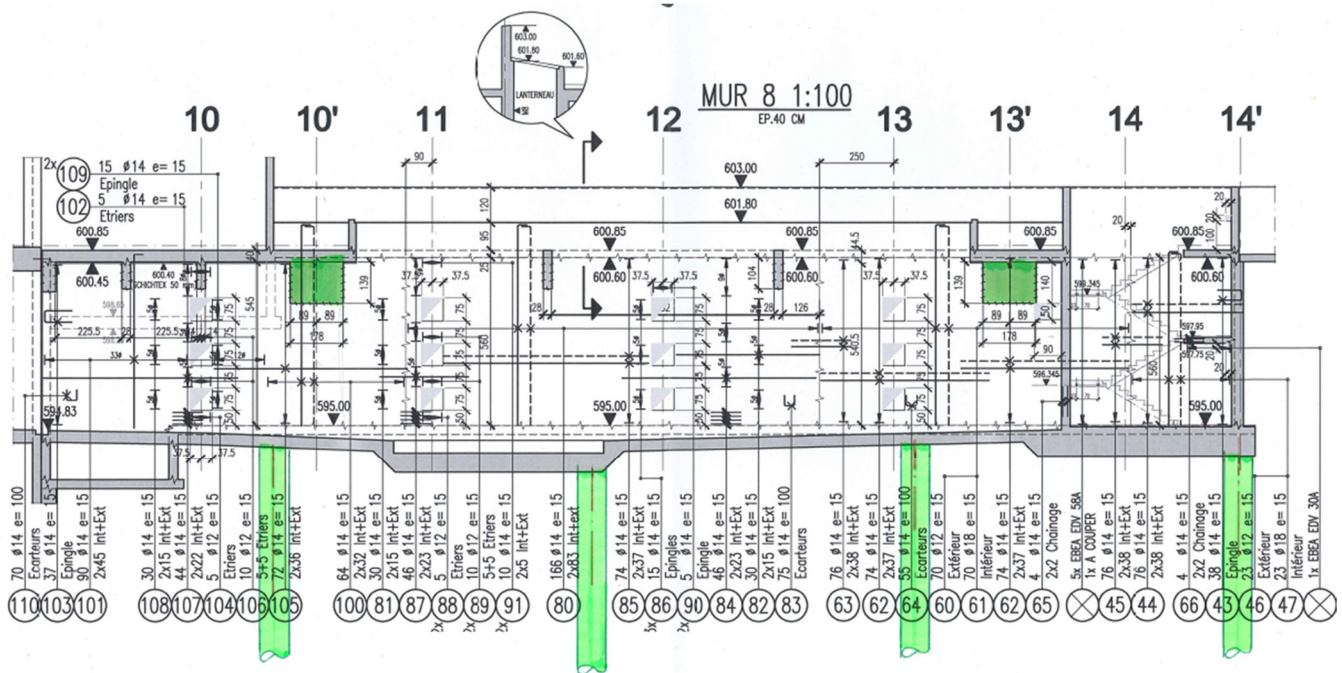


Figure 8 : Extrait du plan du mur du fond de la gare actuelle

Pour éviter les tassements, la structure de la gare souterraine repose entièrement sur des pieux traversant les remblais et fichés dans la molasse.



## 3 Analyse des variantes

### 3.1 Généralités

Dans le cadre des études d'avant-projet, de nombreuses variantes ont été examinées et comparées selon plusieurs critères. Il ne semble pas utile ici de les présenter toutes et dans tous les détails, mais simplement de mentionner les informations essentielles. Les principales variantes sont décrites ci-après.

Ce qui différencie les variantes, c'est principalement le mode de soutènement provisoire et la déviation du collecteur de la Route de Berne. L'idée de base étant de prolonger la gare souterraine selon le gabarit actuel, pour faciliter le transbordement des trains.

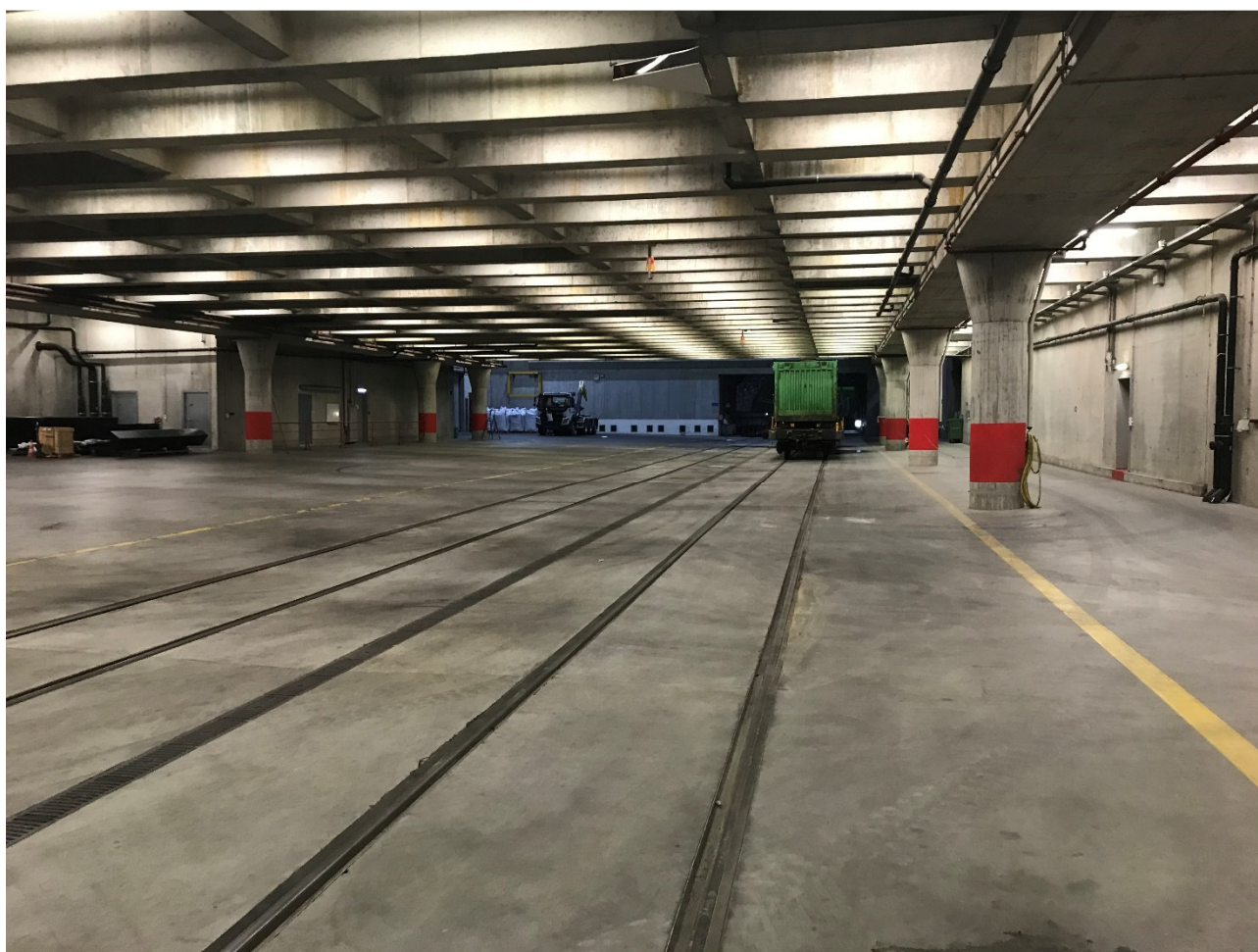


Figure 9 : Vue de la gare souterraine en direction du tunnel avec les deux voies

Pour les besoins de l'exploitation, la gare souterraine est prolongée de 20 m et cette nouvelle zone nécessite une hauteur libre plus importante d'au moins 2 m. Ainsi la hauteur libre passe de 4.55 m à 6.55 m pour permettre le chargement des wagons depuis le dessus avec des moyens de levage adaptés.

La figure suivante représente de manière schématique la zone de raccordement entre la gare actuelle (en vert) et le projet de prolongement (en orange). Afin de ne pas surcharger la nouvelle dalle avec un remblai, il est proposé de créer des locaux et des dépôts au-dessus, dont la hauteur libre serait de l'ordre de 3 m

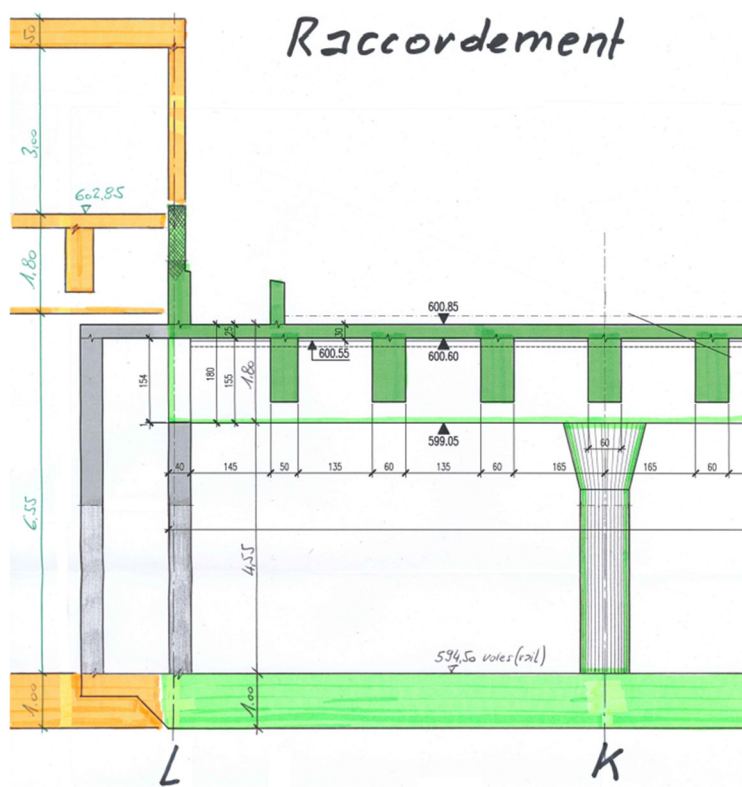


Figure 10 : Coupe au départ de la gare souterraine



Figure 11 : Vue en direction de l'extension, mur du fond en double paroi pour la ventilation



### 3.2 Structures et fondations profondes

La structure porteuse sera réalisée en béton armé et béton précontraint avec un minimum de piliers porteurs pour faciliter les transbordements des trains. Le principe de base admis consiste à réaliser la nouvelle structure de l'extension de manière similaire à ce qui avait été construit initialement.

Les descentes de charges de la structure porteuse seront posées sur des fondations profondes, c'est-à-dire des pieux en béton armé. Pour l'ensemble des variantes et comme déjà réalisé, il sera nécessaire de fonder l'extension de la gare souterraine sur des pieux forés fichés dans la molasse (existant en vert et rouge, projet orange). En effet, la portance des remblais n'est pas suffisante et ils sont très sensibles aux déformations.

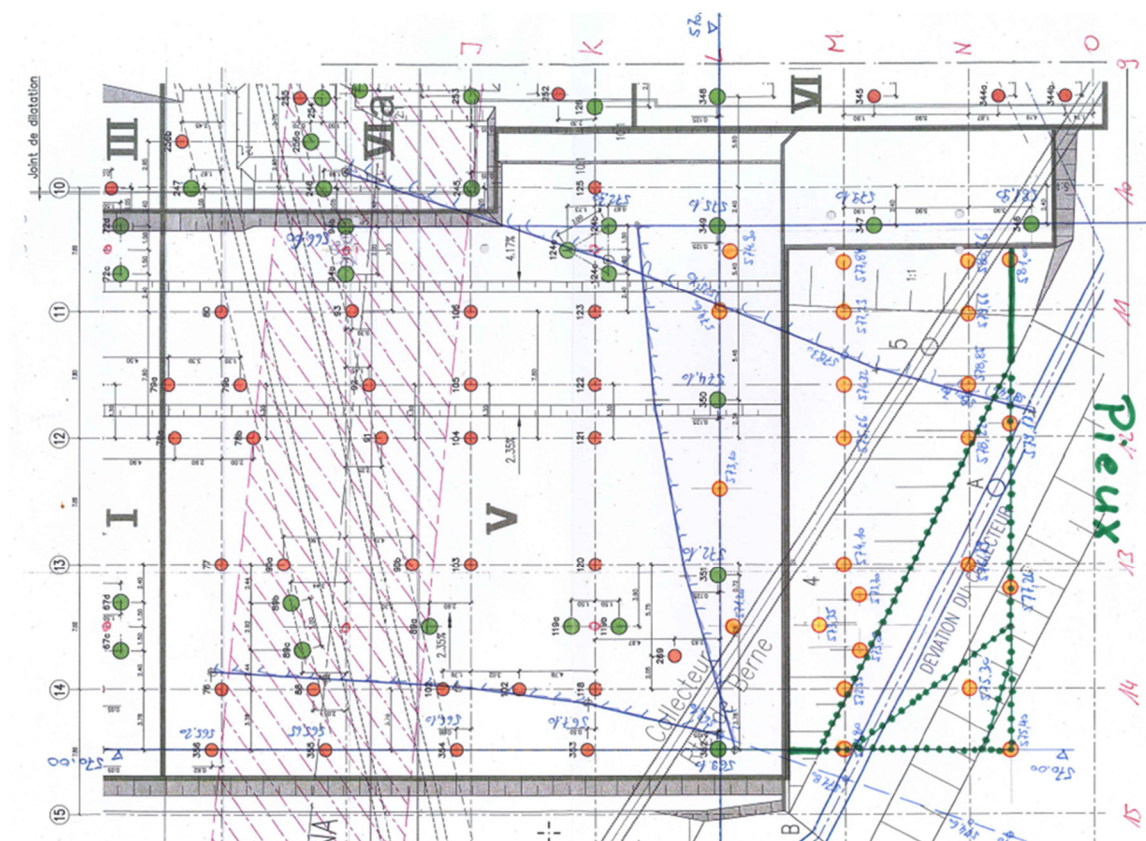


Figure 12 : Situation des pieux

### 3.3 Soutènements provisoires

La profondeur de la fouille de l'ordre de 13 m implique la réalisation de soutènements provisoires. Lors de la construction de l'usine, c'est la technique des parois berlinoises avec des tirants actifs qui avait été mise en œuvre.

Les parois étaient composées de pieux verticaux en béton de 800 mm, espacés de 2.6 m et armés de profilés métalliques type HEB300. Du béton projeté a été mis en place entre les pieux pour retenir les terrains. Les tirants actifs étaient disposés des côtés des pieux alternativement, selon un espacement vertical de 2 m.

A priori, cette technique est bien adaptée au contexte géotechnique du site et sera réalisée des côtés Sud et Est. Sur les côtés Nord et Ouest, l'excavation pourra être réalisée contre le bâtiment existant. À relever que les anciens soutènements vont être interceptés par la fouille et seront démolis.

### 3.4 Variante V10 : Soutènement double

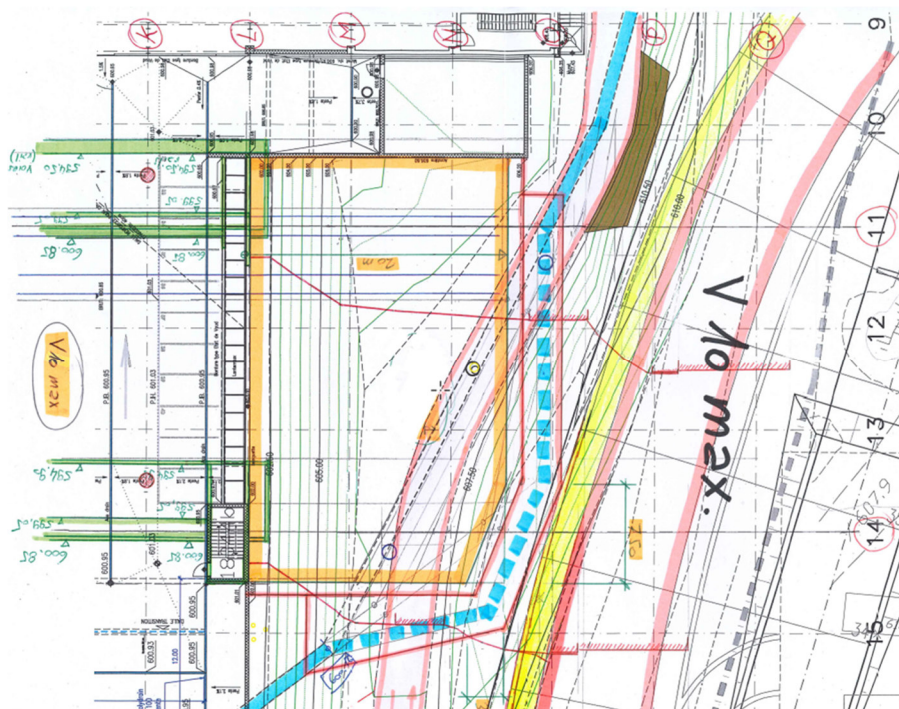
#### Principes de réalisation

Un 1er soutènement est réalisé derrière le nouveau collecteur

Le collecteur de la route de Berne est déplacé

Un 2ème soutènement est réalisé devant le nouveau collecteur

Exécution des pieux puis terrassement de la fouille



### 3.5 Variante V20 : Soutènement simple étroit

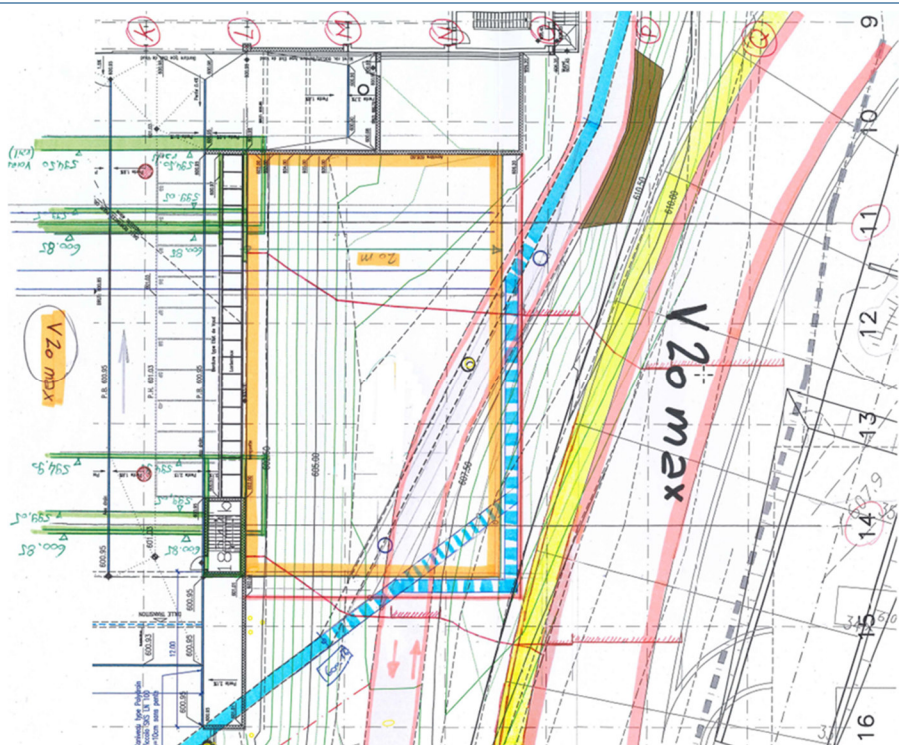
#### Principes de réalisation

Le collecteur est déplacé provisoirement

Un unique soutènement est réalisé derrière le nouveau collecteur

Reconstruction du collecteur après l'extension

Hydraulique collecteur moins favorable





### 3.6 Variante V30 : Soutènement simple large

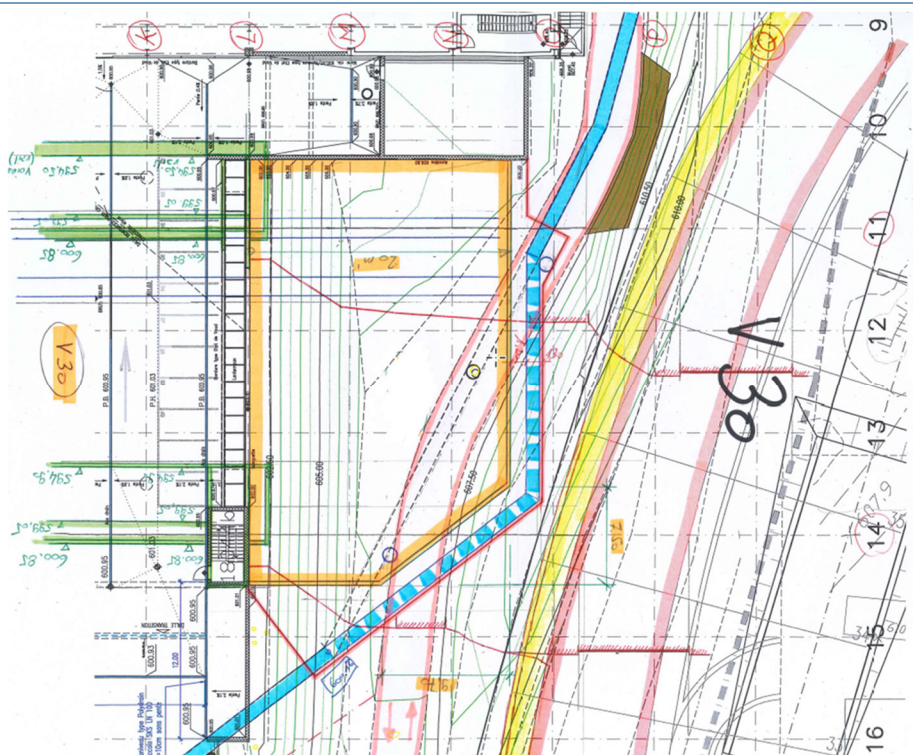
#### Principes de réalisation

Le collecteur est déplacé

Un unique soutènement est réalisé derrière le nouveau collecteur

Variante: un 2ème soutènement est réalisé devant le nouveau collecteur

Hydraulique collecteur plus favorable, espace réduit



### 3.7 Variante V40 : Soutènement simple, collecteur dans l'extension

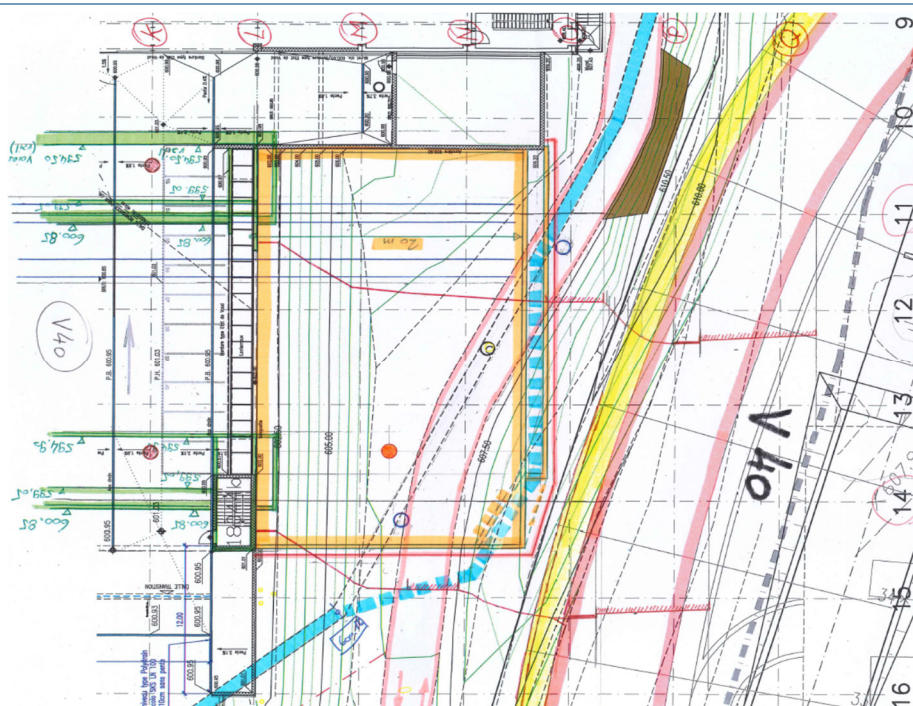
#### Principes de réalisation

Le collecteur est déplacé provisoirement.

Un unique soutènement est réalisé derrière le nouveau collecteur et au plus près de la structure porteuse

Reconstruction du collecteur qui traverse la structure dans l'angle sud-est

Hydraulique collecteur favorable



## 3.8 Locaux sur l'extension de la gare

### Principes de réalisation

Possibilité de créer une surface couverte d'environ 640 m<sup>2</sup>

Surface accessible avec véhicules depuis le sud

Le remblayage de cette surface directement sur la dalle de couverture de la gare représente des charges très importantes (pas économique)

Permet un aménagement horizontal qui diminue visuellement l'impact du parking existant pour les habitants des immeubles voisins

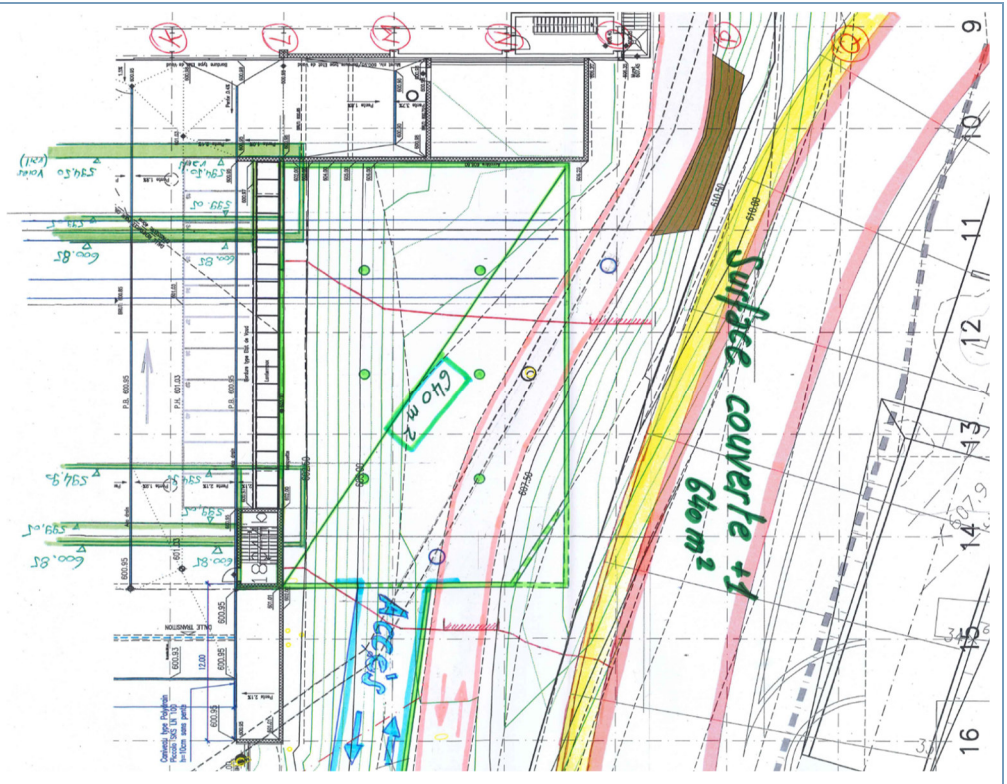


Figure 13 : Schéma locaux sur l'extension

### Coupe type sur l'extension

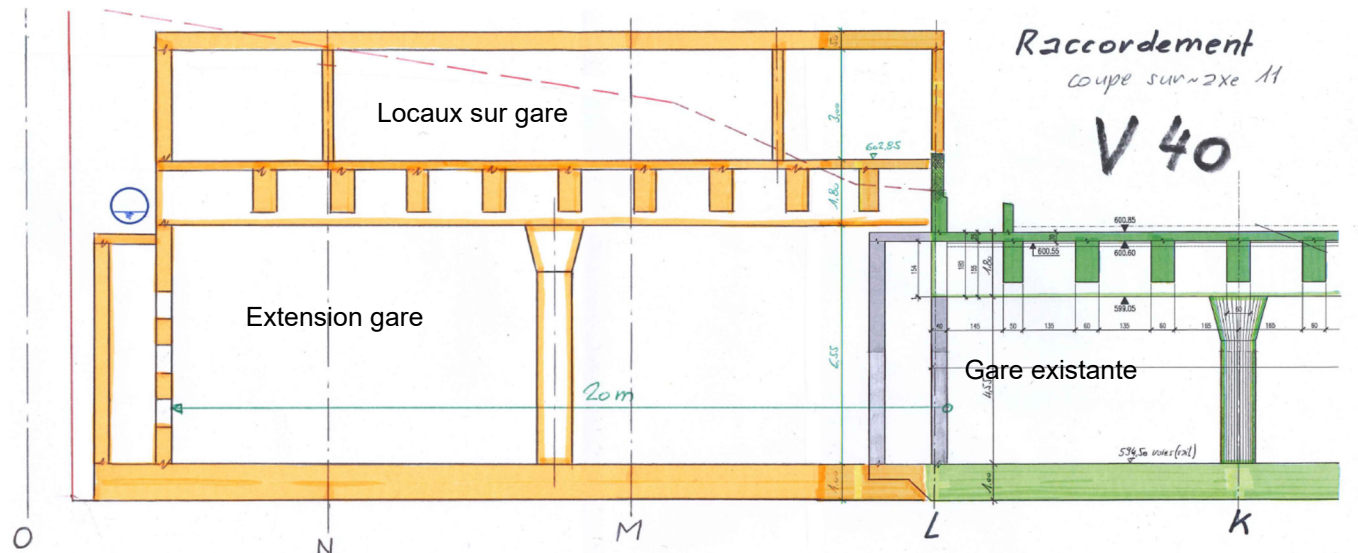


Figure 14 : Coupe schématique de la gare souterraine



---

## 4 Estimation des coûts

---

### 4.1 Hypothèses de base

---

Estimation des prix sur la base de projets similaires 2020, à  $\pm 25\%$  HT

Les coûts d'évacuation et de traitement des terrassements (remblais pollués) sont importants et devront être précisés sur la base de sondages carottés. Les hypothèses admises à ce stade sont les suivantes:

- 1/3 matériaux inertes à 70 CHF/t.
- 1/3 en décharge de type E (ex bioactive) à 120 CHF/t env.
- 1/3 inertisation ou incinération mais en tous cas à des prix de l'ordre de 220 CHF/t
- Plus-value pour évacuation par train 80 Fr/m<sup>3</sup>

Le devis estimatif a été établi sur la base des coûts par éléments. Au cours de la prochaine phase des études (projet de l'ouvrage), il s'agira d'affiner et de préciser les montants de chaque élément, sur la base des plans de l'ouvrage, des métrés dans les différents domaines concernés.

## 4.2 Devis estimatif des variantes

	V10	V20	V30	V40
<b>A) Démolition</b>				
1. Murs ss-sol	CHF 84'034	CHF 84'034	CHF 84'034	CHF 84'034
2. Dalle sur ss-sol	CHF 7'920	CHF 7'920	CHF 7'920	CHF 7'920
3. Ouverture liaison	CHF 1'440	CHF 1'440	CHF 1'440	CHF 1'440
Total démolition	<b>CHF 93'394</b>	<b>CHF 93'394</b>	<b>CHF 93'394</b>	<b>CHF 93'394</b>
<b>B) Travaux spéciaux</b>				
4. Paroi clouée	CHF 45'200	CHF 45'200	CHF 45'200	CHF 45'200
5. Paroi berlinoise	CHF 490'889	CHF 452'100	CHF 489'870	CHF 450'510
6. Terrassement	CHF 3'658'427	CHF 3'442'990	CHF 3'547'680	CHF 3'341'910
7. Déviation collecteur	CHF 43'000	CHF 43'000	CHF 38'000	CHF 40'000
8. Pieux	CHF 417'208	CHF 410'304	CHF 424'112	CHF 410'304
Total travaux spéciaux	<b>CHF 4'654'724</b>	<b>CHF 4'393'594</b>	<b>CHF 4'544'862</b>	<b>CHF 4'287'924</b>
<b>C) Construction</b>				
9. Radier gare	CHF 135'650	CHF 137'435	CHF 132'180	CHF 137'435
10. Murs sous-sol gare	CHF 117'537	CHF 121'728	CHF 113'345	CHF 121'728
11. Poteaux sous-sol gare	CHF 24'358	CHF 24'358	CHF 24'358	CHF 24'358
12. Dalle sur sous-sol gare	CHF 164'578	CHF 167'169	CHF 159'438	CHF 167'169
13. Sommiers dalle sur sous-sol gare	CHF 384'448	CHF 394'438	CHF 376'256	CHF 394'438
14. Radier Rez parking	CHF 1'610	CHF 0	CHF 4'510	CHF 0
15. Murs Rez parking	CHF 54'727	CHF 54'727	CHF 54'727	CHF 54'727
16. Poteaux Rez parking	CHF 15'000	CHF 15'000	CHF 15'000	CHF 15'000
17. Dalle sur Rez parking	CHF 155'958	CHF 155'958	CHF 155'958	CHF 155'958
Total construction	<b>CHF 1'053'864</b>	<b>CHF 1'070'812</b>	<b>CHF 1'035'771</b>	<b>CHF 1'070'812</b>
Total intermédiaire I	CHF 5'801'982	CHF 5'557'800	CHF 5'674'027	CHF 5'452'130
<b>D) Installations et divers</b>				
18. Installations chantier + 10%	CHF 580'198	CHF 555'780	CHF 567'403	CHF 545'213
19. Divers + non métres + 15%	CHF 870'297	CHF 833'670	CHF 851'104	CHF 817'820
20. Non prévus + 10%	CHF 580'198	CHF 555'780	CHF 567'403	CHF 545'213
Total installations et divers	<b>CHF 2'030'694</b>	<b>CHF 1'945'230</b>	<b>CHF 1'985'909</b>	<b>CHF 1'908'246</b>
Total intermédiaire II	<b>CHF 7'832'676</b>	<b>CHF 7'503'030</b>	<b>CHF 7'659'936</b>	<b>CHF 7'360'376</b>
<b>E) Honoraires</b>				
21. Ingénieur civil + CVSE: 15 %	CHF 1'174'901	CHF 1'125'455	CHF 1'148'990	CHF 1'104'056
<b>TOTAL NET HT</b>	<b>CHF 9'007'577</b>	<b>CHF 8'628'485</b>	<b>CHF 8'808'926</b>	<b>CHF 8'464'432</b>
Surface supplémentaire de gare	640.00	650.00	620.00	650.00
Prix au m2 de gare	CHF 14'074.34	CHF 13'274.59	CHF 14'207.95	CHF 13'022.20
Variation en %	108.08%	101.94%	109.11%	100.00%
Variation en CHF	CHF 543'145	CHF 164'053	CHF 344'494	CHF 0

Figure 15 : Coûts des variantes

À relever que les coûts des travaux de génie civil des différentes variantes sont relativement proches, avec un écart de 6.4% entre les solutions les extrêmes. Les coûts des équipements et installations figurent au point D du devis estimatif. Ainsi le montant du projet est de l'ordre de 8.5 et 9 millions de CHF HT.

Concernant le prix du m2 de la gare, qui peut paraître élevé, seule la surface de l'extension de la gare a été prise en compte, sans considérer les nouveaux locaux situés au-dessus.

## 4.3 Comparaison multicritères des variantes

Le tableau ci-après est un outil d'aide à la décision, car le choix d'une variante dépend de nombreux critères, dont les principaux sont résumé ci-après. Les notes attribuées permettent de dégager une tendance, toutefois il appartient aux représentants du Maître de l'ouvrage d'orienter les choix qui seront retenus pour les prochaines phases d'études.

Critère	thème	V10		V20		V30		V40	
Projet	Volume terrassement	9'100 m3	3	8'500 m3	5	9'300	2	8'800	4
	Collecteur route de Berne	déplacé, tracé moyen	3	déplacé, tracé sinueux	2	déplacé, tracé moyen	3	déplacé, tracé dans ouvrage	3
	Sur longueur des voies	Prolongement voies 2 x 20 m	5	Prolongement voies 2 x 20 m	5	Prolongement voies 2 x 20 m	5	Prolongement voies 2 x 20 m	5
	Surface supplémentaire exploitable	640 m2	5	650 m2	5	620 m2	4	650 m2	5
Délais	Durée des travaux	+ terrassement et volume + déplacement Collecteur	4	+ terrassement et volume + déplacement Collecteur	5	+ terrassement et volume + déplacement Collecteur	4	+ terrassement et volume + déplacement Collecteur	5
Sécurité	Surprises géologiques, mesures constructives adaptées	Surface maximale	4	Surface maximale	3	Surface moyenne	5	Surface maximale	4
	Ouvrages voisins	proche rue du vallon	4	très proche rue du vallon	3	proche rue du vallon	4	proche rue du vallon	4
Qualité	Structure portante de l'ouvrage	Nouvelle structure similaire existant	5	Nouvelle structure similaire existant	5	Nouvelle structure similaire existant	5	Nouvelle structure similaire existant	5
	Durée de vie et entretien	Entretien idem existant, >50 ans	5	Entretien idem existant, >50 ans	5	Entretien idem existant, >50 ans	5	Entretien idem existant, >50 ans	5
Coûts	Montant du projet, risques de surcoûts	Coût le plus élevé 9.0 MCHF	3	Coût 8.6 MCHF	4	Coût 8.8 MCHF	3	Coût le plus faible 8.5 MCHF	5
Environnement	Emprises et patrimoine	Peu d'impact	4	Peu d'impact	4	Peu d'impact	4	Peu d'impact	4
	Bruit, vibrations et sons solidiens, y compris phase chantier	Sans améliorations	3	Sans améliorations	3	Sans améliorations	3	Sans améliorations	3
	Protection nature, gestion des matériaux, limiter transports en surface	Peu d'impact	4	Peu d'impact	4	Peu d'impact	4	Peu d'impact	4
Évaluation globale			4.00		4.08		3.92		4.31

Figure 16 : Comparaison multicritères des variantes

Évaluation:

Excellent

5

Bien

4

Satisfaisant

3

Défavorable

2

Très mauvais

1

À éviter

0

À relever que les notes ne sont pas pondérées et ont toutes le même poids dans l'évaluation globale.

Cette analyse montre que les variantes sont assez similaires et réalisables, avec un plus pour la solution v40 « soutènement simple avec le collecteur dans l'extension ». Cependant cette solution devra rencontrer l'approbation des services de la Ville, pour des raisons d'entretien et de rénovation du collecteur de la route de Berne passant dans la nouvelle extension.

## 5 Planification générale

### 5.1 Programme intentionnel

À ce stade d'avant-projet, la planification du projet se présente de la manière suivante :

	Phase	Durée	2020				2021				2022				2023				2024				2025			
	SIA	Mois	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Choix d'une variante par TRIDEL	31	3 mois																								
Développement de la variante choisie	32	6 mois																								
Approbation formelle de TRIDEL	32	3 mois																								
Mise à l'enquête publique	33	12 mois																								
Appel d'offres entreprises	41	6 mois																								
Dossier d'exécution	51	6 mois																								
Exécution des travaux	52	21 mois																								
Exploitation de la gare étendue	53	dès 9.2025																								

### 5.2 Suite des études du projet

Arrivé au terme des études d'avant-projet, la prochaine étape consiste à entreprendre le développement du projet de l'ouvrage (phase 32 au sens des normes SIA 102, 103, 106 et 108). Dans cette perspective, il s'agit d'engager les études spécialisées et de constituer une équipe de mandataires multidisciplinaires dans les domaines suivants :

- Génie civil et travaux spéciaux
- Intégration architectural
- Étude géotechnique et pollution
- Environnement RIE
- Ferroviaire
- CVSE - Sécurité

Lausanne, le 18 décembre 2020

**CSD INGÉNIEURS SA**



Daniel Dousse



André Racloz