



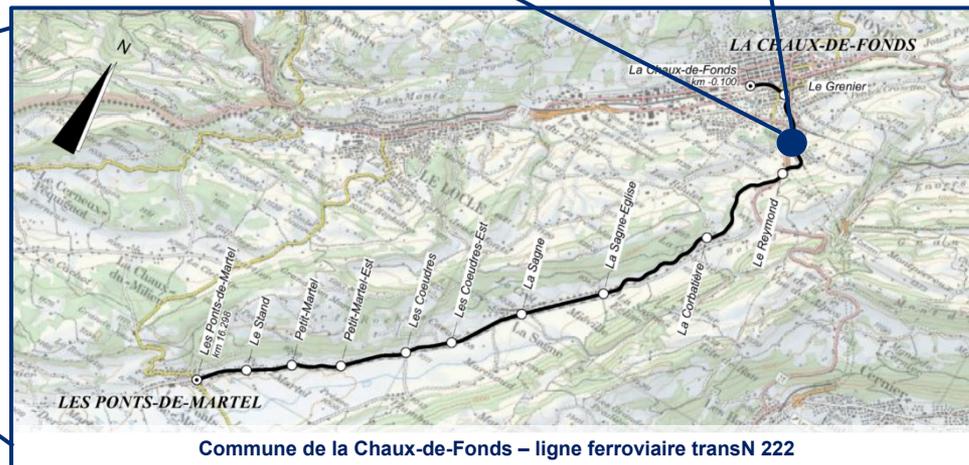
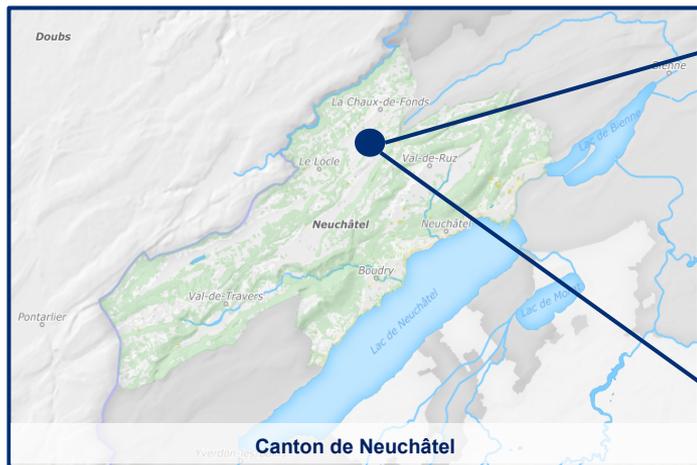
**Économie circulaire  
et conservation  
du patrimoine  
pour un mur  
en pierres  
sèches**

Yann Smith  
Fanny Gretillat  
OPAN concept SA  
Neuchâtel

Remise en état d'un mur de soutènement en pierres sèches sur le domaine ferroviaire

## Caractéristiques de l'ouvrage

- constitué de maçonnerie en pierres sèches
- situé en amont de la ligne ferroviaire transN N° 222
- mesure environ 130 m de long et 2.5 m de haut en moyenne



*Remise en état d'un mur de soutènement en pierres sèches sur le domaine ferroviaire*

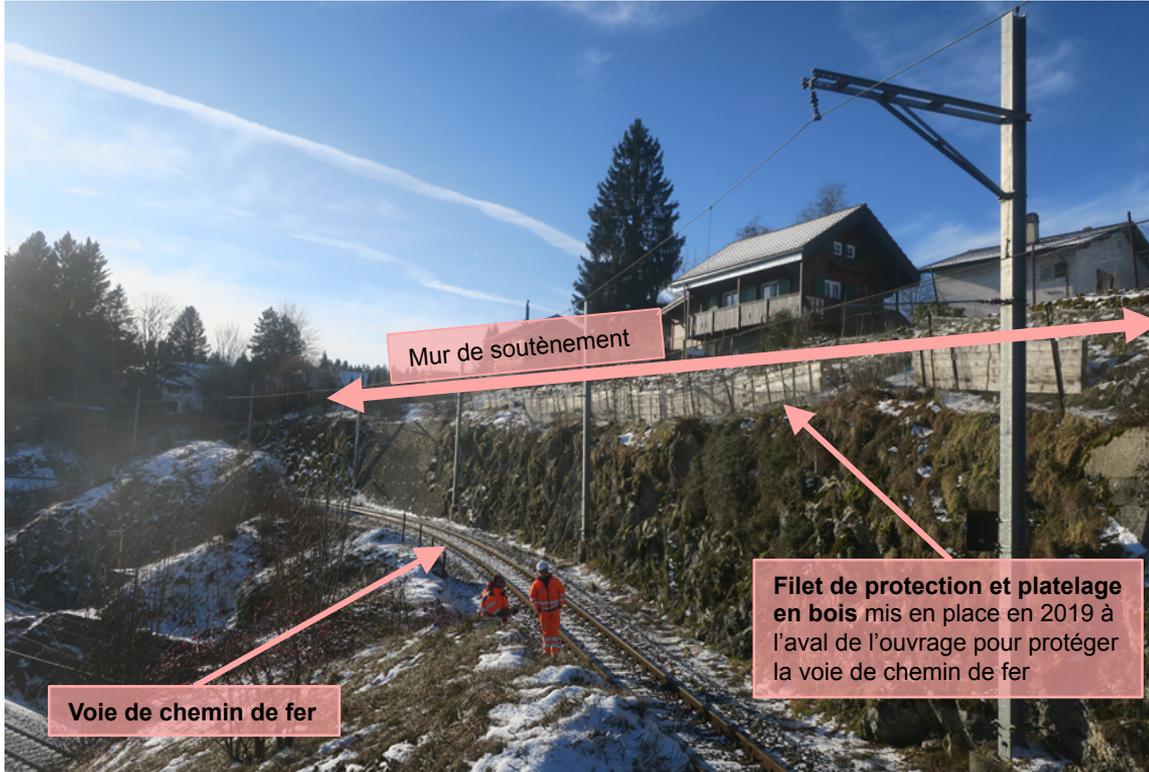
## Historique

- Certainement construit, selon les archives cantonales, lors de l'édification de la ligne 222 (1888-1889)
- Pas d'objet d'assainissement important durant ces 130 ans d'utilisation, hormis une légère réparation avec un mortier sur quelques mètres (voir photo ci-après)



Remise en état d'un mur de soutènement en pierres sèches sur le domaine ferroviaire

## Situation avant travaux



Ouvrage en très mauvais état.

Dégâts structurels observés :

- gonflement du parement
- effondrement partiel du mur
- éclats et dégradation des pierres
- forte présence de végétation par endroit qui provoque des dislocations.

## Quels choix dans l'assainissement ?

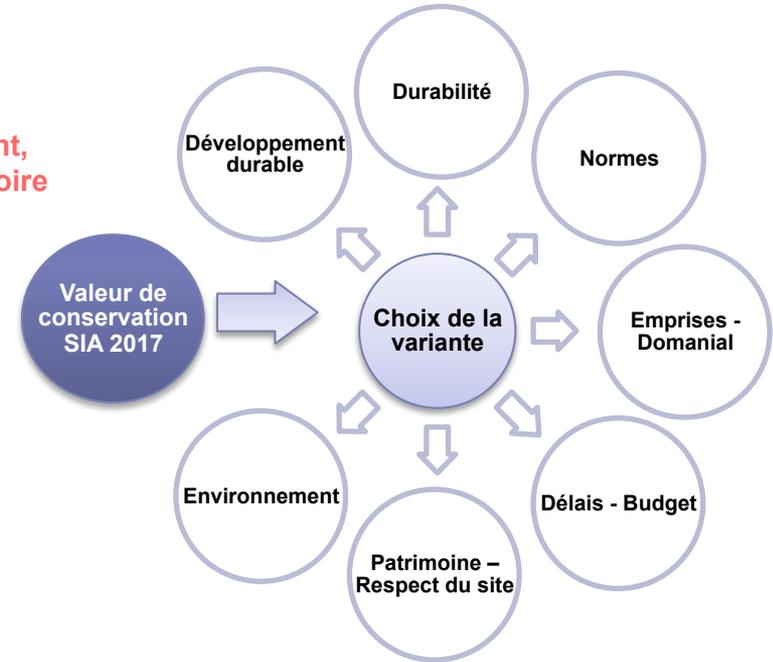


- Nouvel ouvrage ?
- Quel type d'ouvrage ?
- Ouvrage en béton armé ?
- Pose d'ancrages ?
- Ouvrage adapté à la situation locale ?

**Étape 1**  
Compréhension de  
l'ouvrage existant, son  
rôle, son environnement,  
sa substance, son histoire



**Étape 2**  
Évaluation multicritère



# Quels choix dans l'assainissement ?

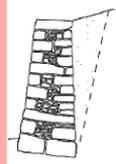
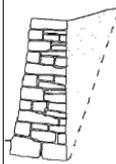
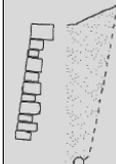
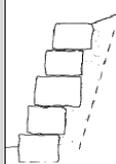
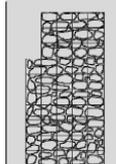
## Étape 1 : Compréhension de l'ouvrage existant, son rôle, son environnement, sa substance, son histoire



### 5.1 Types constructifs

#### 5.1.1 Murs à un pan (un côté en contact avec la terre, murs de soutènement)

Tableau 2 Types constructifs de murs de soutènement en pierre sèche

EH2S Mur composé (2 parois)	EH3S Mur composé (3 parois)	EH1S Mur homogène	EBBéton Maçonnerie mixte béton / pierre naturelle	EBBlock Blocs / pierres de taille	EHKorb Gabionnage
					
Mur de soutènement construit contre terre	Mur de soutènement avec remblaiement subséquent à l'arrière	Mur de soutènement avec remblaiement subséquent à l'arrière			
Qualifié de perré dès que l'inclinaison de la surface extérieure dépasse 45°			(-> SIA 266/2) n'est pas une maçonnerie de pierre sèche		Grillage métallique accessoire

types constructifs n'entrent pas dans la définition des maçonneries de pierre sèche.

Type d'ouvrage selon SIA 2053 :

→ Mur homogène type EH2S

→ Mur de soutènement type mur poids

## Quels choix dans l'assainissement ?

### Étape 2 : Évaluation multicritère

L'assainissement de l'ouvrage doit être réalisé en tenant compte de l'éventuelle valeur environnementale et patrimoniale de l'ouvrage (selon SIA 2017, ISOS, IVS).

**La valeur de conservation** doit être évaluée pour ce type d'ouvrage en pierres sèches qui peuvent, selon les cas, représenter un intérêt à conserver. Il en va de même pour la valeur environnementale (biotope).



### Valeurs immatérielles

- Valeur de situation
- Valeur historico-culturelle
- Valeur esthétique
- Valeur technique
- Valeur socio-culturelle
- Valeur émotionnelle

### Valeurs matérielles

- Emplacement
- Utilisation
- Construction
- Société
- Economie
- Environnement

**Remise en état d'un mur de soutènement en pierres sèches sur le domaine ferroviaire**

# Lois, Normes et Réglements

## Règlementations souveraines

- LCdF RS 742.101 01.01.2018 Loi fédérale sur les chemins de fer
- OCF RS 742.141.1 15.05.2018 Ordonnance sur les chemins de fer
- DE-OCF RS 742.141.11 01.07.2016 Dispositions d'exécution de l'ordonnance sur les chemins de fer
- OPAPIF RS 742.142.1 01.11.2014 Ordonnance sur la procédure d'approbation des plans des installations ferroviaires

## Normes, directives



+

SIA 260	Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
SIA 261	Actions sur les structures porteuses
SIA 266/2:2012	Maçonnerie en pierre naturelle
SIA 267	Géotechnique
SIA 269	Bases pour la maintenance des structures porteuses
SIA 269/6-1:2011	Maintenance des structures porteuses – Structures en maçonnerie, partie 1: pierres naturelles
SIA 2017	Valeur de conservation des ouvrages

Remise en état d'un mur de soutènement en pierres sèches sur le domaine ferroviaire

## Savoir faire ancestral et durable

### CONSTRUIRE EN PIERRES SÈCHES, C'EST :

Développement durable

#### ... UTILISER UNE TECHNIQUE CENTENAIRE ÉPROUVÉE EN TERME DE LONGÉVITÉ

Les ouvrages sont des assemblages de pierres, posés sans liant. Ils sont érigés par des artisans, sans mécanisation. Un bon calage et le croisement des pierres entre elles assure leur stabilité aux ouvrages, lesquelles ont une durée de vie de plus de 100 ans.

#### ... GARANTIR UNE INTÉGRATION DES OUVRAGES DANS LE PAYSAGE ET LE PATRIMOINE BÂTI

#### ... RÉDUIRE DRASTIQUEMENT LES ÉMISSIONS DE GAZ À EFFET DE SERRE

#### ... LIMITER LES NUISANCES SONORES DU CHANTIER

#### ... LIMITER LA CONSOMMATION D'EAU

#### ... AGIR EN FAVEUR DE LA BIODIVERSITÉ EN CRÉANT DES HABITATS POUR LA FAUNE ET LA FLORE



#### ... RESPECTER LES NORMES ET STANDARDS ACTUELS

#### ... OUVRIR UNE PORTE À L'ÉCONOMIE RÉGIONALE ET CIRCULAIRE (RÉCUPÉRATION DE PIERRES DE DÉMOLITION)

#### ... GARANTIR UNE FIN DE VIE FAVORABLE GRÂCE À LA SÉPARABILITÉ ET RECYCLABILITÉ DES MATÉRIAUX

#### ... OPTER POUR UNE VARIANTE ÉCONOMIQUEMENT INTÉRESSANTE SUR LE LONG TERME

#### ...LIMITER L'ENTRETIEN AU STRICT MINIMUM

#### ... POUR RÉSUMER : CONSTRUIRE DURABLEMENT

Les murs en pierres sèches sont des projets qui s'inscrivent parfaitement dans le développement durable. Ce type d'ouvrage permet notamment de satisfaire à de nombreux critères du standard SNBS 1.0 infrastructure, premier standard global permettant d'évaluer la durabilité des ouvrages et projets d'infrastructures en Suisse.

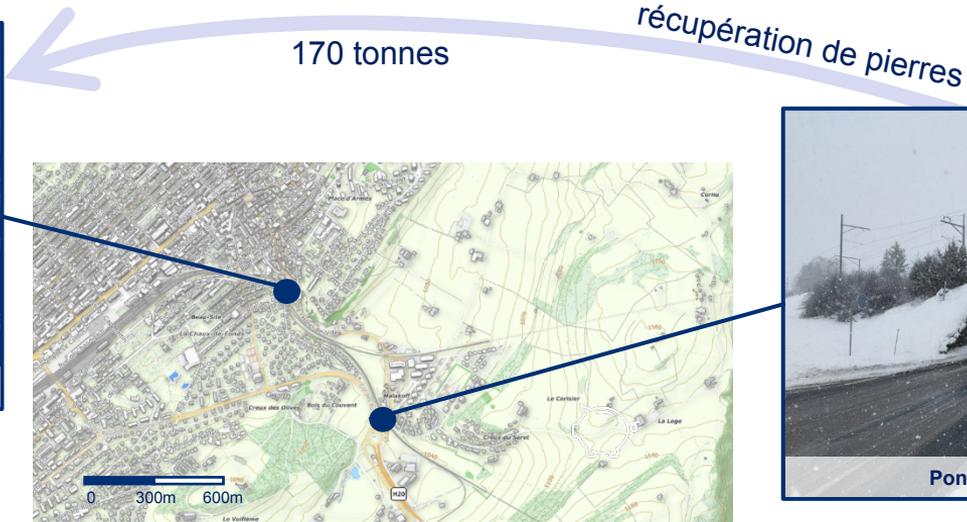
Remise en état d'un mur de soutènement en pierres sèches sur le domaine ferroviaire

## Réutilisation de pierres = 4 tonnes de CO<sub>2</sub> non émises

### SYNERGIE AVEC LA DÉMOLITION DU PASSAGE INFÉRIEUR FERROVIAIRE MALAKOFF

Grâce à la concomitance des dates et à une mise en relation des acteurs des deux projets, initiée et portée par OPAN concept, l'opportunité de récupérer une partie des pierres de taille de la démolition du pont ferroviaire Malakoff (passage sous voies ferroviaires - H18 - Giratoire Bas-du-Reymond) a été identifiée et saisie.

**RE USE**

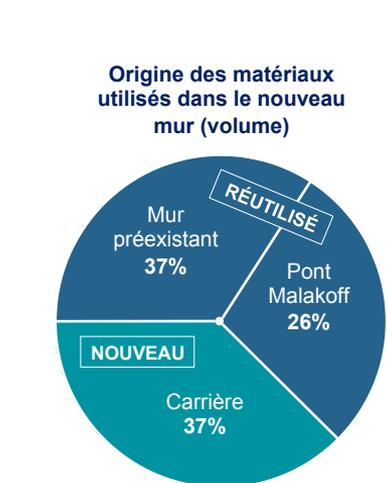


Remise en état d'un mur de soutènement en pierres sèches sur le domaine ferroviaire

## Concept de revalorisation matière

### MARS – SEPTEMBRE 2021 : RECONSTRUCTION DU MUR TRANSN À L'IDENTIQUE

Les pierres entreposées suite à la démolition du pont Malakoff sont triées, taillées et revalorisées par les artisans bâtisseurs dans le mur de soutènement transN. La **récupération in situ** et celle du pont Malakoff représente **63%** du volume du mur.



**MARS 2021 : OPÉRATION «COUP DE POING»**  
Le week-end des 20 et 21 mars, les travaux de remplacement du pont ferroviaire Malakoff débutent avec la déconstruction intégrale du pont. Quelques **200 m<sup>3</sup> de matériaux** sont évacués en direction d'un espace de stockage en attendant leur revalorisation dans le mur de soutènement transN.



Économie circulaire

Remise en état d'un mur de soutènement en pierres sèches sur le domaine ferroviaire

## Situation pendant les travaux



Chantier  
silencieux



Peu d'émissions  
de GES

Remise en état d'un mur de soutènement en pierres sèches sur le domaine ferroviaire

## Situation après les travaux



Respect des normes et standards actuels

Intégration dans le paysage et le patrimoine bâti



Remise en état d'un mur de soutènement en pierres sèches sur le domaine ferroviaire

## Situation après les travaux

Entretien limité

Biodiversité

