

A31 - Viaduc de Beauregard

Confortement de la culée en terre armée



Nicolas FALGAT – Cerema

Sébastien NEIERS – Cerema

Présentation de l'ouvrage

- Axe Metz-Luxembourg (TMJA1=44 k, TMJA2=42 k)
- Réalisée en 1972
- Culée porteuse supportant 2 OA

Un ouvrage bipoutre mixte

Un double caisson BP



Figure 1 : Localisation du projet (Google Maps)

- 221 m de long, 30 m de largeur, hauteur de 16,4 m
- Massif de 20 000 m³
- (tout venant : sable + gravier roulé de Moselle)
- Parement en tôle, lanières métalliques

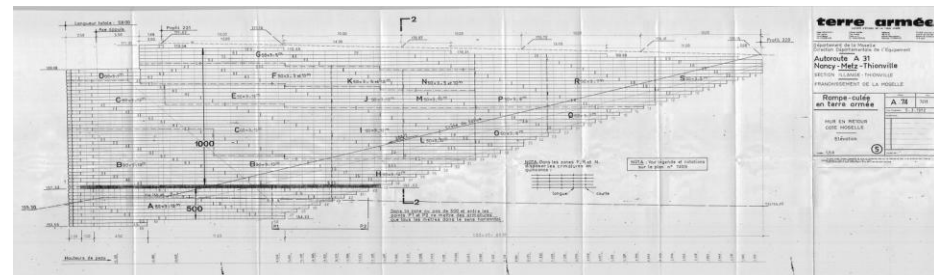


Figure 2 : Élévation de la culée en terre armée côté Moselle

de 3 mm d'épaisseur

État de l'ouvrage – IDP de 2018



Figure 3 : Risque de chute d'écaille



Figure 4 : Bombement du mur en retour côté Moselle

- Bombement et déformations locales non évolutives
- Évolution de la corrosion des parements métalliques
- Dispositifs d'évacuation des eaux de chaussée altérés

Investigations approfondies (2018)

→ Les remblais ne montrent pas d'agressivité notable vis-à-vis de l'acier

→ Loi de corrosion normale pour la majorité des écailles et armatures

→ Accélération locale de la corrosion entre 2002 et 2018, en partie haute du mur et au niveau du chevrete

→ L'ouvrage a atteint sa durée de vie réglementaire d'après le recalcul



Figure 5 : Corrosion perforante des écailles



Figure 6 : Désorganisation de l'étanchéité

Solution de renforcement de l'ouvrage

Travaux réalisés

- Soutènement secondaire (rideau de palplanche et contre rideau fondé sur pieu)
- Murs de soutènement fondé sur pieu (148 au total)
- Paroi cloué (250 clous, type GEWI 40 mm)
- Remblais contigus et remblais définitifs avec matériaux traités

Instrumentation

- 235 cibles topographiques
- 3 Tachéomètres automatiques (1 par face)
- 8 capteurs de vibrations
- 2 inclinomètres

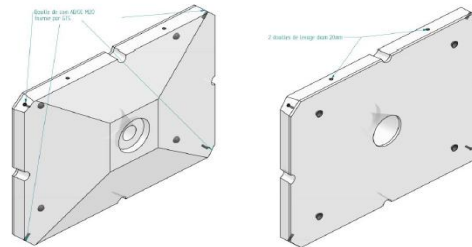


Figure 8 : Écaille AD/OC en béton armé

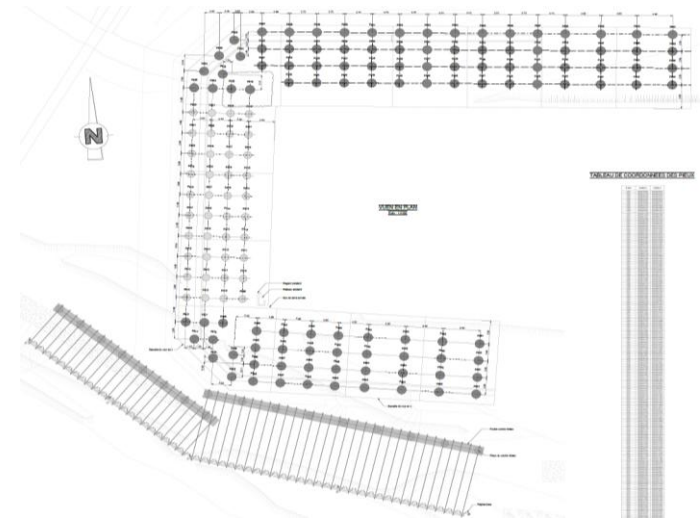


Figure 7 : Implantation des pieux du soutènement principal

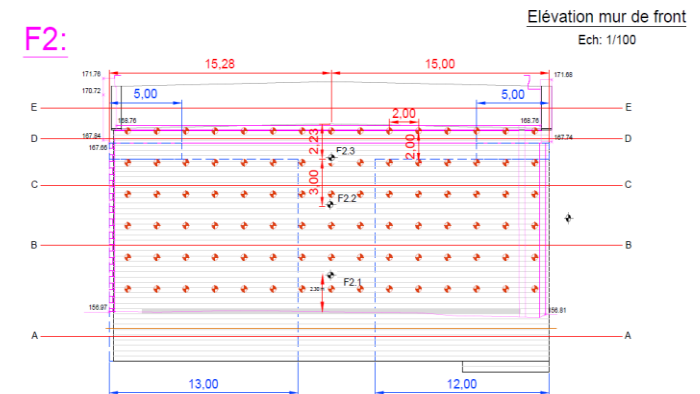


Figure 9 : Implantation des cibles

Réalisation du soutènement secondaire

→ Pieux en $\phi 1020$

→ 66 m de palplanches PU28

→ 55 Tirants



Figure 10 : Réalisation des pieux

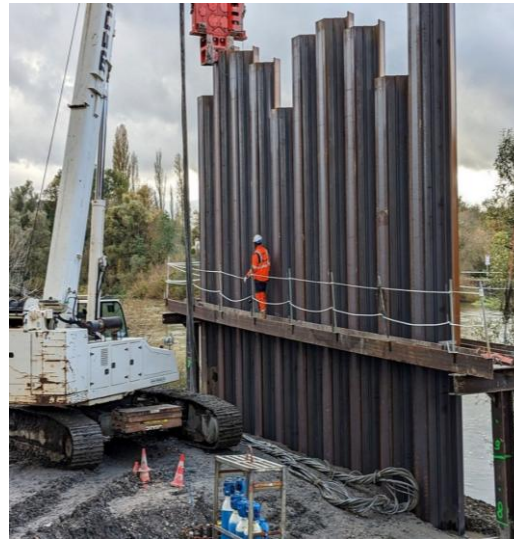


Figure 11 : Fonçage des palplanches



Figure 13 : Soutènement secondaire achevé

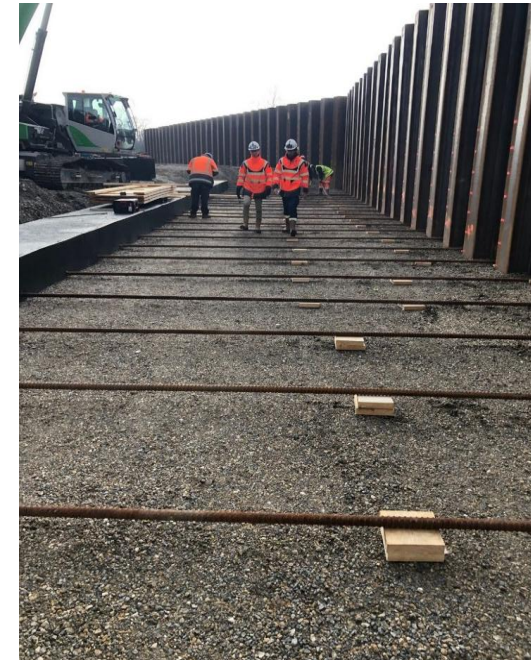


Figure 12 : Tirants ancrés dans le contre rideau

Retrait des vestiges au niveau du soutènement principal

Vestige d'une ancienne rotonde

Localisation par carottage petit diamètre (4000 ml)

Retrait en 3 phases :

- À la pelle mécanique
- À la foreuse Kelly
- À la foreuse DN200mm (sous l'OA)

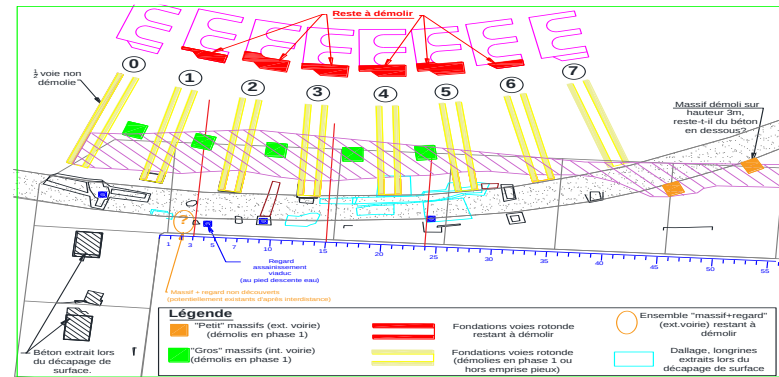


Figure 14 : Localisation des vestiges



Figure 15 : Retrait à la pelle mécanique



Figure 16 : Retrait à la foreuse Kelly



Figure 17 : Retrait à la foreuse petit diamètre

Réalisation des pieux du soutènement principal



Figure 18 : Tarière creuse déployée



Figure 19 : Pieu bétonné

Diamètre des pieux

- $\varnothing$ 1020 mm au niveau du mur de front
- $\varnothing$ 1220 mm côté Nord et Sud

Entraxe des pieux

- 2,5 m au niveau du mur de front
- 2,5 m côté Nord et Sud

Prise en compte des effets de groupe

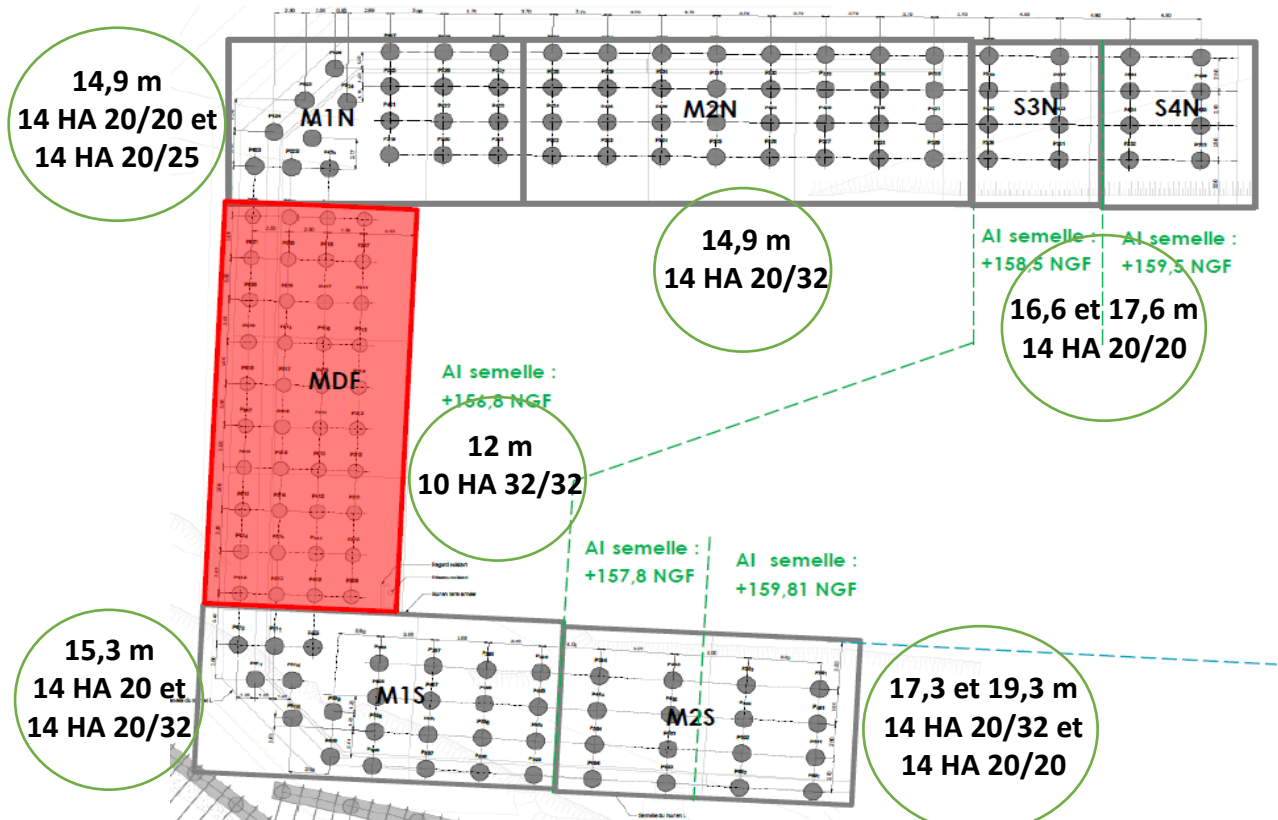
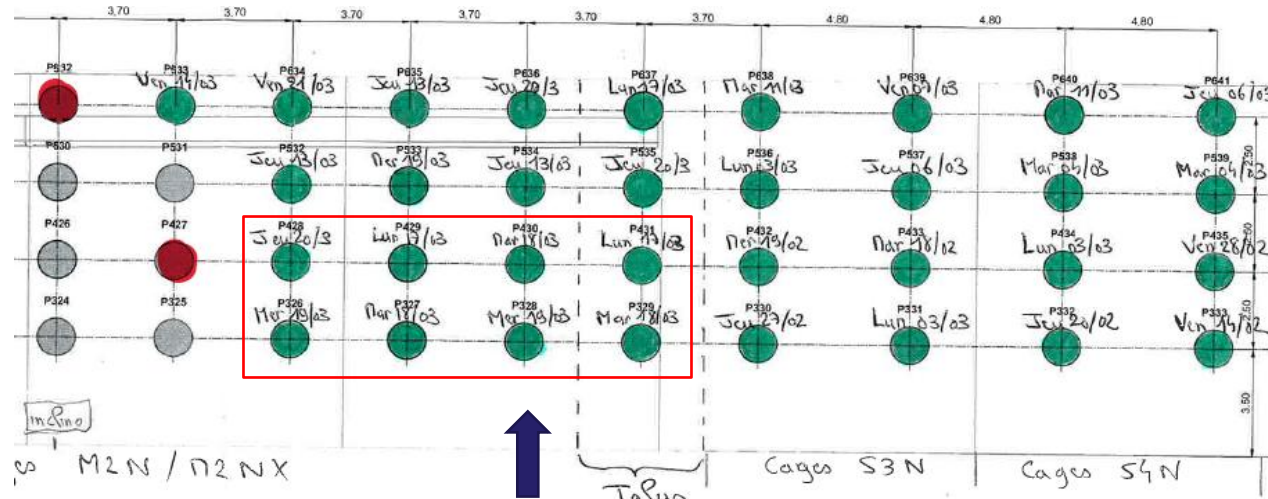


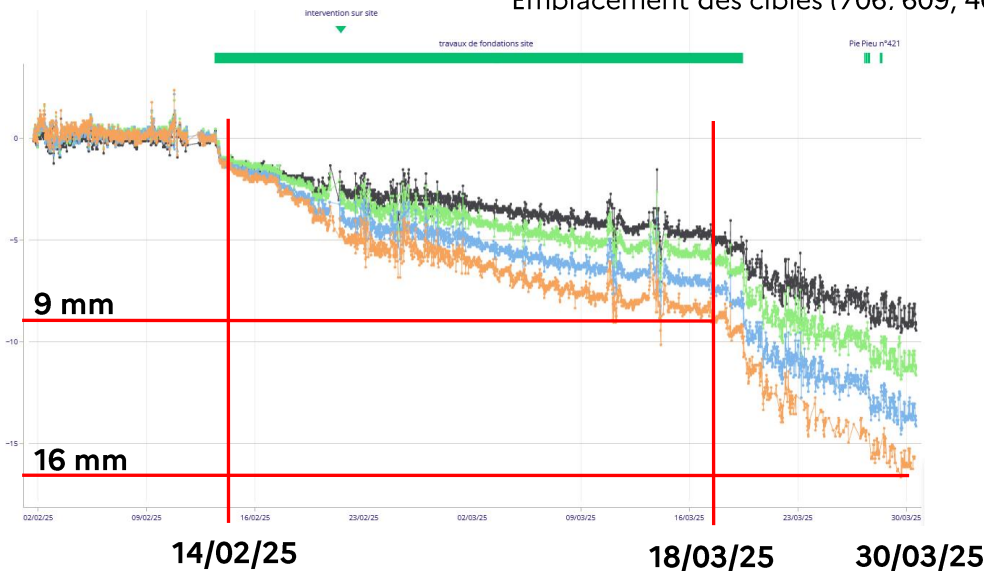
Figure 20 : Longueur et ferrailage des différents pieux

Réalisation des pieux du soutènement principal

Figure 21 : Phasage de réalisation avant les mouvements importants observés



Emplacement des cibles (706, 609, 409 et 209) associées au graphique



**Causes avancées des mouvements observés
côté Nord**



**Réalisation de 8 pieux en 4 jours, dont 4
sur la ligne la plus proche du parement
en deux jours (entre le 18/03 et le 19/03)**

Figure 22 : Déplacement horizontal (selon Y) des cibles citées précédemment

Réalisation des pieux du soutènement principal

1^{ère} ϕ de réalisation côté Sud $\rightarrow$ RAS

2^{ème} ϕ de réalisation côté Nord $\rightarrow$ Mouvement dès le 1^{er} pieu

Arrêt immédiat des travaux

$\rightarrow$ Diagnostic des chaussées et établissement d'un point zéro

$\rightarrow$ Abaissement de 20 km/h de la vitesse sur l'A31 de 90 à 70 km/h

$\rightarrow$ Analyse des données d'instrumentations fournies par SIXENSE

$\rightarrow$ Période d'observation des mouvements de quelques jours (7 jours)

$\rightarrow$ Reprise des travaux le 27/03 avec calepinage d'exécution des pieux (2 à 3 pieux/jour)

3^{ème} ϕ de réalisation côté Front $\rightarrow$ Du 29/04 au 27/05/25 avec calepinage des pieux (2 à 4 pieux/jour)



Figure 23 : Isovaleurs des déplacements selon y et z sur Beyond Monitoring

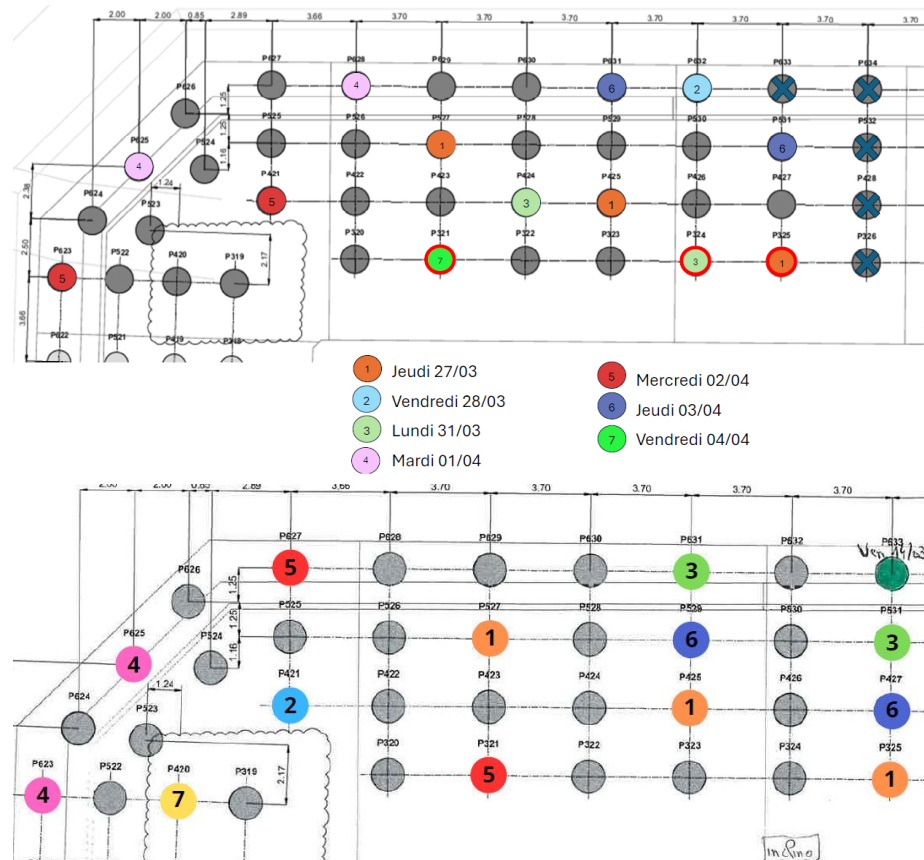


Figure 24 : Propositions de phasage pour la réalisation des pieux

Réalisation des pieux du soutènement principal



Figure 25 : Réalisation terminée des pieux côté Moselle

Réalisation des murs du soutènement principal



Figure 26 : Ferrailage d'un plot de semelle du mur de front



Figure 27 : Ferrailage d'un plot de voile du mur de front



Figure 28 : Bétonnage d'un plot de voile côté Moselle

Semelles d'épaisseur comprise entre 1 et 1,4 m et longueur variable (entre 12 et 14,2 m)

Voiles de 6,7 m de hauteur au maximum pour 0,9 m d'épaisseur

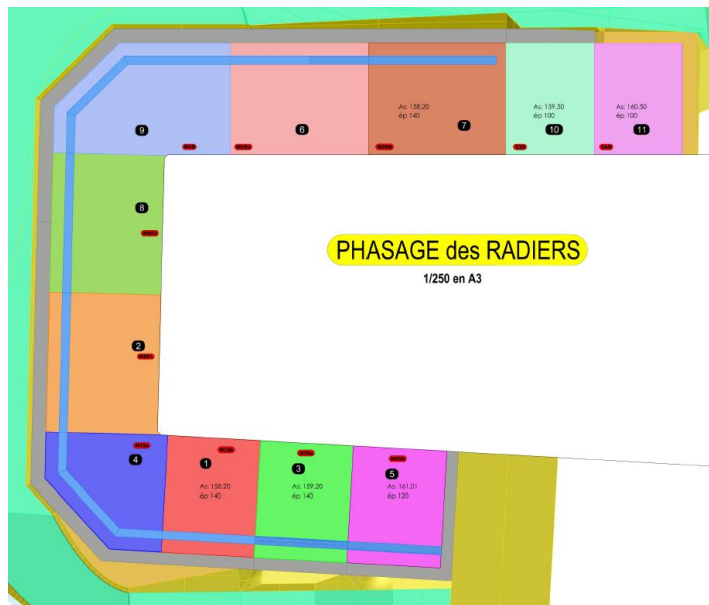


Figure 29 : Phasage de réalisation des radiers

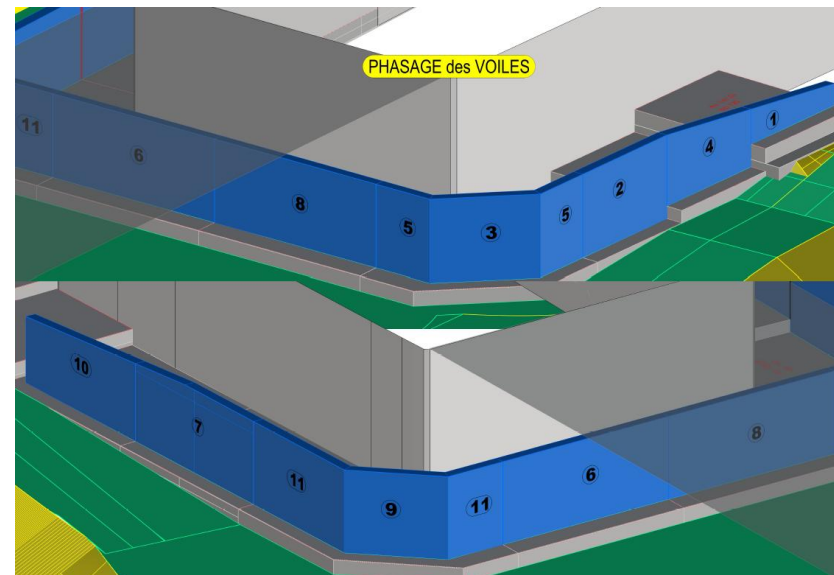


Figure 30 : Phasage de réalisation des voiles

Mise en œuvre des remblais contigus



Figure 31 : 1^{ère} couche de remblai contigu (calcaire 0/45)



Figure 34 : Fin des remblais contigus au niveau du mur de front



Figure 32 : Remblais contigus côté Nord



Figure 33 : Gravette roulée 4/8

Remblai non taluté au niveau du mur de front ($h=6,5$ m)

Remblai taluté ($25,7^\circ$), hauteur variable (entre 5,5 et 9,5 m)

Gravette roulée pour limiter le frottement des remblais contigus

Géotextile et géocomposite

Réalisation du clouage en partie haute des parements métalliques

2 types d'écaille → 197 kN (mur Nord et Sud)

→ 274 kN (mur de front)

Béton C40/50, 5 cm d'enrobage (XD3)

250 écailles au total (1,995x1,495 m)

250 clous ($L_{\text{clou}} = 14$ m dont 13 scellés)

→ R38-420 (mur Nord et Sud)

→ R51-550 (mur de front)



Figure 36 : Forage d'un clou côté Nord



Figure 35 : Gravette cimentée

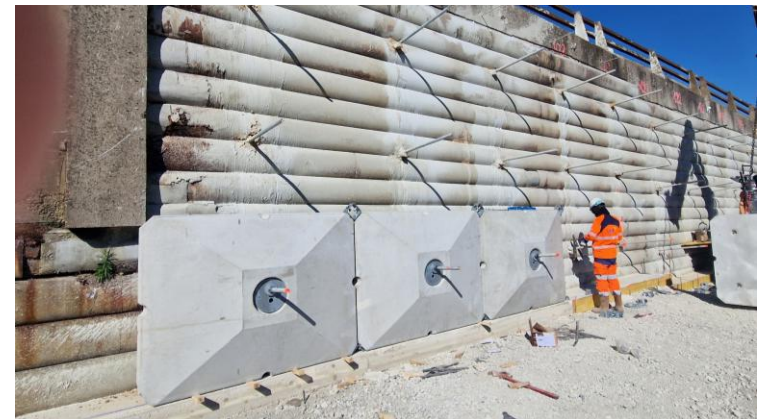


Figure 37 : Écaille de la paroi ADOC côté Moselle

L'opération en quelques chiffres

- 20 000 m³ de remblais + 20 000 m³ de déblais
- 10 000 m³ de remblais technique (matériau calcaire 0/45) + 5 000 m³ de remblais divers
- 1 000 ml de préforage pour les palplanches
- 145 tonnes d'acier pour les palplanches (PU28) + liernes (S355)
- 3 000 m³ de béton C30/35 pour les pieux, 200 tonnes d'armature
- 3 500 m³ de béton C35/45 pour les murs, 350 tonnes d'armature
- 3 500 ml de clou en 38 et 51 mm
- 250 écailles préfabriquées en C40/50
- 850 fiches de contrôle émises
- Coût estimé du projet : 14 M € TTC

Merci de votre attention



Nicolas FALGAT

nicolas.falgat@cerema.fr

Sébastien NEIERS

sebastien.neiers@cerema.fr